

УДК 666.96; 666.97

# ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ

*к.т.н., с.н.с. Коваленко В.В., к.т.н., доц. Заяць Ю.Л.,  
асп. Пішійко П.О., Коваленко С.В.\**

*Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту,*

*\* ПП «Логія», м. Дніпропетровськ*

**Постановка проблеми.** Щорічне підвищення інтенсивності навантажень на залізничні колії та швидкостей потягів потребує застосування залізобетонних шпал, які витримують ці навантаження та забезпечують належну експлуатаційну стійкість. В останні роки на ділянці колії Бахмач Пас.–Халимонове спостерігався масовий вихід з експлуатації залізобетонних шпал. За даними Південно-Західної залізниці 63 % шпал, що вийшли з ладу були виготовлені ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук. За результатами дослідження [1] одним з факторів руйнування шпал є неякісне їх пропарювання.

**Метою** даної роботи є дослідження структурних характеристик бетону ТОВ «Україна Промресурс» для виробництва залізобетонних шпал на стадії термовологої обробки, визначення причин передчасного його руйнування.

Для аналізу структури бетону в залежності від умов термовологої обробки були відібрані зразки бетону шпал та лабораторних кубиків, які проходять термічну обробку в верхній частині пропарювальної установки. За даними такої оцінки можливо судити про однорідність температурного поля у середині робочої зони установки. На рис. 1 представлена мікроструктура зломів лабораторних кубиків.

Щільна, переважно дрібнозеренна структура бетону (рис.1, а) перемежається з ділянками крупних паралельних стрингітних кристалів (рис.1, б, в), що формують навкруги себе мікротріщини (рис.1, в), які далі розвиваються у структурі поміж дрібних ( $\varnothing$  до 1 кмк) компактних кристалів (рис.1, г). Хімічний склад фазових складових представлено на рисунках 2 – 3 та таблицях 1 – 2.

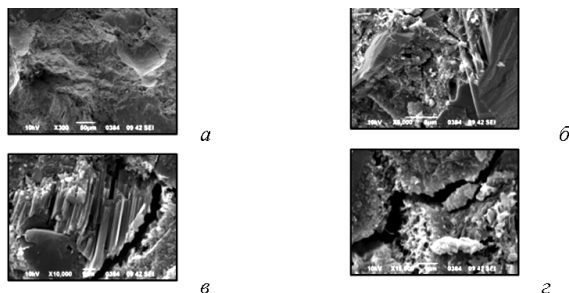


Рис. 1. Мікроструктура лабораторних кубиків заводського бетону

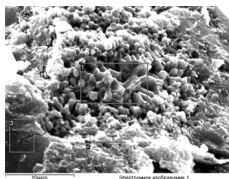


Рис.2. Области сканування спектрів 1-3 бетону лабораторних кубиків ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук.

Таблиця 1

*Хімічний склад сканованих спектрів на рисунку 2.*

Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
1	38,99	0,19	0,08	1,74	13,47	0,41	0,16	0,03	43,37	0,18	0	0,05	0,01	0,28	0,42	0,61
2	46,68	0,78	0	2,57	8,3	0,78	0,08	0,8	37,13	0,05	0,15	0	0,24	1,3	0,43	0,71
3	44,69	0	0,58	2,22	10,84	0,77	0,28	0,24	37,98	0	0,22	0	0,11	2,06	0	0

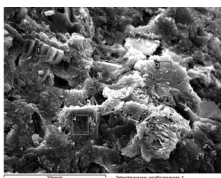


Рис.3. Области сканування спектрів 1-4 бетону кубиків ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук.

