

УДК 691.175:666.96+541.1

*Пушкарьова К.К., професор, зав. каф.,
Суханевич М.В., доцент, Бондар К.В., аспірант
Київський національний університет будівництва і
архітектури, КНУБіА, м. Київ, Україна*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ПРОНИКНОЇ ДІЇ НА ОСНОВІ ШЛАКОМІСТКОГО ЦЕМЕНТУ, МОДИФІКОВАНОГО ДОБАВКАМИ ЦЕОЛІТУ ТА СОЛЕЙ-ЕЛЕКТРОЛІТІВ

ВСТУП

Підвищення водонепроникності бетонних та залізобетонних споруд, що експлуатуються певний час вирішується на сьогоднішній день шляхом використання гідроізоляційних тонкошарових цементних покриттів, в тому числі проникного механізму дії. Більше 20 років на будівельному ринку існують такі матеріали як Пенетрон, Кальматрон, Ксайпекс, Слурі та інші, які виконують свої функції досить ефективно.

Механізм дії проникної гідроізоляції цементномістких матеріалів полягає у хімічній реакції активних реагентів (пенетратів) із вільним вапном (гідроксидом кальцію) і капілярною водою в бетоні. Активні компоненти, які входять до складу гідроізоляції, викликають каталітичну реакцію, в результаті якої в порах і капілярах бетону утворюються розгалужені нитеподібні кристалічні агрегати з дуже дрібними порами. В результаті використання проникної гідроізоляції структура бетону ущільнюється у всіх напрямках, запобігаючи проникненню води або іншої рідини.

Проте через певний час експлуатації виникають питання щодо їхньої надійності, адже замовник планує використовувати заізольовану бетонну споруду якомога довший час без ремонту.

Автори проводять роботи по створенню гідроізоляційних покриттів проникної дії на основі цементовміщуючих в'язучих речовин – шлакомістких, золомістких, композиційних, модифікуючи їх природними добавками-активаторами, що дозволить значно зменшити вартість покриттів, а також підвищити довговічність та корозійну стійкість [1].

Попередніми роботами [2, 3, 4] показано можливість створення на основі змішаних в'язучих ефективних гідроізоляційних матеріалів, які за своїми фізико-механічними властивостями не поступаються відомим аналогам. Подана заявка на винахід, продовжуються роботи по вдосконаленню сировинного складу та технології виготовлення і використання гідроізоляційних матеріалів.

Проте актуальним залишається питання довговічності та надійності гідроізоляційних покриттів в часі. Оскільки відомо, що на властивості матеріалу більшою мірою впливають склад та структура продуктів гідратації штучного каменя, дослідження цього питання викликає інтерес завдяки можливості обґрунтування ефективності роботи гідроізоляції проникної дії.

МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є дослідження складу продуктів гідратації шлакомісткого в'язучого матеріалу, модифікованого добавками природного цеоліту та комплексом солей-електролітів, що є базовою композицією для створення гідроізоляційних покриттів проникної дії, якому присвоєно назву «Цеолітрон».

Використання у якості цементної складової гідроізоляційних покриттів шлакомісткого цементу, що містить відходи виробництва – доменні металургійні шлаки, дозволить вирішити екологічні проблеми України та покращити експлуатаційні властивості гідроізоляційних

матеріалів протягом всього терміну служби покриття за рахунок направленої формувальності у складі продуктів гідратації низькоосновних гідросилікатів кальцію та цеолітоподібних новоутворень, що зумовлюють підвищену довговічність матеріалів.

МЕТОДИ І ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як сировинні матеріали в дослідженнях використовували портландцемент марки ПЦ-І М 500, доменний гранульований шлак Криворізького металургійного комбінату, природний цеоліт (клинотиліоліт) Сокирницького родовища, комплексну добавку солей-електролітів та кварцовий пісок (фракція >0,63 мм).

У якості порівняльних складів використовували гідроізоляційні покриття проникної дії Пенетрон і Кальматрон.

Покриття, нанесене на основу товщиною 2-3 мм, витримували 3 доби у воді, потім 3 доби на повітрі, а далі випробовували на міцність з використанням приладу склерометру ОМШ-1. Гідроізоляційні властивості покриття оцінювали за капілярним водопоглинанням з використанням трубки Карстенса за ДСТУ-Б.В.2.7-126:2011.

