

ДОСЛІДЖЕННЯ ДОБАВКИ RBI-81 ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ

Шевченко К.В., Кедровський В.С. (ТОВ «Укрспецавтодорбуд»),
Бесараб О.М. (Національний транспортний університет),
Смолянець В.В. (Одеська державна академія будівництва та
архітектури)

У статті наведені результати дослідження впливу добавки RBI-81 на фізико-механічні властивості ґрунту.

Вступ

В останні роки спостерігається суттєве збільшення об'єму дорожнього будівництва в Україні, зокрема в складних інженерно-геологічних умовах. Все частіше для будівництва використовуються ділянки, що складаються із так званих слабких ґрунтів – мули, заторфовані ґрунти, просадочні, набрякаючі, засолені ґрунти та ін.

Деякі із вказаних ґрунтів (мули, заторфовані ґрунти) в природному стані мають невисоку несучу здатність і підвищену стискальність. Для інших характерно суттєве погіршення механічних властивостей при певних впливах (наприклад, замочування просадочних ґрунтів, розсолоння засолених ґрунтів і ін.). Недооцінка цих явищ може привести до значних, часто нерівномірних осадок, а в гіршому випадку до втрати стійкості основи.

Сучасний стан науки, конструкторської та технологічної баз дають широкий вибір заходів стосовно будівництва в складних умовах. Багато з цих заходів виявляються чи не єдиними для вирішення тієї чи іншої задачі [1-2].

Перспективним шляхом підвищення якості основ та ґрунтів земляного полотна є введення в їх склад добавок, що покращують та стабілізують фізико-механічні властивості та показники довговічності.

Одним із таких стабілізаторів ґрунтів є RBI-81, який за результатами вітчизняних та зарубіжних досліджень дозволяє підвищити фізико-механічні показники укріпленого ґрунту. Починаючи з 90-х років, RBI-81 підтверджує свою високу якість промисловим застосуванням при будівництві багатьох об'єктів різних країн Західної Європи (Італія, Великобританія), Північної та Південної Америки (Канада, Бразилія), Африки (ПАР) та ін.

Проведений співробітниками кафедри дорожньо-будівельних матеріалів і хімії аналіз накопиченого досвіду показав, що ґрунти стабілізовані RBI-81, відповідають вимогам, що пред'являються до укріплених ґрунтів за Європейськими вимогами.

Для перевірки можливості підвищення фізико-механічних властивостей ґрунтів укріплених добавкою RBI-81, відповідно до вимог стандартів України, були поставлені такі завдання.

Завдання досліджень:

- встановлення можливості отримання жорстких зв'язків ґрунту при укріпленні добавкою RBI-81;
- встановлення оптимальних витрат даної добавки для укріплення ґрунту;
- встановлення кінетики структуроутворення укріплених ґрунтів і методи її регулювання;
- встановлення впливу дії водо-морозних факторів на зміну основних властивостей укріпленого ґрунту даною добавкою.

Відбір проб та визначення властивостей вихідних ґрунтів

Для вирішення поставлених завдань, на першому етапі досліджень, були відібрані проби різних ґрунтів для встановлення впливу мінералогічного складу, гумусових речовин та кислотності середовища на властивості укріпленого ґрунту.

Проби ґрунту відбиралися в с. Проців Бориспільського району Київської області та в районі Русанівських садів м. Києва масою приблизно 40-50 кг, а потім транспортувались та зберігались згідно вимог ДСТУ Б В.2.1-8-2001 (ГОСТ 12071-2000) [3].

Результати випробувань, що представлені в табл. 1, показали, що дані ґрунти придатні до укріплення традиційними в'язучими (цемент, вапно та ін). Тому, з метою порівняння ефективності застосування досліджуваної добавки та традиційних в'язучих, ґрунти також укріплювали портландцементом марки М 400.

Таблиця 1. Результати визначення фізичних властивостей ґрунтів

Найменування показника	Ґрунти		
	проба №1	проба №2	проба №3
Щільність часток ґрунту, г/см ³	2,64	2,63	2,62
Щільність скелету ґрунту при стандартному ущільненні, г/см ³	1,94	1,91	1,91
Оптимальна вологість ґрунту при стандартному ущільненні, %	12,2	8,0	10,8
Гігроскопічна вологість, %	0,6	0,33	0,57
Межа текучості, %	18,2	-	-
Межа розкочування (пластичності), %	14,95	не розкочується	не розкочується
Число пластичності	3,25	-	-
Гранулометричний склад, вміст фракцій, %:			
>2,0 мм	0,00	0,00	0,00
2,0 – 1,0 мм	0,00	0,00	0,00
1,0 – 0,5 мм	0,00	0,00	0,00
0,5 – 0,25 мм	17,98	9,13	0,00
0,25 – 0,1 мм	23,67	39,63	57,0
0,1 – 0,05 мм	23,53	42,62	24,29
0,05 – 0,01 мм	30,36	5,42	6,1
0,01 – 0,005 мм	1,62	0,4	9,76
<0,005 мм	2,84	2,8	2,85
рН водної витяжки	7	6	7
Назва ґрунту	клас – природні дис-персні, група - зв'язні, вид – глинисті, різновид – супісок піщанистий	клас – природні дис-персні, група - незв'язні, вид – піски, різновид – пісок пілуватий	клас – природні дис-персні, група - незв'язні, вид – піски, різновид – пісок пілуватий

Методика приготування зразків

З метою отримання порівняльних результатів, готували суміші досліджуваних ґрунтів з добавкою RBI-81 та з добавкою портландцементу М400. Склад сумішей наведено в таблиці 2.

Орієнтовна кількість добавок призначалась згідно [4]. При приготуванні сумішей ґрунту з RBI-81 та цементом в повітряно-сухий ґрунт вносили добавки, суміш перемішували та визначали оптимальну вологість та максимальну щільність скелету ґрунту. Результати визначення оптимальної вологості досліджуваних сумішей показали, що вона практично збігається із такою ж вологістю для вихідного ґрунту і відрізняється в сторону збільшення на 1-3 %.

З сумішей ґрунту з добавками (табл. 2) та оптимальною кількістю води, виготовляли зразки-циліндри. Зразки-циліндри випробовували для визначення: міцності при стиску на 7-у добу у сухому стані, 28-у та 90-у добу у водонасиченому стані, а також морозостійкості.

Зразки, виготовлені з різних сумішей, зберігали у вологих умовах - поміщали у герметичну шафу над ємністю з водою. Межа міцності при стиску та морозостійкість визначалась на зразках після повного водонасичення.

Повне водонасичення зразків проводили у воді протягом 2 діб, причому у першу добу зразки занурювали у воду на 1/3 висоти, а в наступну – повністю заливали водою (шар води над зразками – не менше 50 мм).

Методика та результати випробувань

Межа міцності при стиску визначалась на циліндричних зразках за допомогою гідравлічного пресу із швидкість вільного ходу поршня 3 мм/хв. [4].

