

*В роботі приведені результати, отримані при дослідженні можливості використання відсівів гранітного щебеню в якості заповнювача для бетонних тротуарних неармованих виробів, зокрема тротуарної плитки. Визначені міцність бетону виробів на стиск, міцність на розтяг при згині, стираність, морозостійкість, водопоглинання. Гарантовано отримання будівельних виробів підвищеної міцності та надійності*

*Ключові слова: відходи виробництва, щебень, відсів, бетон, будівельні вироби*

*В работе приведены результаты, полученные при исследовании возможности использования отсева гранитного щебня в качестве заполнителя для бетонных тротуарных неармированных изделий, в частности тротуарной плитки. Определены прочность бетона изделий на сжатие, прочность на растяжение при изгибе, истираемость, морозоустойчивость, водопоглощение. Гарантировано получение строительных изделий повышенной прочности и надежности*

*Ключевые слова: отходы производства, щебень, отсев, бетон, строительные изделия*

УДК 628.54; 691.32

DOI: 10.15587/1729-4061.2015.43396

## ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИДОБУВАННЯ ГРАНІТНОГО КАМЕНЮ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТРОТУАРНИХ БЕТОННИХ ВИРОБІВ

О. І. Іваненко

Кандидат технічних наук, доцент\*

E-mail: olevasyanovich@mail.ru

М. В. Захарова\*

E-mail: zgg1956@ukr.net

О. Ю. Гожулян\*

E-mail: gozhulyan\_lena@mail.ru

\*Кафедра екології та технології  
рослинних полімерівНаціональний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»  
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

### 1. Вступ

Забруднення навколишнього середовища твердими промисловими відходами є одною з найбільш гострих екологічних проблем. Накопичення млн. кубометрів відходів на каменедробильних заводах України приводить до нераціонального використання земельних площ під відвали, зміни ландшафту та значного заповнення приземного шару атмосфери. З метою зниження забруднення навколишнього середовища відходами виробництва щебеню, кількість яких невідомо зростає, необхідно застосовувати екологічно чисті та прийнятні для заводів шляхи їх утилізації.

ПАТ «Малинський каменедробильний завод» – провідне підприємство в Україні, що спеціалізується на видобутку щебеню для залізобетонних і асфальтових сумішей. Багате Пинязевицьке родовище сірих гранітно-рапакових порід площею понад 70 га дозволяє сьогодні виробляти більше 2 млн. 700 тис тонн на рік якісного фракційного щебеню. Проте за роки експлуатації заводу на його території накопичилось близько 4 мільйонів тон відходів у вигляді відсіву, отриманого в процесі виробництва щебеню. Відсів – дрібна гранітна фракція з розміром зерен до 5 мм. Відсів щебеню знаходиться на території заводу в вигляді відвалів висотою більше 10 м, займаючи 4 гектари площі під відкритим небом. В даний час відсів не користується значним попитом замовників і реалізація його йде дуже повільно. Забруднення довкілля та штрафні санкції за нераціональне використання земель під відходи потребують негайного розв'язання цієї проблеми.

### 2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Одним з перспективних напрямків утилізації відсіву є його використання у виробництві різних залізобетонних конструкцій [1, 2]. Проте, враховуючи вартість доставки, утилізація відходу можлива тільки за умови недалекої відстані від споживача. Застосування відсіву для виробництва асфальтобетонних сумішей з вмістом дрібнодисперсного гранітного матеріалу до 50 % включно дозволило б значно скоротити об'єми накопиченого відходу [3, 4]. В той же час підвищення концентрації відсіву в суміші приводить до збільшення бітумомісткості та подорожчання асфальтобетону. Крім того, для дрібнозернистих асфальтобетонів властиве зменшення показників граничної міцності при зростанні в складі мінеральної частини відсіву щебеню, що вимагає введення в суміш волокнистих полімерних добавок [5]. Разом з тим, невеликі обсяги проведення дорожніх робіт, пов'язані з складною економічною ситуацією в державі, не дозволяють ефективно утилізувати даний відхід виробництва щебеню. Гранітні відсиви також можуть використовуватись в якості інтенсифікаторів спікання при швидкісних режимах обпалу плиток для підлог та виробництва цегли взамін шамоту і піску [6], для виробництва керамічних виробів [7], посипки для руберойду, у фільтрах водочисних споруд [8, 9]. Окрім дорожньо-будівельних робіт, шляхами утилізації відходу є його застосування як декору для оздоблення, для відсіпання доріжок, спортивних і дитячих майданчиків. Гранітний відсів може успішно застосовуватись в садово-парковому господарстві для створення ландшафту на присадибних

ділянках. Планується його використання як засобу боротьби з ожеледицею для зменшення коефіцієнту ковзання [10].

