

**Міністерство освіти і науки України  
Академія будівництва України  
Національний університет водного господарства та  
природокористування  
Північно-Західне територіальне відділення АБУ**

# **РЕСУРСОЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ**

**Збірник наукових праць**

**Випуск 21**

**Рівне 2011**

Зареєстрований Міністерством юстиції України (свідоцтво КВ 16399-4871  
ПР від 02.02.2010).

Затверджений Президією ВАК України як фахове видання (Бюлетень  
ВАК України, № 6, 2010 р.

Матеріали збірника схвалені на засіданні Вченої ради університету  
рекомендовані до видання (протокол № 2 від 25 лютого 2011 р.).

Наведені нові результати фундаментальних та прикладних досліджень в  
області будівельних матеріалів та технологій їхнього виготовлення, теорії  
опору елементів будівельних конструкцій зовнішнім впливам, методи їхнього  
розрахунку. Висвітлені окремі питання розрахунків та підсилення  
будівельних конструкцій, будівель і споруд.

Призначений для наукових працівників, спеціалістів проектних  
організацій і виробничих підприємств будівельної галузі, докторантів,  
аспірантів та студентів навчальних закладів будівельного напрямку.

#### Редакційна колегія

**Бабич Є.М.**, д.т.н., професор - відповідальний редактор (Національний університет  
водного господарства та природокористування); **Борисюк О.П.**, к.т.н., доцент,  
відповідальний секретар (Національний університет водного господарства та  
природокористування); **Азізов Т.Н.**, д.т.н., професор (Уманський державний  
педагогічний університет імені Павла Тичини); **Барашиков А.Я.**, д.т.н., професор  
(Київський національний університет будівництва і архітектури); **Бліхарський З.Я.**,  
д.т.н., професор (Національний університет "Львівська політехніка"); **Проль М.М.**,  
д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та  
природокористування); **Гвидень Б.Г.**, д.т.н., професор (Національний університет  
"Львівська політехніка"); **Гурин В.А.**, д.т.н., професор (Національний університет  
водного господарства та природокористування); **Гончаренко Д.Ф.**, д.т.н., професор  
(Харківський державний технічний університет будівництва і архітектури);  
**Дворкін Л.І.**, д.т.н., професор (Національний університет водного господарства та  
природокористування); **Дорофєєв В.С.**, д.т.н., професор (Одеська державна академія  
будівництва і архітектури); **Масюк Г.Х.**, к.т.н., професор, (Національний університет  
водного господарства та природокористування); **Павліков А.М.**, д.т.н., професор  
(Полтавський національний технічний університет ім. Ю. Кондратюка); **Пічугін С.Ф.**,  
д.т.н., професор (Полтавський національний технічний університет ім.  
Ю. Кондратюка); **Трач В.М.**, д.т.н., професор (Національний університет водного  
господарства та природокористування); **Яременко О.Ф.**, д.т.н., професор (Одеська  
державна академія будівництва і архітектури).

Технічний секретар – Григорчук І.П.

Адреса редакції: 33000, м. Рівне, вул. Соборна, 11, НУВГП

ISSN 2218-1873  
ISBN 966-7447-21-9

© Національний університет водного  
господарства та природокористування, 2011

# РЕСУРСОЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

УДК 627.132:504.06:330.131.7

Атаєв С.В., викладач (ПВНЗ «Європейський університет», м. Рівне)

## ПРО ЕКОЛОГІЧНУ ЧИСТОТУ ШИФЕРНОГО ПОКРИТТЯ

Досліджено рівень екологічної безпеки шиферного покриття у розрізі стадій життєвого циклу. В якості показника безпеки шиферу виступає екологічна чистота будівельного матеріалу

It is investigated level of ecological safety of a slate covering in a cut of stages of a vital cycle. As an indicator of safety of slate ecological cleanliness of a building material acts

Екологічна чистота (ЕЧ) будівельного матеріалу визначається вмістом та характеристиками будь-яких небезпечних речовин, включаючи їх токсичність, біологічну активність, радіоактивність тощо [1]. Це один із показників екологічної безпеки матеріалу на різних стадіях життєвого циклу (ЖЦ).

