

Шалай С. В., к.с.-г.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне, e-mail: s.v.shalay@nuwm.edu.ua), **Чорна І. В., к.т.н.** (e-mail: slipikshop@gmail.com), **Сафонов Г. І., к.т.н., доцент** (Відокремлений структурний підрозділ «Рівненський фаховий коледж Національного університету біоресурсів і природокористування України», м. Рівне)

ВИКОРИСТАННЯ ЗОЛИ-ВИНОСУ В ЯКОСТІ МІКРОНАПОВНЮВАЧА В ЦЕМЕНТНИХ РОЗЧИНАХ

В статті розглядається підхід стосовно застосування дисперсних мінеральних наповнювачів під час виготовлення будівельних композиційних матеріалів. Показано, що золошлакові відходи теплових електростанцій при їх сухому відборі мають більш стабільний зерновий, фазовий та хімічний склад ніж вологої. Зазначено, що зола у складі будівельних розчинів виконує функцію мінеральної добавки, мікронаповнювача та дрібного заповнювача. Вона покращує пластичність і водоутримуючу здатність розчинових сумішей, а також експлуатаційні властивості затверділих бетонів. За допомогою застосування методу визначення пуцоланової активності обґрунтовано, що при введенні золи-виносу досягається економія цементу та вапняного тіста без погіршення легковкладальності, що дає змогу підвищити міцність будівельного розчину до марки М25 і вище.

Ключові слова: зола-винос; мікронаповнювачі; цементний розчин; пуцоланова активність.

Одним з ефективних шляхів енерго- та ресурсозбереження під час виготовлення будівельних композиційних матеріалів з покращеними експлуатаційними властивостями є введення дисперсних мінеральних наповнювачів, а саме техногенного походження з частковим вирішенням проблеми використання відходів промисловості, переробки та зниження вартості готових матеріалів та виробів. Відома технологія використання силікатної та вапнякової золи в якості в'язучого, підвищуючи гарнулометрію суміші, пуцоланової домішки, головного компонента зольних сумішей (золоцементів), вологов'язучої речовини для підвищення стійкості ґрунтів як підготовчої

158

речовини для підвищення ґрунтів до дорожніх робіт відповідно до EN 14227-14. Присутність вільного CO сприяє виведенню значної кількості води через хімічну та механічну взаємодію. Відповідно, збільшується оптимальний вміст води у ґрунтах. Додавання до ґрунтів золи сприяє підвищенню міцності та витривалості ґрунтів. Використання золи-виносу як в'язучого має низку переваг, зокрема таке використання допомагає зменшити викиди CO₂, а зменшені рівні міцності сприяють зменшенню водопроникності та термального стискання. Зважаючи на розвинений ринок для використання, наявну сировину та стандарти, у Польщі існує розвинений ринок золи та золомістких продуктів. Найбільш популярні продукти: Tefra 15, TefraStab, SolitexA, B, C та Lapidur [1, С. 20].

Для використання золи-виносу у виробництві композиційних будівельних матеріалів необхідно дослідити вплив мінеральних наповнювачів на структуру і синтез будівельно-технічних властивостей цементних розчинів. Активація золошлакових відходів спрямована на отримання високонаповнених золовмісних в'язучих систем, в тому числі в'язучих низької водопотреби, тонкомелених цементів та бетонів, розглядаючи золу не як «додатковий», а як «базовий» сировинний компонент [2, С. 25]. Активація золи механічним, хімічним, термічним та комплексним (гідромеханічним, механохімічним, електромеханічним) способами сприяє практичній реалізації відомої концепції «HVFA» або «HighVolumeFlyAshConcrete» («Високонаповнений бетон на основі золи-винесення»), що передбачає широке застосування цементів з вмістом золи понад 30–40%, відповідно до ідей концепції сталого розвитку та Кіотського протоколу. Багато країн світу (Євросоюз, Китай та ін.) взяли на себе зобов'язання докладати максимальних зусиль для обмеження зростання глобальної середньої температури до рівня 1,5° С до 2030 р. за рахунок скорочення викидів парникових газів на 80–95% до 2050 р. відповідно до затверджених національних планів дій, при залученні приватного сектору [3, С. 10]. Поставлені цілі будуть частково досягнуті за рахунок зниження витрат цементу шляхом заміщення частини в'язучого відходами промисловості, адже значна емісія антропогенного CO₂ близько 5% від загальної кількості у світі продукується саме цементною промисловістю; в Європі викиди становлять близько 3,5 Гт [4, С. 72]. Основними джерелами викидів вуглекислого газу при виробництві цементу є прямі викиди від процесу декарбонізації (50%), спалювання палива (40%) та непрямі викиди пов'язані зі споживанням електроенер-