Склад та структуру продуктів гідратації досліджували з використанням комплексу фізико-хімічних методів дослідження: рентгенофазового аналізу, диференціально-термічного аналізу та електронної мікроскопії.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Попередніми дослідженнями встановлено оптимальні склади шлакомісткого в'язучого матеріалу, раціональний вміст добавок-електролітів, досліджено основні фізико-механічні та спеціальні характеристики гідроізоляційних покриттів на основі розробленої композиції [1,2]. Виявлено та описано склад продуктів гідратації дослідженого покриття та аналогів порівняння на ранніх етапах твердіння [3] і показано безпосередній вплив процесів структуроутворення на формування матеріалу з високими експлуатаційними властивостями.

Дослідженнями показано, що розроблені покриття характеризуються значно вищою надійністю порівняно з традиційно застосовуваними матеріалами аналогічного механізму дії і їхня здатність до гідроізоляції бетону не знижується після 1 року експлуатації, як це зафіксовано для аналогів порівняння [4].

Пояснити механізм дії розробленого покриття та його високі гідроізоляційні властивості на пізніх етапах твердіння (через 360 діб) можливо за рахунок дослідження процесів структуроутворення на пізніх стадіях гідратації штучного каменю з використанням сучасних методів фізико-хімічних досліджень - РФА, ДТА, електронної мікроскопії.

Встановлено [5], що в системі «портландцемент + шлак + вода» твердіння шлакового цементу протікає за двостадійною схемою: спочатку гідратуються мінерали портландцементу, а потім, за рахунок утворення портландиту, відбувається активізація складових шлаку.

Як свідчать дані РФА (рис. 1, а, кр.1), фазовий склад новоутворень шлакоцементних композицій представлений переважно гилебрандитом $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ та еtringітом $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot32\text{H}_2\text{O}$.

При гідратації в'язучої композиції системи «портландцемент + шлак + цеоліт + вода» на ранніх стадіях твердіння спостерігається інтенсивне зв'язування CaO , R_2O , SO_3 , Al_2O_3 і SiO_2 і $\text{Ca}(\text{OH})_2$ з формуванням не тільки ГСАК, але й С-С-Н за рахунок постачання із цеолітового каркасу, що розпадається, готових кремнекисневих комплексів [4]. Крім того, на ранніх етапах твердіння рентгенофазовий аналіз не фіксує наявності кристалів цеолітів. Вірогідно, це пов'язано з існуванням індукційного періоду, протягом якого зародки кристалів виростають до критичних розмірів. Природні цеоліти виконують роль центрів кристалізації. Особливістю взаємодії їх в тверднучих системах є поступове руйнування високопористого цеолітового мінералу та постачання в реакційне середовище активних груп кремнекисневого каркаса.

Фазовий склад продуктів гідратації штучного каменю після 1 року твердіння шлакомістких цементів представлений переважно еtringітом $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot32\text{H}_2\text{O}$, гилебрандитом

$2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ та аналогами природних цеолітів - анальцимом $\text{Na}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\}\cdot\text{H}_2\text{O}$ і гмелінітом $(\text{Na}, \text{Ca})_4\{\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}\}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ (рис.1,а, кр.2).

