

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Сучасні світові тенденції сталого розвитку в галузі будівництва передбачають зниження витрат на енергоносії та сировинні матеріали, а також всебічну охорону довкілля. Одним із напрямків зменшення енергоємності та покращення стану навколишнього середовища в будівництві є розробка і застосування композиційних в'язучих речовин при використанні добавок з місцевої техногенної мінеральної сировини.

Відомі наукові праці В.Д. Глуховського по моделюванню природних процесів мінерало- і пороодоутворення з метою отримання довговічного штучного каменю при використанні алюмосилікатної сировини техногенного походження і сполук натрію і калію стали основою окремого напрямку в будівельному матеріалознавстві, розвиток якого сприяє зниженню матеріало- і енергоємності виробництва та зменшенню забруднення навколишнього середовища, що стосується, перш за все, розробки та впровадження шлаколужних цементів. Такі цементи дозволили залучити у виробництво масові побічні продукти промисловості, сприяючи водночас розвитку досліджень в напрямку розширення сировинної бази за рахунок різноманіття таких продуктів, що здатні приймати участь у синтезі штучного каменю з прогнозованими властивостями.

Роботами П.В. Кривенка показана можливість використання при отриманні шлаколужних в'язучих мінеральних добавок, які морфологічно споріднені їх продуктами гідратації, а саме таких, як анальцим, гідрогранати перемінного складу та ін. або таких, що повільно гідратуються в лужному середовищі, сприяючи розвитку структуроутворення в напрямку формування подібних вторинних фаз в поровому просторі штучного цементного каменю. Це відкриває можливість використання алюмосилікатних промислових відходів, перш за все таких, які представлені слюдовмісними продуктами збагачення природних руд. Промислово-ресурсний потенціал слюдовмісних продуктів в Україні становить близько 1 млрд т.

Отже, передумовою для виконання роботи є пріоритетні наукові праці, співробітників Науково-дослідного інституту в'язучих матеріалів ім. В.Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури (НДІВМ КНУБА) з дослідження процесів гідратації лужних в'язучих систем, отриманих при використанні техногенної сировини, продукти гідратації яких, поряд з низькоосновними гідросилікатами кальцію, представлені лужно- та лужноземельними гідроалюмосилікатами, аналогічними природним мінералам групи цеолітів і гідрослюд. Положення про можливість конструктивної участі слюд і гідрослюд в процесах структуроутворення шлаколужного цементу стали основою для постановки досліджень і розробки екобетону з використанням слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконувалась відповідно до держбюджетної теми Міністерства освіти і науки України №2 ДБ 20015 р. «Наукові основи хімічної модифікації лужних цементів в суспензіях різної розрідженості для отримання будівельних матеріалів заданої функціональності» (№ державної реєстрації 0115U000715).

Мета роботи і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка шлаколуужних цементів з використанням слюдовмісних продуктів гірничо-добувної промисловості і отримання на їх основі екобетонів з підвищеними технологічними та експлуатаційними характеристиками.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідити вплив слюд різного хімічного складу на процеси структуроутворення шлаколуужного цементу;
- дослідити вплив слюдовмісного побічного продукту у вигляді хвостів флотації золотовмісної руди на формування структури і властивостей шлаколуужного цементного каменю;
- провести оптимізацію складів шлаколуужних цементів, модифікованих слюдовмісним побічним продуктом, за критеріями їх технологічності і міцності;
- дослідити спеціальні властивості модифікованих шлаколуужних цементів;
- визначити доцільність використання поверхнево-активних речовин (ПАР) в екобетонних сумішах та екобетонах на основі модифікованого шлаколуужного цементу в залежності від складу цементу та природи основної діючої речовини добавки;
- дослідити фізико-механічні характеристики модифікованих екобетонів і визначити ефективність їх застосування в будівництві;
- провести в промислових умовах апробацію розроблених модифікованих шлаколуужних цементів і екобетонів та визначити їх техніко-економічну ефективність.

Об'єктом досліджень є методи управління процесами структуроутворення екобетонів на основі шлаколуужного цементу з використанням слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості в напрямку підвищення їх технологічності і ефективності при використанні.

Предметом досліджень є штучний камінь на основі шлаколуужного цементу, модифікованого слюдовмісними побічними продуктами гірничо-добувної промисловості.

Методи досліджень. Експериментальні результати отримано із застосуванням комплексу сучасних методів фізико-хімічного аналізу: рентгенофазового (РФА), диференціально-термічного (ДТА), растрової електронної мікроскопії. Визначення реологічних (консистенція та її збереження в часі), фізичних (водопоглинання, пористість), фізико-механічних та спеціальних (міцність, водонепроникність, морозостійкість, усадочні деформації, зносостійкість, корозійна стійкість) властивостей досліджуваних бетонних сумішей та бетонів здійснювалось за стандартними методиками згідно з чинними нормативами. Розрахунки та оптимізацію складів шлаколуужних цементів та бетонів на їх основі проведено із застосуванням експериментально-статистичних методів планування експерименту.

Наукова новизна одержаних результатів:

- теоретично обґрунтовано та експериментально доведено можливість інтенсифікації процесів структуроутворення шлаколуужного цементу, що

забезпечує покращення експлуатаційних та спеціальних властивостей цементу та екобетону на його основі за рахунок участі в цих процесах слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості;

- розкрито особливості процесів гідратації та структуроутворення шлаколужного цементу за участю різних слюд і виявлено позитивний ефект дії природної слюди у вигляді мусковіту та техногенного продукту у вигляді хвостів флотації (ХФ) золотовмісної руди за рахунок утворення вторинних фаз лужних та лужноземельних гідроалюмосилікатів у вигляді жисмондіну та піктоліту;
- виявлено можливість утилізації відходів флотації золотовмісної руди в шлаколужному цементному камені за рахунок надійності хімічного зв'язування сполук важких металів у вигляді Fe_2O_3 , MnO , та Pb_2O_3 , в складі структуроутворюючих з'єднань з формуванням додаткових новоутворень нонтроніта, феригалуазита, родоніда та пумпеліта, що, відповідно, сприяє зниженню ступеня їх вилуговування в різних контактних середовищах із структури штучного цементного каменю на основі шлаколужних в'язучих систем і дає підставу вважати бетон за їх участю екобетonom;
- виявлено закономірності ефективного використання ПАР в бетонних сумішах на основі шлаколужного цементу з відходом флотації золотовмісної руди і показано зниження ефективності дії аніоноактивної ПАР на основі складних поліефірів та підвищення ефективності дії катіоноактивних ПАР за рахунок зміни заряду гідрофільних груп ПАР з від'ємного (-) на додатній (+) і відповідно збільшення адсорбції ПАР по відношенню до шлаколужного цементу.

Практичне значення одержаних результатів:

- розроблено та оптимізовано склади шлаколужних цементів марки М400, що характеризуються вмістом (до 30 %) відходу флотації золотовмісної руди і вмістом лужного компонента – 2,3...3 % в перерахунку на Na_2O . Такі цементи характеризуються початком тужавлення 60...75 хв, міцністю через 28 діб тверднення в межах 40,5...42,8 МПа та усадочними деформаціями через 150 діб - 0,511 мм/м;
- розроблено склади екобетонів класів В20...В40, що характеризуються міцністю на розтяг при згині через 28 діб тверднення ($R_{зг} = 7,6...7,8$ МПа), низьким модулем пружності ($E_6 = 28,2 \cdot 10^3...29,9 \cdot 10^3$ МПа), марками за морозостійкістю F400, високою корозійною стійкістю в розчинах (з концентрацією 2 та 5 %) сульфату натрію та магнію ($K_c = 0,9...1,03$), а також NaCl - ($K_c = 1,03...1,04$);
- запропоновано використання відходу флотації золотовмісної руди в складі шлаколужного цементу (патент України на корисну модель № u 2016 04043), що сприяє подовженню строків тужавлення цементного тіста, зростанню марочної міцності цементу та зниженню деформацій усадки бетонів на його основі;
- проведено дослідно-промислове впровадження розробленого шлаколужного цементу та бетону на його основі з використанням хвостів флотації

золотовмісної руди. Фактичний економічний ефект від заміни портландцементу ПЦ II/A-Ш-400 в складі бетону на шлаколушний цемент ЛЦЕМ I з відходом флотації золотовмісної руди становить 87,5 грн на 1м³ бетону за рахунок зниження собівартості цементу.