ргії (10%). При цьому на 1 т портландцементного клінкеру приймаються викиди CO_2 на рівні 0,865 т [5, С. 54].

Випуск композиційних цементів з використанням золи-виносу завжди необхідно досліджувати пуцоланову активність у зв'язку зі змінним фазовим складом. Зола виноситься з топки з димовими газами і вловлюється в циклонах і електрофільтрах. Більшість фрагментів золи склоподібну фактуру поверхні. Розмір сферичних частинок коливається від декількох мікрон до 50–60 мкм (рис. 1).

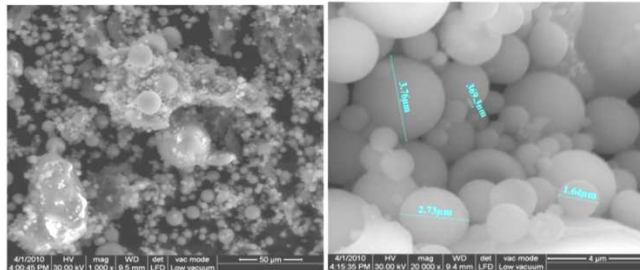


Рис. 1. Сферичні частинки золи-виносу

Золошлакові відходи теплових електростанцій при їх сухому відборі мають більш стабільний зерновий, фазовий та хімічний склад; відбір, навантаження і розвантаження, транспортування і складування сухої золи організувати простіше ніж вологої. Зола з мокрих відвалів варто переробляти до складування, але накопичені відвали – залежна порода, що вимагає попередньої підготовки для переробки. Тому технології переробки свіжої та відвальної золи мають відмінності, але можуть бути об'єднані на одній ділянці з використанням стандартного обладнання, але розділеними вантажопотоками. Спільним фактором є ідентичність кінцевих продуктів переробки.

До числа найбільш докладних досліджень зол належать праці Н. В. Юнга, В. В. Суровцева, Г. М. Сіверцева, С. Д. Огорокова та ін., у яких дано характеристику зол пилоподібного палива, визначено оптимальні цементно-зольні і вапняно-зольні відношення, вплив на якість золобетонів водов'язучого відношення, методів ущільнення бетонної суміші й обробки золобетонів.

Існує багато методів визначення пуцоланової активності шляхом дослідження хімічних та фізичних властивості матеріалів. Найбільш поширеним є фізико-механічний метод згідно з EN 450-1:2019 визначення міцності на стиск. Однак загальновідомо, що міцність за-

лежить від структури цементного каменю та пористості. Попередні дослідження золи методами хімічного аналізу та магнітної сепарації показали в її складі вміст невивпаленого вуглецю в окремих класах крупності до 20% і магніточуттєвого заліза до 30% (в зростках), що впливає на збільшення пористості каменю та зменшення міцності.

Серед стандартних хімічних методів визначення пуцоланової активності застосовується метод згідно з EN 196-5:2015. Його суть полягає в комплексометричному визначенні концентрації катіонів кальцію, лужність цементного композиту та порівняння концентрації катіонів кальцію з насиченим станом в однакових умовах.

Для оцінки реакційної здатності пуцоланових добавок використовуються також інші методи. Наприклад, метод згідно з ASTM C 379-65T полягає у визначенні кількості оксидів кремнію та алюмінію, здатності реагувати з 0,5N розчином NaOH при 353 K володіє найсильнішою дією (аномалія натрію) відносно гідроксидної дії на аморфний діоксид кремнію.