Межу міцності при стиску обчислювали за формулою

$$R = \frac{P}{F}, \quad (1)$$

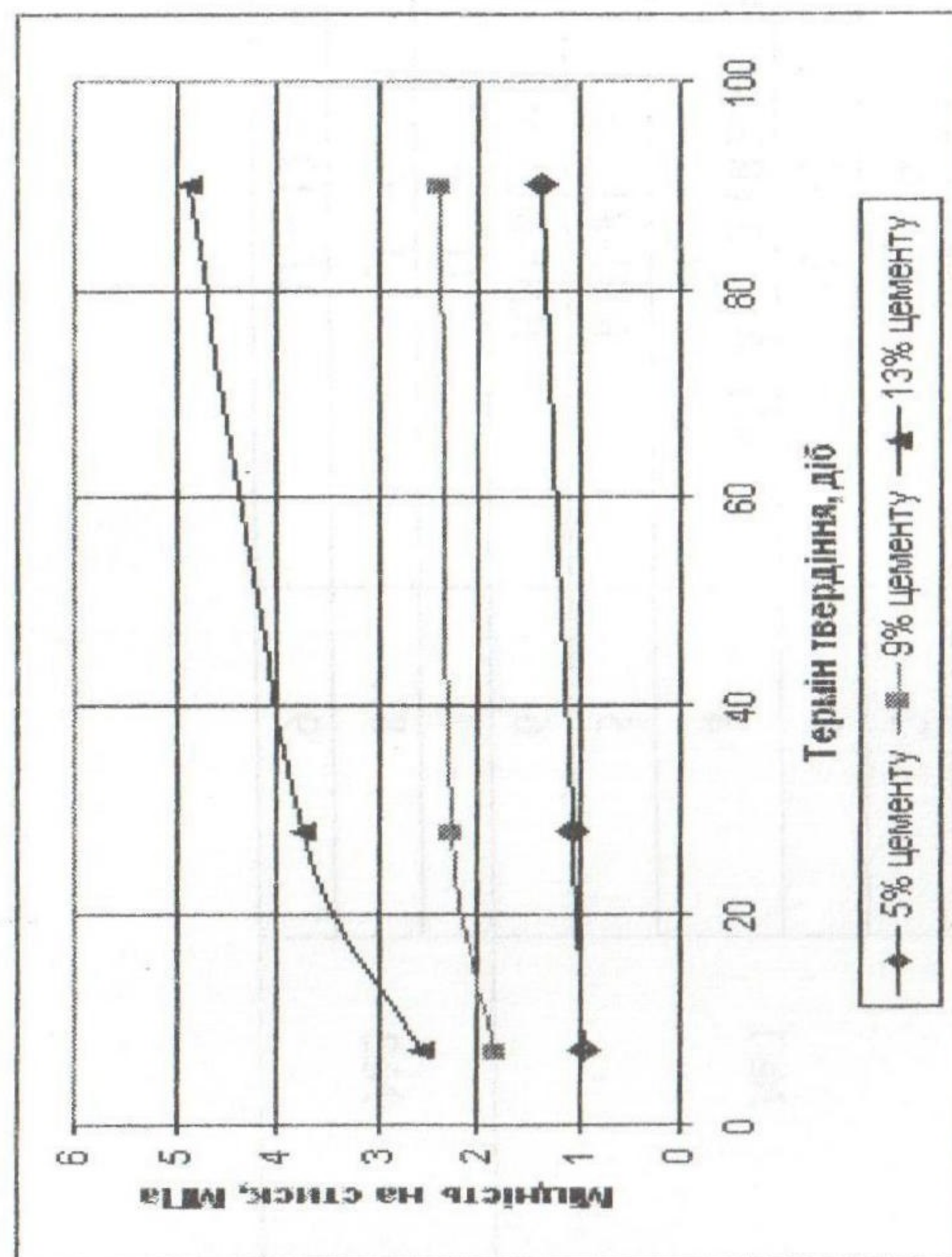
де P - руйнівне навантаження; F – початкова площа основи зразка.

Результати визначення межі міцності на стиск ґрунтів укріплених добавками наведено на рис. 1-3.

Таблиця 2. Варіанти укріплення ґрунтів добавками цементу та RBI-81.

№ проби	№ суміші	Назва / кількість до- бавки, % від маси ґрунту	№ про- би	№ суміші	Назва / кількість добавки
№ 1	1	Ц – 5 (цементу 5 %)	№2	10	RBI-81 – 3
	2	Ц – 9		11	RBI-81 – 5
	3	Ц – 13		12	RBI-81 – 9
	4	RBI-81 – 3 (RBI-81 3 %)	№3	13	Ц- 5
	5	RBI-81 – 5		14	Ц- 9
	6	RBI-81 – 9		15	Ц- 13
	7	Ц – 5		16	RBI-81 – 3
	8	Ц – 9		17	RBI-81 – 5
	9	Ц – 13		18	RBI-81 – 9
№2					

а)



б)

