

---

# КОРОЗІЯ ТА ХІМІЧНИЙ ОПІР МАТЕРІАЛІВ

---

УДК 620.169: 541.182.3

О.Р.Микитин, В.П.Беженар

## Підвищення довговічності залізобетонних конструкцій калійного виробництва шляхом гідрофобізації поверхневого шару бетону

*Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника,  
вул. Шевченка, 57, м. Івано-Франківськ, 76025, Україна*

Розглянуті питання пов'язані з механізмом проникнення хлорид-іонів у гідрофобізований дрібнозернистий бетон різної густини при дії порошку полімінеральної калійної руди. Встановлено, що проникання хлорид-іонів у гідрофобізований дрібнозернистий бетон в умовах дії полімінеральної калійної руди підпорядковується основним закономірностям дифузійної кінетики. Гідрофобізація поверхневого шару бетону значно зменшує швидкість проникання хлорид-іонів вглиб бетону, підвищуючи довговічність залізобетону у 2-6 разів у залежності від величини відносної вологості повітря і густини бетону. Найбільш ефективна гідрофобізація поверхні бетону у випадку високої вологості повітря. Дані про концентрацію хлорид-іонів на поверхні бетону і величину ефективних коефіцієнтів дифузії дозволяють прогнозувати довговічність залізобетонних конструкцій в умовах дії пилу полімінеральної калійної руди.

**Ключові слова:** бетон, поверхневий шар, полімінеральна калійна руда, гідрофобізація.

O.R. Mykytyn, V.P. Begenar

## Hydrofobization of surface layer of concrete as the method of increasing the lasting quality of reinforced concrete

*Vasyl Stefanyk' Precarpathian National University,  
57, Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk, 76025, Ukraine*

The penetration mechanism of chloride-ions into the water-proofed fine-grained concrete with different viscosity by the action of polymineral potassium.

Hydrofobization of surface layer of concrete decreases the penetration velocity of chloride-ions, and increases the lasting quality of reinforced concrete by 2-6 times depending on specific air moisture. The most effective hydrofobization occurs when the specific air moisture is high.

**Key words:** concrete, surface layer, polymineral potassium, hydrofobization.

*Стаття поступила до редакції 15.05.2008; прийнята до друку 2.09.2008.*

### Вступ

Дослідження стану залізобетонних конструкцій калійного виробництва показує, що основним видом їх руйнування в агресивній атмосфері є корозія арматури. Як правило, вона викликається прониканням в бетон агресивних хлорид-іонів, їх накопиченням біля поверхні арматури до певного критичного значення та ржавіння металу. Шар продуктів корозії створює тиск на бетон і відколює захисний шар, що

приводить конструкцію в стан, непридатний для експлуатації.

Мета роботи полягала в тому, щоб в лабораторних умовах дослідити способи підвищення захисної здатності бетону по відношенню до арматури шляхом:

- 1) зменшення дифузії хлорид-іонів до арматури шляхом збільшення щільності бетону;
- 2) зменшення дифузії хлорид-іонів до арматури шляхом гідрофобізації поверхневого шару бетону.

## I. Експериментальна частина

У лабораторних умовах вивчали кінетику проникання хлорид-йонів у гідрофобізований дрібнозернистий бетон різної густини. Зразки-балочки розміром 40x40x160 мм виготовляли з цементно-піщаного розчину складу Ц:П=1:2,5 з В/Ц = 0,6 і Ц:П=1:1 з В/Ц = 0,4 на цементі Миколаївського цементного заводу. Для кожного дослідю виготовляли по три паралельних зразки. Після твердіння при пропарюванні і зберіганні в камерах нормального тверднення на протязі місяця їх встановлювали в герметичні камери з певним визначеним режимом вологості. Після набору цементно-піщаними зразками рівновагової вологості, їх покривали зі всіх сторін (крім однієї робочої) епоксидною смолою. Потім проводили гідрофобізацію робочої поверхні зразків 10%-вим розчином силіційорганічної рідини ГКЖ 136-40 в толуолі, потім насипали на неї шар порошку полімінеральної калійної руди. Зразки витримували на протязі тривалого часу в ізольованих від зовнішнього середовища ємностях, в яких за допомогою певної концентрації сульфатної кислоти підтримувалася відносна вологість повітря 75 і 95%. Дослідження проводили за сталої температури  $18 \pm 2^\circ\text{C}$ . Через 1, 3, 6 і 12 місяців частину зразків піддавали пошаровому хімічному аналізу, попередньо розпилюючи їх алмазним диском на пластинки товщиною 3-5 мм.

## II. Результати та обговорення

Результати досліджень представлені на рис. 1.