Таблиця 2

*Хімічний склад сканованих спектрів на рисунку 3.*

Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
1	57,31	0,43	0,1	0,86	1,08	0,06	0,09	0	38,65	0,31	0	0,05	0,08	0,5	0,04	0,46
2	40,34	0	0,23	1,4	12,72	0,19	0	0,69	41,55	0,42	0	0	1,63	0,32	0,5	
3	37,99	0,54	0,3	2,05	10,78	0,79	0,07	0,31	43,45	0,01	0,28	0	0,23	2,64	0	0,56

4	39,630	0,8	4,66	10,12	1,27	0,09	0,34	38,17	0,43	0,29	4	0,21	0
---	--------	-----	------	-------	------	------	------	-------	------	------	---	------	---

З аналізу спектрів хімічних елементів видно, що в зоні дрібних пластинчастих кристалів цементного каменю підвищена концентрація сірки і алюмінію та лужних елементів (рис.3, табл. 2 спектр 4). В області термічної тріщини спостерігається підвищений вміст хлору (рис. 2, табл. 1 спектр 3).

Мікроструктури шпал ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук наведено на рисунку 4.

Як можна побачити з рисунку 4, мікроструктура шпал бетону неоднорідна. Цементний камінь представлено продуктами гідратації аліту – портландитом (рис. 4, д), еtringітом (рис. 4, а – в), фазою AFt (рис. 5.18, г, е), модифікованим еtringітом (рис. 4, д) та навіть кальцитом  $\text{CaCO}_3$  (рис. 4, г). Достатньо великі кристали еtringіту та модифікованого еtringіту вказують на можливе передозування води затворювання. Хімічний склад кристалів цементного каменю шпал наведено на рисунках 5 – 6 та таблицях 3 – 4.

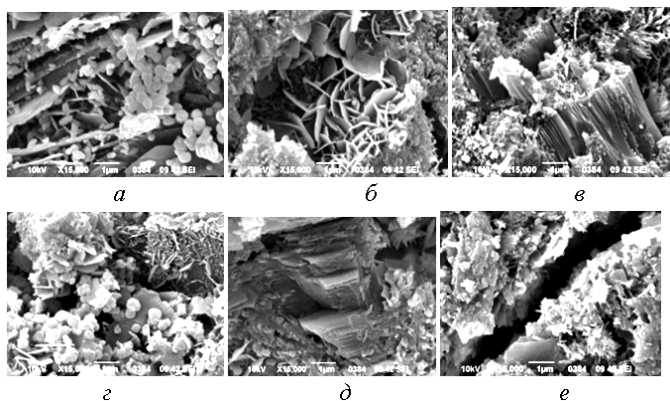


Рис. 4. Мікроструктура шпал ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук,  $\times 1500$

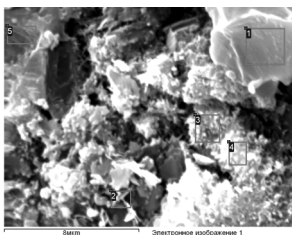


Рис.5. Области сканування спектрів 1-5 бетону шпал ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук.

Таблиця 3

Хімічний склад сканованих спектрів на рисунку 5.

Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
1	47,82	0,07	3,46	0,97	38,02	0,22	0,1	0,41	8,02	0,19	0	0,17	0	0,54	0	0
2	56,09	0	1,33	3,37	8,58	1,51	0,06	0	27,49	0,19	0	6	0,19	1,17	0	0,03
3	61,50	0,22	0,18	1,74	7,61	0,76	0	0,51	25,77	0,1	0,07	0,15	0	1,4	0,02	0
4	60,79	0,43	0,52	2,25	7,89	0,75	0,24	0,36	23,36	0,2	0	0,11	0,24	2,6	0,07	0,18
	61,09	0,04	0,32	0,16	0,53	0,06	0,12	0,02	37,18	0	0,04	0,04	0,11	0,13	0,14	0,02

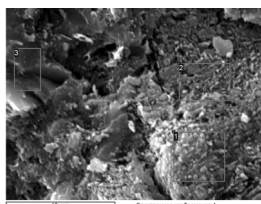


Рис.6. Области сканування спектрів 1-3 бетону шпал ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук.

Таблиця 4

Хімічний склад сканованих спектрів на рисунку 6.