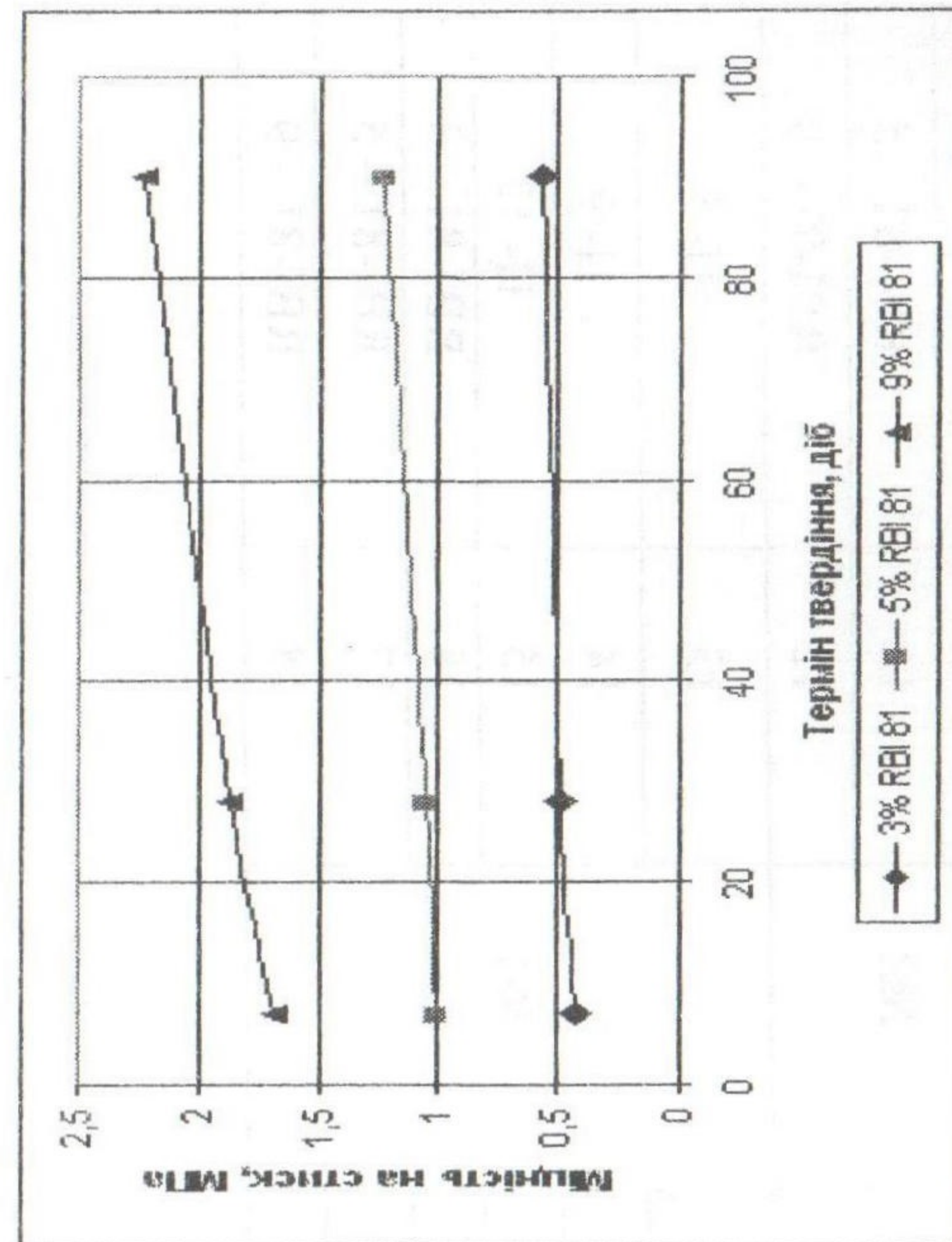
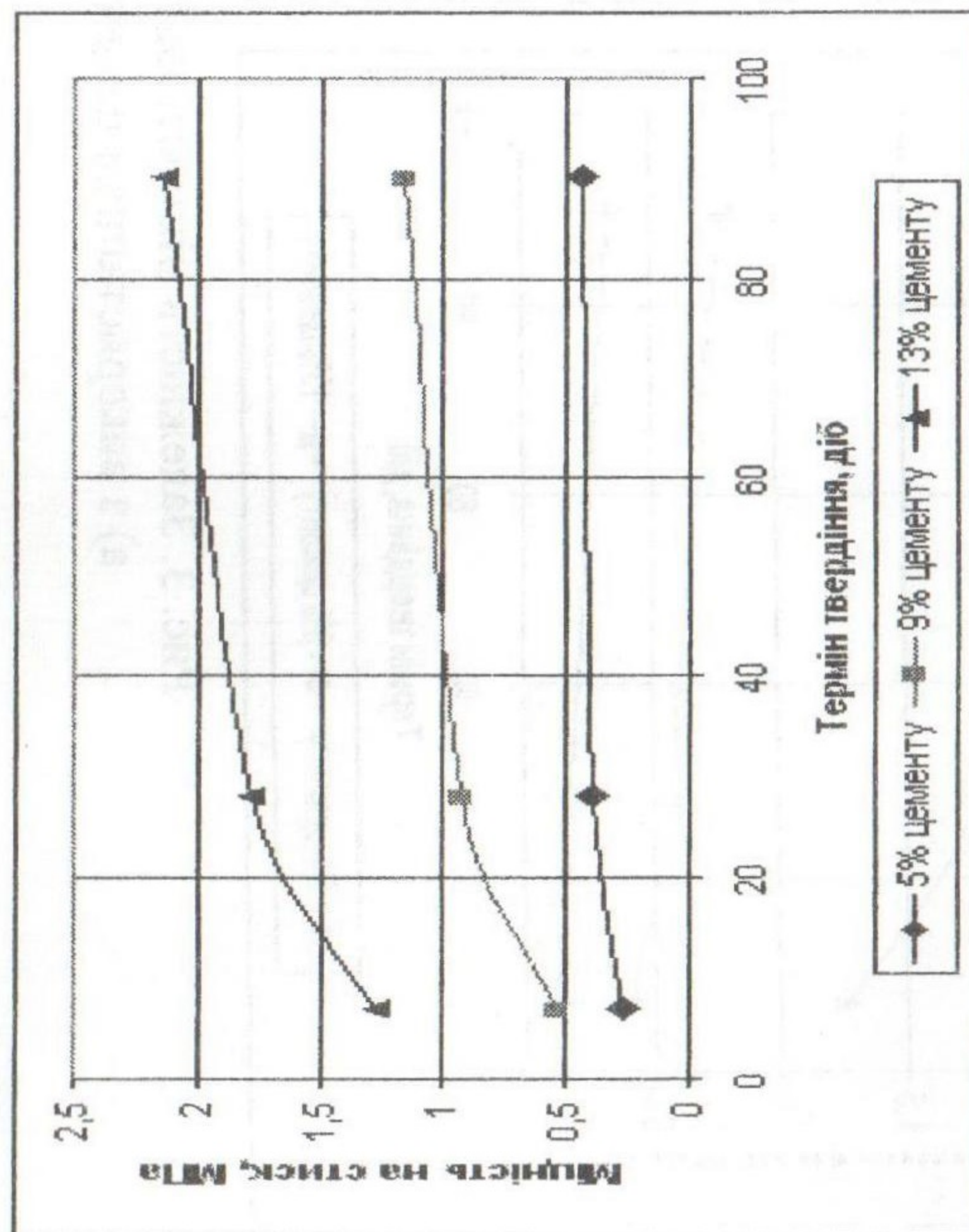


Рис. 1. Залежність міцності на стиск від часу твердіння (проба № 1):

а) з використанням цементу; б) з використанням RBI-81.

а)



б)