Таким чином, при рівних концентраціях гідроксидів вони можуть бути розміщені у наступному рядку відповідно до сили їх дії: NaOH > KOH > LiOH > NH₄OH > Ba(OH)₂ > Sr (OH)₂ > Ca (OH)₂. Гідроксидкальцію має найслабшу реакційну здатність з аморфними фазами оксидів кремнію та алюмінію, тому не слід співвідносити реакційну здатність мінеральних добавок з NaOH та Ca(OH)₂.

Серед хімічних речовин також використовується метод визначення пуцоланової активності шляхом кипіння 1 г матеріалу в насиченому розчині гідроксиду кальцію. Різниця між вмістом Ca(OH)₂ у насиченому розчині та розчині з пуцолановою добавкою – міра пуцоланової активності.

Однак ступінь розбавлення Ca(OH)₂ при 373 K у 2,3 рази менший ніж при 293 K, тому пуцоланова реакція протікає не повністю.

Для того, щоб визначити активність кислих мінеральних добавок необхідно кількісно визначити їх здатність зв'язувати Ca(OH)₂ при нормальних умовах, а також швидкість процесу.

Оскільки зола-виносу характеризується зміною фаз складу і, відповідно, різною пуцолановою активністю, її визначення є важливим параметром якості золи-виносу, необхідним для виробництва композиційного цементу. Таким чином, мета полягає у виборі оптимального методу визначення пуцоланової активності та діагностиці реакційної здатності мінеральної добавки.

Для визначення пуцоланової активності золи використовували методику EN-450 [6, С. 28], згідно з якою активність пуцоланових цементів визначали випробуванням зразків розміром 40×40×160 мм, виготовлених із цементно-піщаного розчину (співвідношення цемент: пісок = 1:3 при В/Ц = 0,5) при заміні в складі в'яжучої речовини 25% цементу золою, зразки тверділи в нормальних умовах. Для дослідження кінетики процесу твердіння пуцоланових в'яжучих систем міцність зразків визначали після 1, 3, 7, 28, 90 діб нормального твердіння.

Показник пуцоланової реакційної здатності – коефіцієнт пуцолановості $K_{пуц}$ (рис. 2), який дорівнює співвідношенню міцності при стиску зразків, що містять добавку золи ($R_{зол}$) до міцності бездобавочного аналога ($R_{без\ золи}$), визначали за виразом

$$K_{пуц} = (R_{зол}/R_{без\ золи}) \times 100\%. \quad (1)$$

Відповідно до стандартів флюїдальна зола ТЕС не може бути використана як добавка до цементу через підвищений вміст невипалених вуглецевих частинок (таблиця).

Таблиця

Хімічний склад зола-шлакових відходів

Найменування матеріалу	Хімічний склад, %									Втрати при прожарюванні	Питома поверхня, м ² /г
	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SO ₃		
Зола-виносу Ладжинської ТЕС	50,94	13,25		1,98	2,86	0,69	2,69	24,56	0,4	0,7	0,30
Зола гідровидалення Трипільської ТЕС	48,2	4,5	3,15	1,36	2,18	1,04	2,78	19,65	0,1	5	0,363
Флюїдальна зола ТЕС «Жерань» (Польща)	42,1	7,4		3,02	13,9	3,6	-	21,2	7,2	19,0	0,327
Золи-виносу США	34-48	6-26		0,5-2	1-10	(Na ₂ O+K ₂ O) в перерахунку на Na ₂ O не має перевищувати 1,5%		17-31	0,2-4	1,5-2	0,35

Для флюїдальної золи втрати при прожарюванні в 4 рази вище порівняно зі стандартними вимогами. Звичайна зола-виносу відно-

ситься до категорії С і може бути використана для виробництва цементу, якщо міцність відповідає стандартним вимогам.

Отримані значення коефіцієнту пуцоланової активності не відповідають стандартам, оскільки вони становлять менше 75% 28-добової і 85% – 90-добової активності, значення більш залежні від пористості ніж від міцності. Пуцоланова активність мінеральних добавок складає: флюїдальна зола $K_{пуц}=149,3$ мг СаО/1 г добавки, в той час як середньорядова зола-виносу $K_{пуц}=12,9$ мг СаО/1 г добавки.