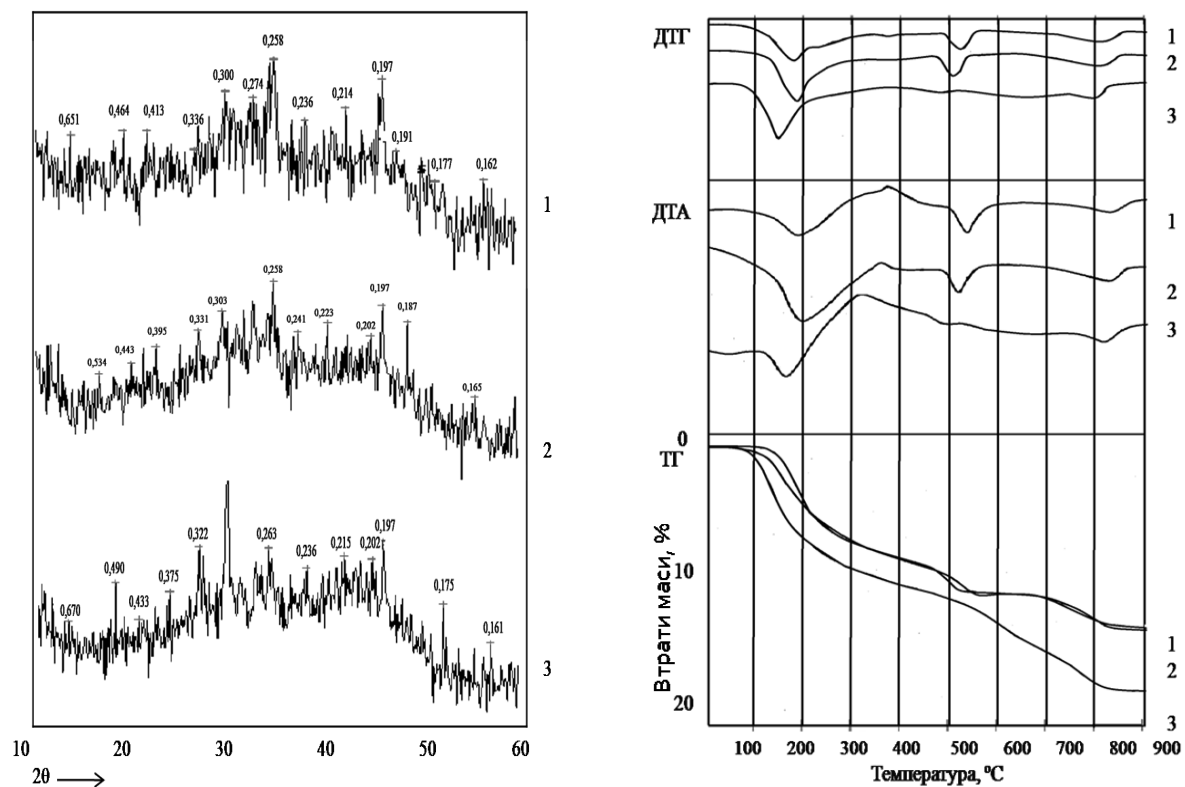


Рисунок 1. Рентгенограми (а) та дериватограми (б) продуктів гідратації штучного каменю (після твердіння 1 рік) на основі в'язучої композиції в системі «портландцемент + шлак+ вода» (1), «портландцемент + шлак+ цеоліт+вода» (2), «портландцемент + шлак+ цеоліт+солі+вода» (3)

Введення цеолітів до складу цементів доцільніше разом з іншими алюмосилікатними матеріалами (шлаками), продукти гідратації яких представлені низькоосновними силікатами кальцію, які є більш довговічними та стійкими до впливів агресивного середовища – сульфатної корозії [5].

Підвищити щільність цементного каменю найбільш простим методом дозволяють добавки солей-електролітів, які сприяють утворенню додаткових кристалогідратів. Солі електролітів, розчиняючись у воді, глибоко проникають у структуру бетону і вступають в реакцію зі складовими продуктами тверднення цементного каменю. В результаті формуються водонерозчинні новоутворення, які заповнюють пори, капіляри, тріщини бетону до 0,5 мм, і запобігають фільтрації води, навіть при наявності високого гідростатичного тиску. При цьому утворені кристалогідрати стають складовою структури бетону, ущільнюючи її, та запобігають відшаруванню самого гідроізоляційного покриття.

Очевидно, що такими новоутвореннями в цементному каменю виступають ГСАК складу $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 31\text{H}_2\text{O}$ (етрингіт) або $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Еترینгіт, збільшуючись в об'ємі в 1,5-3 рази, порівняно з гідроалюмінатом кальцію складу $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 6\text{H}_2\text{O}$, на основі якого він утворюється, може виконувати як конструктивну так деструктивну роль.

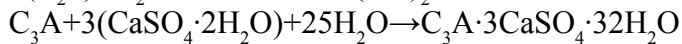
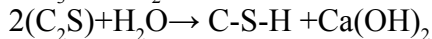
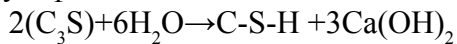
Позитивні властивості еترینгіту полягають в тому, що його нерозчинні у воді кристали заповнюють пори бетону, які стають непроникними для води. Деструктивна роль еترینгіту в цементному камені обумовлена його здатністю збільшуватись в об'ємі при додатковій кристалізації гідросульфалюмінатів, створюючи тиск на пори и викликаючи напруження в структурі бетону.