### 3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є підтвердження можливості використання гранітного відсіву для виробництва тротуарних неармованих бетонних виробів, зокрема, тротуарної плитки, так як в останні роки значно збільшився попит на такі види продукції, як бордюри, стінові пустотілі блоки та тротуарна плитка.

Для реалізації поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- визначити основні вимоги для використання відсіву для виробництва тротуарних неармованих бетонних виробів, зокрема, тротуарної плитки;
- дослідити зерновий склад відсіву та вміст глинистих часток у відсіві для визначення його придатності для будівельних робіт як піску дроблення вивержених гірських порід;
- визначити міцність бетону виробів на стиск та на розтяг при згині, морозостійкість, водопоглинання, стиранисть бетону;
- встановити можливість застосування цементів в якості в'язучих речовин бетону виробів шляхом визначення їх міцності на стиск.

### 4. Результати дослідження можливості використання гранітного відсіву для виробництва тротуарної плитки та їх обговорення

Згідно ДСТУ Б В.2.7-145:2010 тротуарні неармовані бетонні вироби можуть виготовлятися з дрібнозернистого (піщаного) бетонів. Підтверджена раніше можливість застосування відсіву з відповідним зерновим складом для виробництва товарного бетону [1] дає змогу використовувати відхід каменедробильних підприємств для отримання тротуарної плитки.

Згідно вищевказаного стандарту методами контролювання якості тротуарних виробів є визначення міцності бетону виробів на стиск та на розтяг при згині, морозостійкість, водопоглинання, стиранисть бетону. Вироби в залежності від призначення повинні мати відповідну форму та геометричні розміри. Зокрема, при влаштуванні покриттів вони можуть бути квадратні, прямокутні, шестикутні, фігурні та ін. Товщина виробів може бути 50, 60, 70, 80, 100 мм, довжина та ширина – до 1000 мм. Вироби можуть виготовлятися із прямокутними кромками, зі скошеними чи закругленими кромками або фасками. Скошена кромка, розміри якої більше ніж 2 мм, повинна бути представлена як фаска. Фаска може бути закруглена або скошена. Ширина скошеної фаски може бути не більше 10 мм, кут нахилу –  $(45 \pm 5)^\circ$ . Вироби можуть виготовлятися одношаровими або двошаровими з оздоблювальним шаром. Оздоблювальний шар повинен бути невід'ємною частиною виробів. Товщина оздоблювального шару повинна бути не менше 10% від загальної висоти виробу. Щодо випробувань показника шорсткості лицевої поверхні, поверхня виробів повинна бути шорстка та здійснювати опір ковзанню,

тобто мати борозенки, хвилястість та інші нерівності. Крім того, згідно з ДСТУ Б В.2.7-210:2010 пісок із відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт не повинен мати вміст глинистих часток, що визначається методом набухання, більше 1,0% за масою.

Натурні випробування по визначенню контрольованих параметрів тротуарних бетонних виробів проводились на ПАТ «Малинський каменедробильний завод». Отриманий на підприємстві відсівний матеріал фракціонували на мийній класифікаційній машині «ACTIS» GROUP м. Дніпропетровськ. Зерновий склад відсіву, що використовувався в дослідженнях, представлений в табл. 1.

Таблиця 1

Зерновий склад відсіву ПАТ «Малинський каменедробильний завод»

Розміри отворів контрольних сит, мм	Повні залишки на ситах, масові %
5	5–10
2,5	25–30
1,25	10–12
0,63	8–9
0,315	5–7
0,16	3–5
Дно	5–7

В якості зразків використовували плитку товщиною 60 мм, в бетон нижнього шару якої входив такий склад наповнювача: відсів фракції 0–0,63 мм в кількості 18%, відсів фракції 2–5 мм – 22%, річковий пісок с. Пухівка Броварського району Київської обл. – 25%, щебінь фракції 5–10 мм – 35%; в бетон верхнього декоративного шару: відсів фракції 0,63–2 мм в кількості 60%, річковий пісок – 40%. Як в'язучу речовину в бетоні нижнього шару використовували портландцемент І-500-Н згідно ДСТУ Б В.2.7-46:2010 ПАТ «Волинь-Цемент» м. Здолбунів, в бетоні верхнього шару – білий портландцемент І-500-ДО згідно ДСТУ Б В.2.77-757:2011. Також в бетон зразків додавали гідрофобізуючу добавку та барвники в декоративний шар. Для отримання зразків використовували напівсухе пресування з співвідношенням вода/цемент як 3/10 для верхнього шару і 3,8/10 для нижнього шару.

Вміст глинистих часток, що визначається методом набухання, проводили згідно ДСТУ Б В.2.7-32-95 «Пісок щільний природний для будівельних матеріалів, виробів, конструкцій і робіт» (ГОСТ 26193-84). При дослідженні використовували висушений при температурі  $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$  відсів масою 500 г та в подальшому просіювали його через сито з сіткою № 016. Визначали вміст в пробі часток розміром менше 0,16 мм. Пробу, що пройшла крізь сито, зменшували шляхом квартування в декілька разів і рівними порціями засипали в два градуйованих скляних мірних циліндра вмістом по  $100\text{ см}^3$  кожен. Досліджуваний матеріал ущільнювали в кожному циліндрі до постійного об'єму, рівного  $10\text{ см}^3$ , шляхом постукування по циліндру. Потім матеріал в циліндрі розрихлювали, заливали  $50\text{--}70\text{ см}^3$  дистильованої води,  $5\text{ см}^3$  5%-вого розчину хлористого кальцію, доливали дистильовану воду до  $100\text{ см}^3$  і ретельно перемішували вміст циліндру. Після відстоювання на протязі 20–30 год. вимірювали об'єм осаду.

Приріст об'єму при набуханні часток на 1 см<sup>3</sup> первинного об'єму K в см<sup>3</sup> визначали за формулою:

$$K = \frac{V - V_0}{V_0}, \tag{1}$$

де V<sub>0</sub> – початковий об'єм осаду, см<sup>3</sup>; V – об'єм осаду після набухання, см<sup>3</sup>.

По значенню K визначають вміст глинистих часток P<sub>0</sub> в кожному циліндрі в відсотках, приймаючи як результат досліджень середнє значення.

В результаті проведення досліджень було визначено, що початковий об'єм осаду фракції 0,16 мм досліджуваного відсіву дорівнював об'єму осаду після набухання. Тобто в піску з відсівів дроблення вивержених гірських порід для будівельних робіт немає глинистих часток.

Для визначення класу бетону виробів за міцністю на стиск зразки досліджували відповідно вимогам ДСТУ Б В.2.7-145:2010. Міцність бетону виробів при стиску повинен відповідати класам за міцністю на стиск: B25; B30; B35. Стандарт дозволяє для контролю міцності бетону шляхом випробування цілих виробів використовувати сталеві опорні пластини завтовшки не менше 30 мм. Пластини повинні мати прямокутну форму, поверхні пластин повинні бути плоскі, грані паралельні. Пластини повинні накладатись на виріб симетрично. Дослідження проводились на автоматичній універсальній випробувальній машині потужністю 2000 кН 50-С 4652 CONTROLS виробництва Італія. Результати визначення міцності на стиск бетону виробів після 3-х діб сушки зразків в камері при температурі 20 °С представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати випробувань міцності на стиск зразків плитки

№ випробування	Міцність на стиск, МПа
R <sub>1</sub>	43,85
R <sub>2</sub>	48,81
R <sub>3</sub>	40,96
R <sub>4</sub>	41,42
R <sub>середнє</sub>	43,76

Як видно з таблиці, бетон виробів характеризується міцністю на стиск не менше 39,2 МПа, що відповідає класу B30, тобто матеріал в 95 % випадків витримує тиск в 30 МПа. Ці показники визначають марку бетону M400. Крім того, зразки набирають (43,76-100)/39,2=112 % міцності в порівнянні з еталоном.

За стандартом клас бетону виробів за міцністю на розтяг при згині повинен відповідати класам Btb3,2; Btb3,6; Btb4,0; Btb4,4. Клас бетону виробів за міцністю на розтяг при згині приймаємо Btb3,2, так як середня міцність бетону більше 41,9 МПа.

Додаткові дослідження міцності виробів проводились після процесу сушки в камері нормального твердіння при температурі 20 °С і вологості повітря 95 %. За результатами досліджень було встановлено, що після 2-х днів сушки вироби набирають 100 % визначеної міцності.

За морозостійкістю вироби поділяють на марки F100, F150, F200, F300. Для визначення морозостійкості бетону зразків за ДСТУ Б В.2.7-47-96 «Бетони. Методи визначення морозостійкості» використовували прискорений метод при багаторазовому заморо-

жуванні та відтаванні з застосуванням 5 %-го розчину хлористого натрію при температурі -20 °С. Як засіб випробування використовували морозильну камеру ЛАРБ-200А виробництва Україна, що забезпечує досягнення і підтримання температури на рівні -(18±2) °С. Контрольні зразки бетону розміром 100x100x100 мм перед випробуванням на міцність, а основні зразки перед заморожуванням, насичували розчином солі температурою (18±2) °С. Для насичення зразки занурювали у рідину на 1/3 їх висоти на 24 год., далі рівень рідини підвищували до 2/3 висоти зразка і витримували у такому стані ще 24 год., після чого зразки повністю занурювали у рідину на 48 год. таким чином, щоб рівень рідини був вищий за верхню грань зразків не менше ніж на 20 мм. Співвідношення між числом циклів випробувань і маркою бетону за морозостійкістю для методу, заснованому на замороженні-відтаванні, приймали 30/45 для марки бетону F200, тобто це передбачає 30 циклів заморожування-відтавання, при якому проводиться проміжне випробування, та 45 циклів, що відповідає марці бетону за морозостійкістю. Контрольні зразки через 2-4 год. після витягання із ванни випробували на стиск. Основні зразки завантажували в морозильну камеру у контейнері. Початком заморожування вважали момент встановлення у камері температури -16 °С. Термін заморожування складав не менше 2,5 год. Зразки після заморожування відтаювали в ванні з водою при температурі (18±2) °С на протязі (2,0±0,5) год. таким чином, щоб над поверхню граню був шар води не менше 50 мм. Основні зразки через 2-4 год. після витягання із ванни випробували на стиск. У проміжний строк випробування контролювали стан зразків: з'явлення тріщин, відколів, злущування поверхні.

За 30 циклів на контрольних та основних зразках бетону зазначених дефектів не спостерігалось. В такому разі продовжували випробування основних зразків бетону до 45 циклу. Результати досліджень морозостійкості зразків бетону представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Зміна міцності на стиск зразків бетону в залежності від числа циклів поперемінного заморожування та відтавання

№ випробування	Міцність на стиск, МПа				
	R <sub>1</sub>	R <sub>2</sub>	R <sub>3</sub>	R <sub>4</sub>	R <sub>середнє</sub>
30 проміжних циклів	40,41	44,20	42,81	43,57	42,74
45 проміжних циклів	40,13	45,87	44,27	48,37	44,66

Стандартом дозволено зменшення не більш ніж на 5 % середнього значення міцності на стиск основних зразків після встановленого числа циклів поперемінного заморожування-відтавання у порівнянні з середньою міцністю на стиск контрольних зразків. В нашому випадку бетон зразків не втрачає, а навпаки, набирає міцність на стиск через 45 циклів заморожування-відтавання.

Згідно ДСТУ Б В.2.7-170:2008 «Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності» проводилось визначення водопоглинання зразків. Попередньо зразки висушувались до постійної маси в електротрошафі за температури (105±10) °С. Після цього зразки розміщувались у посудині, наповненій водою з таким роз-

рахунком, щоб рівень води в ній був вище верхнього рівня зразків приблизно на 50 мм. Температура води в посудині була  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Зразки зважували через кожні 24 год. знаходження у воді на лабораторних вагах. При зважуванні зразки, вийняті з води, попередньо обтирали віджатою вологою тканиною. Масу води, що витікала з пор зразка на чашу ваг, долучали до маси начисеного зразка. Випробування проводили доти, поки результати двох послідовних зважувань не відрізнялися більше ніж на 0,1 %.

Водопоглинання бетону окремого зразка за масою  $W_m'$  у відсотках визначали із похибкою до 0,1 % за формулою:

$$W_m' = \frac{m_b - m_c}{m_c} \times 100, \quad (2)$$

де  $m_b$  – маса висушеного зразка, г;  $m_c$  – маса водонасиченого зразка, г.

За результатами проведених досліджень водопоглинання зразків бетону виробів за 3 доби складало в середньому 2,4 %, що цілком погоджується з вимогами ДСТУ Б В.2.7-7-2008 «Вироби бетонні стінові дрібноштучні», в яких водопоглинання виробів не повинно перевищувати 6 %. Причому, з збільшенням набору міцності виробів водопоглинання зменшується до 1,8 %.

Оцінку довговічності верхнього шару зразків бетону проводили згідно ДСТУ Б EN 1342:2007 «Брущатка із природного каменю для мостіння вулиць» шляхом виріювання стійкості до стирання. Випробування стираності відбувалось шляхом стирання верхньої поверхні плити абразивним матеріалом за нормальних умов. В якості абразива використовували корундовий пісок із розміром зерна 80 виробництва Германія. Як апарат для дослідження стираності використовувалась машина абразивна для випробування каменю, бетону і тротуарної плитки ГТО 112 виробництва Італія. Результати досліджень приведені в табл. 4. Найвищі показники стираності зразків не перевищують 23 мм.

Таблиця 4

Результати випробувань довговічності верхнього шару зразків бетону

Середня стираність, мм		
через 3 доби	через 7 діб	через 28 діб
16 мм	18 мм	20 мм

Як було зазначено вище, в якості в'язучого компоненту в бетоні зразку використовували згідно ДСТУ Б В.2.7-46:2010 «Цементи загальнобудівельного призначення» портландцемент І-500-Н та білий портландцемент І-500-ДО. Необхідною умовою для застосування цементів є визначення їх міцності на стиск за ДСТУ Б В.2.7-187:2009 «Будівельні матеріали. Цементи. Методи визначення на згин і стиск». Для приготування цементного тіста використовували суміш з співвідношенням пісок:вода:цемент як 3:0,5:1 в таких масових пропорціях: 1350 г піску NORMENSAND стандарту ISO 679 виробництва Германія, 225 г води, 450 г цементу. Використовували форму для зразків-балочок розміром  $40 \times 40 \times 160$  мм. Змішування компонентів тіста проводили в автоматичному програмному міксері 65L0006/AM CONTROLS виробництва Італія. Балочки з тіста зберігали у формах над водою протягом

$24 \pm 2$  год., поміщаючи в ванну з гідравлічним затвором. Далі їх розформувували і зберігали у воді (температура  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ) протягом 27 діб. Через 28 діб з моменту виготовлення і не пізніше 30 хв. після вилучення з води досліджували балочки на міцність на стиск. Показник межі міцності при стисненні, що досягається через 28 діб стандартного твердіння, обчислювали як середнє арифметичне чотирьох найбільших результатів випробування, що є показником активності цементу. При цьому зразки при випробуванні повинні мати межу міцності при стиску для марки цементу 500 через 2 доби не нижче 15 МПа, через 28 діб – не нижче 50 МПа. Підприємством-виробником також визначається міцність цементу при пропарюванні зразків-балочок у закритих формах по режиму: витримка до пропарювання при  $20 \pm 3^\circ\text{C}$  протягом 2 год.; рівномірний підйом температури в камері із зразками до  $85 \pm 5^\circ\text{C}$  протягом 3 год.; ізотермічний прогрів при  $85 \pm 5^\circ\text{C}$  – 6 год.; охолодження зразків при відключеному підігріві 2 год. Через  $25 \pm 2$  год. з моменту виготовлення зразки розформовують і відразу ж досліджують. Результати проведених досліджень по визначенню активності цементів в порівнянні з сертифікованими показниками ПАТ «Волинь-Цемент» представлені в табл. 5.

Таблиця 5

Результати випробувань цементів за міцністю на стиск

Активність, МПа	по сертифікату якості портландцемент І-500-Н	портландцемент І-500-Н	білий портландцемент І-500-ДО
через 2 доби	38,40	41,40	39,96
через 7 діб	–	52,40	59,52
через 28 діб	–	58,60	68,90
при пропарюванні	41,40	–	–

Як видно з результатів досліджень, отримані показники активності задовольняють висунутим вимогам та в деяких випадках значно їх перевищують.