Особистий внесок здобувача полягає у проведенні експериментальних досліджень, обробці отриманих результатів та впровадженні розроблених бетонів у виробництво, що відображено у наукових працях:

- досліджено особливості формування властивостей шлаколушного цементу за участю слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості у вигляді ХФ [1, 8];
- виявлено принципову можливість використання ХФ як однієї з складових для одержання шлаколушного цементу [10];
- досліджено вплив слюдовмісних продуктів на формування властивостей шлаколушного цементу та отримано його склади з добавкою ХФ у кількості 10...30 %, що ідентифікуються як ЛЦЕМ марок М400 [3, 4];
- отримано шлаколушний цемент з подовженими строками тужавлення та підвищеною марочною міцністю на стиск, а також покращеними реологічними властивостями (консистенція та її збереженість в часі) бетонних і розчинових сумішей та деформативних властивостей (зниження деформації усадки) бетонів і будівельних розчинів на його основі [7, 13];
- виконано порівняння шлаколушного цементу, модифікованого добавкою ХФ, з бездобавочними системами і показано, що використання добавки дозволяє управляти строками тужавлення цементу та підвищити його активність в марочному віці [2, 12];
- встановлено ефективність дії хімічних добавок різної природи основної діючої речовини на легкоукладальність бетонних сумішей на основі шлаколушного цементу з ХФ [6, 9, 11];
- виявлено вплив хімічних добавок різної природи основної діючої речовини на реологічні властивості бетонних сумішей та експлуатаційні характеристики бетонів на основі шлаколушного цементу з ХФ та запроектовано склади модифікованих бетонів призначених для будівництва [5].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи висвітлені на науково-практичних конференціях Київського національного університету будівництва і архітектури (2016-2017 рр.); міжнародній конференції «Структуроутворення, міцність і руйнування композиційних будівельних матеріалів і конструкцій» (м. Одеса, ОДАБА, 2016 р.), міжнародній науково-технічній конференції «Нові технології в будівництві» (м. Київ, НДІБВ, 2017 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 13 наукових праць, з них 5 – у фахових науково-технічних виданнях України, 1 стаття у науково-періодичному виданні іноземної держави, 1 патент України на корисну модель, 6 публікації у матеріалах вітчизняних і міжнародних конференцій.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота викладена на 145 сторінках друкованого тексту основної частини, яка складається зі вступу, п'яти розділів та висновків. Повний обсяг дисертації становить 169 сторінок і включає 35

рисунків на 39 сторінках, 25 таблиць на 23 сторінках, список використаних джерел з 123 найменувань на 14 сторінках та 5 додатків на 11 сторінках.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету і задачі досліджень, зазначено основні положення, що отримані автором і мають наукову новизну та практичну цінність.

У першому розділі виконано аналітичний огляд стану наукової проблеми на підставі аналізу літературних джерел і визначено теоретичні передумови досліджень.

Створення нових енергоефективних та екологічних будівельних матеріалів в значній мірі пов'язано з розробкою і використанням композиційних цементів, в яких кожен з компонентів вносить суттєвий вклад у формування технологічних та експлуатаційних властивостей, приймаючи участь у процесах структуроутворення штучного каменю, що відкриває можливість їх регулювання в заданому напрямку при одночасному сприянню вирішення питання утилізації промислових відходів.

Відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-181:2009 при виробництві лужних цементів можливе використання різних алюмосилікатних речовин природного або техногенного походження. Роботами наукової школи НДІВМ КНУБА в найбільш повній мірі досліджено і доведено ефективність використання металургійних шлаків, в тому числі сталеплавильних, ваграночних, силікомарганцевих, кольорової металургії, електотермофосфорних (О.Н. Петропавловський, А.А. Азімов, А.К. Тулаганов, П.К. Султанов, В.Ю. Тимкович, В.А. Ракша, Л.А. Маясова та багато інших), а також зол-виносу (В.В. Чиркова, А.Г. Рябова, О.А. Назим, В.П. Плохій, В.П. Грабовчак та ін).

Спеціальні матеріали на основі лужних цементів досліджені і запропоновані роботами П.В. Кривенка, К.К. Пушкарьової, В.І. Гоца та їх учнів. В розвиток робіт цих напрямків виконуються сучасні дослідження, які, головним чином, присвячуються модифікації таких цементів і бетонів. Труди авторитетних міжнародних конференцій з проблем будівельного матеріалознавства висвітлюють зацікавленість світової наукової спільноти в розвитку напрямку, що започаткований і розвивається в Україні.

В якості мінеральних модифікуючих добавок розглянуто особливості синтезу цеолітів та їх використання в лужних цементах, а також показана можливість використання природних порід, що містять шабазит, натроніт, морденіт, при отриманні шлаколужного цементу та бетону на його основі з покращеними спеціальними властивостями.

Враховуючи те, що хімічний склад слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості у вигляді ХФ, подібний до хімічного складу цеолітів, в даній роботі зроблено припущення про схожий механізм впливу цих гідратів на формування процесів структуроутворення шлаколужних в'язучих композицій. Основною умовою можливості протікання хімічних процесів гідратації у вищевказаних системах є наявність лужного середовища, що дозволяє

використати відомі дані про процеси гідратації і тверднення в'язучих речовин для встановлення теоретичної передумови отримання лужних матеріалів з використанням слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості.

Аналіз відомих досліджень щодо процесів структуроутворення лужних цементів та бетонів на їх основі з мінеральними добавками, дозволяє висунути **наукову гіпотезу** щодо можливості отримання шлаколужних цементів з використанням слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості і отримання на їх основі екобетонів з покращеними технологічними і будівельно-технічними властивостями за рахунок інтенсифікації процесів структуроутворення шляхом оптимізації композиційного складу цементу в системі «шлак – лужний компонент – слюдовмісний продукт» з направленим синтезом у складі новоутворень штучних лужних та лужноземельних гідроалюмосилікатів.

У **другому розділі** наведено характеристики вихідних матеріалів та описано основні методики досліджень, які використанні в роботі.

В якості шлакової складової шлаколужного цементу використано доменний гранульований шлак (далі за текстом - шлак) виробництва ПАТ «ММК ім. Ілліча» (модуль основності $M_o=1,21$, вміст склофази 54,5 %). Як лужні компоненти використано: технічну кальциновану соду (Na_2CO_3) (ГОСТ 5100) та метасилікат натрію п'ятиводний ($Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$) (ТУ 2145-52257004-01-2002) в сухому стані. Для покращення технологічних характеристик використовували добавки лігносульфонату натрію (ЛСТ) в сухому стані з показником $pH=8,25$ згідно з ДСТУ Б В.2.7-181:2009 виробництва фірми «Vorgespers» (Норвегія) та гідрофобізатор «136 - 41» (ГКЖ-94) у вигляді рідини виробництва фірми «Siloxane» (Україна).

За мінералогічним аналізом виявлено, що ХФ вміщують в своєму складі слюди. Тому для ґрунтового аналізу процесів структуроутворення шлаколужного цементу з слюдовмісними продуктами використано природні слюди у вигляді мусковіту ($KAl_2[AlSi_3O_{10}(OH,F)_2](OH)_2$) виробництва (ТОВ «Імпекстан», Україна), істина густина $\gamma=2,78$ г/см³ та флогопіту ($KMg_3[AlSi_3O_{10}](F,OH)_2$) виробництва (ТОВ «Імпекстан», Україна), істина густина $\gamma=2,78$ г/см³, які є найбільш поширеними видом слюди на території України, а також слюдовмісний побічний продукт у вигляді ХФ, отриманих при розробці родовища «Сауляк», істина густина $\gamma=2,75$ г/см³.

Тонкість помелу шлакової складової та слюдовмісних продуктів характеризувалась питомою поверхнею 450 м²/кг (за Блейном).

Згідно хімічного аналізу встановлено, що ХФ вміщують в своєму складі такі важкі метали як марганець, свинець і залізо. Тому з метою визначення стабільності зв'язків важких металів у складі цементної матриці шлаколужної в'язучої речовини використовували сполуки важких металів у вигляді Fe_2O_3 , MnO , Pb_2O_3 .

У ролі модифікуючих добавок використано ПАР різної природи трьох типів: 1 – аніоноактивна ПАР - Murgplast FK 59 (виробництва фірми «МС Vauchemie»); 2 – катіоноактивні ПАР – Triamen 30 та ВС-50 (виробництва фірми «Барва»); 3 – неіоногенні ПАР – ОС-20, ПЕГ 40 (виробництва фірми «Барва»). Добавки вводили з водою замішування у вигляді розчинів.

Приготування в'язучих речовин здійснювали роздільним помелом шлакової та слюдовмісної складових у кульовому млині з подальшим змішуванням всіх компонентів шлаколужного цементу у планетарному змішувачі "Hobart". Тонкість помелу перевіряли за питомою поверхнею на приладі Блейна за ДСТУ EN 196-6:2007.