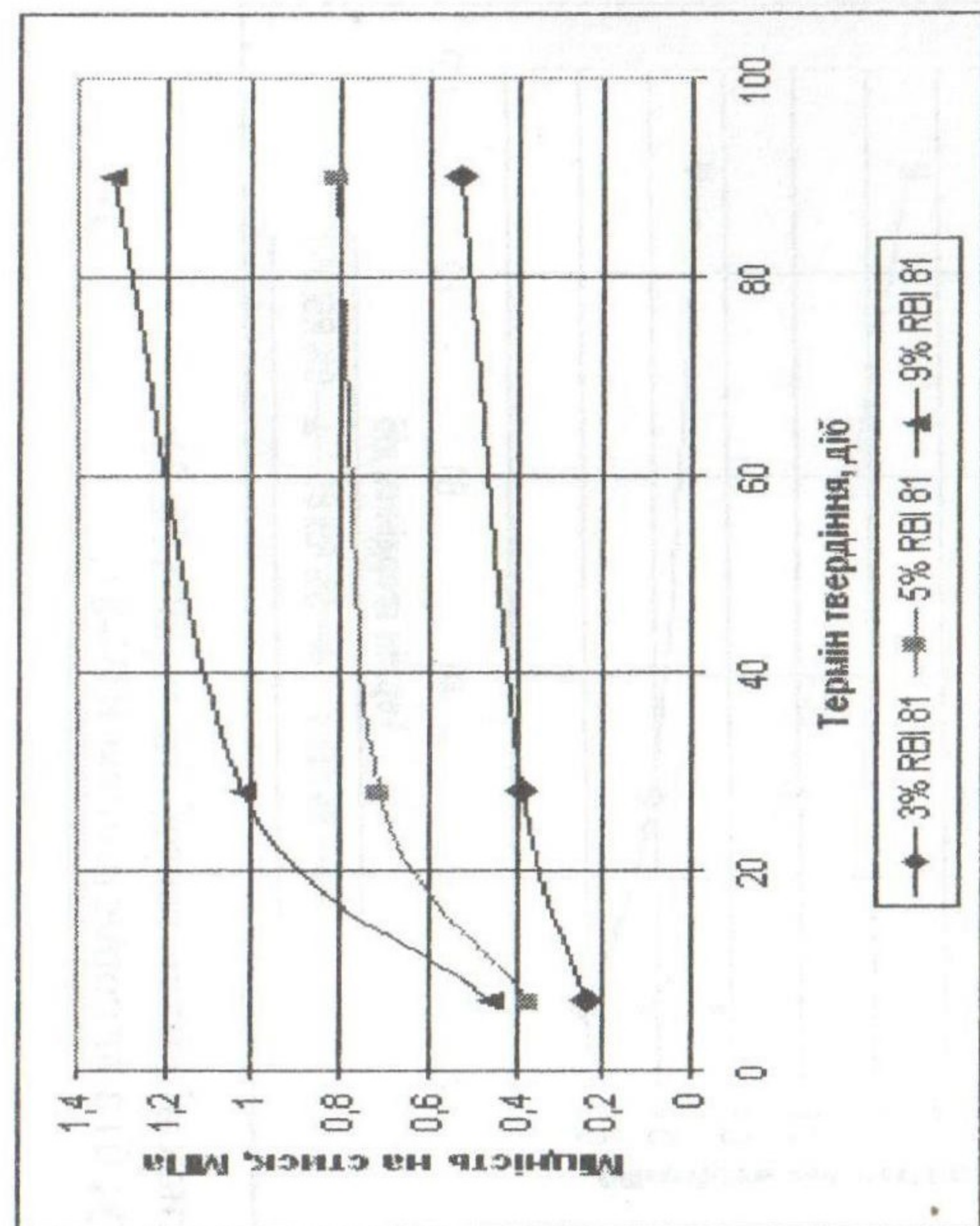
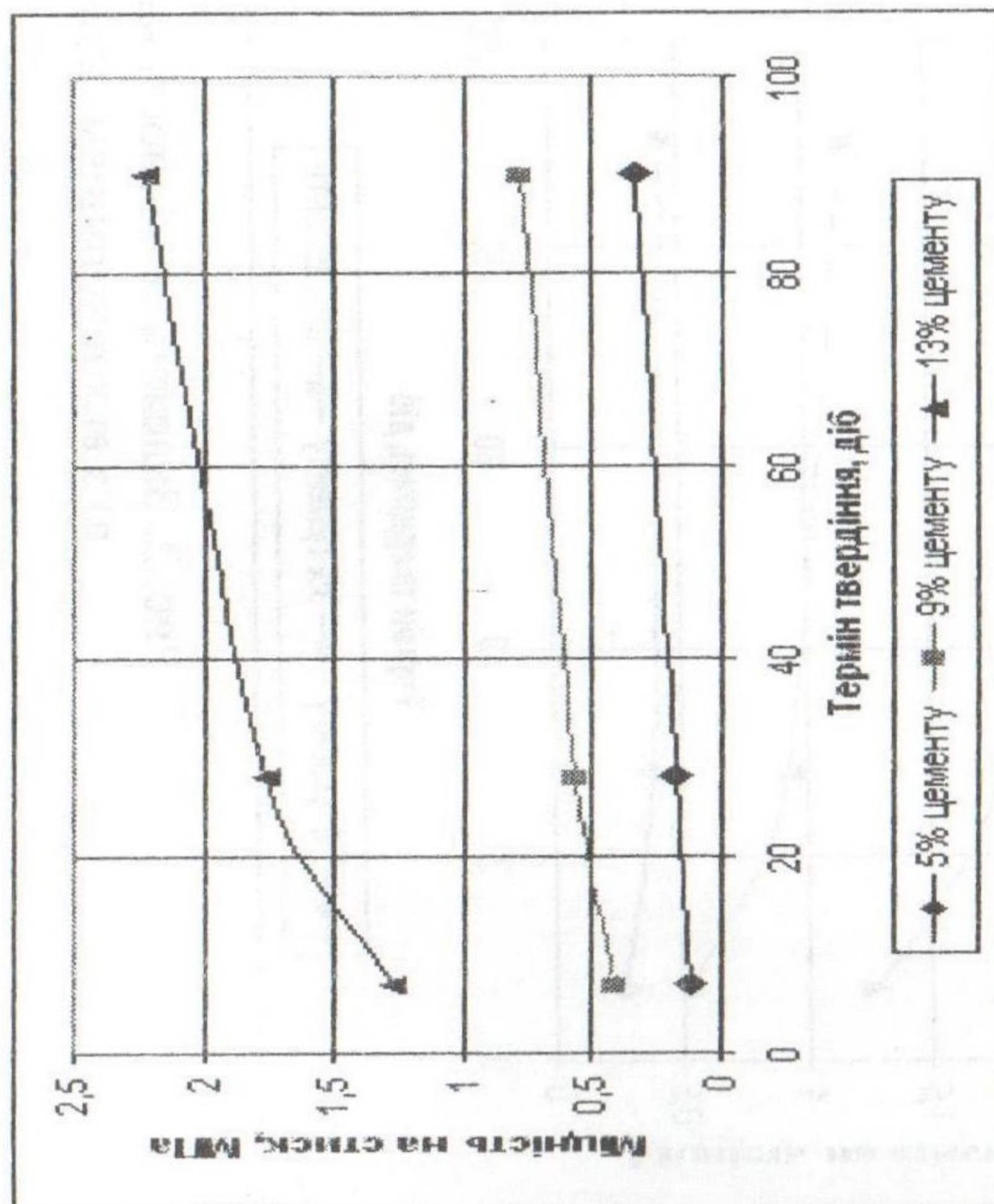


Рис. 2. Залежність міцності на стиск від часу твердіння (проба № 2):

а) з використанням цементу; б) з використанням RBI-81.

а)



б)

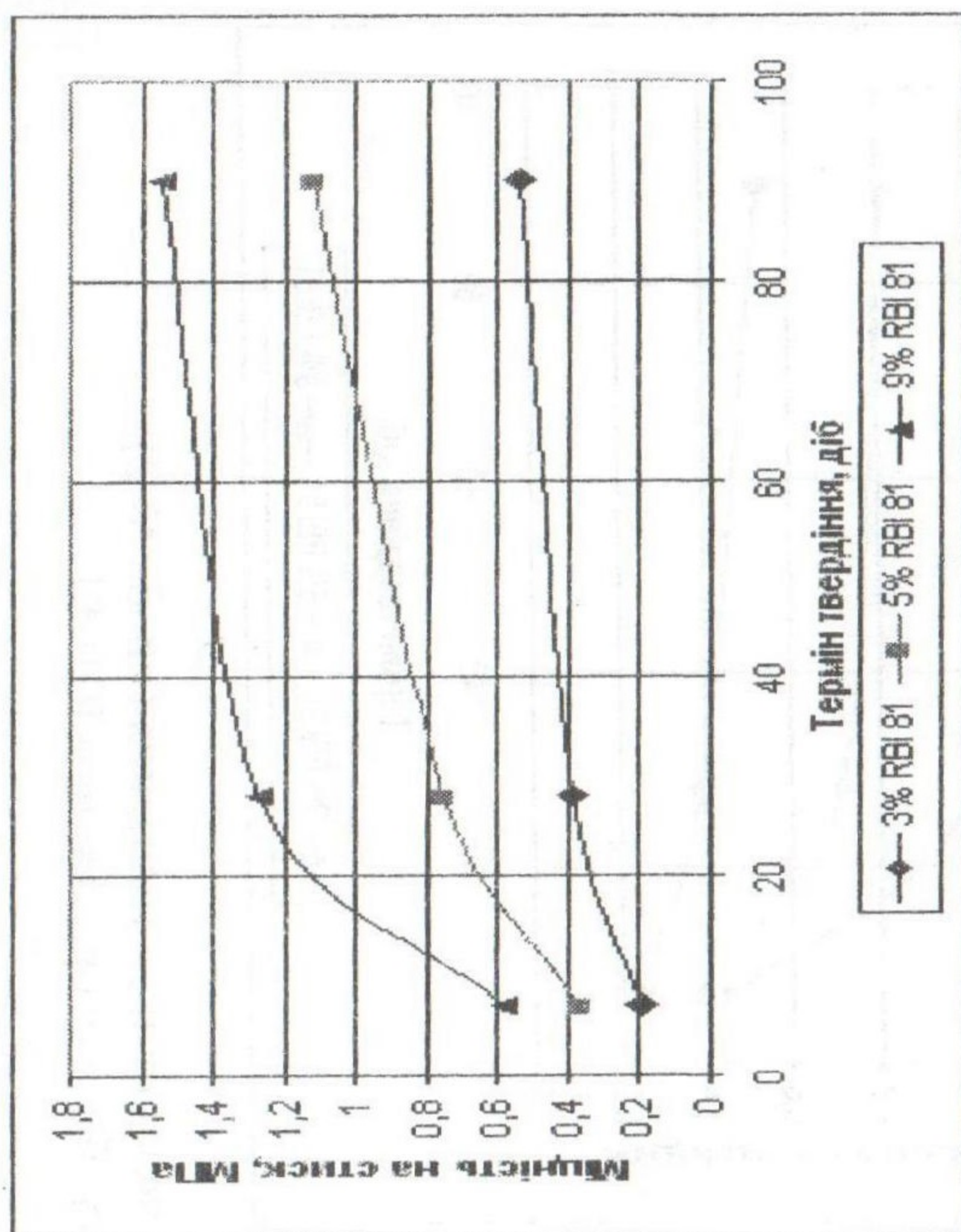


Рис. 3. Залежність міцності на стиск від часу твердіння (проба № 3):

а) з використанням цементу; б) з використанням RBI-81.