Таблиця 1

Значення ефективних коефіцієнтів дифузії  $D \cdot 10^7 \text{ см}^2/\text{с}$  хлорид-йонів в гідрофобізованому дрібнозернистому бетоні різної густини з шару полімінеральної калійної руди при 75 і 95%-вій відносній вологості повітря

Час дифузії (міс.)	Відносна вологість повітря							
	75%				95%			
	В/Ц = 0,6		В/Ц = 0,4		В/Ц = 0,6		В/Ц = 0,4	
	Негідро-фобіз.	Гідро-фобіз.	Негідро-фобіз.	Гідро-фобіз.	Негідро-фобіз.	Гідро-фобіз.	Негідро-фобіз.	Гідро-фобіз.
1	2,40	-	1,23	-	6,69	1,90	4,63	1,91
3	1,12	0,94	1,18	0,65	4,80	1,38	3,17	1,36
6	1,09	0,91	0,82	0,47	4,62	0,95	2,97	0,82
12	1,02	0,77	0,77	0,43	4,54	0,73	2,22	0,65

Порівнюючи дані табл.1, знаходимо також, що підвищення густини цементно-піщаних зразків зменшує швидкість проникання хлоридів при дії порошку полімінеральної калійної руди, в основному, в 1,1-1,6 разів.

Дослідження впливу часу дії порошку полімінеральної руди на дифузійну проникність дрібнозернистого бетону показали (табл. 1), що вона значно зменшується з плином часу, причому

В роботах Беженара В.П., Алексєєва С.М. [1, 2] було встановлено, що проникнення хлоридів в бетон при дії пилу полімінеральної калійної руди, підпорядковується закону квадратного кореня від часу. Це свідчить про те, що їх перенос здійснюється відповідно до законів дифузійної кінетики. Тоді, використовуючи дані (рис. 1, 2), за відомими формулами [3, 4] знаходили ефективні коефіцієнти дифузії хлорид-йонів у гідрофобізований дрібнозернистий бетон при дії порошку полімінеральної калійної руди. Одержані значення ефективних коефіцієнтів дифузії приведені в табл.1.

За одержаними даними (табл. 1) гідрофобізація поверхневого шару бетону значно зменшує швидкість проникання хлорид-йонів вглиб бетону. Так, при 95%-вій відносній вологості повітря величина ефективних коефіцієнтів дифузії в гідрофобізованих зразках у порівнянні з негідрофобізованими зменшується в 3,5 – 6,2 рази в залежності від густини бетону і часу витримки під шаром порошку полімінеральної калійної руди. При 75%-вій відносній вологості повітря ефект гідрофобізації проявляється значно менше: величина ефективних коефіцієнтів дифузії зменшується, в порівнянні з негідрофобізованими зразками, всього в 1,1-1,8 рази. Таким чином, знайдено, що гідрофобізація поверхні бетону в умовах дії полімінеральної калійної руди значно зменшує ефективний коефіцієнт дифузії, а також, що вона найбільш ефективна у випадку високої відносної вологості повітря.

найбільша зміна ефективного коефіцієнта дифузії спостерігається у перші три місяці досліджень, в подальшому його величина змінюється дуже мало. Так при 95%-вій відносній вологості повітря після 3-х місяців витримки негідрофобізованого дрібнозернистого бетону під шаром порошку полімінеральної калійної руди ефективний коефіцієнт дифузії хлорид-йонів зменшується у 1,4 рази, порівняно з такими ж показниками після 1-го

місяця витримки, а швидкість проникання після 6-ти і 12-ти місяців витримки зменшується всього в 1,02 рази.

Такий вплив часу дії агресивного пилу на дифузійну проникливість дрібнозернистого бетону пояснюється в першу чергу зміною структури цементно-піщаних розчинів внаслідок гідрататції цементного каменю.

Використовуючи обчислені значення ефективних коефіцієнтів дифузії  $D'$  і дані про концентрацію хлорид-йонів на поверхні бетону  $C_0$ , за допомогою формули (1) розрахуємо час необхідний для досягнення біля арматури

критичної концентрації хлоридів:

$$\tau = \frac{x^2}{\pi D' \left(1 - \frac{C}{C_0}\right)^2}, \quad (1)$$

де  $x$  – глибина залягання арматури, см;  $C$  – концентрація хлорид-йонів на глибині  $x$  у момент часу  $\tau$ . За літературними даними [5] такою концентрацією в зразках на основі портландцементу є концентрація  $Cl^-$  - йонів у масі рідкої фази бетону. Дані розрахунків за формулою (1) приведені в табл.2.