Проте цього негативного впливу можна уникнути при використанні в складі в'язучої речовини добавки природного цеоліту. Останній за рахунок великої пористості та здатності до ситового ефекту створює можливості для вільного розміщення у своїх порах і пустотах надлишкових кристалів еترینгіту, утворених у пізні строки твердіння, що дозволить уникнути

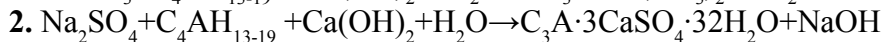
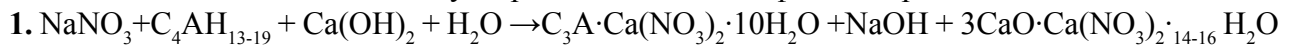
внутрішніх напружень в бетоні.

Для виявлення механізму формування фазового складу цементного каменю в присутності солей-електролітів проникаючої гідроізоляції в системі «портландцемент + шлак + цеоліт + солі + вода» були проведенні рентгенофазовий (рис.1а, кр.3) та диференціально-термічний (рис.1б, кр.3) аналізи, результати яких наведено в таблиці 1. Виявлено наступний механізм дії солей електролітів в складі проникної гідроізоляції:

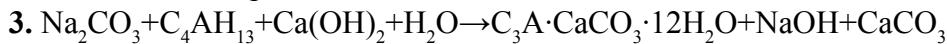
На першому етапі (до обробки штучного каменю солями) взаємодія портландцементу з водою відбувається за відомими схемами гідратації. Так, у результаті взаємодії аліту і беліту з водою утворюється гель С-S-H і гідроксид кальцію. Трикальцієвий алюмінат при гідратації синтезує гідроалюмінати, а за наявності сульфату кальцію у вигляді двоводного гіпсу утворює гідросульфалюмінати кальцію:



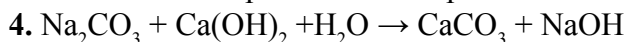
На другому етапі використання солей $NaNO_3$, Na_2SO_4 , Na_2CO_3 , призводить до взаємодії їх із складовими цементного каменю з утворенням AFt і AFm фаз та гідросилікатів:



Механізм дії карбонату натрію Na_2CO_3 можна представити як його реакцію з гідроалюмінатом кальцію в присутності гідроксиду кальцію з наступним утворенням двох важкорозчинних продуктів, один з яких представлений подвійною сіллю:



Також можлива проста обмінна реакція:



Утворені AFt і AFm-фази, С-S-H фази, карбонат кальцію кольматують пори, зменшуючи при цьому водопоглинання цементного каменю.

Аналіз результатів, отриманих з використанням РФА та ДТА підтверджує тезу, що наявність в складі шлакомісткого цементного каменю комплексу солей призводить до утворення великої кількості гідросульфалюмінатів AFt та AFm-фаз, що кольматують поровий простір каменю, зменшуючи при цьому величину водопоглинання та підвищуючи водонепроникність гідроізоляційних покриттів у часі.

З метою виявлення процесів структуроутворення, що відбуваються при модифікації шлакомістких в'язучих систем комплексними добавками, та продуктів їхньої гідратації за допомогою електронної мікроскопії було досліджено поверхню сколу штучного каменю, що тверднув на протязі 1 року (рис. 2).

Представленні фотографії штучного каменю на основі шлакомісткого в'язучого, модифікованого природним цеолітом (рис.2, б), свідчать про утворення великої кількості модифікованих гідросилікатів кальцію та анальциму.

Проте, на фотографіях штучного каменю, модифікованою комплексною добавкою, що містить природний цеоліт та солі-електроліти (рис.2,в) можна спостерігати утворення великої кількості твердих розчинів еtringіту та модифікованих гідросилікатів кальцію. На фото видно кристали, представленні довгими тонкими призматичними голками, довжиною 20...30 мкм. Еtringіт розміщується по всьому об'єму цементного каменю, особливо в порах, і має вигляд більш або менш рівномірно розподіленої сітки, в якій хаотично розміщуються кристали гідросилікатів кальцію.

За наведеними дослідженнями, які підтверджуються даними попередніх робіт [2,3], введення солей не тільки сприяє прискореному утворенню кристалогідратних сполук, але й ініціює направлену кристалізацію низькоосновних гідросилікатів кальцію С-S-H.