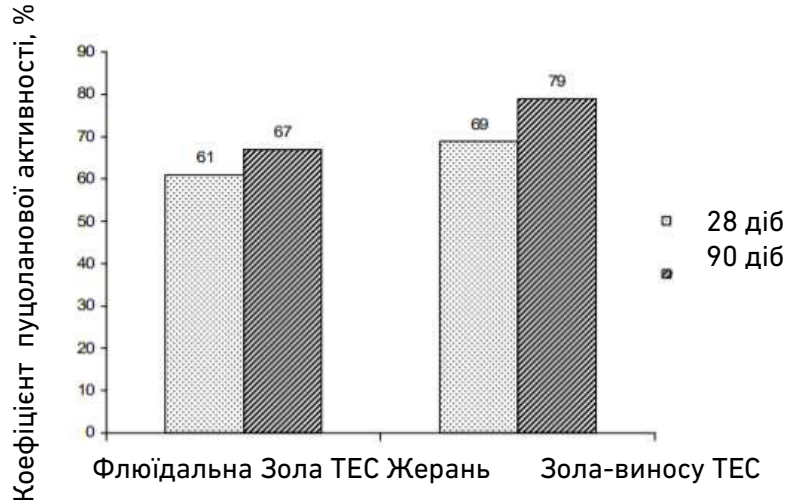


Рис. 2. Коефіцієнт пуцоланової активності цементного розчину із флюїдальною золою та золою-виносу віком 28 і 90 днів

У насиченому розчині концентрація гідроксиду кальцію є обернено пропорційною до лужності розчину. Заміна частини цементу золою в кількості 10% збільшує лужність фільтрату та зменшує вміст СаО порівняно з фільтратом контрольної проби. Якщо порівняти пуцоланову активність цементу до досягнення стану насичення СаО ми спостерігаємо, що флюїдальна зола має $\Delta C_{СаО} = 0,8$ ммоль/дм³ при лужності фільтрату 61,5 ммоль/дм³, а зола-виносу має $\Delta C_{СаО}=0,8$ ммоль/дм³ при лужності 58,7 ммоль/дм³.

Слід зазначити, що за допомогою хімічного методу визначення пуцоланової активності мінеральної добавки у вапняній воді згідно [7, С. 187] дає змогу скоротити тривалість діагностики пуцоланової активності від 30 до 4 днів і в такий спосіб оптимізувати склад цементу з використанням золи-виносу [8, С. 356].

Рентгенофазові дослідження цементних і золоцементних зразків наведено на рис. 3, вказують на наявність у їх складі негідратованих клінкерних мінералів C_3S – лінії з міжплощинними відстанями, $d/n = 3,02; 2,77; 2,75; 2,18; 1,76; 1,45$ А і C_2S – лінії з $d/n = 2,77; 2,18; 1,97; 1,76; 1,45$ А; $Ca(OH)_2$ – лінії з $d/n = 4,90; 3,10; 2,62; 1,92$ А; $CaCO_3$ – лінії з $d/n = 1,82$ А; кварцу – лінії $d/n = 3,34$ А. Крім того, відзначаються лінії, характерні для гідратних новоутворень – низькоосновних гідросилікатів кальцію (CSH) – $d/n = 3,08$ Е.

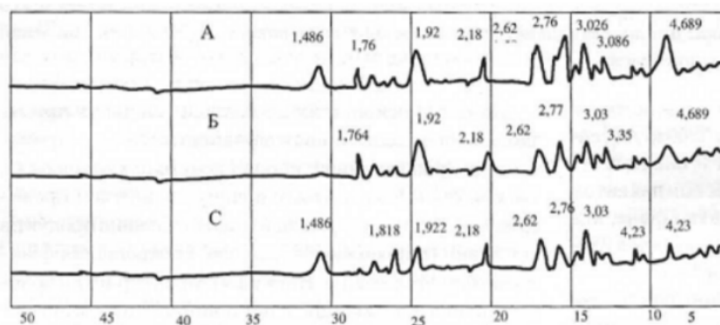


Рис. 3. Рентгенограми зразків цементних композицій: А – цементний зразок; Б – цементний зразок з добавкою 40% неактивованої золи-виносу; С – цементний зразок з добавкою 40% хімічно активованої золи-виносу