Вивчення фазового складу продуктів гідратації шлаколужного цементу виконано за допомогою комплексу фізико-хімічних методів аналізу: рентгенофазового (РФА) на дифрактометрі ДРОН-3М; диференційно-термічного (ДТА) на дериватографі системи Р. Паулік, І. Паулік, Л. Ердей фірми MOM (Будапешт); електронно-мікроскопічного на мікроскопі РЕММА-102.

Для виготовлення бетонних сумішей на основі шлаколужного цементу як дрібний заповнювач використовували дніпровський кварцовий пісок з модулем крупності 1,4 (ДСТУ Б В. 2.7-32-95), як крупний заповнювач – щебінь гранітний фракцій 5...10 та 10...20 мм (ДСТУ Б В. 2.7-75-98).

Реологічні властивості бетонних сумішей визначали згідно ДСТУ Б В.2.7-114-2002. Фізико-механічні властивості цементно-піщаного розчину (40 x 40 x 160 мм) та бетону (100 x 100 x 100 мм) визначали за методиками ДСТУ Б В.2.7-187:2009 та ДСТУ Б В.2.7-214:2009 відповідно. Призмову міцність, модуль пружності і коефіцієнт Пуассона за ДСТУ Б В.2.7-217:2009, водопоглинання та пористість – ДСТУ Б В.2.7-170:2008, морозостійкість – ДСТУ Б В. 2.7-49-96, деформації усадки – ДСТУ Б В.2.7-216:2009, зносостійкість – ДСТУ Б В.2.7-212:2009, корозійну стійкість – ДСТУ ГОСТ 27677-2011.

У третьому розділі наведено результати досліджень обраних шлаколужних цементних систем, модифікованих слюдовмісними продуктами як цементуючої матриці екобетону.

З метою виявлення закономірностей впливу слюдовмісних продуктів на формування структури і властивостей лужного цементного каменю виконані дослідження його будівельно-технічних та фізико-хімічних характеристик на модельних системах "шлак – лужний компонент – добавка слюд" в залежності від виду алюмосилікатного компонента та його складу, а також виду та витрати лужного компонента.

Експериментально підтверджено, що розглянуті слюдовмісні продукти, залежно від їх хімічного складу та співвідношення в цементі, з різною ефективністю впливають на формування властивостей шлаколужних цементних систем. Показано, що використання слюди у вигляді мусковіту в діапазоні вмісту 10...20 % дозволяє подовжити початок тужавлення та забезпечити активність шлаколужних цементних систем на рівні контрольного складу (без вмісту слюди), тоді як використання такої ж кількості слюди у вигляді флогопіту призводить до зниження як ранньої, так і марочної міцності цементу.

За даними РФА (рис. 1, а), фазовий склад продуктів гідратації в'язучої речовини модельної системи «шлак – лужний компонент» через 28 діб тверднення представлений в основному слабозакристалізованими низькоосновними гідросилікатами типу CSH (B) ($d = 0,304; 0,210; 0,183$ нм), гідронефеліном ($d = 0,368; 0,279; 0,213$ нм) та включеннями кварцу ($d = 0,429; 0,334; 0,228$ нм).

При введенні слюди у вигляді мусковіту до складу модельної системи фазовий склад новоутворень характеризується додатковою наявністю рефлексу жисмондіну $\text{Ca}_4[\text{Al}_8\text{Si}_8\text{O}_{32}]16\text{H}_2\text{O}$ ($d = 0,188; 0,191; 0,319$ нм), що підтверджує здатність вказаної добавки приймати участь в процесі структуроутворення лужних в'язучих композицій та, відповідно, сприяє інтенсифікації росту марочної міцності штучного цементного каменю. Наявність вищевказаних новоутворень підтверджена ДТА (рис. 1, б), де фіксуються ендоефекти в області температур $130...150^\circ\text{C}$ та екзоєфекти $900...930^\circ\text{C}$, характерних для низькоосновних гідросилікатів кальцію (рис. 3.3, б). Синтез гідронефеліну підтверджується наявністю ендоефекту при температурі $570...575^\circ\text{C}$. Для жисмондіну відмічено ендоефект при $t = 125^\circ\text{C}$.

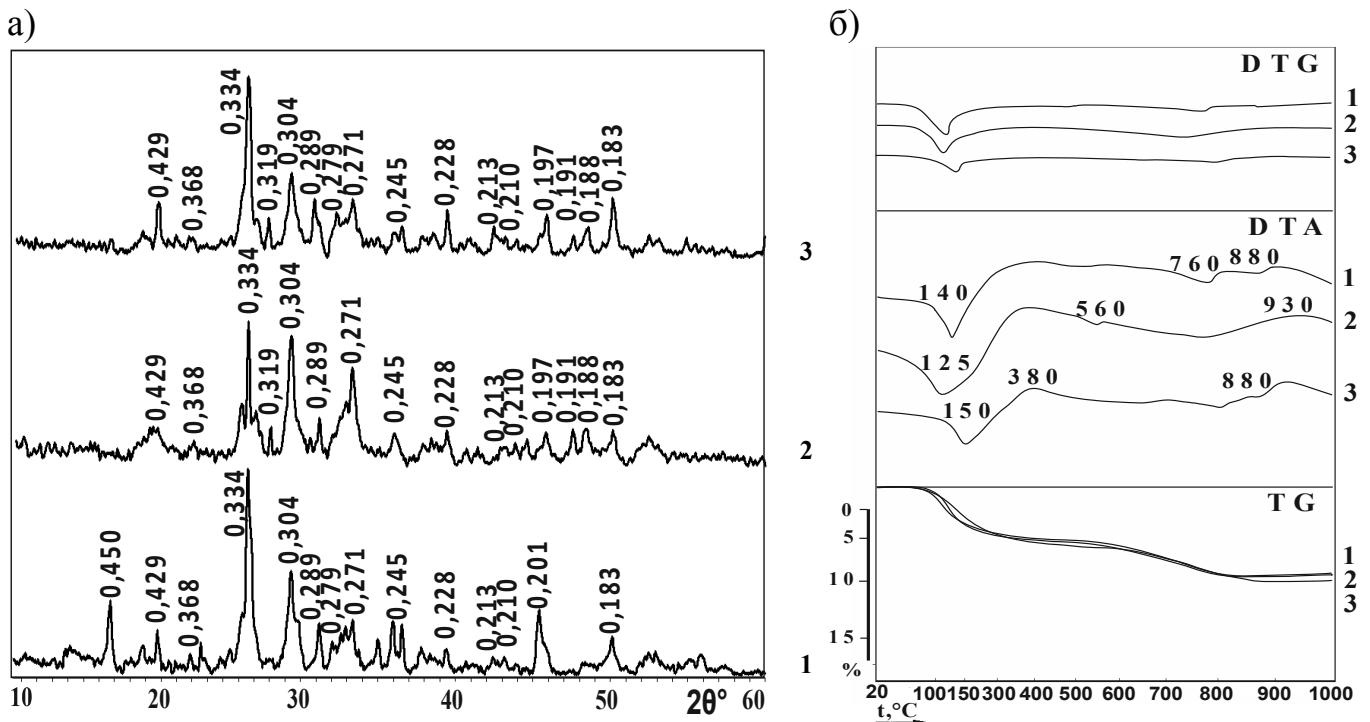


Рисунок 1 – Результати РФА (а) та ДТА (б) через 28 діб тверднення шлаколузного цементу: 1 – ЛЦЕМ, 2 – ЛЦЕМ + мусковіт 20 %, 3 – ЛЦЕМ + флогопіт 20 %

З огляду на отримані дані, дослідження продовжені в напрямку визначення впливу слюдовмісного побічного продукту гірничо-добувної промисловості в якості мінерального компонента при отриманні шлаколузного цементу. Показано, що введення такого продукту у вигляді ХФ в діапазоні вмісту $10...30\%$ при зміні виду лужного компонента дозволяє подовжити початок тужавлення з 60 хв до $75...80$ хв. Водночас фіксується також підвищення марочної міцності цементу.

