На варіантах досліду з використанням сироватки з концентрацією розчину 0,1 % спостерігалося збільшення показників схожості на 4 %, енергії проростання і дружності на 1 % в порівнянні з контролем, в інших варіантах досліду показники були менше контролю. Обробка насіння ячменю розчинами добрив сприяла формуванню більш розгалуженої кореневої системи, що проявлялось у кількості й довжині зародкових корінців.

Найбільш виразну дію розчинів сироватки спостерігали при обробці з концентрацією 0,1 %, вони виявились більш ефективними, ніж розчини з концентрацією 1 і 10 %, а коріння — більш чутливі, ніж пагони. Обробка сприяла зростанню більш глибокої кореневої системи з двома парами зародкових корінців. Довжина корінців збільшилась на 38 %, а пагону — на 17 %. При обробці насіння розчинами з концентрацією 1 і 10%, довжина корінців збільшилась на 27 і 26 %, пагону — на 18 і 10 %.

Досліджувані розчини добрив характеризуються відсутнім фітотоксичним ефектом, так як пригнічення росту коренів ячменя не перевищувало 20 % відносно контролю. Пророщування насіння ячменя в досліджуваних добривах не є ефективним, так як спостерігається поява плісняви та пригнічення росту рослин.

Виходячи із результатів досліду, оптимальною концентрацією розчину сироватки для проростання ячменю без утворення плісняви є 0,1 %.

НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ТВЕРДИХ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ

***Хоботова Е.Б.**, проф., д.х.н., **Шуліченко О.М.**, пров. інж.,*
***Даценко В.В.**, доц., к.х.н.,*
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна
elinahobotova@gmail.com

Значна кількість шлаків утворюється в вигляді відходів або побічних продуктів в металургійній промисловості. З ростом індустріалізації території для засипки великих об’ємів металургійних шлаків скорочуються. Металургійні і доменні шлаки характеризуються досить високою концентрацією цінних металів і мінералів. Однак в даний час більшість промислових шлаків складуються в відвал, а не використовуються з урахуванням всіх їх корисних якостей. А адже подібний підхід може призвести до суттєвої економічної вигоди, економії ресурсів, енергозбереження і скорочення викидів в металургії. До шлаків застосовують такі механічні та фізико-хімічні методи обробки як подрібнення, гідроциклонна обробка, магнітна сепарація, флотація, вилуговування і випал. Перетворення шлаків з однієї форми в іншу для повторного використання на одному і тому ж виробничому об'єкті або на різних промислових установках дуже важливо не тільки для збереження металів і мінеральних ресурсів, але і для захисту навколишнього середовища.

В останні роки екологічний аспект управління промисловими відходами став імперативом. Технології, що реалізують концепцію промислової екології, виходять на ринок тільки в тому випадку, якщо екологічні та економічні вигоди значні. Металургійні шлаки різних металургійних процесів використовуються по-різному в залежності від характеристик шлаку. Використання металургійних шлаків в будівельній індустрії збільшується, оскільки виснажуються природні ресурси. Найчастіше в будівництві застосовують шлаки виробництва чавуну і сталі. Зміна властивостей будівельних матеріалів на основі шлаку варіюється, коли шлак отриманий в різних технологічних процесах. Необхідною умовою використання шлаків є попереднє вивчення їх фізико-хімічних і механічних властивостей. Авторами роботи [1] для шлаків, які використовуються в будівництві, вивчені такі властивості: гідратація, реактивність, гідравлічна активність, pH, вміст скла, мікроструктура. В роботі [2] показано можливість використання шлаків виробництва нержавіючої сталі як блокової кладки після попередньої карбонізації та термо-лужної активації. Шлаки вторинного рафінування сталі запропоновано використовувати [3] в якості в'яжучого для будівельних розчинів при заміні гідравлічного вапна. Шлакові агрегати базової кисневої печі рекомендують [4] як в'яжуче в шлакової-бітумних сумішах. Негативним фактором у даному випадку є низький вміст мінералів C_3S і C_2S в шлаці, що робить його поганим гідравлічним в'яжучим. Трьома основними напрямками використання шлаків у виробництві в'яжучих матеріалів є: часткова заміна портландцементу, тобто створення шлакопортландцемента (ШПЦ); розробка нових видів шлако-лужних в'яжучих (ШЛВ); використання шлаків в якості сировини при виробництві портландцементу (ПЦ). В останньому випадку мінерали шлаків розпадаються при високотемпературному випаленні, і з оксидів утворюються нові мінерали характерні для ПЦ.

Впровадження металургійних шлаків в практику створення ШПЦ зменшить потребу в портландцементі, тим самим значно скоротивши кількість забруднень і проклавши шлях до більш чистих і більш економічних будівельних матеріалів. Дослідження [5] показало, що розвиток напружень в шлакопортландбетонах на ранніх стадіях твердіння пов'язано з низьким значенням відношення MgO/Al_2O_3 в гранульованому доменному шлаці. Проаналізовано вплив температури, складу шлаку, умов гідратації і активації на властивості ШПЦ. Дозування шлаку до 70 % сприяє активному набору бетоном міцності на стиск і вигин, особливо на пізніх стадіях дозрівання, шлак активує гідратацію клінкерних мінералів [6].

Другим напрямком використання доменного шлаку в виробництві будівельних матеріалів є створення ШЛВ. Авторами роботи [7] визначено високі значення міцності на стиск і розтяг для композиції: 50 % доменного гравію, 50 % гранульованого доменного шлаку і 18 % рідкого скла в якості активатора твердіння. Також показано [8], що малоактивні доменні шлаки і шлаки іншого походження з невисокою гідравлічною активністю можуть використовуватися для виробництва ШЛВ. Перевагами даного застосування

шлаків є практично повне зв'язування важких металів шлаків різними лужними агентами з припиненням їх міграції в навколишнє середовище.