Результати визначення показників міцності укріплених ґрунтів показали, що в залежності від кількості добавки (як RBI-81 так і цементу) вони змінюються в досить широких межах.

Аналіз результатів визначення межі міцності при стиску зразків у 7, 28 та 90-добовому віці твердіння у вологому середовищі показав, що укріплений ґрунт проби №1 (супісок піщаний) при добавці 3 % RBI-81 плавно підвищує міцність при стиску від 0,5 МПа у 7-добовому віці до 0,65 МПа для 90-добового твердіння. Залежність міцності при стиску зразків від часу твердіння прямолінійна. Значно вища міцність та швидше протікає кінетика структуроутворення зразків при збільшенні добавки RBI-81 до 5%, а особливо 9%. Так, міцність у 7-добовому віці твердіння відповідно становила 1 МПа та 1,7 МПа, а для 90-добового твердіння 1,25 МПа та 2,30 МПа (рис. 1, б). Тобто зі збільшенням кількості добавки не тільки зростає міцність зразків, а і суттєво збільшується інтенсивність збільшення міцності. Аналогічна картина спостерігається при укріпленні ґрунтів цементом стосовно показників міцності, варто лише відмітити, що інтенсивність набору міцності при укріпленні цементом значно менша. Так, після 28 діб твердіння інтенсивне збільшення міцності зразків практично припиняється, не залежно від кількості цементу, на відміну від добавки RBI-81.

При укріпленні ґрунтів проб №2 та №3 (піски пилюваті) спостерігається різке збільшення міцності в перші 7 діб твердіння (рис. 2, 3), як при використанні RBI-81, так і цементу. Однак, потім інтенсивність набору міцності при укріпленні добавкою RBI-81 продовжує інтенсивно збільшуватися і при 90-добовому віці твердіння майже вдвічі перевищує міцність цементоґрунту (рис. 2, 3).

Визначення морозостійкості проводили на зразках – циліндрах після повного водонасичення на 90-у добу твердіння за методикою викладеною в ДСТУ Б В.2.7-47-96 (перший номер методу) [5].

Кожний цикл заморожування-відтавання складався з наступних операцій: спочатку зразки заморожували у морозильній камері протягом 4 годин при температурі $t = -18^{\circ}\text{C}$, потім зразки занурювали на 4 години у воду кімнатної температури.

Після проведення 5, 10 та 15 циклів заморожування - відтавання на відталих зразках визначали межу міцності при стиску $R_{\text{мор}}$, за методикою наведеною вище.

Результати досліджень показали, що після водо-морозних впливів, при застосуванні 5% і 9 %, цементу всі зразки мають достатню низьку міцність, значну меншу нормативного значення, особливо вона зменшується після 15 циклів «заморожування-відтавання». Такі ж результати отримали на зразках при застосуванні 3 % добавки RBI 81. Однак

при збільшенні кількості цементу до 13 % та добавки RBI 81 до 5 % та 9% вплив водо-морозних факторів, в даних умовах випробування, на зниження показників міцності значно менший

Морозостійкість досліджуваних зразків оцінювали коефіцієнтом морозостійкості ($K_{мор}$), що дорівнює відношенню міцності при стиску зразків після проходження встановленої кількості циклів заморожування-відтавання ($R_{мор}$) до міцності водонасичених зразків до проходження циклів заморожування (R_{90}):

$$K_{мор} = \frac{R_{мор}}{R_{90}} . \quad (2)$$

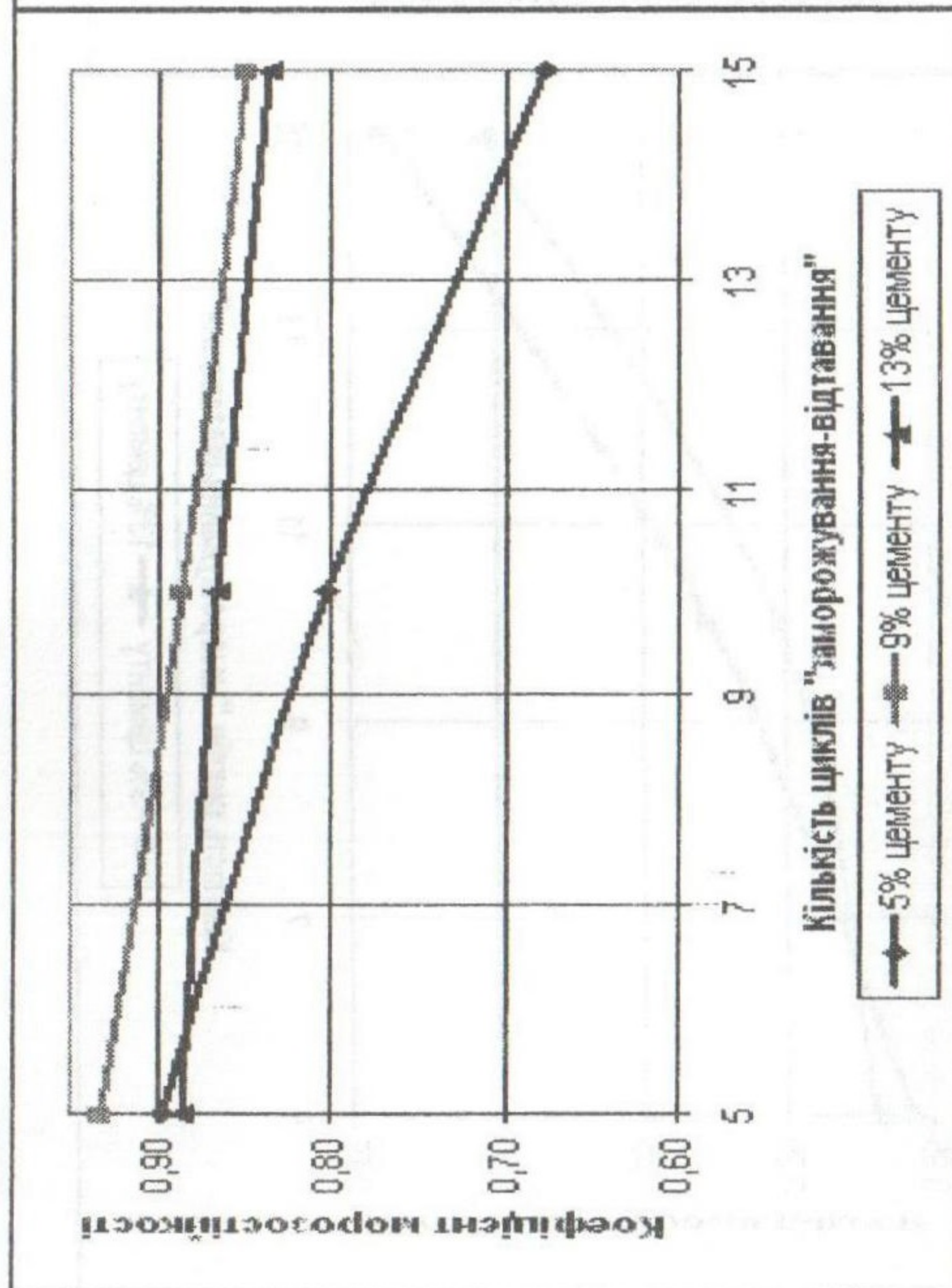
Результати визначення коефіцієнту морозостійкості ґрунтів укріплених різними добавками наведено на рис. 4-6.