За даними РФА, склад новоутворень цементу з добавкою ХФ представлений в основному низькоосновними гідросилікатами типу CSH (В) ($d = 0,304; 0,210; 0,183$ нм), наявністю жисмондіну ($d = 0,188; 0,191; 0,319$ нм), піктоліту ($d/n = 0,289; 0,245; 0,197$ нм) та включеннями кварцу ($d = 0,429; 0,334; 0,228$ нм), що підтверджує здатність вказаної добавки приймати участь в процесі структуроутворення лужних в'язучих композицій та, відповідно, сприяє інтенсифікації росту міцності штучного

каменю. Для цементних систем з лужним компонентом у вигляді метасилікату натрію та сумішшю метасилікату і кальцинованої соди додатково формується гідронефелін ($d = 0,638; 0,368; 0,279; 0,213$ нм). Результати підтверджені ДТА (рис. 2, б), де фіксуються ендоефекти при температурі $570...575^{\circ}\text{C}$, що вказує на розклад гідронефеліну та температурі $125...145^{\circ}\text{C}$, що відповідає розкладу жисмондіну. Методом електронної мікроскопії підтверджено наявність у складі продуктів гідратації гідросилікатів кальцію, жисмондіну та піктоліту у вигляді деформованих пластинок і волокон.

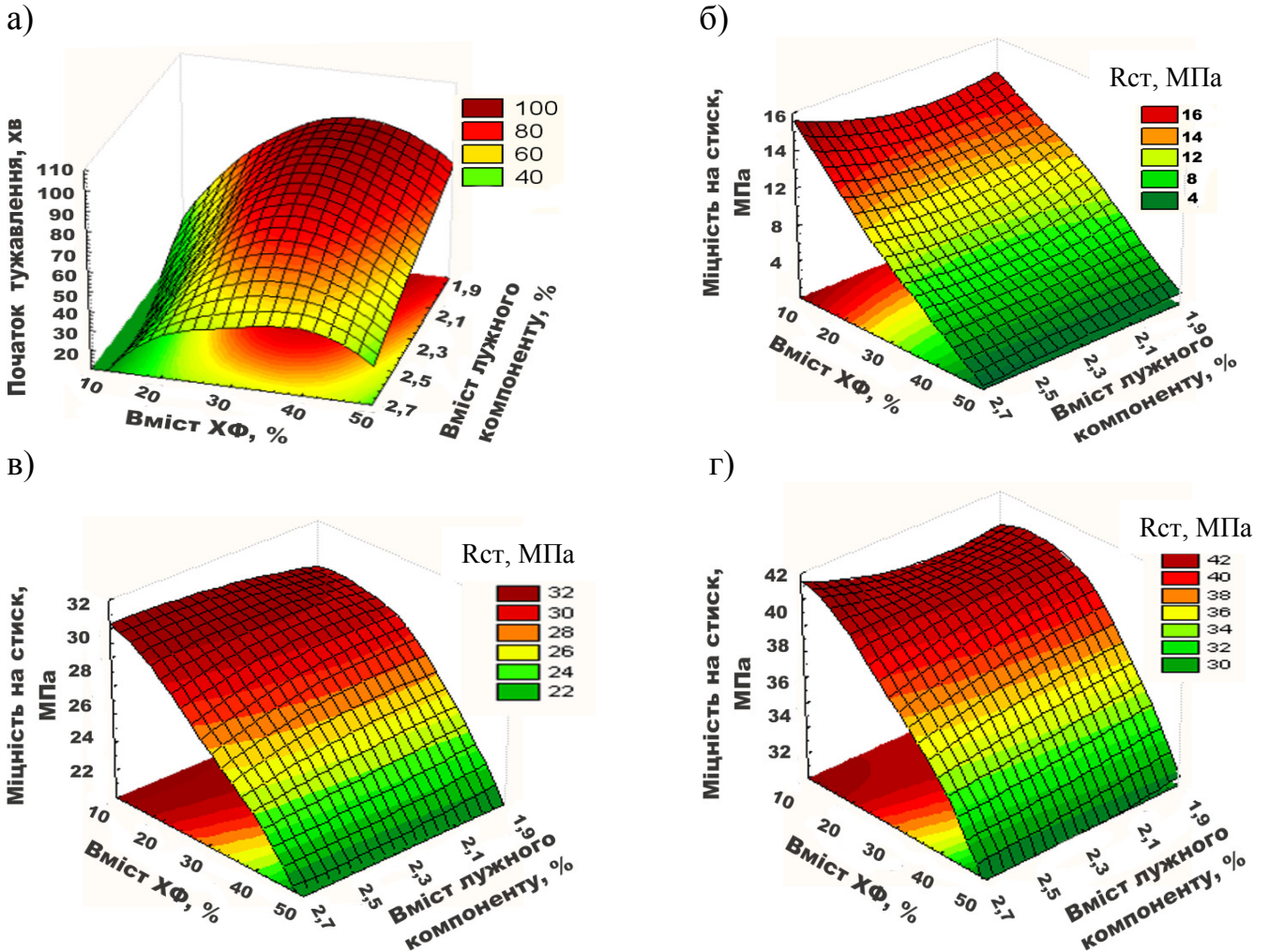


Рисунок 2 – Ізопараметричні діаграми зміни початку тузавлення (а) і міцності на стиск шлаколузного цементу з ХФ через 2 (б), 7 (в), 28 (г) діб тверднення

Зміна співвідношення між гелевидною та кристалічними фазами в продуктах тверднення з утворенням вторинних фаз у вигляді лужних та лужноземельних гідроалюмосилікатів сприяє зменшенню усадочних деформацій цементної матриці на $20...35\%$ порівняно з цементом без добавки слюди.

При визначенні оптимальних складів шлаколузного цементу з добавкою ХФ за критеріями строків тузавлення та активності цементу відповідно до вимог ДСТУ Б.В.2.7-181:2009, дослідження виконували з використанням трифакторного

трирівневого плану експерименту. Як змінні фактори варіювання обрано вміст ХФ (10...50 %), вміст комбінації кальцинованої соди та п'ятиводного метасилікату натрію (в перерахунку на Na_2O – 1,9 - 2,7 %) та вміст добавки ЛСТ (0,5 – 1,0 %).

В результаті аналізу ізопараметричних діаграм (рис. 2) встановлено, що оптимальна область введення добавки ХФ в складі шлаколужного цементу знаходиться в межах 10...30 %. В наведеній області шлаколушний цемент характеризується початком тужавлення ≥ 60 хв, міцністю на стиск через 2 доби – від 8 до 16 МПа та 28 діб – 40...42 МПа і відповідає марці цементу М400 (табл. 1).

Оригінальність та новизна використання ХФ в складі шлаколужного цементу підтверджена патентом України на корисну модель № 91636.

Враховуючи те, що ХФ вміщують у своєму складі елементи важких металів у вигляді марганцю, свинцю та заліза, на модельних системах розглянуто участь в структуроутворенні шлаколужного цементу сполук важких металів та хімічну стабільність зв'язків шляхом вилуговування металів в контактному середовищі. Виявлено, що поряд з фізичним блокуванням в матриці штучного каменю на основі шлаколужних в'язучих систем, елементи важких металів хімічно зв'язуються структуроутворюючими сполуками з формуванням додаткових новоутворень нонтроніта, феригалуазита, родоніда та пумпелііта, що сприяє зниженню ступеня вилуговування важких металів (в різних середовищах: дистильована вода, кислий розчин, лужний розчин) із структури цементного каменю на 15...100 % порівняно з портландцементними системами та визначає можливість утилізації відходів флотації золотовмісної руди.

Таблиця 1 – Склади і характеристики ЛЦЕМ-400

Умовне позначення	Компонентний склад цементу, % за масою					НГЦТ, %	Початок тужавлення, хв	Міцність, $R_{ct}/R_{3г}$, МПа, після тверднення, у віці, діб		
	шлак	ХФ	Na_2CO_3	$\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	ЛСТ			2	7	28
№ 1	90	10	4,2	3,0	0,75	24,0	60	$\frac{11,7}{4,7}$	$\frac{29,2}{9,5}$	$\frac{40,8}{11,6}$
№ 2	80	20				24,5	75	$\frac{9,4}{3,2}$	$\frac{27,9}{6,9}$	$\frac{41,5}{8,7}$
№ 3	70	30				23,5	85	$\frac{7,9}{2,1}$	$\frac{25,2}{7,6}$	$\frac{39,9}{10,7}$
ПЦ II/A-III-400 (для порівняння)						26,5	90	$\frac{11,6}{3,6}$	$\frac{26,9}{7,9}$	$\frac{40,1}{11,0}$

У четвертому розділі розроблено і досліджено екобетони на основі запропонованого шлаколужного цементу. Для підвищення ефективності використання шлаколужного цементу з ХФ в бетоні у відповідності з сучасними тенденціями щодо підвищення технологічності застосування та існуючої проблеми

суміщення цементу з добавками використано ПАР принципово різної природи трьох типів, що наведені вище (розділ 2). За критерії ефективності для добавок прийняті: легкоукладальність бетонної суміші та її збереження в часі, а також міцність бетонів. Для визначення ефективності дії добавок використано склад важкого бетону з вмістом шлаколужного цементу у кількості 350 кг/м^3 згідно рекомендацій ДСТУ Б.В 2.7-171:2008.