Забезпечення екологічної безпеки житлового простору будівлі багато в чому залежить від матеріалу її покриття. Одним із найпоширеніших покрівельних матеріалів на сьогодні залишається шифер. Шифер відноситься до групи азбестоцементних матеріалів. Розрізняють дві групи азбестових матеріалів [2] хризотилу та амфіболу. Амфіболовий шифер заборонений у будівництві. Хризотилу шифер має поверхню, збагачену цементом, з інкапсульованими всередині волокнами азбесту, що знижує біологічну активність волокон азбесту тому можливість виникнення азбестозумовлених захворювань при його експлуатації малоімовірна. Але це не єдина думка щодо безпеки шиферу. У світі існує так звана «антиазбестова війна», що сьогодні активно підтримується країнами Європейського Союзу [3].

Індустрія будівельних матеріалів та екологи створили навколо шиферу багато міфів та тривожних недоведених фактів, що є передумовою для скорочення не лише виробництва універсального матеріалу, але і експлуатації. Подальші дослідження будуть пов'язані із спробою встановити об'єктивність у питаннях екологічної безпеки шиферу як покриття при оцінці показників ЕЧ на різних стадіях ЖЦ.

Метою статті є проведення порівняльного аналізу показників ЕЧ

**Кривенко П.В., д.т.н., проф., Грабовчак В.В., аспірант, Калінченко В.М., студент** (Науково-дослідний інститут в ячужих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського, Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ)

## **ВИВЧЕННЯ КОРОЗИЙНОЇ СТІЙКОСТІ ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ НА ОСНОВІ ПАЛИВНИХ ЗОЛ**

**Показано можливість отримання лужних цементів на основі паливних зол, які характеризуються підвищеною стійкістю до впливу агресивних середовищ.**

**High corrosion resistant alkaline cement based on fly-ashes production possibility was shown.**

**Стан питання та задачі досліджень.** Збалансований розвиток суспільства значною мірою тісно пов'язаний з екологічною безпекою, яка здебільшого зумовлена забрудненням довкілля, що спричиняється трьома основними чинниками – техногенними відходами, забрудненням атмосфери і гідросфери. Внаслідок переробки природних ресурсів в Україні утворюється близько 0,5 млрд. т. відходів щорічно [1]. Найбільша кількість таких відходів є в енергетиці – золи шлаки ТЕС, оскільки методи їх переробки є енергоресурсозатратними та складними, що підтверджується збільшенням даних відходів щорічно майже на 5%. Тому проблема утилізації промислових відходів на сьогоднішній день є однією з актуальних проблем. Іншою не менш важливою проблемою суспільства є збереження енергоресурсів. Особливо це стосується цементної промисловості, яка потребує високих витрат газу та електроенергії при виробництві клінкерної складової цементів.

Серед найбільш перспективних напрямків розв'язання даних проблем слід відмітити розширення області використання пуцоланових речовин, з яких найбільш цікавим матеріалом є золи від спалювання кам'яного вугілля. Оскільки використання даних відходів може забезпечувати галузь будівельних матеріалів багатим джерелом дешевої, а іноді частково підготовленої сировини, що приводить до економії енергоресурсів; сприяє зниженню ступеня забруднення навколишнього середовища.

У наш час основна кількість зол, що використовується у будівельній індустрії, дає змогу заощаджувати до 30% цементу і більше половини природних заповнювачів [2]. По розрахунках науково-дослідних організацій, виробництво бетонів і розчинів може у перспективі споживати щороку близько 30 млн. т зол і золошлаків. Проте наразі у в Україні

використовується 0,2% золи-винесення [3], переважно безконтрольно примітивно, тоді як рівень утилізації зол і шлаків у США становить до 15%, Англії – до 43%, Німеччини – до 67% [4]. Тому, враховуючи тенденції розвитку світової економіки з обов'язковим звертанням уваги на покращення екологічного стану довкілля [5], відходи енергетичного комплексу потрібно ширше залучати до технологічного процесу виготовлення будівельних матеріалів різноманітного призначення.