Додавання шлаку виробництва сталі в сировинне борошно для виробництва портландцементного клінкеру показало, що використання шлаку не впливає на мінералогічні характеристики виробленого ПЦ. Продукти гідратації досліджували за допомогою рентгеноструктурного аналізу послідовно протягом 90 днів [9].

Металургійні шлаки різного походження можуть використовуватися в адсорбційних технологіях очищення вод. Вивчено сорбцію органічних барвників металургійним шлаком виробництва сплаву Fe–Ni, з основним мінералом диопсидом $CaMg(Si_2O_6)$ [10, 11]. Доменні шлаки і їх модифікації, отримані при обробці розведеним розчином HCl, показали високу сорбційну активність до іонів Cu(II) і Pb(II) [12]. Авторами робіт [13, 14] доведена можливість сорбції фосфору з водних розчинів, червоним шламом і кристалічними і аморфними доменними шлаками. Для сорбції фенолу запропоновано використовувати сталеливарні шлаки з попередньої кислотної обробкою їх поверхні [15].

Перелік посилань

1. Mohit J. Use and properties of blast furnace slag as a building material // Intern. J. of Recent Contributions from Engin., Sci. & IT (IJES), 2014, Vol. 2, N 4, P. 54–60.

2. Salman M., Dubois M., Di Maria A. et al. Construction materials from stainless steel slags: technical aspects, environmental benefits and economic opportunities // J. of Industr. Ecol., 2016, Vol. 20, Is. 4, P. 854–866.

3. Borges Marinho A. L., Mol Santos C. M., de Carvalho J. M. F. et al. Ladle furnace slag as binder for cement-based composites // J. of Mater. in Civil Engin., 2017, Vol. 29, N 11, P. 849–861.

4. Kambole C., Paige-Green P., Kupolati W.K. et al. Basic oxygen furnace slag for road pavements: A review of material characteristics and performance for effective utilization in southern Africa // Constr. and Build. Mater., 2017, Vol. 148, P. 618–631.

5. Shanahan N., Markandeya A. Influence of slag composition on cracking potential of slag-portland cement concrete // Constr. and Build. Mater., 2018, Vol. 164, N 3, P. 820–829.

6. Schuldyakov K. V., Kramar L. Ya., Trofimov B. Ya. The properties of slag cement and its influence on the structure of the hardened cement paste // Procedia Engin., 2016, Vol. 150, P. 1433 – 1439.

7. Pribulová A., Futáš P., Baricová D. Processing and utilization of metallurgical slags / // Product. Engin. Archives, 2016, Vol. 11, N 2, P. 2–5.

8. Трофимов Б. Я., Шулдяков К. В. О применении малоактивного доменного гранулированного шлака // Архитектура, градостроительство и дизайн, 2015, № 6, С. 37–45.

9. Tsakiridis P. E., Papadimitriou G. D., Tsivilis S., Koroneos C. Utilization of steel slag for Portland cement clinker production // J. of Hazardous Mater., 2008, Vol. 152, P. 805–811.

10. Хоботова Э.Б., Грайворонская И.В. Вторичное использование металлургических шлаков в качестве сорбентов при очистке сточных вод // Черные металлы, 2019, N 7, P. 55–61.

11. Khobotova E. B., Hraivoronska I. V., Ihnatenko M. I., Kaliuzhna Iu. S. Adsorption of organic dyes on metallurgical slag of Fe-Ni alloy production // Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol., 2020, Vol. 63, N 8, P. 103–108

12. Bláhová L., Navrátilov Z., Mucha M. et al. Influence of the slags treatment on the heavy metals binding // J. Environ. Sci. Technol., 2018, Vol. 15, N 4, P. 697–706.

13. Крамер С.М., Терехова М.В., Артамонова И.В. Адсорбция фосфат-ионов на красном шламе // Изв. вузов. Серия «Хим. и хим. технол.», 2017, Т. 60, Вып. 8, С. 80–83.

14. Kostura B., Dvorsky R., Kukutschová J. et al. Preparation of sorbent with a high active sorption surface based on blast furnace slag for phosphate removal from wastewater // Environ. Protection Engin., 2017, Vol. 43, N 1, P. 161–168.

15. Wang J.-P., Liang H.-H. Adsorption of phenol on acid-treated slag wastes in waste water // J. of Chem. and Pharmaceutical Research., 2014, Vol. 6, N 4, P. 754–761.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА МЕТОДІВ ОЧИСТКИ ВІДПРАЦЬОВАНИХ СУЛЬФАТНИХ МІДНО-ЦИНКОВИХ РОЗЧИНІВ

***Хоботова Е.Б.**, проф., д.х.н., **Даценко В.В.**, доц., к.х.н.,*
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Україна
chemistry@khadi.kharkov.ua

Однією з найбільш актуальних екологічних проблем промислових підприємств, що мають у своєму технологічному циклі гальванічні процеси, є проблема утворення значних обсягів рідких і твердих відходів. Для таких підприємств, кардинальним вирішенням екологічних проблем є не знешкодження концентрованих відпрацьованих травильних розчинів (ВТР) з отриманням гальваношламів, які є джерелами вторинного забруднення навколишнього середовища, а створення технологій, що включають регенерацію відпрацьованих розчинів і утилізацію їх цінних компонентів.

На даний час вимоги охорони навколишнього природного середовища для промислових гальваностоків жорстко обмежують концентрації забруднювачів у відходах. Для очищення промислових стічних вод використовуються різні методи з метою зниження концентрації важких металів (ВМ) і забезпечення повторного використання водних ресурсів: хімічні, фізико-хімічні, біологічні та