Таблиця 2

Тривалість пасивуючої дії гідрофобізованого бетону (в місяцях) при дії порошку полімінеральної калійної руди

В/Ц	Відносна вологість повітря, %			
	75		95	
	Негідрофобізовані	Гідрофобізовані	Негідрофобізовані	Гідрофобізовані
0,4	8,6	15,9	3,1	10,5
0,6	6,7	8,9	1,5	9,4

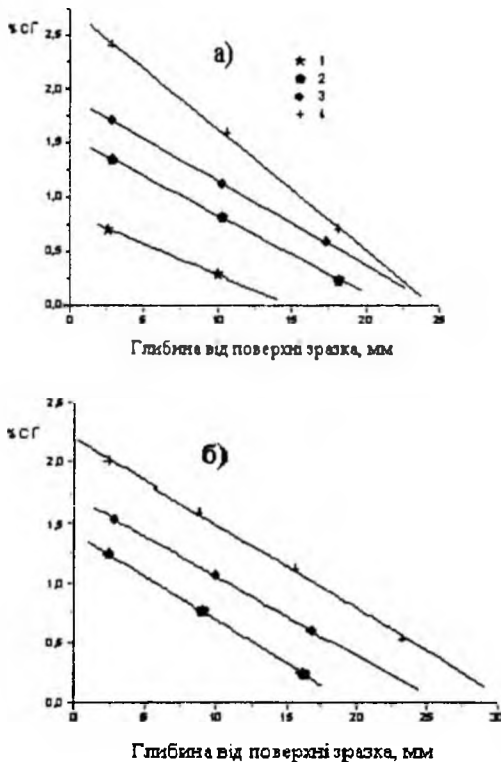


Рис.1. Розподіл хлорид-йонів за перерізом гідрофобізованих зразків з дрібнозернистого бетону (В/Ц=0,6) з часом дії порошку полімінеральної калійної руди при 95%-ій відносній вологості повітря (а) та 75%-ій відносній вологості повітря (б): 1 – 1 міс.; 2 – 3 міс.; 3 – 6 міс.; 4 – 12 міс.

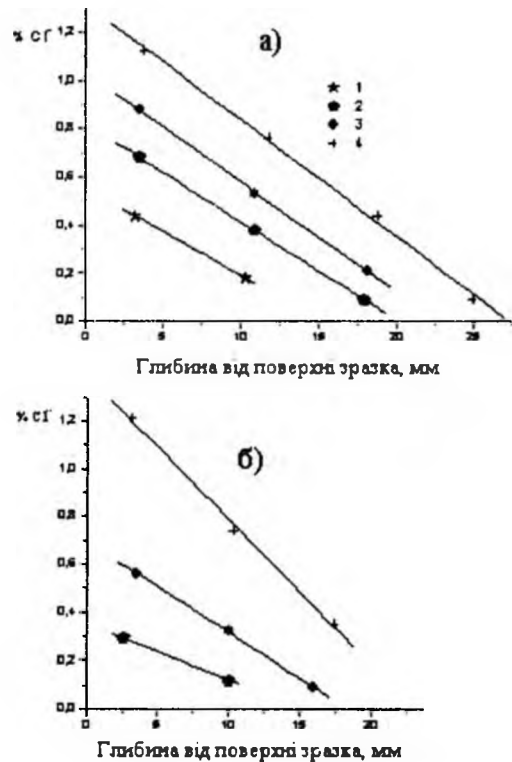


Рис.2. Розподіл хлорид-йонів за перерізом гідрофобізованих зразків з дрібнозернистого бетону (В/Ц = 0,4) з часом дії порошку полімінеральної калійної руди при 95%-ій відносній вологості повітря (а) та 75%-ій відносній вологості повітря (б): 1 – 1 міс.; 2 – 3 міс.; 3 – 6 міс.; 4 – 12 міс.

## Висновки

Застосування гідрофобізації поверхневого шару бетону може підвищити довговічність залізобетону в умовах дії порошку полімінеральної калійної руди у 1,3-1,9 разів при

75%-ій відносній вологості повітря і у 3,4-6,3 рази при 95%-ній вологості повітря, при цьому збільшення довговічності залізобетону досягається за рахунок зменшення дифузійної проникливості бетону.

## Література

1. Беженар В.П., Алексеев С.Н. Повышение стойкости железобетонных конструкций предприятий калийных удобрений// Бетон и железобетон. – 1983. - №2. – С. 23-25.
2. Беженар В.П. Диффузионная проницаемость мелкозернистого бетона в условиях действия пыли полиминеральной калийной руды. – Сб. депон. статей №952ХП – Д84. "Совершенствование технологии добычи и переработки калийных руд Прикарпатья". – Черкассы: ОНИИТЭХИМ, 1984. – С. 125-130.
3. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики – М.: Наука, 1987. – 735 с.
4. Райченко А.И. Математическая теория диффузии в приложениях – К.: Наукова думка, 1981. – 396 с.
5. Алексеев С.Н. Коррозия и защита арматуры в бетоне—М.: Стройиздат, 1968 – 231 с.

*Беженар В.П.* – кандидат технічних наук, доцент кафедри органічної і аналітичної хімії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника;  
*Микитин О. Р.* – магістр.

## Рецензент

*Хома М.І.* – кандидат технічних наук, професор кафедри органічної і аналітичної хімії Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника.