

## РЕСУРСООЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, ЇХ ВЛАСТИВОСТІ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ

УДК 691-405.8

### МОДЕЛЮВАННЯ МОРОЗОСТІЙКОСТІ КОМПОЗИЦІЇ ЛЕГКОГО КАРБОНАТНО ШЛАКОВОГО БЕТОНУ

### SIMULATION OF FROST RESISTANCE OF THE COMPOSITION OF LIGHT CARBONATE SLAG CONCRETE

Боровіков С.М. ст. групи БАД-112м ORCID: 0009-0006-3821-2811; Назаренко О.М. к.т.н., доц., ORCID: 0000-0003-3738-1129; Березовська А.О., асп., (ORCID: 0009-0004-5503-5283; Залевський В.І., асп. ORCID: 0000-0002-4670-0577; Ліфаненков О.О., ст. гр БАД 113м, ORCID: 0009-0007-1449-9008; Гарбар В.Я., ст. гр БАДз 111м, ORCID: 0000-0002-6600-4733 (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)

Borovikov S.M. st. group BAD-112m, Nazarenko O.M. Ph.D., Assoc., Berezovska A.O., postgraduate student, Zalevskiy V.I. postgraduate student , Lifanenkov O.O., st.group, BAD-113m, Garbar V.Ya., st . group BADz -111m (Zaporizhia Polytechnic National University, Zaporizhia)

В минулому столітті були відкриті гідравлічно в'яжучі властивості у з'єднаннях лужних металів, літію, натрію, калію, рубідії, цезію, на основі яких розроблені інші лужні та лужно-земельні в'яжучі. Окремим випадком таких в'яжучих з'явилися шлакоземельні цементы. Використання бетонів на шлаколужних цементах дозволяє підвищити марку цементів, а також розширити діапазон заповнювачів, знизити витрату палива, енергії, транспортних коштів. Розробляються нові технології виробництва силікатних конструкцій, на базі нових гідравлічно в'яжучих та бетонних сумішей контактного твердіння. В їх основу покладено виробництво товарів, що дозволяють надавати їм міцність і водостійкість у момент пресування. Це явище отримало назву ефекту упорядкування структури силікатних систем. Спосіб дозволив не тільки принципово змінити технологію синтезу бетонного каменю, виключити опалубку з виробництва конструкцій, але й гранично скоротити час отримання ними водостійкості, максимально механізувати та автоматизувати виробництво. Технологія отримання бетонів контактного твердіння відкриває необмежені можливості для вдосконалення виробництва будівельних конструкцій, а також для

розширення сировинних баз будівництва за рахунок використання місцевих дисперсних ґрунтів, силікатних та лужних відходів промисловості. Композиційне в'язуче на основі мелених шлаків та карбонатних порід, здатне утворювати міцні структури їх активацією, дозволяє здешевити виробництво будівельних матеріалів, стінових блоків, цегли, облицювальних плиток. Рішення технологічної схеми деяких енергоємних та екологічно забруднених процесів, розширення місцевої дешевої сировинної бази призводить до економії сировини, паливних ресурсів, електроенергії та збереження чистоти навколишнього середовища. Технології не вимагають значної реконструкції підприємств цегляного виробництва та можуть бути впроваджені у широкому масштабі.

In the last century, the hydraulic binding properties of compounds of alkali metals, lithium, sodium, potassium, rubidium, and cesium were discovered, on the basis of which alkaline and alkaline earth binders were developed. Slag-earth cements are a private case of such binders. The use of concretes on slag-alkaline cements allows to increase the grade of cements, as well as to expand the range of aggregates, to reduce the consumption of fuel, energy, and transportation means. New technologies for the production of silicate structures are being developed, based on new hydraulically binding and contact hardening concrete mixes. It is based on the production of products that allow to give them strength and water resistance at the time of pressing. This phenomenon was called the effect of ordering the structure of silicate systems. The method made it possible not only to fundamentally change the technology of the synthesis of concrete stone, to exclude formwork from the production of the structure, but also to significantly reduce the time for their acquisition of water resistance, to maximally mechanize and automate production. The technology of obtaining contact hardening concrete opens up unlimited possibilities for improving the production of building structures, as well as for expanding the raw material bases of construction due to the use of local dispersed soils, silicate and alkaline industrial waste. Composite binder based on ground slag and carbonate rocks, capable of forming strong structures by their activation, allows to reduce the cost of production of building materials, wall blocks, bricks, facing tiles. The solution of the technological scheme of some energy-intensive and ecologically polluted processes, the expansion of the local cheap raw material base leads to the saving of raw materials, fuel resources, electricity and preservation of the environment. Technologies do not require significant reconstruction of brick production enterprises and can be implemented on a large scale.