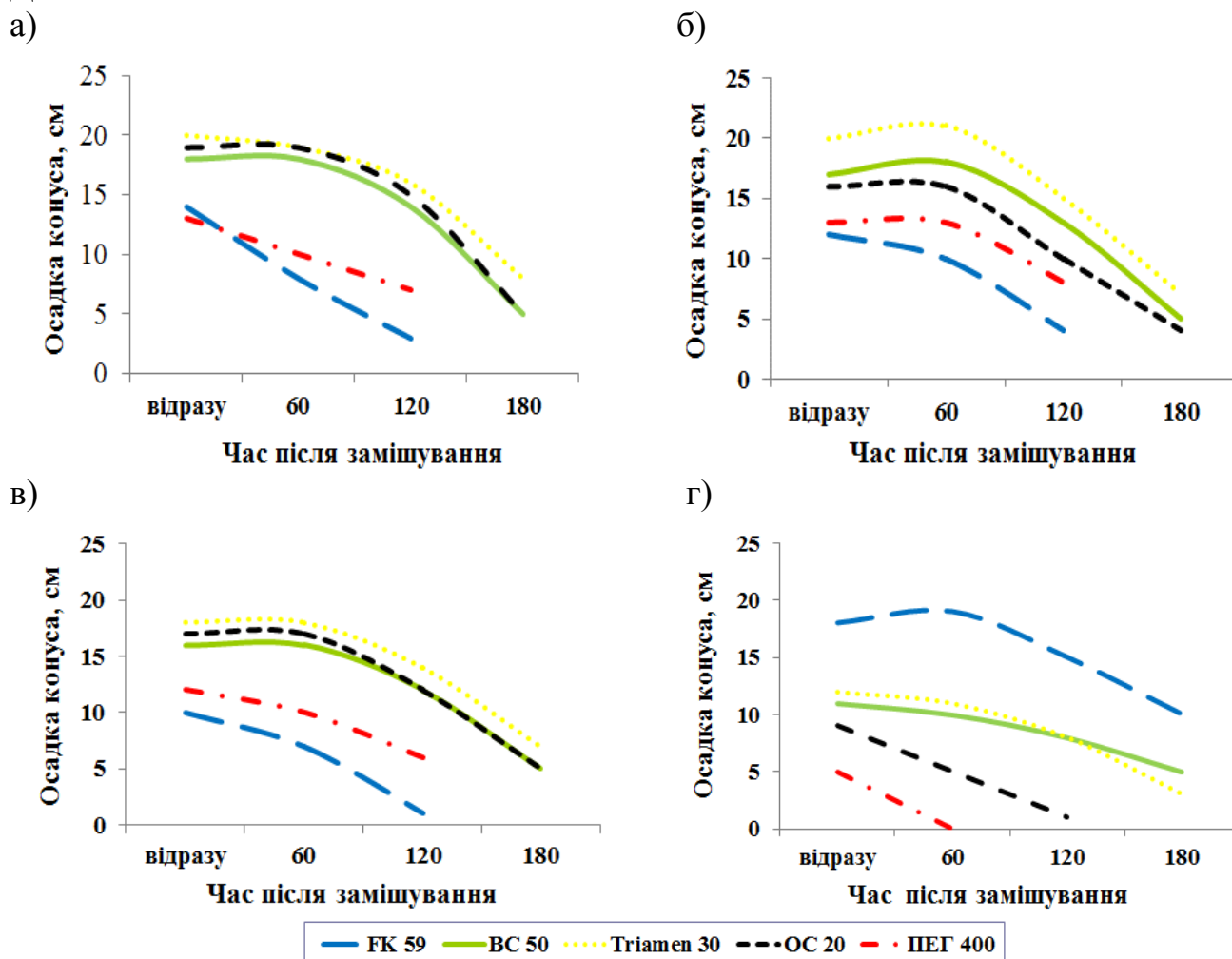


Рисунок 3 – Зміна рухомості бетонної суміші в залежності від типу хімічної добавки і складу цементу (за табл. 1): а) - № 1; б) - № 2; в) - № 3; г) – ПЦ П/А-Ш-400 (для порівняння)

Виявлено, що використання аніоноактивної ПАР (типи «FK 59») в складі бетону на основі шлаколужного цементу з ХФ є неефективним (рис. 3). Так, наприклад, введення зазначеної добавки до бетонної суміші на основі традиційного портландцементу дозволяє збільшити рухомість бетонної суміші від марки Р1 до марок Р4, без зміни значень В/Ц із збереженням життєздатності протягом 120 хв. Однак, для бетонної суміші на основі шлаколужного цементу з ХФ ефективність цього тупу добавки знижується за вказаними критеріями. Це пояснюється зниженням рівня адсорбційної здатності ПАР на поверхні мінеральних часток шлаколужного цементу, за рахунок зміни поверхневого заряду з додатнього на від'ємний на границі розділу фаз при збільшенні вмісту шлаку та ХФ.

На противагу до аніоноактивної ПАР використання катіоноактивних ПАР (Triamen 30, BC 50) з ХФ сприяє збільшенню рухомості бетонної суміші від марки P1 до марок P4, без зміни значень В/Ц із збереженням життєздатності протягом 60 хв. Це пояснюється підвищенням рівня адсорбційної здатності шлаколужного цементу з ХФ по відношенню до катіоноактивних ПАР (молекули яких дисоціюють у водному розчині з утворенням позитивно зарядженого поверхнево-активного іону) на границі розділу твердої і рідкої фази при збільшенні від'ємних значень дзета-потенціалу поверхні часток цементу при підвищенні вмісту шлакової складової.

Модифікація бетонних сумішей на основі шлаколужного цементу з ХФ неіоногенними ПАР (OC 20, ПЕГ 400) також сприяє збільшенню рухомості бетонної суміші від марки P1 до марок P4, без зміни значень В/Ц із збереженням життєздатності протягом 60 хв.

Кінетику набору міцності модифікованих бетонів на основі шлаколужного цементу (згідно табл. 1) представлено на рис. 4. Модифікація бетону аніоноактивними ПАР забезпечує високу міцність як через 3 доби, так і через 28 діб тверднення на рівні контрольного складу. Однак при використанні катіоноактивних або неіоногенних ПАР міцність бетону знижується, про що свідчить сповільнення тверднення бетонів на 10...40 % впродовж всіх етапів тверднення. Це пояснюється піноутворенням в бетонній суміші в присутності катіоноактивних ПАР, що негативно впливає на порову структуру і міцність бетону. Тому для уникнення вказаного негативного явища використано додатково піногасник на силіконовій основі та виявлено, що його використання не погіршує легкоукладальності бетонної суміші та її збереженню в часі при забезпеченні кінетики набору міцності модифікованого бетону на рівні контрольного складу.

Таким чином, дослідження реологічних властивостей бетонних сумішей (рис. 3) та кінетики набору міцності бетонів (рис. 4) свідчить про необхідність регулювання складу комплексу добавок в залежності від складу цементу. При використанні модифікованих шлаколужних цементів з ХФ ефективність аніоноактивних ПАР на основі складних полієфірів знижується та підвищується ефективність катіоноактивних ПАР в комплексі з такою аніоноактивною ПАР, як ЛСТ. Це пояснюється тим, що збільшення вмісту доменного гранульованого шлаку в цементі визначає, по-перше, формування переважно від'ємного поверхневого заряду на границі розділу твердої і рідкої фаз, по-друге – збільшення необхідного вмісту лужного компонента і, відповідно, його концентрації в гідратаційному середовищі цементу. В першому випадку це сприяє підвищенню рівня адсорбційної здатності мінеральних частинок цементу саме до катіоноактивних ПАР, молекули яких дисоціюють у водному розчині з формуванням позитивно заряджених поверхнево-активних іонів. В другому випадку молекули катіоноактивних ПАР формують разом з ЛСТ комплекси, які характеризуються стійкістю молекулярної структури в гідратаційному високо лужному середовищі цементу.

Запропоновано варіанти складів важких екобетонів на основі модифікованого шлаколужного цементу з врахуванням його композиційного складу та витрати, придатних для будівництва, границя міцності на стиск яких у віці 28 діб відповідає класам B15...B45 (табл. 2).