Спектр	O	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Ni	Cu
1	43,33	0	0,3	1,02	13,28	0	0,13	0,5	40,1	0,16	0	0,21	0,03	0,93	0	0
2	44,73	0,09	0,2	1,17	12,57	0,39	0,16	0,37	38,91	0,09	0	0	0,08	1,15	0,09	0
3	44,02	0	0,34	2,03	4,93	1,25	0,14	0,05	45,34	0,08	0,01	0	0,24	1,53	0	0,06

З аналізу рисунків видно, що пластинчасті кристали трикальцієвого силікату легованого алюмінієм та сіркою (етрингіт) (рис 5, сп.2, рис.6, сп.3), значно огрублюють мікроструктуру бетону. Крім того ці кристали здатні рекристалізуватися в процесі експлуатації. Мікротріщини, що виникли на стадії термічної обробки прокладають свій шлях виключно по границях етрингітних масивів, оминаючи по границях високоміцні фази портландиту (рис.5.18, д). Утворений таким чином інтеркристалітний злом потребує не великого напруження руйнування.

З аналізу морфології структурних складових цементного каменю лабораторних кубиків та бетону шпал видно, що крім великих кристалів еtringіту пакетного типу, які містяться в усіх досліджених зразках бетону ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук, в бетоні шпал присутні модифіковані пластинчасті кристали у формі випуклих лінз. Морфологія таких фаз не сприяє підвищенню тріщиностійкості цементного каменю та крім того лишається не вивченою їх стабільність при експлуатації динамічно навантажених залізобетонних шпал.

Лабораторні кубики бетону та бетон шпал мають сорозмірні кристали пакетного еtringіту, що вказує на ідентичність умов термовологої обробки в різних частинах робочої камери установки термовологої обробки залізобетонних шпал.

Подібні дослідження були проведені на ВАТ «Коростеньський завод залізобетонних шпал», ЗАТ «Гніваньського заводу спеціального бетону», ЗАТ «Запорізьський завод залізобетонних шпал» та на Староконстянтинівському заводі залізобетонних шпал. Вони показали наявність в бетоні шпал більш грубої структури цементного каменю ніж в бетоні лабораторних кубиків, що вказує на різні умови термовологої обробки в центрі та на периферії робочої камери установки.

Наявність в структурі цементного каменю залізобетонних шпал пакетів, пучків, чи розрізаних великих кристалів еtringіту являють собою потенційну загрозу структурної корозії бетону за рахунок рекристалізації їх в процесі експлуатації. Агресивне оточуюче середовище зміна температур поблизу 0°C в міжсезоння, динамічні знакоперемінні навантаження пришвидшують процеси структурної перебудови еtringітних кристалів та руйнують бетон на структурні складові протягом 2 –5 років.

### **Висновки**

1. В роботі досліджено структурні характеристики бетону для виготовлення залізобетонних шпал, що були пропарені на різних горизонтах робочої камери установки термовологої обробки
2. Виявлено, що розміри голкоподібних та пластинчастих кристалів еtringіту в бетоні на різних горизонтах робочої камери установки пропарювання ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук мають подібні розміри, що вказує на однорідність термовологого об'єму камери.
3. Великі еtringітні кристали в структурі цементного каменю залізобетонних шпал, виготовлених: ТОВ «Україна Промресурс», м. Кременчук, ВАТ «Коростеньський завод залізобетонних шпал», ЗАТ «Гніваньського заводу спеціального бетону», ЗАТ «Запорізьський завод залізобетонних шпал» та на Староконстянтинівському заводі залізобетонних шпал являють собою потенційну загрозу структурної корозії бетону за рахунок рекристалізації їх в процесі експлуатації виробів.

### **ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА**

1. Золотарский, А. Ф. Железобетонные шпалы для рельсового пути / А. Ф. Золотарский, Б. А. Евдокимов, Н. М. Исаев, Л. Г. Крысанов, В. В. Серебrenников, В. Ф. Федулов. –М.: Транспорт, 1980.