**Ключові слова:** формування матеріалу, випробування, термомодернізація будівлі, мікрокремнезем, вступлення, методологія, морозостійкість, розрахунок, інвестиції, рентабельність.

material formation, testing, thermal modernization of the building, microsilica, swelling, methodology, frost resistance, calculation, investment, profitability

**Вступ.** До основних факторів, що визначають морозостійкість пресованих виробів, відносяться: початкове водоцементне (водошлакове) відношення; склад та умови твердіння матеріалу, його вік до моменту заморожування, структурна щільність, наявність, вид та кількість поверхнево-активних добавок, що пластифікують і повітря місткість.

Здатність матеріалу протистояти руйнуванню при багаторазовому заморожуванні та відтаванні у насиченому водою стані пояснюється присутністю в його структурі резервних пір, не заповнених водою, в яких віджимається частина води в процесі заморожування під дією тиску зростаючих кристалів льоду [7,8].

Водошлакове відношення надає значний вплив на морозостійкість безлужних шлакових матеріалів, так як є одним з найбільш важливих факторів, що визначають параметри структури та порового простору. Зі збільшенням В/Ш – зростає як загальний обсяг відкритих пір, доступних водонасиченню, так і середній розмір пір, що знижує морозостійкість матеріалу. При високих значеннях В/Ш - рівних 0,4-7-0,5 середній розмір капілярів у шлакових бетонах перевищують середній розмір пір в цементних матеріалах при тому В/Ц, так як ступінь гідратації та кількість зв'язаної води у шлаків нижче, ніж у цементних у нормативні терміни твердіння. Тому пори не можуть бути до 28-днів повністю заповнені продуктами гідратації шлаку та остаються пов'язаними один з одним, утворюючи безперервну систему капілярів. Шлакові бетони з такою будовою порового простору характеризуються високою проникністю, і в них складніше утворити деякий обсяг резервних пір. Ці матеріали мають підвищене водопоглинання, і більшість води в них при заморожуванні перетворюється на лід, розрушаючи при цьому зразок.

**Аналіз останніх досліджень.** Забезпечення новітніми будівельними матеріалами площадки на регіональному рівні є стратегічним напрямом розвитку будівельної галузі в Україні та економіки в цілому. Питання розвитку та розробки енергоефективних матеріалів настає з новою актуальністю. Рівень енергоефективності 150 кВт/год  $\times$  м<sup>2</sup>  $\times$  рік стає необхідним. У зв'язку з необхідністю економії енергії та зниженням логістичних витрат в регіоні, розробляються заходи, призначені для стандартизації в країнах-членах ЄС будівельних нормативів по підвищенню енергоефективності будівель [5].

Дослідження, які проводили вчені А.П.Приходько, Н.В.Шпирько, А.А.Салей, Ю.Л.Савін, Л.І.Дворкін, О.В.Безусяк, О.М.Бордюженко, Н.С.Сторчай показали, що можливості виробництва розвиваються, та поширюються по регіонам.

Вихідними матеріалами для виготовлення карбонатношлакової цегли та декоративної облицювальної плитки є: гранульований і мелений металфізичний шлак, відсів карбонатної породи (вапняку), лужні активізатори, поверхнево-активні речовини, тонкодисперсні наповнювачі (глина, зола, шлак), дрібнозернисті заповнювачі (кварцовий та керамзитовий пісок, відходи каменедроблення) та декоративний зернистий наповнювач.

Залежно від виду шлаку і стану відсівів, що застосовуються (розмір, вологість) в технологічній схемі прийнято кілька варіантів підготовки вихідної сировини, відповідно до яких підбирається і перелік необхідного обладнання.

З метою кращого розподілу компонентів у шихті та покращення властивостей готових виробів карбонатношлакова суміш піддається обробці на млинах, а потім надходить на прес напівсухого пресування. Питомий тиск пресування має знаходитися в межах 15+20 МПа, для цегли та блоків – 30+40 МПа. Відпресовані вироби укладаються на стелажі вагонетки автоматом-укладачем і витримуються при температурі 15+20°C або піддаються тепловій обробці в вологому середовищі при температурі 40+60°C.