Таблиця 1

Основні новоутворення в гідроізоляційному покритті на основі шлакомісткого цементу, модифікованого добавкою природного цеоліту, та комплексною добавкою природного цеоліту і солей-електролітів після твердіння протягом 1 року

Основні компоненти в'язучої речовини	Гідратні фази	
	РФА, d, Å	ДТА, °C
ПЦ + Ш	етрингіт $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (d=0,301; 0,256; 0,234; 0,220; 0,215; 0,206; 0,197; 0,175; 0,166; 0,162; 0,157 нм). гілебрандит $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ (d=0,301; 0,275; 0,237 0,205; 0,196; 0,192; 0,181; 0,174 нм)	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (-) 150; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ (-) 538
ПЦ + Ш +Ц	етрингіт $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (d=0,240; 0,223; 0,212; 0,197; 0,166; 0,162 нм), гілебрандит $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ (d=0,301; 0,275; 0,224; 0,196; 0,192; 0,186 нм), анальцим $\text{Na}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\}\cdot\text{H}_2\text{O}$ (d=0,241; 0,221; 0,190; 0,185; 0,178; 0,168; 0,165; 0,160 нм) гмелініт $(\text{Na}, \text{Ca})_4\cdot\{\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}\}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ (d=0,455; 0,332; 0,259; 0,207; 0,195; 0,187; 0,178; 0,168; 0,166 нм).	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (-) 150; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ (-) 525
ПЦ + Ш + Ц + солі	етрингіт $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (d=0,262; 0,248; 0,234; 0,215; 0,208; 0,202; 0,197; 0,175; 0,166; 0,162 нм), гілебрандит $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ (d=0,334; 0,262; 0,245; 0,196; 0,186; 0,174 нм), анальцим $\text{Na}\{\text{AlSi}_2\text{O}_6\}\cdot\text{H}_2\text{O}$ (d=0,564; 0,345; 0,216; 0,185; 0,173; 0,165; 0,160 нм), гмелініт $(\text{Na}, \text{Ca})_4\cdot\{\text{Al}_8\text{Si}_{16}\text{O}_{48}\}\cdot 24\text{H}_2\text{O}$ (d=0,346; 0,332; 0,298; 0,289; 0,207; 0,195; 0,193; 0,187; 0,166 нм), низькосульфатна форма гідросульфоалюмінату кальцію $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (d=0,287; 0,260; 0,235; 0,206; 0,190; 0,187; 0,166; 0,155 нм), чотирикальцієвий монокарбонатний гідроалюмінат $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaCO}_3\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (d=0,346; 0,330; 0,286; 0,217; 0,201; 0,186; 0,166; 0,160; 0,155 нм), гідронітроалюмінат кальцію $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (d=0,187 нм).	$3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot 3\text{CaSO}_4\cdot 32\text{H}_2\text{O}$ (-) 150; $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot\text{H}_2\text{O}$ (-) 520; $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ (+) 800; $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (-) 815

Відбувається зменшення макропор з одночасним збільшенням мікропор, що обумовлює формування досить однорідної, щільної структури цементного каменю. Заміна частини портландцементу доменним гранульованим шлаком та цеолітом сприяє повному зв'язуванню $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в гідросилікатні сполуки.