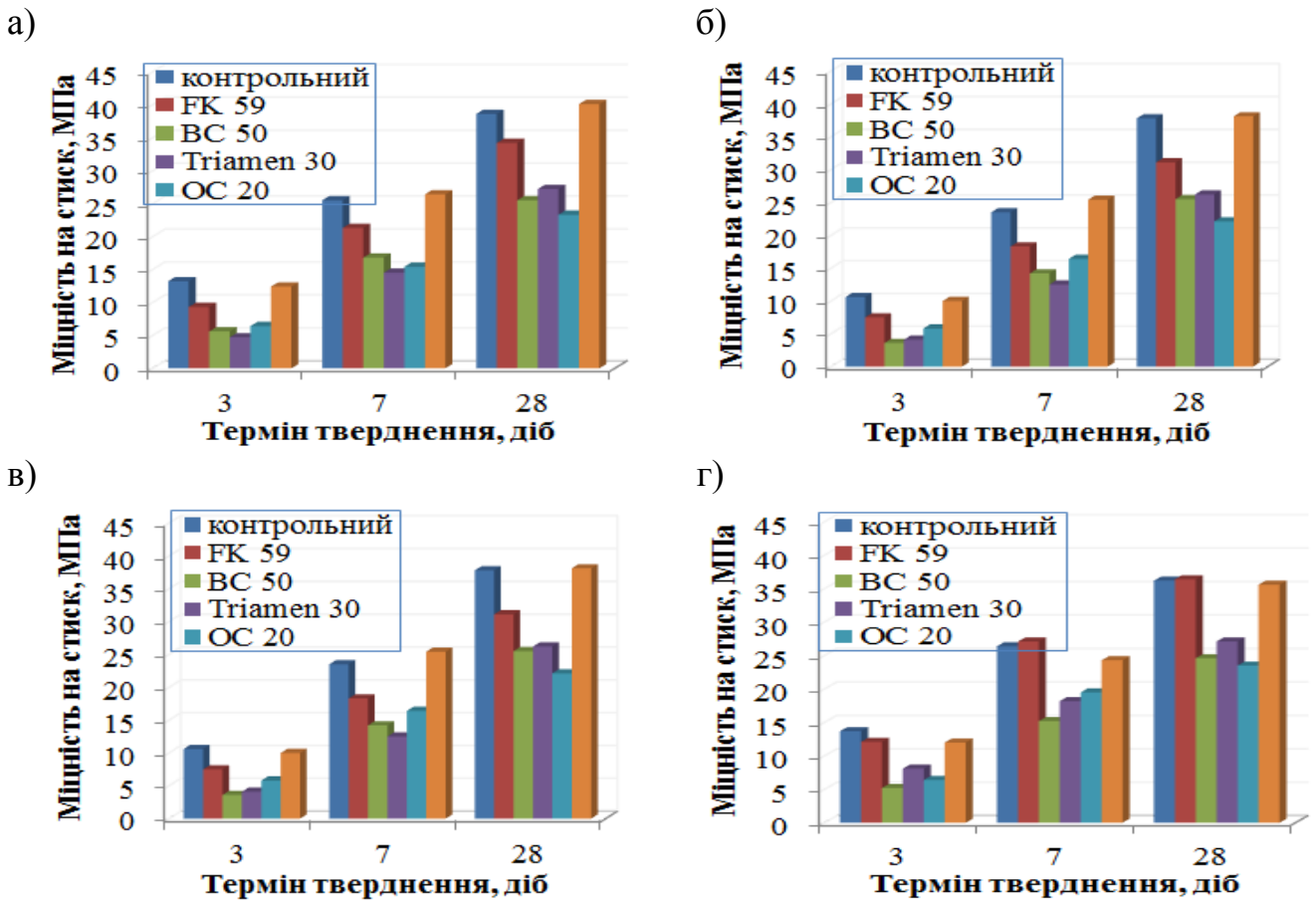


Рисунок 4 – Зміна міцності на стиск бетону в залежності від типу хімічної добавки і складу цементу (за табл.1): а) - № 1; б) - № 2; в) - № 3; г) - ПЦ II/A-III-400 (для порівняння)

Таблиця 2 – Варіанти складів важкого екобетону на основі шлаколужного цементу з ХФ

№ * п/п	Витрата цементу кг/м ³	Склад цементу (див. табл.1)	В/Ц	Зміна осадки конуса, см, в часі, хв			Границя міцності на стиск, МПа, у віці, діб		
				відразу	60 хв	120 хв	3	7	28
1	250	№ 1	0,71	19	18	14	7,4	13,2	19,5
2	350		0,47	20	19	17	16,5	33,7	42,6
3	500		0,34	19	18	16	24,6	41,2	57,5
4	250	№ 2	0,7	20	16	13	4,1	10,5	20,9
5	350		0,46	19	20	16	11,7	35,8	43,3
6	500		0,33	20	20	17	18,2	40,1	58,9
7	250	№ 3	0,71	20	15	12	6,9	13,7	21,5
8	350		0,49	19	16	15	10,9	27,6	38,5
9	500		0,35	19	16	14	22,0	39,4	56,5

На прикладі екобетонів класу за міцністю В30 проведені дослідження особливостей порової структури, морозостійкості бетону, призмової міцності, міцності на розтяг при згині, модуля пружності, стиранності, корозійної стійкості.

Досліджено особливості порової структури модифікованих екобетонів та показано, що введення аніоноактивної ПАР збільшує водопоглинання і відкриту капілярну пористість бетону на основі шлаколужного цементу з ХФ та відповідно зменшує об'єм закритих капілярних пор. В той же час введення добавки катіоноактивної ПАР дозволяє збільшити об'єм закритих капілярних пор бетону з 2,9 до 3,7 %.

Морозостійкість екобетонів визначали по прискореній методиці в середовищі 5 %-ого розчину хлориду натрію і температурі мінус -50°C . За даними досліджень марка за морозостійкістю модифікованих бетонів на основі шлаколужного цементу з ХФ (складів №1 - №2) становить F 400.

Економічний ефект від заміни портландцементу ПЦ II/A-III-400 в складі бетону на шлаколушний цемент з ХФ становить 87,5 грн на 1 м^3 бетону за рахунок зниження собівартості цементу.

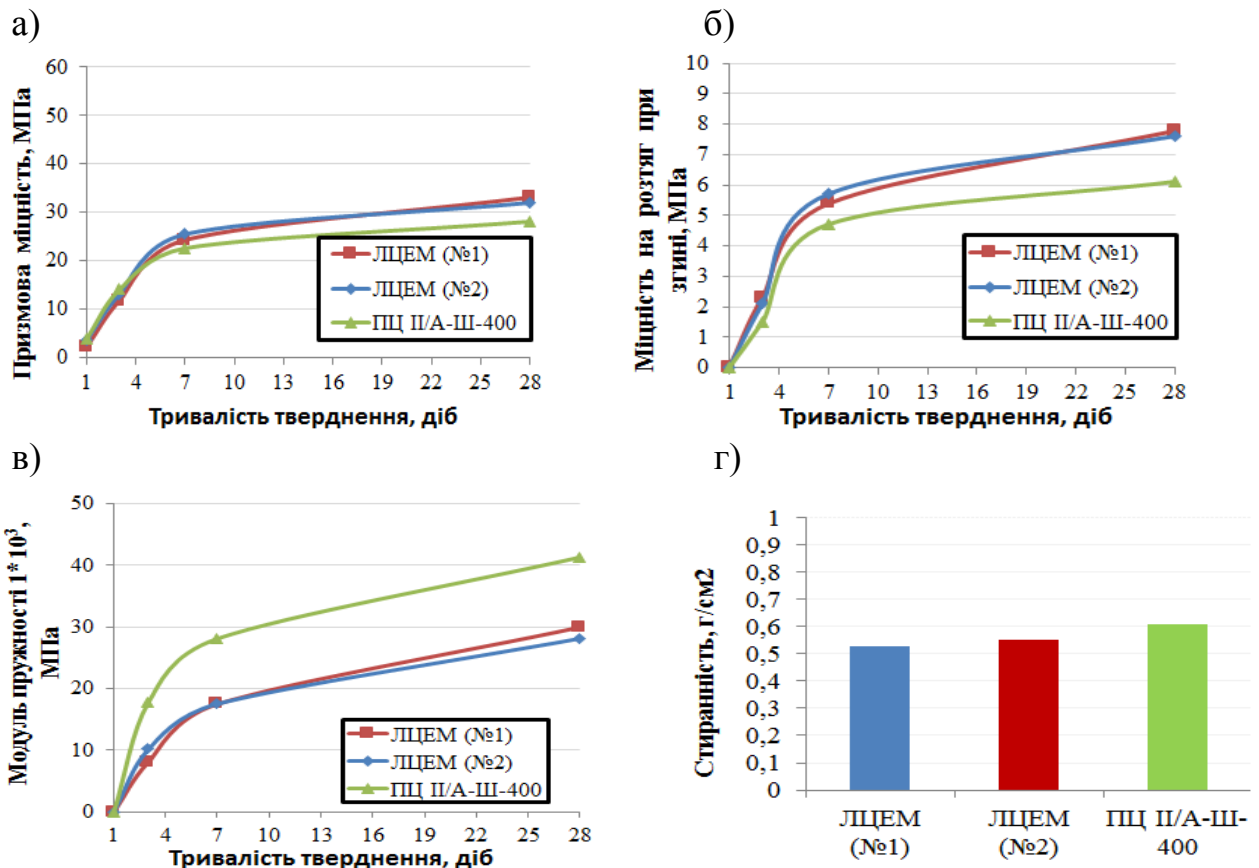


Рисунок 5 – Експлуатаційні властивості модифікованого екобетону: а) призмova міцність; б) міцність на розтяг при згині; в) модуль пружності; г) стиранність