Результати випробування показали, що необхідний коефіцієнт морозостійкості ($\geq 0,75$) переважно забезпечується для зразків із більшою кількістю в'язучого та при меншій кількості циклів «заморожування-відтавання», особливо це стосується зразків із цементогрунту.

Після 5 циклів заморожування-відтавання практично всі досліджувані зразки мали мінімально необхідне значення коефіцієнту морозостійкості. При збільшенні кількості циклів до 10 майже половину всіх зразків мають менше значення даного показника від нормативного. При 15 циклах водо-морозних впливів тільки зразки з 9% добавки RBI 81 для досліджуваних проб зберігали потрібну високу міцність та морозостійкість. Причому у всіх випадках коефіцієнт морозостійкості за абсолютним значенням мав найбільше значення при 9 % RBI 81, навіть при порівнянні із 13 % цементу.

За результатами дослідження добавки RBI-81 для підвищення фізико-механічних властивостей ґрунту можна зробити такі висновки.

а)



б)

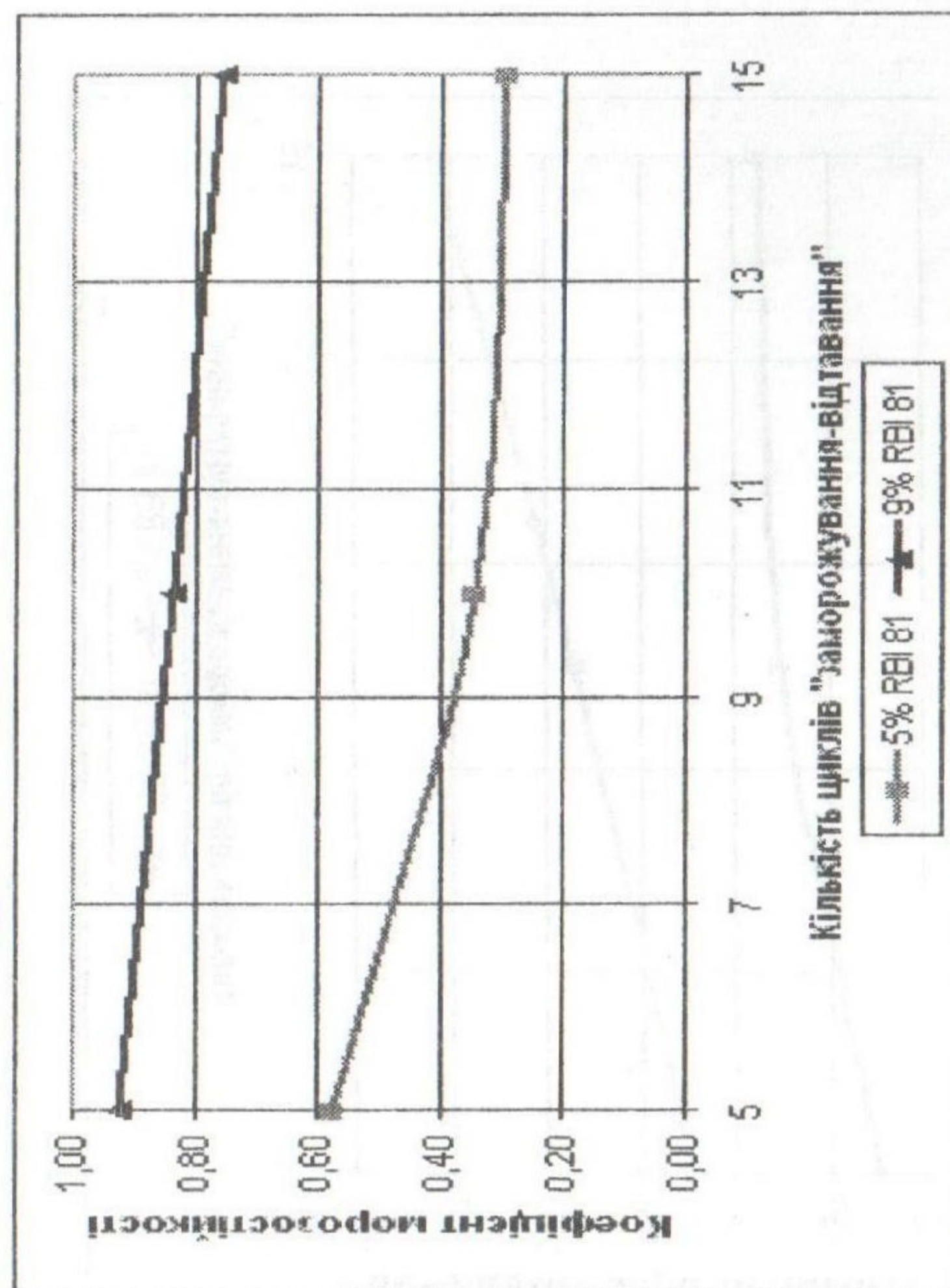
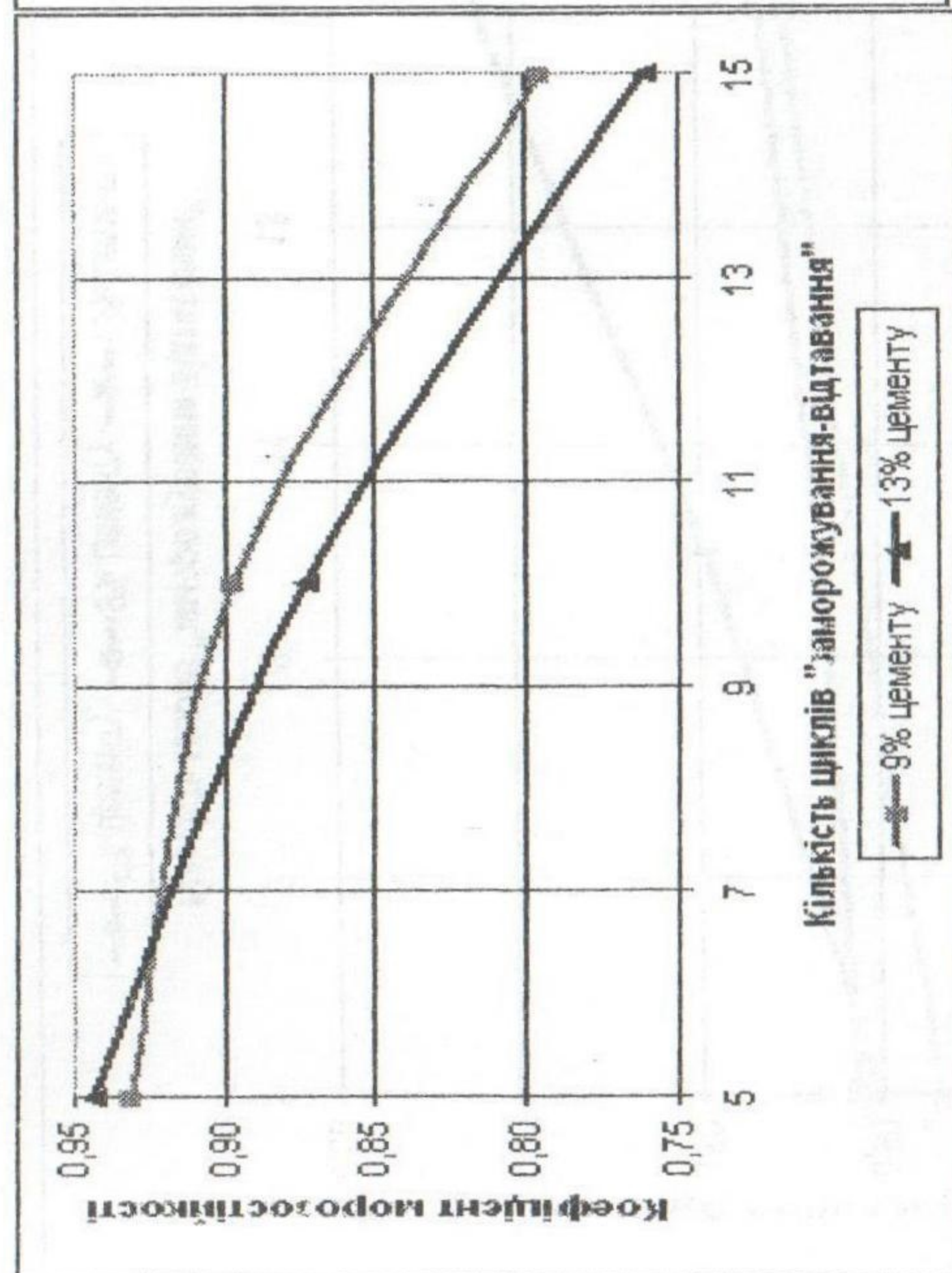