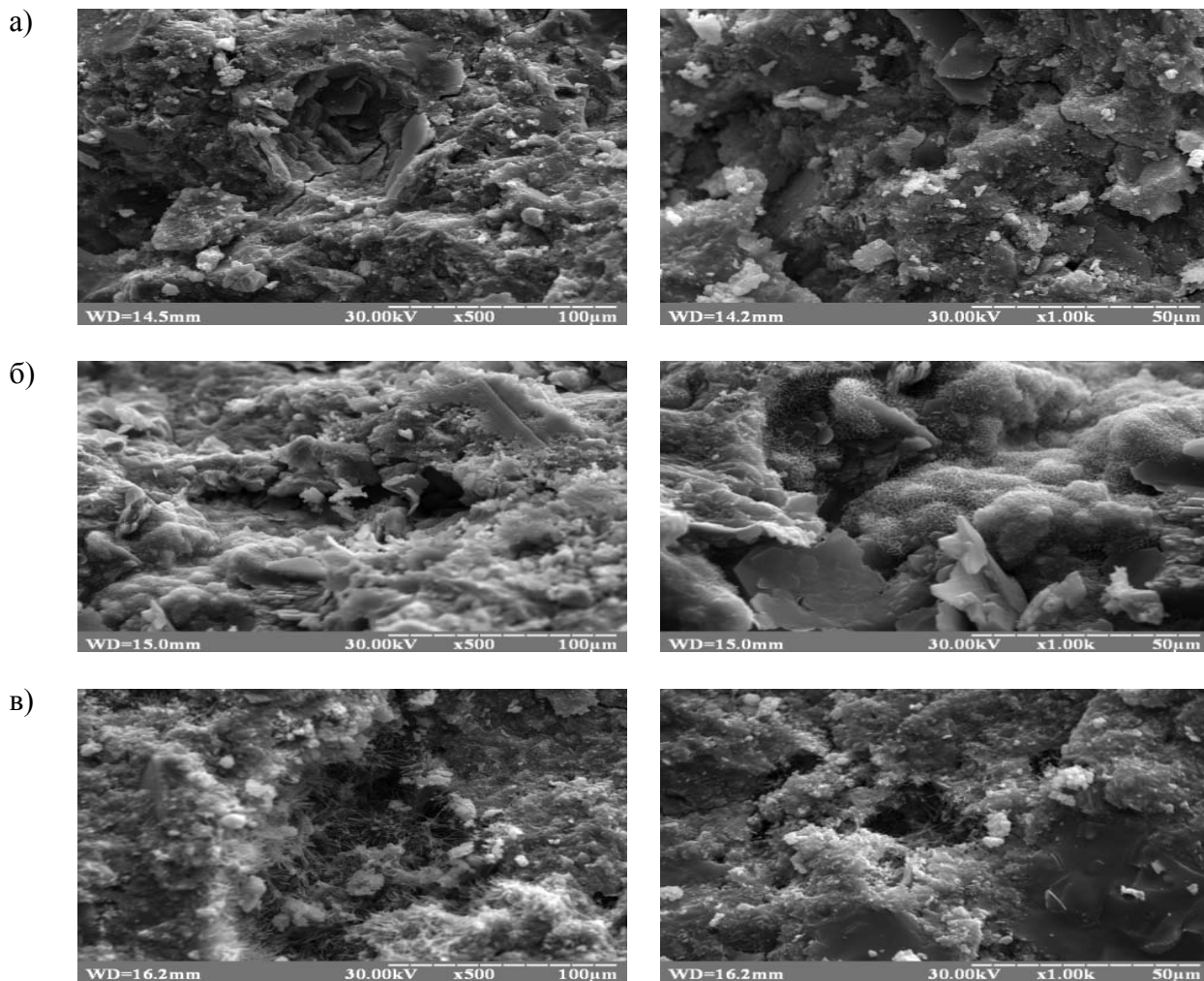


Рисунок 2. Фотографії поверхні сколу штучного каменю, отримані з використанням електронного мікроскопу: зразки на основі шлакомісткого цементу (а); шлакомісткого цементу, модифікованого природним цеолітом (б) та шлакомісткого цементу, модифікованого комплексною добавкою, що містить природний цеоліт та солі- електроліти (в), які тверділи протягом 1 року

Для оцінки довговічності розроблених складів гідроізоляційних покриттів за допомогою електронної мікроскопії (рис. 3) було досліджено контактну зону „гідроізоляційне покриття – цементно-піщана основа” на зразках, що тверділи протягом 1 року.

Дослідженнями встановлено, що на зразках, захищених покриттям на основі в’язучого матеріалу, що не містить солей-електролітів (рис 3, а), можна спостерігати чітку лінію контакту на границі „в’язуча система – заповнювач”.

Результати електронної мікроскопії дозволяють простежити ступінь проникнення хімічно активної частини гідроізоляційного матеріалу по капілярним тріщинам та порам цементного каменю, а також визначити характер кристалічних новоутворень розробленого покриття та аналогів порівняння (рис. 3, б,в,г).

На фотографії поверхні сколу цементно-піщаних зразків з нанесеним гідроізоляційним покриттям «Пенетрон» (рис. 3, в) видно проникнення хімічно активних компонентів гідроізоляції та утворення гідросилікатів кальцію. Ці новоутворення за своїм виглядом схожі на новоутворення, що зафіксовані при використанні солей-електролітів розробленого авторами складу (рис.3,б), проте їх кількість менша.