Науковцями НДІВМ Київського національного університету будівництва і архітектури було показано високу ефективність вирішення наведених проблем за рахунок впровадження зололужних цементів. Як показали результати багаторічних досліджень, застосування таких цементів при відносно невеликих витратах портландцементу (до 30% дозволяє отримувати в яучі композиції, які за своїми фізико-механічними характеристиками майже не відрізняються від портландцементних в яучих [6-8]). Міцність штучного каменю лужних цементів на основі паливних зол залежить від фазового складу новоутворень і визначається не тільки мінералогічним складом в яучої системи, але і водоцементним відношенням, оскільки зміна В/Ц може впливати не тільки на зміну співвідношення між гідратними фазами, але й на їх морфологію. В той же час використання зололужних в яучих композицій дозволяє забезпечити не тільки рівномірний набір міцності бетонів на їх основі але й покращити такі характеристики штучного каменю як атмосферостійкість, корозійна стійкість, морозостійкість тощо.

Метою даного етапу досліджень є вивчення корозійної стійкості штучного каменю на основі зололужних цементів, які містять в своєму складі 60% золи-винесення.

Як об'єкти досліджень використовували лужний пуцолановий цемент (ЛЦЕМ III) та лужний композиційний цемент (ЛЦЕМ V) у відповідності до ДСТУ Б.В. 2.7-181-2009

В якості сировинних матеріалів використовували золу-винесення Ладжинської ДРЕС кальциновану соду та метасилкат натрію. Для активізації системи використовували мелений доменний гранульований шлак та портландцемент ПЦ I-500 Здолбунівського цементного заводу.

Зололужний цемент готували окремим помелом золи, шлаку та змішуванням всіх компонентів з додавання лужного компоненту та пластифікатору у кульовому млині. Склад та фізико-механічні властивості зололужних цементів наведено в таблиці 1

Відмічено (табл ), що за строками початку тужавлення, досліджувані цементы відповідають вимогам ДСТУ Б.В. 2.7-46-96 (початок тужавлення не раніше 60 хв), і характеризуються маркою М400, тому для підвищення ефективності їх використання у складі бетонів були проведені дослідження впливу агресивних середовищ на властивості зололужних цементів.

Корозійну стійкість цементів вивчали у відповідності до рекомендацій [9] шляхом визначення зміни міцності зразків в агресивних середовищах, представлених 10%-м та 5%-м розчинами сульфату магнію ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ), 4%-м, та 2%-м розчинами сульфату натрію ( $\text{MgSO}_4$ ), а також розчином концентрованої морської солі. Зразки витримували 24 години в нормальних умовах, а потім після розпалублення – у технічній воді. Після 14 діб зберігання зразки було занурено в різні агресивні середовища. Випробування зразків, які знаходилися в агресивних середовищах, проводили через 30 діб, 60 діб, 90 діб і 180 діб.

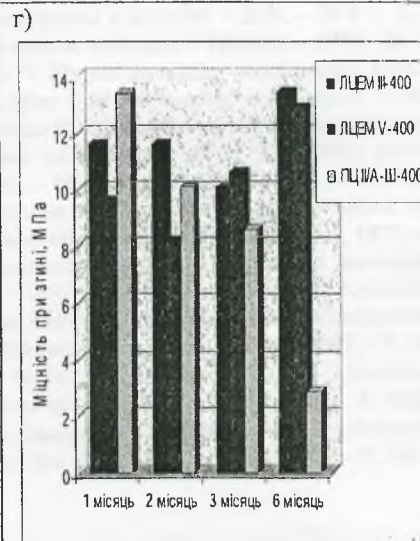
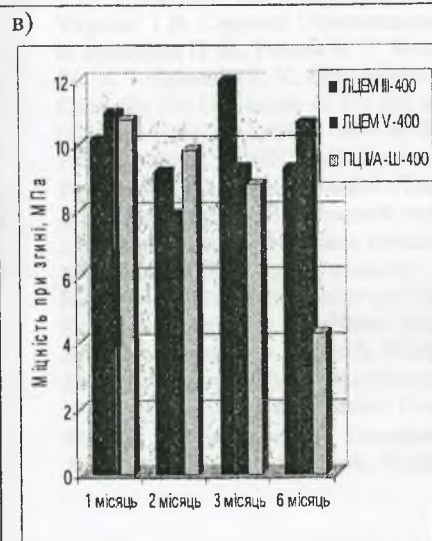
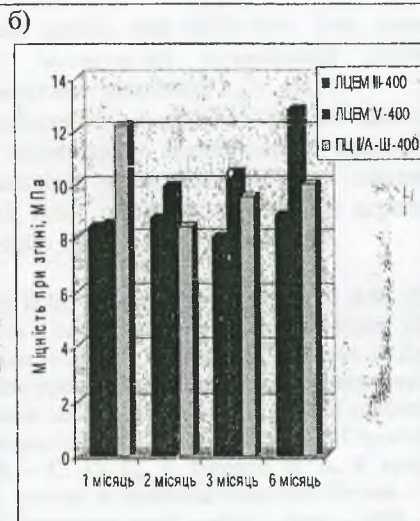
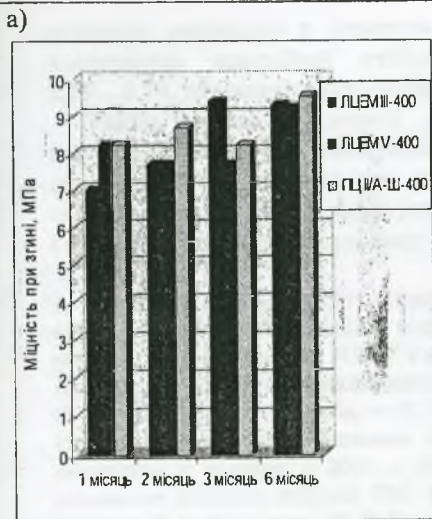
Таблиця 1