Рис. 4. Залежність коефіцієнта морозостійкості від кількості циклів «заморожування-відтавання» (проба № 1):
а) з використанням цементу; б) з використанням RBI-81.

а)



б)

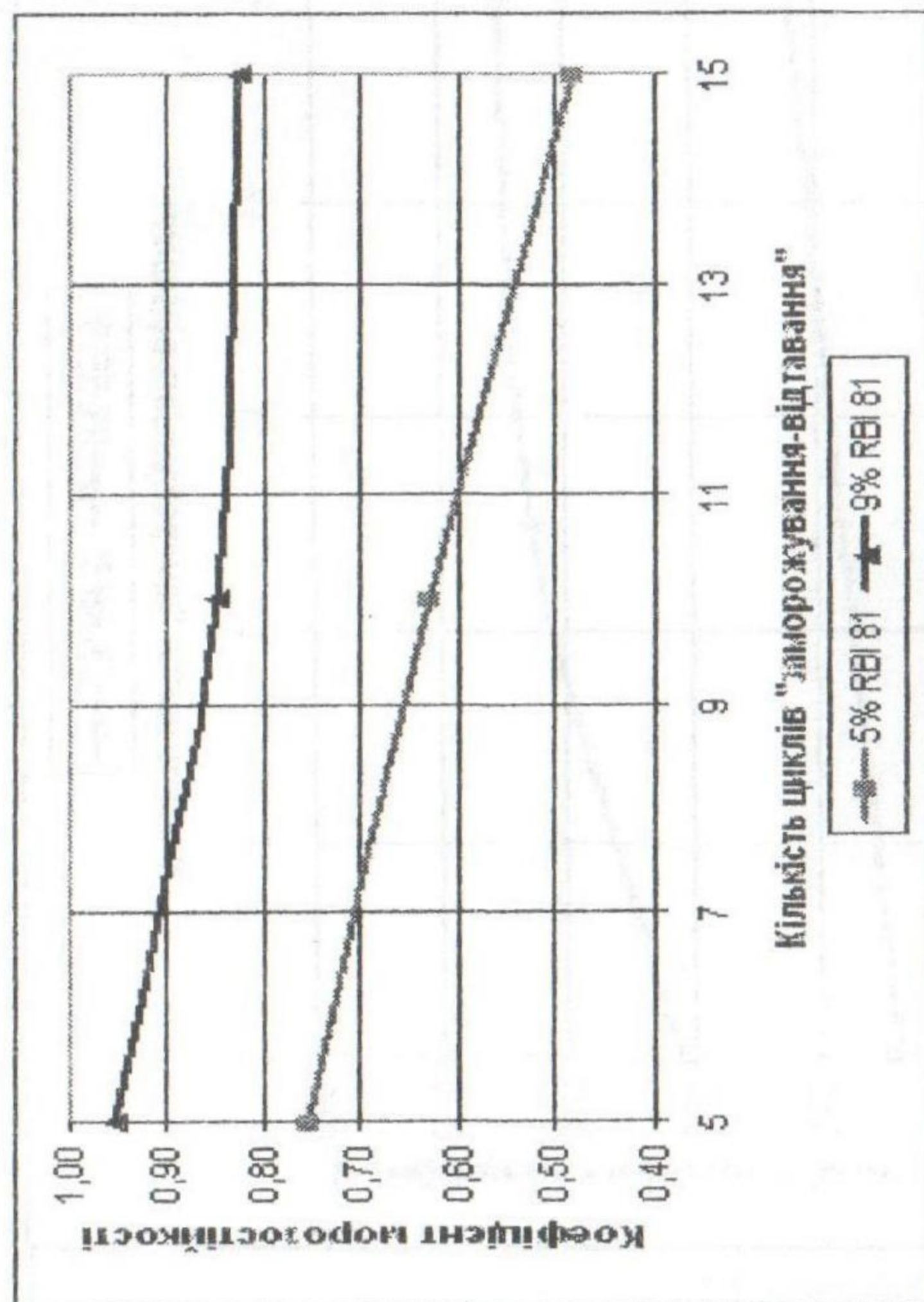
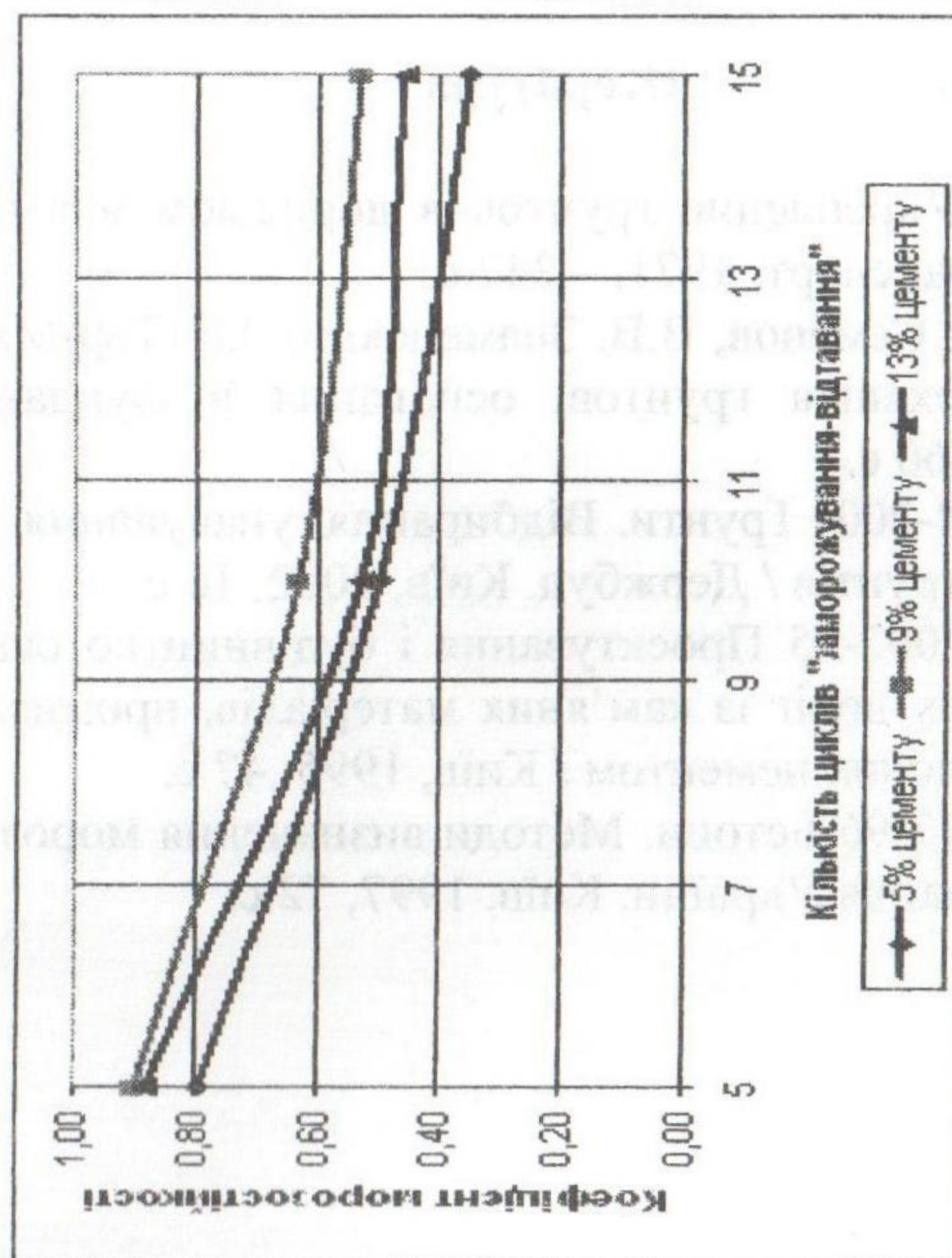