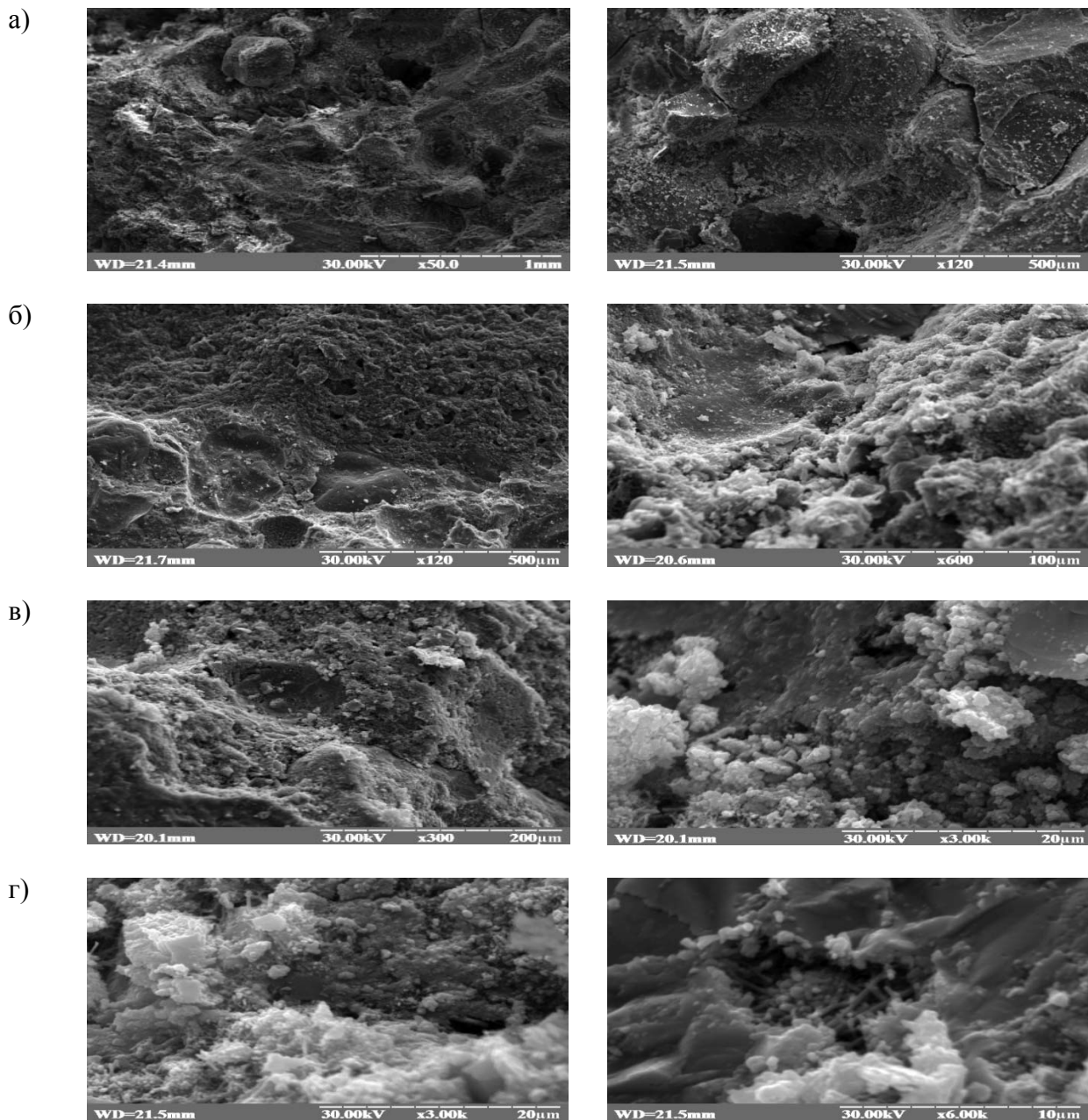


Рисунок 3. Фотографії поверхні сколу цементно-піщаних зразків, захищених гідроізоляційним покриттям, отримані з використанням електронного мікроскопу: покриття на основі шлакомісткого цементу, модифікованого природним цеолітом (а), шлакомісткого цементу, модифікованого комплексною добавкою, що містить природний цеоліт та солі-електроліти (б), Пенетрону (в) та Кальматрону (г), які тверділи на протязі 1 року

Отримані дані дозволяють пояснити утворення значної кількості висолів на цементно-піщаних зразках, захищених покриттями порівняння (Пенетрон, Кальматрон) після 1 року експлуатації. Це, вірогідно, пов'язано з присутністю у складі даних видів гідроізоляції великої кількості карбонатів лужних металів, які не зв'язуються в нерозчинні сполуки, що, в свою чергу, негативно впливає на довговічність та надійність гідроізоляційного покриття.