Введення домішок - один з найбільш ефективних факторів, підвищення морозостійкості шлакових бетонів. Позитивний вплив на морозостійкість надають суперпластифікатори та повітрозтягуючі. добавки, які мають пластифікуючу дію, знижують обсяг капілярних пір, в яких утворюється лід і підвищують обсяг резервних пір. Можна вважати, що для сильно пластичних сумішей на основі шлаків дія цих добавок буде більш ефективною.

У процесі твердіння шлаку на початковому етапі формування структури матеріалу вода утворює в шлаковому тесті систему взаємопов'язаних капілярних пір, безладно розташованих по всьому об'єму матеріалу. З часом в умовах гідратації, що триває капілярна пористість шлакового каменю зменшується, так як об'єм, займаний продуктами гідратації шлаку разом з порами між кристалічними новоутвореннями (порами гелю) приблизно вдвічі більше абсолютного обсягу негідратованого шлаку. При досягненні високого ступеня гідратації шлаку, що досягається зазвичай через 180+360 діб твердіння, система взаємопов'язаних капілярних пір стають умовно дискретними, тобто пори в шлаковому камені, раніше представлені у вигляді капілярів, що розходяться один з одним, виявляються роз'єднаними шлаковим гелем, що так само має пори, але істотно менших розмірів. З утворенням подібної структури шлакового каменю проникність матеріалу різко зменшується. Подібної будови порового простору в карбонатношлаковому камені немає, якщо частка шлаку мала, а частка карбонатного висока, навіть при низьких початкових водошлакових відносинах (В/Ш). Розрахунки показують, що лише за рівних вагових частках шлаку і карбонатного наповнювача, коли В/Ш не перевищує 0,05 та підвищених тисках пресування до 40 МПа можливе заповнення капілярного простору шлаковим гелем. Умови та тривалість твердіння зразка

впливають на морозостійкість, змінюючи ступінь гідратації в'язучого і структурного простору. За сприятливих тривалих умов твердіння, що виключають вилучення води з матеріалу, особливо на початковому етапі формування його структури, досягається високий ступінь гідратації шлаку та в шлаковому камені утворюється система резервних пір. Зі збільшенням віку матеріалу до 180-360 діб, як показали наші дослідження, ступінь гідратації зростає і кількість зв'язаної води збільшується з 8+9% (через 28 діб) до 14+15%. Умови тривалої гідратації шлаку підвищили морозостійкість зразків у 2,5 рази. При зростанні ступеня гідратації шлаку зменшилася його пористість і, ймовірно, одночасно збільшився обсяг резервних пір. Введення лужних активізаторів суттєво підвищує ступінь гідратації шлакових мінералів і знижує водошлакове відношення через пластифікуючу дію електролітів.

Напівсухе пресування надає хорошу упаковку частинок матеріалу, то є практично виключає макро-і мікронефекти в яких може накопичуватися вода. При пресуванні карбонатшлакових композицій береться низьке В/Ш - відношення, що не перевищує 0,06+0,08, і яке змінює структуру норového простору. У порівнянні з вібраційним формуванням загальний обсяг відкритих пір, доступних водонасичення, знижується. Це призводить до підвищення морозостійкості матеріалу. В результаті хімічної контракції обсяг шлакового каменю зменшується, але в меншій мірі, ніж цементного, внаслідок більш низького утворення алюмінатної та алюмоферитної фази. Після того як у шлаковому камені сформується жорсткий кристалічний каркас, усадковій деформації, зумовлені хімічною контракцією, проявляються в меншій ступені, ніж у цементному камені.

Утворення в шлаковому камені в процесі пресування великих пор від недопресування виробів, які залишаються незаповненими водою, визначає формування умовно дискретної системи пір і капілярів. Ці пори з усіх боків не можуть бути блокованими гелем і можуть заповнитися водою навіть в умовах водного твердіння. Отже, повітряні пори, утворюючи внаслідок хімічної контракції, стають резервними тільки за умови пресування при високих тисках, якщо ці тончайні пори компактної упаковки дисперсних частинок поєднуються з іншими, подібними порами і капілярами, а також із зовнішнім середовищем тільки через пори гелю.