Склад і властивості зололужних цементів

Тип цементу	Складові цементу, %			ТНГ %	Початок тужавлення, год-хв	РК, мм	Міцність при стиску $R_{ст}$ , МПа, після	
	Зола	Шлак	ПЦ				7 діб	28 діб
ЛЦЕМ III-400	60		40	26,0	1-40	11	21,9	41,7
ЛЦЕМ V-400	60	30	10	25,5	1-30	110	23,2	38,4

Як видно з результатів досліджень (рис.1), всі композиції на 30 добу витримування включно підвищують міцнісні характеристики в порівнянні з контрольними зразками. Подальше витримування зразків в агресивних середовищах призводить до зниження міцностних показників, але слід відмітити, що композиції на основі ПЦ II/A-III-400 стрімкіше втрачають показник міцності в порівнянні з композиціями на основі зололужних цементів, особливо це помітно в більш концентрованих розчинах солей сульфату натрію та сульфату магнію.

Корозійну стійкість визначали за показником коефіцієнта корозійної стійкості, що дорівнює відношенню границі міцності зразків після витримування 6 місяців в агресивному середовищі до границі міцності зразків після 6 місяців твердіння у воді. Згідно з даною методикою, зразки є корозійностійкими, якщо після випробування у віці 180 діб коефіцієнт стійкості становить  $K_c \geq 0,8$ . Результати досліджень наведені в таблиці 2.



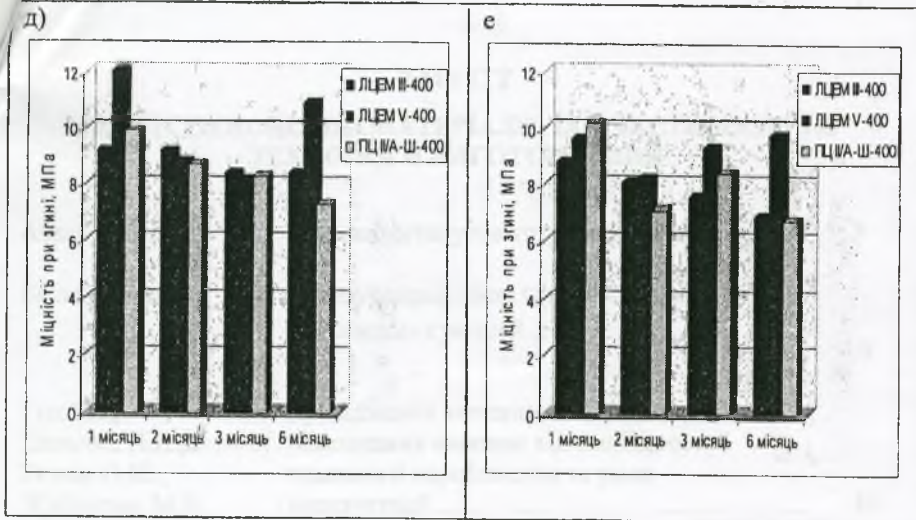


Рисунок 1. Діаграми зміни міцності цементів під дією агресивних середовищ: а) вода технічна, б) розчин морської солі в) розчин  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -5%-ий; г) розчин  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ -10%-ий; д) розчин  $\text{MgSO}_4$ -2% е) розчин  $\text{MgSO}_4$ -4%.