Екобетони на основі шлаколужного цементу з ХФ, характеризуються високою призмовою міцністю (рис. 5, а) та міцністю на розтяг при згині (рис. 5, б) ($R_{зг} = 7,6 \dots 7,8$ МПа), низьким модулем пружності (рис. 6, в) ($E_6 = 28,2 \cdot 10^3 \dots 29,9 \cdot 10^3$ МПа) та високою зносостійкістю через 28 діб тверднення, яку оцінювали за величиною стираності порівняно з бетоном на основі ПЦ ІІ А-Ш 400-Н, що дає можливість рекомендувати розроблені бетони для використання в будівництві.

Встановлено можливість заміни частини річкового піску на ХФ у кількості 5...10 % в складі шлаколужного екобетону без погіршення його міцнісних показників, як в ранньому, так і марочному віці, завдяки високій реакційній здатності шлаколужного цементу по відношенню до дисперсних ХФ і, відповідно, їх залучення в фізичні і хімічні процеси тверднення.

Показано, що екобетони на основі шлаколужного цементу з ХФ характеризуються високою корозійною стійкістю в розчинах концентрацій 2 % та 5 %: Na_2SO_4 - ($K_c = 0,96 \dots 1,01$); MgSO_4 - ($K_c = 0,91 \dots 0,97$); NaCl - ($K_c = 1,03 \dots 1,04$).

У п'ятому розділі наведено результати випуску дослідно-промислової партії шлаколужного цементу на ПАТ "Івано-Франківськцемент" та виготовлення бетонних сумішей на його основі для дорожніх плит 1ПЗ0.18-30 у кількості 50 шт. в м. Києві. Бетонну суміш виготовлено на бетонозмішувальному вузлі заводу ТОВ "Бетомікс" за відповідною технологічною схемою. Склад бетонної суміші відповідав класу В30 (згідно табл. 2, № 2).

Легкоукладальність бетонних сумішей на бетонозмішувальному вузлі характеризувалась значенням ОК – 8 см. Середня міцність на стиск 30 контрольних серій зразків екобетону з відібраних проб бетонної суміші у віці 28 діб складала 41,9 МПа, що відповідає вимогам до бетону класу В30.

Основні характеристики бетонних сумішей та екобетонів на основі шлаколужного цементу з ХФ підтвердили їх відповідність отриманим при дослідженні результатам, що свідчить про їх високу ефективність використання в будівництві.

ВИСНОВКИ

1. Теоретично обґрунтовано та експериментально підтверджено можливість отримання шлаколужних цементів та екобетонів з підвищеними експлуатаційними та спеціальними властивостями за рахунок їх модифікації слюдовмісними побічними продуктами гірничо-добувної промисловості, які виконують структуроутворюючу роль в процесі тверднення шлаколужного цементу і впливають на інтенсифікацію процесів формування властивостей штучного цементного каменю.

2. Визначено особливості процесів структуроутворення шлаколужного цементу, з використанням слюдовмісних продуктів у вигляді слюди (мусковіту) та техногенного продукту (хвостів флотації золотовмісної руди), і показано, що введення слюдовмісних продуктів сприяє підвищенню марочної міцності на 5...10 % та зменшенню усадочних деформацій цементної матриці на 20...35 % порівняно з бетоном без добавки, що забезпечується за рахунок утворення в

цементній матриці вторинних фаз у вигляді лужних та лужноземельних гідроалюмосилікатів.

3. Оптимізовано склади шлаколужного цементу з відходом флотації золотовмісної руди при наступних межах співвідношення, % за масою: шлак (70...90), відходи флотації золотовмісної руди (10...30), Na_2CO_3 (4,2), $\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (3,0) та показано, що зазначені цементні композиції характеризуються початком тужавлення 60...85 хв, відсутністю хибного тужавлення, міцністю через 7 діб 25,2...29,2 МПа, через 28 діб – 39,9...41,5 МПа тверднення в нормальних умовах та усадочними деформаціями через 150 діб - 0,511 мм/м.

4. Вивчено особливості процесів структуроутворення в'язучих композицій в присутності важких металів у вигляді Fe_2O_3 , MnO та Pb_2O_3 і встановлено надійність їх хімічного зв'язування в складі структуроутворюючих сполук з формуванням додаткових новоутворень нонтроніта, феригалуазита, родоніда та пумпеліта, що сприяє зниженню ступеня вилуговування важких металів (в різних контактних середовищах: дистильована вода, кислий розчин, лужний розчин) із структури штучного каменю на основі шлаколужних в'язучих систем на 15...100 % порівняно з портландцементними системами та визначає надійність утилізації хвостів флотації золотовмісної руди в шлаколужному цементному камені.

5. Виявлено можливість управління реологічними властивостями бетонних сумішей на основі шлаколужного цементу шляхом їх модифікації добавками ПАР різної природи основної діючої речовини, та показано, зниження ефективності дії аніоноактивних ПАР та підвищення ефективності дії катіоноактивних ПАР, що забезпечують отримання рухомих та високорухомих бетонних сумішей марок Р4, Р5 зі збереженням рухомості в межах однієї марки протягом 1 – 2 год за рахунок формування на поверхні розділу границі фаз позитивно заряджених поверхнево-активних іонів, протилежних до шлакової складової та стабільності молекулярної структури використаних добавок в високолужному середовищі.

6. Показано можливість заміни частини річкового піску на ХФ у кількості 5...10 % в складі шлаколужного екобетону без погіршення його міцнісних показників, як в ранньому, так і марочному віці, завдяки високій реакційній здатності шлаколужного цементу по відношенню до дисперсних ХФ і, відповідно, їх залучення в фізичні і хімічні процеси тверднення. Це дає можливість розширити сировинну базу та забезпечити утилізацію ХФ при виробництві якісних шлаколужних екобетонів.

7. Вивчено основні та спеціальні властивості екобетону на основі модифікованого шлаколужного цементу. Показано, що бетони відповідають класам В20...В40, характеризуються низьким модулем пружності ($E_6 = 28,2 \cdot 10^3 \dots 29,9 \cdot 10^3$ МПа), марками за морозостійкістю F400 та високою корозійною стійкістю в розчинах концентрацій 2 % та 5 %: Na_2SO_4 - ($K_c = 0,96 \dots 1,01$); MgSO_4 - ($K_c = 0,91 \dots 0,97$); NaCl - ($K_c = 1,03 \dots 1,04$). Отримані показники забезпечуються синтезом в мікроструктурі низькоосновних гідросилікатів і лужних гідроалюмосилікатних сполук з високою щільністю і низькою пористістю макроструктури бетону, яка не перевищує 7,5 %.

8. Здійснено випуск промислової партії ЛЦЕМ-400 з відходом флотації золотовмісної руди та проведено впровадження дослідної партії бетонних сумішей

на його основі для виготовлення дорожніх плит 1П30.18-30 у кількості 50 шт. Економічний ефект від заміни портландцементу на шлаколузний цемент в бетоні - 87,5 грн на 1 м³, що досягається за рахунок зниження собівартості вихідних сировинних компонентів.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНО У ПРАЦЯХ:

1. Ефективність дії добавок в шлаколузному цементі та бетоні на його основі з використанням відходу флотації золотовмісної руди / Гоц В.І., Руденко І.І., Ластівка О.В., Волинська Є.В., Томін О.О. Всеукраїнський науково-технічний та виробничий журнал Будівельні матеріали та вироби. Київ, 2016. Вип. 92. С. 42-45.