Під дією гідростатичного тиску водний розчин може переміщатися в резервні пори, що унеможливорює виникнення і зростання розтягуючих напружень у кристалічному зразку шлакового каменю. Руйнування бетону в насиченому водою стані при багаторазовому заморожуванні та відтаванні настає лише тоді, коли всі резервні пори будуть заповнені водою або льодом, що утворився при замерзанні.

Чим більший відносний обсяг резервних пір в одиниці об'єму матеріалу, тим більше циклів поперемінного заморожування та відтавання необхідно,

щоб спричинити руйнування зразку, тобто морозостійкість тим вища, чим більша його умовно-замкнена пористість, представлена резервними порами [2, 3].

Аналіз морозостійкості карбонатношлакових зразків здійснюється з урахуванням характеру пористості.

Випробування на морозостійкість карбонатношлакових зразків проводилися за прискореною методикою на зразках розміром 50x50x50 мм на основі сухомолотих шлаків Чернівецького та Луганського (Спит = 320...350 м<sup>2</sup>/кг), вапняку меленого Полтавського кар'єру (Спит = 600...650 м<sup>2</sup>/кг.). Композиційне в'язуче активізувалося їдким натром технічним. Дрібнозернисті заповнювачі використовували пісок Сурський з Мкр = 1,57, карбонатний пісок з Мкр = 1,57. Для порівняння один склад був виготовлений на цементнокарбонатному в'язучому з використанням цементу Криворізького М-500, кількість води становила 12% від маси сухих компонентів. Тиск пресування всіх зразків склало 20 МПа.

Відсоткове співвідношення компонентів в'язучого та заповнювачів і результатів, ти експериментів наведено у табл. 1.

Як впливає з результатів випробування морозостійкості: • низьколужні карбонатношлакові в'язучі невисокої марки (М-125) мають морозостійкість не нижче 100 циклів поперемінного замору-живлення-відтавання; • добавка порошкоподібної глини в кількості 4+5% суттєво повищує марку за морозостійкістю, а міцність на проміжних стадіях випробувань немає тенденції до зменшення. Це диктує застосування добавок глини в сировинні суміші для підвищення марки виробів по морозостійкості; • збільшення вмісту шлаку до 60% призводить до підвищення морозостійкості до марки більше F200; • наповнення карбонатношлакового в'язучого дрібним заповнювачем фракції 0+5мм знижує морозостійкість пресувань, проте карбонатний пісок має перевагу в порівнянні з кварцовим. Ймовірно, це можна пояснити більшою адгезією карбонатношлакового в'язучого до поверхні кальциту, що підтверджується результатами міцності зчеплення в'язучого поверхнею кальциту та кварцу. Проте досягнута марка по морозостійкості P50+P75 для карбонатношлакових виробів відповідає вимогам за цим показником до стінових матеріалів; • порівняння морозостійкості зразків на цементному та карбонатношлаковому в'язучому при рівних частках наповнювача свідчить про близькість результатів.

Об'єктивними критеріями оцінки довговічності будівельних матеріалів і конструкцій є їх поведінка в реальних умовах при довжині експлуатації, мінливість структури та властивостей матеріалів, кількість та розміри дефектів та пошкоджень, що дозволяють проаналізувати причини їх виникнення та врахувати при розробці та виробництві аналогічних матеріалів.

Таблиця 1

## Характеристика складів та марка зразків по морозостійкості

№	Склад композицій								Водошлакостів ідношенн я	Марка морозостійкості матеріалу
	Шлак	цемент	вапняк	глина	Кварц пісок	Карб пісок	Луґа	вода		
1	18,2/21,2	-	70,1/82,0	-	-	-	2,4/2,6	10,7/12,2	0,62	F100
2	18,2/21,2	-	66,7/77,0	4,8/5,2	-	-	2,4/2,7	10,7/12,2	0,68	F150
3	53,6/60,0	-	36,7/41,2	-	-	-	2,3/2,7	10,5/12,8	0,35	F200
4	14,9/50,0	-	14,7/52,4	-	59,3/200,0	-	0,82/2,6	10,8/12,8	0,27	F50
5	14,7/51,3	-	14,9/50,0	-	59,6/200	0,8/2,6		10,9/12,2	0,26	F125

Довговічність будівельних матеріалів та конструкцій визначається міцністю, тріщиностійкістю і жорсткістю, а для конструкцій і виробів, що працюють у зовнішніх умовах - повітростійкістю та морозостійкістю, які забезпечують тривалий опір багаторазовим зовнішнім знакозміним деформаціям та напругам. Шляхами покращення довговічності карбонатношлакових композицій є: правильний вибір марки матеріалу за його призначенням та створення щільної та однорідної структури. Встановлено, що використання їдкоґо натру та содопоташної суміші дає можливість отримати бетони високою міцності та з високими пружними властивостями. Застосування кальцінованої соди підвищує деформативність і зменшує модуль пружності.