Рис. 5. Залежність коефіцієнта морозостійкості від кількості циклів «заморожування-відтавання» (проба № 2):
а) з використанням цементу; б) з використанням RBI-81.

а)



б)

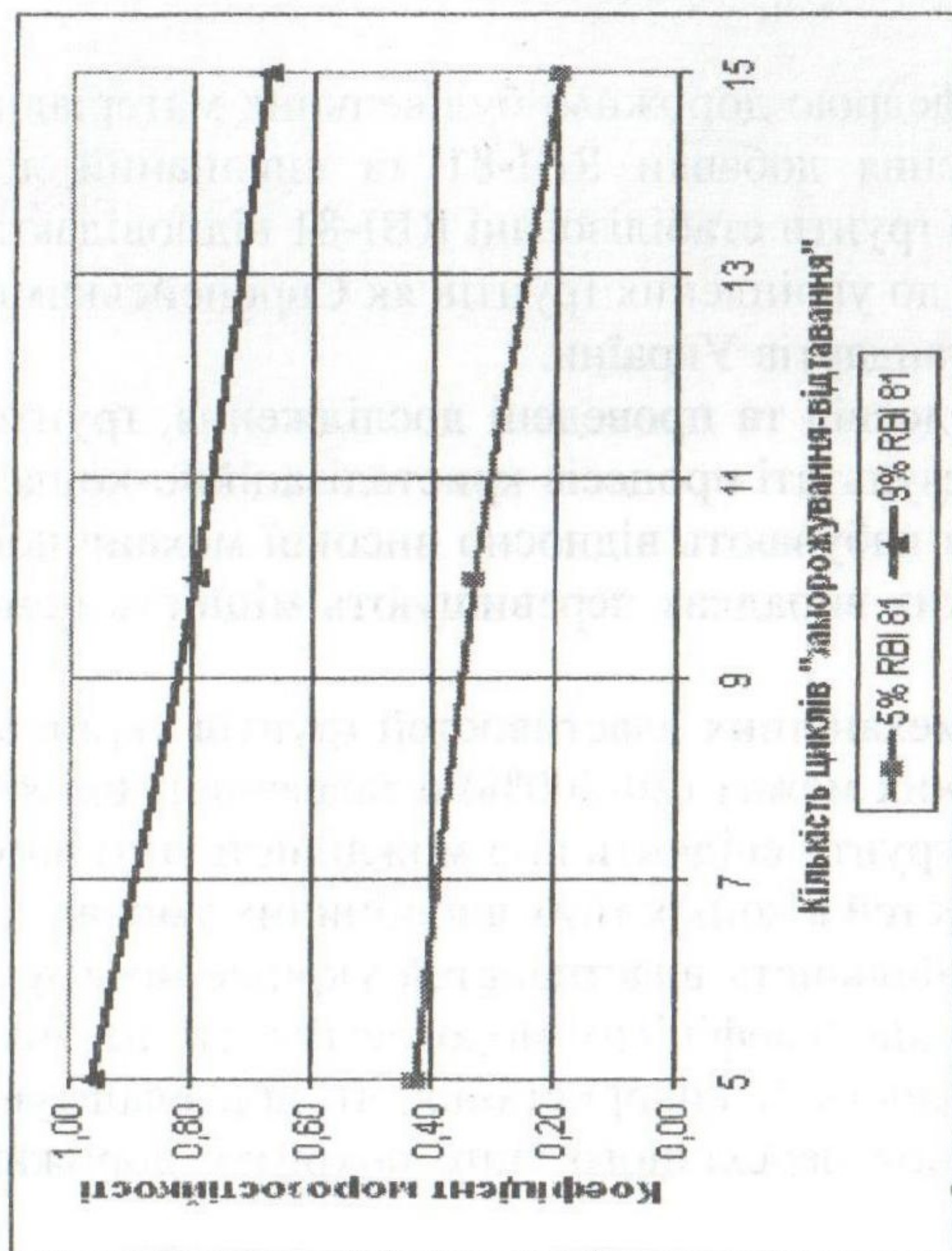


Рис. 6. Залежність коефіцієнта морозостійкості від кількості циклів

«заморожування-відтавання» (проба № 3):

а) з використанням цементу; б) з використанням RBI-81.

Висновки

1. Проведені кафедрою дорожньо-будівельних матеріалів і хімії лабораторні дослідження добавки RBI-81 та виконаний літературний аналіз показали, що ґрунти стабілізовані RBI-81 відповідають вимогам, що пред'являються до укріплених ґрунтів як Європейськими вимогами так і за вимогами стандартів України.

2. Як засвідчив досвід та проведені дослідження, ґрунти укріплені добавкою RBI-81 результаті процесів кристалізаційно-конденсаційного структуроутворення набувають відносно високої механічної міцності і водостійкості і деяких випадках перевищують міцність цементоґрунту майже вдвічі.

3. Зміна фізико-механічних властивостей ґрунтів укріплених добавкою RBI-81 в широких межах (20-200%) в залежності від кількості добавки та різновиду ґрунту свідчить про можливість активного регулювання його властивостей в конкретних виробничих умовах.

4. Стійкість і стабільність властивостей укріплених ґрунтів при дії водо-морозних впливів (коефіцієнт морозостійкості не менший 0,75) говорить про можливість їх використання, як при влаштуванні основ так і при влаштування перехідного типу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг.

Література

1. В.М. Безрук. Укрепление ґрунтов в дорожном и аэродромном строительстве. М. Транспорт, 1971. – 247 с.

2. С.Б. Ухов, В.В. Семенов, В.В. Знаменский, З.Г. Тер-Мартirosян, С.Н. Чернышев. Механіка ґрунтов, основания и фундаменты. М. Высш. Шк., 2002 – 566 с.

3. ДСТУ Б В.2.1-8-2001 Ґрунти. Відбирання, упакування, транспортування і зберігання ґрунтів / Держбуд. Київ, 2002, 16 с.

4. ВБН В.2.3-218-002-95 Проектування і будівництво основ та покриттів автомобільних доріг із кам'яних матеріалів, промислових відходів і ґрунтів, укріплених цементом / Київ, 1995, 47 с.

5. ДСТУ Б В.2.7-47-96 Бетони. Методи визначення морозостійкості / Держкоммістобудування України. Київ, 1997, 72 с.