Крім того, після 1 року експлуатації відмічено відшарування гідроізоляційного покриття аналогів порівняння (Пенетрон, Кальматрон) від основи. Вірогідно, це пов'язане з тим, що міцність при стиску основи, на яку його наносили, менша за міцність самого покриття, а можливо, зі збільшенням в об'ємі гідроізоляційного покриття та виникнення механічних напружень

в системі «покриття-основа».

При дослідженні поверхні сколу цементно-піщаних зразків з нанесеним гідроізоляційним покриттям „Кальматрон” (рис. 3, г) видно, що в порах цементного каменю в складі продуктів твердіння утворилися нерозчинні голчасті кристали еtringіту та гідросилікатні фази CSH (В).

Аналіз результатів дослідження міцності при стиску покриттів на 360 добу показує, що всім складам притаманний деякий спад міцності. Найбільшою втратою міцності відрізняються склади порівняння (Кальматрон та Пенетрон), міцність яких зменшилась приблизно в 1,3 -1,6 рази [4].

В результаті проведених експериментів з використанням трубки Карстенса було встановлено, що просочування цементно-піщаних зразків гідроізоляційним розчином, які містять комплекс солей дає можливість зменшити величину водопоглинання в 17,7-21,4 рази (7 доба) та в 2,5-4,4 рази (360 доба), це підтверджується даними проведених експериментів [4].

Аналіз отриманих залежностей показує, що найменшою величиною водопоглинання як на 7 (0,5 мл), так і на 360 добу (2,9 мл), з достатньою високою міцністю характеризуються покриття на основі в'язучої композиції, модифікованої добавками солей оптимального складу.

ВИСНОВКИ

Встановлені особливості модифікації шлакомістких в'язучих систем природними цеолітами та добавками солей електролітів дозволяють регулювати властивості гідроізоляційних матеріалів за рахунок направленої синтезу у складі продуктів гідратації новоутворень заданого складу і структури.

Встановлена принципова можливість регулювання складом продуктів гідратації в'язучих композицій, модифікованих розглянутими добавками, що підтверджується результатами рентгенофазового аналізу та електронної мікроскопії. Введення солей не тільки сприяє прискореному утворенню кристалогідратних сполук, але й ініціює направлену кристалізацію низькоосновних гідросилікатів кальцію С-S-H та еtringіту. Відбувається зменшення макропор з одночасним збільшенням мікропор, що обумовлює формування більш однорідної, щільної структури цементного каменю.

Запропоновані склади гідроізоляційних матеріалів забезпечують отримання довговічного покриття з високими експлуатаційними характеристиками (через 1 рік міцність покриття при стиску становить 8,71 МПа, а водопоглинання – 2,9 мл).

ЛІТЕРАТУРА

1. Шлакомісткі цементи, модифіковані цеолітами, як основа для отримання гідроізоляційних розчинів/ Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Марцих А.С.// Вісник ДонДАБА, Зб.наук.праць „Сучасні будівельні матеріали, конструкції та інноваційні технологія зведення будівель і споруд”, Том I, Випуск 2010-5 (85), Макіївка, ДонДАБА, 2010.- С. 102-108.
2. Використання шлакомістких цементів, модифікованих природними цеолітами, для одержання гідроізоляційних покриттів проникної дії/ Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В., Разумова О.Є.// Зб.наук. праць ВАТ «Укр НДІ Вогнетривів ім. Бережного», №110, Харків, Каравелла, 2010.- С.587-592
3. Пушкарьова К.К. Гідроізоляційні покриття проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями /Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В.// Зб.наук. праць «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди», вип. Рівне, НТВГ, 2011.-С. 125-131.
4. Пушкарьова К.К. Особливості процесів структуроутворення на ранніх стадіях твердіння гідроізоляційних покриттів проникної дії/ /Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В.// Зб.наук. праць «Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди», вип. Рівне, НТВГ, 2013.-С. 125-131.
5. Цеолиты в строительных материалах/ Овчаренко Г.И., Свиридов В.Л., Казанцева Л.К./– Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2000. – 320 с.