2. Особливості формування поровою структурою бетону на основі лузного цементу / Гоц В.І., Руденко І.І., Ластівка О.В., Волинська Є.В., Лакуста С.О. Міжвідомчий науково-технічний збірник. Київ, 2017 (123). С. 12-20.

3. Ефективність використання шлаколузного бетону з відходом флотації золотовмісної руди в дорожньому будівництві / Гоц В.І., Ластівка О.В., Волинська Є.В. Всеукраїнський науково-технічний та виробничий журнал Будівельні матеріали та вироби 2017. Київ, 2017. Вип. 926. С. 26-29.

4. Вплив слюдовмісного побічного продукту на процеси структуроутворення шлаколузного цементу / Гоц В.І., Ластівка О.В., Руденко І.І., Волинська Є.В. Збірник наукових праць “Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури” 2017. Одеса, 2017. Вип. 68. С. 64-69.

5. Особливості формування властивостей цементу з використанням відходів флотації золотовмісних руд / Гоц В.І., Ластівка О.В., Волинська Є.В., Шимко А.В. Збірник наукових праць “Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. Рівне, 2015. Вип. 31. С. 157-162.

6. Шлаколузний бетон для дорожніх основ і покриттів з використанням відходу флотації золотовмісної руди / Гоц В.І., Ластівка О.В., Руденко І.І., Волинська Є.В. Збірник наукових праць “Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди”. Рівне, 2016. Вип. 33. С. 23-30.

7. Особливості структуроутворення шлаколузного цементу з використанням слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості / Гоц В.І., Ластівка О.В., Волинська Є.В., Шимко А.В. Збірник наукових праць “Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури”. Одеса, 2016. Вип. 62 (247). С. 33-37

8. Фізико-механічні властивості шлаколузного цементу та бетону на його основі з використанням відходу флотації золотовмісної руди / Гоц В.І., Ластівка О.В., Волинська Є.В., Шимко А.В., Томін О.О. Збірник наукових праць “Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури”. Одеса, 2016. Вип. 63. С. 122-128.

9. Recycling of auriferous ore flotation tailings in slag-alkaline cement / Gots V., Lastivka O., Volynska I., Tomin O. Scientific journal “EUREKA: Physical Sciences and Engineering”. Tallinn, 2016, Volume 4(5). p. 11-16.

10. Шлаколушний цемент для бетонів і будівельних розчинів : (51) МПК С04В 7/153 / Гоц В.І., Руденко І.І., Ластівка О.В., Волинська Є.В. № 111333; заявлено 14.04.2016 ; опубліковано 10.11.2016, Бюлетень № 21. 4 с.

11. Формування властивостей композиційного шлаколужного цементу з використанням відходів флотації золотовмісних руд / Ластівка О.В., Волинська Є.В., Шимко А.В. Збірник матеріалів всеукраїнської інтернет-конференції молодих учених і студентів. – Полтава, 2015 (92). С. 39-41.

12. Вплив відходів переробки золотовмісних руд на формування властивостей цементу / Ластівка О.В., Волинська Є.В., Шимко А.В. Робоча програма та тези доповідей Першої Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених, аспірантів і студентів БудМайстерКлас 2015. Київ, 2015 (200). С. 117-118.

13. Road concrete based on slag-alkaline cement with the use of waste flotation gold ore / Volynska I.V. Conference program and proceedings. International scientific-practical conference of young scientists Build-Master-Class 16-18 November 2016.– Kyiv, KNUCA, 2016. - p. 133.

АНОТАЦІЯ

Волинська Є.В. Екобетони на основі шлаколужного цементу з використанням слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.23.05 – будівельні матеріали та виробли. – Київський національний університет будівництва і архітектури Міністерства освіти і науки України. – Київ, 2017.

В дисертаційній роботі обґрунтовано та експериментально доведено можливість інтенсифікації процесів структуроутворення шлаколужного цементу на пізніх етапах тверднення, що забезпечує покращення експлуатаційних та спеціальних властивостей цементу та екобетону на його основі за рахунок використання слюдовмісних побічних продуктів гірничо-добувної промисловості.

Розроблено склади екобетонів класів В15...В40, що характеризуються міцністю на розтяг при згині через 28 діб тверднення ($R_{зг} = 7,6...7,8$ МПа), низьким модулем пружності ($E = 28,2 \cdot 10^3...29,9 \cdot 10^3$ МПа) марками за морозостійкістю F400, високою корозійною стійкістю в розчинах сульфату натрію та магнію ($K_c = 0,9...1,03$)

Ключові слова: доменний гранульований шлак, лужний компонент, слюдовмісний продукт, хвости флотації золотовмісної руди, комплексні добавки, строки тужавлення, рухомість, міцність, морозостійкість.

АННОТАЦИЯ

Волинская Е.В. Экобетоны на основе шлакощелочного цемента с использованием слюдосодержащих побочных продуктов горнодобывающей промышленности. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.05 - строительные материалы и изделия. - Киевский национальный университет строительства и архитектуры Министерства образования и науки Украины. - Киев, 2017.

В диссертационной работе обоснована и экспериментально доказана возможность интенсификации процессов структурообразования шлакощелочного цемента на поздних этапах твердения, что обеспечивает улучшение эксплуатационных и специальных свойств цемента и экобетона на его основе за счет использования слюдосодержащих побочных продуктов горнодобывающей промышленности.

Разработаны составы экобетонных классов В15...В40, характеризующихся прочностью на растяжение при изгибе через 28 суток твердения ($R_{зг} = 7,6 \dots 7,8$ МПа), низким модулем упругости ($E = 28,2 \cdot 10^3 \dots 29,9 \cdot 10^3$ МПа) марками по морозостойкости F150, F200, высокой коррозионной стойкостью в растворах сульфата натрия и магния ($K_c = 0,9 \dots 1,03$)

Ключевые слова: доменный гранулированный шлак, щелочной компонент, слюдосодержащий продукт, хвосты флотации золотосодержащей руды, комплексные добавки, сроки схватывания, подвижность, прочность, морозостойкость.

ANNOTATION

Volynska I.V. Eco-concrete on the basis of slag-cement on the use of mica-based by-products of the mining industry. - On the rights of the manuscript.

The dissertation for obtaining the scientific degree of the candidate of technical sciences in the specialty 05.23.05 - building materials and products. - Kyiv National University of Construction and Architecture of the Ministry of Education and Science of Ukraine. - Kyiv, 2017.

In the dissertation, the possibility of intensifying the processes of the structure of slag cement at the later stages of curing has been substantiated and experimentally proved, which provides improvement of operational and special properties of cement and ecocarbon on its basis due to the use of mica-based by-products of mining and extraction industry.

The composition of the M400 slag cements of the grade, characterized by the content (up to 30%) of the flotation of gold-bearing ore and the content of the alkaline component is 2.3-3% in terms of Na₂O, is developed and optimized. Such cements are characterized by the beginning of stamina 60 ... 75 min, strength after 2 days of hardening in the range of 7.5 ... 4.8 MPa and shrinkage deformations in 150 days - 0.511 mm / m;

The peculiarities of processes of formation of astringent compositions in the presence of heavy metals in the form of Fe₂O₃, MnO and Pb₂O₃ have been determined, and it has been shown that along with physical blockages in an artificial stone matrix based on slag-liming astringent systems, the elements of heavy metals are chemically bound together in structure-forming compounds, which contributes to reducing the intensity of leaking

heavy metals from the structure of the cement stone and provides the opportunity to utilize the waste flotation of gold-bearing ore.

The possibility of controlling the rheological properties of concrete mixtures on the basis of slag cement by their modification by additives of surfactant of different nature of the main active ingredient is shown, and it is shown that the reduction of the effectiveness of surfactant on the basis of complex polyesters and the increase of the effectiveness of cationic surfactants that provide the obtaining of mobile and highly mobile concrete mixtures of grades P4, P5 with the preservation of mobility within the same mark for 1 - 2 hours due to the formation of a positively charged surface on the surface of the interface of the phase boundary of the active phases of ions opposite to the slag component and the stability of the molecular structure of additives used in high alkaline environment.

Compositions of bioblocks of classes B15 ... B40 have been developed, which are characterized by tensile strength at bending after 28 days of hardening ($R_{zg} = 7.6 \dots 7.8$ MPa), low elastic modulus ($E = 28.2 \cdot 10^3 \dots 29.9 \cdot 10^3$ MPa) with marks of frost resistance F150, F200, high corrosion resistance in solutions of sodium sulfate and magnesium ($C_r = 0.9 \dots 1.03$)

Key words: blast-furnace granulated slag, alkaline component, micaceous product, flotation tails of gold-bearing ore complex additives, terms of stamina, mobility, strength, frost resistance