В золоцементних зразках з добавкою активізованої золи (40% мас.) з'являються комплексні алюміній-залізогідросульфовміщуючі з'єднання кальцію, для яких характерні лінії з $d/n = 2,45; 3,07; 4,22; 7,62$ А. Наявність таких новоутворень у складі золоцементних зразків можна пояснити тим, що під час хімічної активації золи-виносу утворюються сульфати алюмінію та заліза. Приведені рентгенограми підтверджують наявність таких солей і можливість їхньої участі у процесах гідратаційного тверднення цементу.

При збільшенні вмісту золи-виносу у складі пуцоланових цементів до 55% активність останнього різко знижується незалежно від витрати суперпластифікатору і становить, в середньому, 50% активності аналога у віці 2 діб і від 75 до 81% в марочному віці в залежності від витрати суперпластифікатору [9, С. 47]. Регламентованість у складі пуцоланових цементів присутності золи-виносу в досить широкому діапазоні від 21% до 55% не дозволяє однозначно оцінювати процес структуроутворення в'язучої системи, а також вплив на формування властивостей бетону. Для компенсації зростання водопотреби та погіршення експлуатаційних властивостей багатокомпо-

ментних цементів через наявність доменного гранульованого шлаку та традиційних пуцоланових добавок, доцільно поєднувати золу-виносу ТЕС з лужними активаторами та природними цеолітами. При дослідженні цементів з підвищеним вмістом активних мінеральних добавок встановлено що із збільшенням вмісту доменного гранульованого шлаку погіршується розмелювальна здатність цементів. Щільна скловидна структура і підвищена абразивність цього компоненту вимагає додаткових витрат електроенергії на помел шлаковмісних цементів для забезпечення марочної міцності та скорочує термін експлуатації помольного устаткування. Це свідчить про доцільність використання золи-виносу в ролі інтенсифікатора помелу. Так при введенні 3-5 мас. % золи-виносу питома поверхня цементів зростає до 10%, відбувається сповільнення строків тужавлення, але знижується активність цементу вірогідно у зв'язку з частковою перекристалізацією еtringіту в моносульфатну форму [10, С. 47] Поряд з хімічною взаємодією, висока питома поверхня впливає на фізико-хімічні процеси біля поверхні розділу фаз. Під час утворення конденсаційно-кристалізаційної структури відбувається формування епітаксимальних контактів між новоутвореннями і зернами наповнювача. Можливий також і негативний вплив при надлишку високодисперсного наповнювача за рахунок виникнення ділянки самонапруження, що при рості кристалів може призвести до утворення тріщин та інших порушень однорідності мікроструктури [11, С. 26].

Зола у складі будівельних розчинів виконує функцію мінеральної добавки, мікронаповнювача та дрібного заповнювача. Вона покращує пластичність і водоутримуючу здатність розчинових сумішей, а також експлуатаційні властивості затверділих бетонів. Рекомендована кількість золи у складі цементних розчинів становить 100...200 кг/м³, при цьому в малоцементних жорстких розчинах вона складає 80–125% від маси цементу, в пластичних – 40...50% [12, С. 181]. При виробництві сухих будівельних сумішей частину цементу і піску можна замінити тонкодисперсною золою-виносу без додаткового помелу. Перевитрату цементу при повній заміні піску крупнодисперсною золою можна уникнути додаванням вапняного тіста в невеликій кількості. При введенні золи-виносу досягається економія цементу до 30...50 кг та 40...70 кг вапняного тіста на 1 м³ розчину без погіршення легковкладальності, дає змогу підвищити міцність будівельного розчину до марки М25 і вище [12, С. 182].

1. Звіт щодо проведення аналізу ситуації з золошлаковими відвалами на території Львівської та Івано-Франківської областей в рамках реалізації Проекту Програми Транскордонного Співробітництва Польща-Білорусь-Україна 2007–2013 «Розвиток підприємництва шляхом покращення доступу до інвестиційних ділянок у місті Любачів та гміні Любачів, а також відновлення деградованих земель Яворівського району та м. Новий Розділ : дослідження підготовлено командою експертів аналітичного центру «Спільно-та Соціально Відповідальний Бізнес» (www.svb.org.ua). Львів, 2015. Ч. 2.