## 5. Висновки

Застосування відсіву з визначеним зерновим складом та відсутність в ньому глинистих часток згідно з ДСТУ Б В.2.7-210:2010 дає змогу використовувати відхід ПАТ «Малинський каменедробильний завод» для отримання тротуарної плитки. Міцність бетону виробів визначеного зразку при стиску відповідає за вимогами ДСТУ Б В.2.7-145:2010 класу за міцністю на стиск В30 та марці М400. Клас бетону виробів заміцністю на розтяг при згині відповідає класу  $V_{tb}3,2$ . Марка бетону, визначена за морозостійкістю, становить F200. Водопоглинання зразків бетону виробів складає в середньому 2,4 %, що цілком погоджується з вимогами ДСТУ Б В.2.7-7-2008. Стійкість до стирання згідно ДСТУ Б EN 1342:2007 не перевищує 23 мм. Портландцемент І-500-Н та білий портландцемент І-500-ДО, що використовуються в якості в'язучого компоненту в бетоні зразку, задовольняють висунутим вимогам при визначенні їх міцності на стиск за ДСТУ Б В.2.7-187:2009.

Отже, в результаті проведення досліджень було визначено, що застосування гранітного відсіву



ПАТ «Малинський каменедробильний завод» як піску дроблення вивержених гірських порід для виробництва тротуарних неармованих бетонних виробів, зокрема тро-

туарної плитки, не тільки забезпечить високу якість та міцність отриманої продукції, але й приведе до зниження негативного впливу накопичених відходів на довкілля.

---

#### Література

1. Іваненко, О. І. Використання відсівів гранітного щебеню для виробництва товарного бетону [Текст] / О. І. Іваненко, К. О. Кравченко, М. М. Вірник, А. І. Титюк // Восточно-Европейський журнал передових технологій. – 2012. – Т. 2, № 12 (56). – С. 16–18. – Режим доступа: <http://journals.uran.ua/eejet/article/view/3923/3591>
2. Дворкін, О. Л. Гранітні відсиви – заповнювач для вібропресованого бетону [Текст]: зб. наук. пр. / О. Л. Дворкін, В. В. Житковський, Г. В. Доманський // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції будівлі та споруди. – 1999. – Вип. 2. – С. 19–24.
3. Волков, М. И. Дорожно-строительные материалы [Текст] / М. И. Волков, И. М. Борщ, И. М. Грушко, И. В. Королев. – Москва: Изд-во «Транспорт», 1975. – 527 с.
4. Якобсон, М. Я. Бетон дорожный с использованием отсевов дробления изверженных горных пород для строительства автомобильных дорог [Текст]: дисс. ... канд. техн. наук / М. Я. Якобсон. – Москва, 2000. – 258 с.
5. Жданюк, В. К. Властивості асфальтобетонів з волокнистою полімерною добавкою [Текст] / В. К. Жданюк, О. О. Воловик, Д. Ю. Костин, К. В. Жданюк, О. О. Макарачев // Научно-технический сборник «Коммунальное хозяйство городов». Архитектура и технические науки. – 2009. – Вып. 90. – С. 214–217.
6. Вайсберг, Л. А. Утилизация отходов производства гранитного щебня [Текст] / Л. А. Вайсберг, К. Н. Горбунова, М. Э. Кац и др. – Сборник «Пути экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов в производстве строительных материалов». – Санкт-Петербург, 1985.
7. Вайсберг, Л. А. Экономия минеральных ресурсов при производстве керамических изделий [Текст] / Л. А. Вайсберг, К. Н. Горбунова, М. Э. Кац и др. – Сборник «Пути экономии топливно-энергетических и материальных ресурсов в производстве строительных материалов». – Санкт-Петербург, 1985.
8. Аликин, А. В. Модифицирование и кондиционирование отходов гранитного щебня [Текст] / А. В. Аликин // Записки горного института. – 2011. – Т. 189. – С. 274–276.
9. Гелета, О. Український ринок щебеню з природного каменю [Текст] / О. Гелета // Коштовне та декоративне каміння. – 2008. – № 3 (53). – С. 3–11.
10. ДСТУ Б В.2.7-XXX:201X «Матеріали посипкові для зимового утримання вулично-дорожньої мережі. Технічні умови» (проект, остаточна редакція) / Мінрегіон України, 201X. – 23 с.