Для визначення впливу інших вище перерахованих факторів проведені такі експерименти: були виготовлені зразки - балочки розміроу 4x4x16 см із сумішею на основі сухомолотого шлаку Луґанського (Спит = 300+320 м<sup>2</sup>/кг), тонкомолотого вапняку Полтавського кар'єру (Спит = 600 м<sup>2</sup>/кг), як активізатор твердіння використовувався їдкий натр кількості 2,5% від маси композиційного в'язучого. Для проведення порівняльного аналізу було оптимізовано 9 складів карбонатношлакового в'язучого та дрібнозернистих композицій Два склади на в'язучому та один на дрібнозернистій суміші відпресовані при тиску 15 МПа; три зразки при В/В = 0,1 з добавкою суперпластифікатора С-3 були виготовлені методом силового пресування тиску 15,0 МПа; три зразки з пластифікатором С-3 при В/В - відношенні 0,6 були заформовані вібропресуванням при тиску– 8 кПа.

Таблиця 2

Характеристика складів, міцнісні та пружнопластичні показники  
карбонатношлакових композицій

№ п/ п	Склади композицій співвідношення компонентів в мас %						Прочності та пружно пластичні характерис- тики, МПа		Щільність, г/см <sup>3</sup>
	шлак	вапно	луг	вода	СЗ	пісок	R <sub>ku</sub>	R <sub>приз</sub>	
<b>Пресування під тиском 15 МПа</b>									
1	23,4/28,4	73,6/87,2	1,8/1,74	10,2/32,2	-	-	13,8	15,2	1,87
2	48,7/58	33,2/42,2	2,8/2,1	10,4/11,7	-	-	26,8	16,3	1,95
3	11,2/24,3	31,5/68	1,28/2,47	10,8/14,3	-	41,2/98	10,6	7,1	2,2
<b>Пресування с домішками СЗ під тиском 15 МПа</b>									
4	84,2/98	-	1,98/2,1	7,6/8	6,2/1,0	-	32,3	15,4	1,78
5	54,3/62,0	34,2/38,4	2,1/1,98	7,9/9,8	0,8/0,9	-	38,7	15,4	1,91
6	21,8/24,3	62,3/71,5	2,192/2,1	8,75/9,8	0,83/0,9	-	13,8	12,5	1,87
<b>Вібропресування під тиском 0,1 МПа</b>									
7	81,6/98	-	2,2/2,6	13,8/17,2	0,78/0,98	-	10,1	10,8	1,78
8	52,6/68,2	31,5/38,8	1,98/1,75	11,4/17,8	0,7/0,98	-	16,5	15,4	1,87
9	19,8/34,2	61,8/72,5	2,19/2,1	11,4/15,6	0,74/1,98	-	9,74	7,8	1,72

**Висновки** 1. Розрахункове водопоглинання по масі для всіх зразків знаходиться в межах 6...11%, об'ємне водопоглинання коливається від 17...19%.

2. Карбонатношлакові в'язучі невисоких марок (М-125) мають морозостійкість не нижче 100 циклів, добавка порошкоподібної глини підвищує марку за морозостійкістю; збільшення вмісту шлаку до 51% призводить до підвищення морозостійкості

3. Усадка композиційних матеріалів знаходиться в межах прийнятних значень, суттєво змінюючись від виду шлаку та підвищення його кількості. Добавка глини істотно підвищує опірність внутрішнім напругам від усадки.

4. З аналізу характеристики та однорідності зразків випливає, що карбонатношлакові матеріали мають високу однорідність умовно-закритих пір, при збільшенні тиску пресування однорідність пір зростає, середній розмір пір - знижується.

5. Показники пористості характеризують карбонатношлакові матеріали як досить пористі (27+35%), що сприяє забезпеченню необхідних теплозахисних властивостей.