2. Грабовчак В. В., Куштим А. І., Кудрявець Б. І. Паливні золи і шлаки як основна сировина для виробництва цементів і бетонів на їх основі. *Проблеми розвитку міського середовища*. 2018. Вип. 1 (20).

3. Міненерговугілля України, ДП «НЕК «Укренерго» ВП «Науково-проектний центр розвитку об'єднаної енергетичної системи України» державного підприємства «Національна енергетична компанія «Укренерго» «Огляд основних положень Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції ООН про зміну клімату та зобов'язання країн-членів ОЕСР і Євросоюзу щодо виконання рекомендацій Паризької Конференції. Київ, 2017.

4. Sroda B. Potencjal przemyslu cementowegoj redukcji emisji CO2. *Budownictwo, technologie, architektura*. 2017. № 3/79. P. 72–74.

5. The role of cement in the 2050 low carbon economy. CEMBUREAU. 2013. P. 64.

6. EN-450-2:2005. Fly Ash for Concrete. Conformity evaluation.

7. Butt J., Sychev M. and Timashev V. *Practicum po Khimicheskoi Technologii Sviazuyushchikh*. Moskva : Vyshaya schkola, 1973.

8. Galyna Kotsay. Pozzolanic activity diagnostics of fly ash for portland cement. *Chemical Technology, University of Technology*. Warsaw, 2016. № 3. Vol. 10.

9. Конструкційні матеріали нового покоління та технологій їх впровадження у будівництво / Рунова Р. Ф., Гоц В. І., Назаренко І. І., Сівко В. Й., Шилук П. С., Старчук В. Н., Братчун В. І., Плугін А. М., Саницький М. А. К. : УВПК «ЕксОб», 2008. 360 с.

10. Саницький М. А., Соболев Х. С., Марків Т. Є. Модифіковані композиційні цементи. Львів : НУ «Львівська політехніка», 2010. 130 с.

11. Бабачев Г. Н. Золи и шлаки в производствестроительных материалов / пер. с болг. Л. Шарина. Київ : Будівельник, 1997. 136 с.

12. Дворкін Л. Й. Мироненко А. В. Будівельні матеріали із застосуванням промислових відходів : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2019. 298 с.

REFERENCES:

1. Zvit shchodo provedennia analizu sytuatsii z zoloshlakovymy vidvalamy na terytorii Lvivskoi ta Ivano-Frankivskoi oblasti v ramkakh realizatsii Proektu Prohramy Transkordonnoho Spivrobotnytstva Polshcha-Bilorus-Ukraina 2007–2013 «Rozvytok pidpriumnytstva shliakhom pokrashchennia dostupu do investytsiinykh dilianok u misti Liubachiv ta gmini Liubachiv, a takozh vidnovlennia dehradovanykh zemel Yavorivskoho raionu ta m. Novyi Rozdil : doslidzhennia pidhotovleno komandoiu ekspertiv analitychnoho tsentru

«Spilnota Sotsialno Vidpovalnyi Biznes» (www.svb.org.ua). Lviv, 2015. Ch. 2.

2. Hrabovchak V. V., Kushtym A. I., Kudriavets B. I. Palyvni zoly i shlaky yak osnovna syrovyna dlia vyrobnytstva tsementiv i betoniv na yikh osnovi. *Problemy rozvytku miskoho seredovyshcha*. 2018. Vyp. 1 (20).

3. Minenerhovuhillia Ukrainy, DP «NEK «Ukrenerho» VP «Naukovo-proiektnyi tsentr rozvytku obiednanoi enerhetychnoi systemy Ukrainy» derzhavnoho pidpriemstva «Natsionalna enerhetychna kompaniia «Ukrenerho» «Ohliad osnovnykh polozhen Kiotskoho protokolu do Ramkovoї Koventsii OON pro zminu klimatu ta zoboviazannia krain-chleniv OESR i Yevrosoiuzu shchodo vykonannia rekomendatsii Paryzkoї Konferentsii. Kyiv, 2017.

4. Sroda B. Potencial przemyslu cementowegow redukcji emisji CO₂. *Budownictwo, technologie, architektura*. 2017. № 3/79. P. 72–74.

5. The role of cement in the 2050 low carbon economy. CEMBUREAU. 2013. P. 64.

6. EN-450-2:2005. Fly Ash for Concrete. Conformity evaluation.

7. Butt J., Sychev M. and Timashev V. *Practicum po Khimicheskoi Technologii Sviazuyushchikh*. Moskva : Vyshaya schkola, 1973.

8. Galyna Kotsay. Pozzolan activity diagnostics of fly ash for portland cement. *Chemical Technology, University of Technology*. Warsaw, 2016. № 3. Vol. 10.

9. Konstruktsiini materialy novoho pokolinnia ta tekhnolohii yikh vprovadzhennia u budivnytstvo / Runova R. F., Hots V. I., Nazarenko I. I., Sivko V. Y., Shyliuk P. S., Starchuk V. N., Bratchun V. I., Pluhin A. M., Sanytskyi M. A. K. : UVPK «EksOb», 2008. 360 s.

10. Sanytskyi M. A., Sobol Kh. S., Markiv T. Ye. *Modyfikovani kompozytsiini tsementy*. Lviv : NU «Lvivska politekhnik», 2010. 130 s.

11. Babachev G. N. *Zolyi i shlaki v proizvodstvestroitelnyih materialov* / per. s bolg. L. SHarinova. Kyiv : Budivelnyk, 1997. 136 s.

12. Dvorkin L. Y. Myronenko A. V. *Budivelni materialy iz zastosovanniam promyslovykh vidkhodiv* : navch. posib. Rivne : NUVHP, 2019. 298 s.

Shalai S. V., Candidate of Agricultural Sciences (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Chorna I. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Safonov H. I., Candidate of Engineering (Ph.D.)** (Rivne Professional College of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Rivne)

USE OF FLY ASH AS A MICROFILLER IN CEMENT SOLUTIONS

The article discusses an approach to the use of dispersed mineral fillers in the manufacture of building composite materials. It is shown that ash and slag wastes from thermal power plants with dry sampling have a more stable grain, phase and chemical composition

than with wet ones. It is noted that ash in the composition of mortars performs the function of a mineral additive, microfiller and fine aggregate. It improves the plasticity and water retention capacity of mortar mixtures, as well as the performance properties of hardened concrete. Using the method for determining the pozzolanic activity, it is substantiated that with the introduction of ash-removal, the economy of cement and lime paste is achieved without deteriorating the convenience of nesting, which makes it possible to increase the strength of the mortar to the M25 grade and higher.

Keywords: fly ash; microfillers; cement slurry; pozzolanic activity.

Шалай С. В., к.с.-х.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно), **Чорна И. В., к.т.н., Сафонов Г. И., к.т.н.** (Обособленное структурное подразделение «Ровенский профессиональный колледж Национального университета биоресурсов и природопользования Украины», г. Ровно)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗОЛЫ-УНОСА В КАЧЕСТВЕ МИКРОНАПОЛНИТЕЛЯ В ЦЕМЕНТНЫЕ РАСТВОРЫ

В статье рассматривается подход по применению дисперсных минеральных наполнителей при изготовлении строительных композиционных материалов. Показано, что золошлаковые отходы тепловых электростанций при их сухом отборе имеют более стабильный зерновой, фазовый и химический состав чем при влажном. Отмечено, что зола в составе строительных растворов выполняет функцию минеральной добавки, микронаполнителя и мелкого заполнителя. Она улучшает пластичность и водоудерживающую способность растворов смесей, а также эксплуатационные свойства затвердевших бетонов. С помощью применения метода определения пуццолановой активности обосновано, что при введении золы-выноса достигается экономия цемента и известкового теста без ухудшения удобства вкладываемости, что позволяет повысить прочность строительного раствора к марке М25 и выше.

Ключевые слова: зола-унос; микронаполнители; цементный раствор; пуццолановая активность.