Таблиця 2.

Визначення коефіцієнту корозійної стійкості цементів

Тип в'язучої речовини	Значення коефіцієнта $K_c$ після перебування зразків у розчинах				
	Морська сіль	5%- $\text{Na}_2\text{SO}_4$	10%- $\text{Na}_2\text{SO}_4$	2%- $\text{MgSO}_4$	4%- $\text{MgSO}_4$
ЛЦЕМ III-400	0,95	1	1,45	0,9	0,74
ЛЦЕМ V-400	1,39	1,15	1,4	1,18	1,06
Портландцемент II/III M400	,05	0,45	0,3	0,77	0,71

Отримані результати проведених досліджень станом на 6 місяців витримування в агресивних середовищах показують, що цементи типу ЛЦЕМ III-400 та ЛЦЕМ V-400 мають більші показники коефіцієнтів корозійної



стійкості порівняно з цементом на основі ПЦ П/Ш-400. Так, значення коефіцієнта корозійної стійкості зололужних композицій становить 1,39 .0,74, порівняно з портландцементною системою 1,05 .0,71

Таким чином, проведені дослідження показали високі показники корозійної стійкості зололужних цементів у порівнянні з клінкерними цементами, що свідчить про можливість використання таких цементів у складі бетонів, умови експлуатації яких передбачають вплив агресивних середовищ, що містять сульфати натрію та магнію і морську сіль.

1. Челядин Л.І., Позняк О.Р., Новосад П.В., Романко П.Д., Челядин В.Л. Фізико-хімічна утилізація техногенних відходів і їх вплив на екологічну безпеку об'єктів регіону// Науковий вісник НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.11 – С 34-44.
2. Дворкин Л.И. Строительные материалы изотходов промышленности: учеб. для студ. вузов/ Л. И. Дворкин, И. А. Пашков. – К. Вища школа, 1989. – 208 с.
3. Гарковенко В. Использование отходов тепловых электростанций // Строительные материалы и изделия. – 2001 – № 3. – С. –12.
4. Пашков И. А. К вопросу о механизме влияния добавки ТЭС на состав и свойства тяжелого бетона // И. А. Пашков, Г. Н. Бондарева, Ю. Г. Гасак // Всесоюз. конф. тезисы докл. – 1989. – С. 83 – 84.
5. Сердюк Т.В. Енергозбереження як фактор поліпшення екологічної ситуації в Україні/ Т.В. Сердюк// Строительные материалы и изделия. – 2001 – № 3. – С. 24-26.
6. Кривенко П. В., Рябова А. Г. Золощелочные вяжущие // Цемент – 1990.- № 11 – С. 14-16.
7. Krivenko P V., Skurchinskaya J V Fly ash containing geocements // Proc. Intern. Conf. On the Utilization of Fly ash and other Coal Combustion By-Products. – Shanghai (China). – 199 – P 64-1 – 64-7
8. Krivenko P V Fly ash – alkali cements and concretes // Proc. Fourth CANMET-ACI Intern. Conf. on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. – Istanbul (Turkey). – 1992. – P 721 734.
9. Бугт Ю.М., Тимашев В.В. Практикум по химической технологии вяжущих материалов. Учебное пособие для химико-технологических специальностей вузов. М. «Высш. школа», 1973. – 504 с.
10. Кривенко П.В. Лужні цементі: термінологія, класифікація, галузі застосування Будівельні матеріали і конструкції. 1995. № 1 – С.23-24.
11. Krivenko P V., Kovalchuk G.Yu. Fly Ash Based Alkaline Cements // 2007-Internatinal Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. Praha. – 2007 – P 349-367
12. Krivenko P V., Kovalchuk O.Yu., Kovalchuk G.Yu. Directing the Hydration/Dehydration Structure Formation of Alkaline Portland Cement: A Perspective Way for Obtaining a High Temperature Concrete 2007-Internatinal Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. Praha. – 2007 – P 369-377