1. Алексеенко А.Е., Мурашко Л.Д., Николаенко В.Г. Влияние режима тепловлажностной обработки на свойства шлакощелочного мелкозернистого бетона. // Строительные материалы и конструкции. – Строительные материалы. - 1989.- №9.- с.27-28. Киев : Будівельник, 1987. -№2-с.33.

Alekseenko A.E., Murashko L.D., Nykolaenko V.H. Vliyanye rezhyma teplovlazhnostnoi obrabotky na svoystva shlakoshchelochnoho melkozernystoho betona. // Stroytelnye materyaly y konstruksyyu. – Stroytelnye materyaly. - 1989.- №9.- s.27-28. Kyev : Budivelnik, 1987. -№2-s.33.

2. Арбузова Т.Б., Сухов В.Ю. Безавтоклавные стеновые материалы на основе местного сырья.// Вопросы планировки и застройки городов: Тезисы докладов 1-междун. научно-практической конференции - Пенза, 1994.- с. 23-25.

Arbuzova T.B., Sukhov V.Iu. Bezavtoklavnye stenovyye materyaly na osnove mestnoho syrya.// Voprosy planirovki y zastroiky horodov: Tezysy dokladov 1-mezhdun. nauchno-praktycheskoi konferentsyy - Penza, 1994.- s. 23-25.

3. Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов П.Г. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. - 1988. - №3. - с.14-16.

Babkov V.V., Polak A.F., Komokhov P.H. Aspekty dolghovechnosti tsementnoho kamnia // Tsement. - 1988. - №3. - s. 14-16.

4. Баженов Ю.М. Бетоны XX I века / Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: Материалы международной конференции - Белгород, 1995. - с.3-5.

Bazhenov Yu.M. Betonny XX I veka / Resurso- y energosberehaiushchye tekhnolohyy stroytelnykh materyalov. yzdelyi y konstruksyyi: Materyaly mezhdunarodnoi konferentsyy - Belhorod, 1995. - s.3-5.

5. Баррер Р. Гидротермальная химия цеолитов: перевод с англ.-М.: Мир, 1985. -424с. Barrer R. Hydrotermalnaia khimiya tseolytov: perevod s anhl. - М.: Мир, 1985. -424с.

6. Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементом. - М.: Автотрансиздат. - 1956.- 124с.

Bezruk V.M. Teoretycheskiye osnovy ukrepleniya hruntov tsementamy. - М.: Avtotransyzdat. - 1956.- 124с.

7. Береговой А.М., Калашников В.И., Викторова О.Л. Ограждающие конструкции из бетонов для энергоэффективных зданий.// Вопросы планировки и застройки городов: Тезисы докладов П-междун. научно-практической конференции - Пенза, 1995.-е. 105-107.

Berehovoii A.M., Kalashnikov V.Y., Vyktorova O.L. Ohrazhdaiushchye konstruksyy yz betonov dlia energoeffektivnykh zdanyi.// Voprosy planirovki y zastroiky horodov: Tezysy dokladov P-mezhdun. nauchno-praktycheskoi konferentsyy - Penza, 1995.-e. 105-107.

8. Березовська А.О.// До питання методології формування гнучкого будівельного матеріалу // С.В.Трошин, О.М. Назаренко, А.О.Березовська, О.Л. Іщенко, В.Якімцов. НУВГП, Рівне, 2023, 43 вип. С.42-55.

Berezovska A.O.// Do pytannia metodolohii formuvannia hnuchkoho budivelnoho materialu// Ye.V.Troshyn, O.M. Nazarenko, A.O.Berezovska, O.L. Ishchenko, V.Iakimtsov .. NUVHP, Rivne, 2023, 43 vyp. S.42-55.

9. Назаренко О.М.//Післявоєнна відбудова житла за принципами біосферосумісності// О.М.Назаренко, О.С.Іщенко, О.Л.Іщенко, В.Л.Смиков. НУВГП, Рівне, 2022, 42 вип. С.258-265.

Nazarenko O.M.//Pisliavoienienna vidbudova zhytla za pryntsyypamy biosferosumisnosti// O.M.Nazarenko, O.S.Ishchenko, O.L.Ishchenko, V.L.Smykov. NUVHP, Rivne, 2022, 42 vyp. S.258-265.