

6. *Шевелев Ф.А.* Гидравлический расчет асбестоцементных труб. – М.: Госстройиздат, 1954. – 68 с.

7. *Шевелев Ф.А, Шевелев А.А.* Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Справочное пособие. – М.: ООО «Бастет», 2007. – 350 с.

8. *Водопостачання.* Зовнішні мережі та споруди. ДБН В.2.5-74: 2013. – 2013.

*Надійшло до редакції 03.03.2015*

УДК 628.477

Г.М. КОЧЕТОВ, доктор технічних наук

Д.М. САМЧЕНКО, аспірант

Київський національний університет будівництва і архітектури

О.Ю. КОВАЛЬЧУК, кандидат технічних наук

А.В. ПАСЬКО, аспірант

Науково дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д.

Глуховського

## **КОМПЛЕКСНА УТИЛІЗАЦІЯ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ, ЯКІ МІСТЯТЬ СПОЛУКИ ЗАЛІЗА, В ЛУЖНИХ ЦЕМЕНТАХ**

*Встановлено доцільність використання продуктів феритної очистки промислових стічних вод в складі лужних цементів загальнобудівельного призначення. Досліджено властивості бетонів на основі таких цементів.*

**Ключові слова:** промислові стічні води, очистка води, феритизація, лужний цемент, бетон.

*Установлена целесообразность использования продуктов ферритной очистки промышленных сточных вод в составе щелочных цементов общестроительного назначения. Исследованы свойства бетонов на основе таких цементов.*

**Ключевые слова:** промышленные сточные воды, очистка воды, ферритизация, щелочной цемент, бетон.

*The feasibility for using of residues after wastewater treatment by ferritization method in compositions of alkaline cements for general purposes is established. The properties of concrete based in these cements.*

**Key words:** industrial wastewater, water treatment, ferritization, alkaline cement, concrete.

Одними з найбільш розповсюджених забруднювачів навколишнього середовища техногенного походження є стічні води гальванічних виробництв. Тому розвиток сучасного суспільства вимагає застосування ефективних технологій їх очистки з метою збереження навколишнього середовища.

Традиційні реагентні технології очистки гальванічних стічних вод призводять до потрапляння у водні об'єкти великої кількості сполук важких металів, наприклад, нікелю – до 2,4 тис. тон на рік [1-3]. Тому виникає необхідність більш глибокої переробки промислових стоків із застосуванням більш ефективних технологій.

Одним із таких методів є феритизація цих стічних вод, що дозволяє отримати майже нерозчинні сполуки заліза та інших важких металів, в результаті обробки їх іонів лужним реагентом та киснем повітря. Ця технологія забезпечує високий ступінь очищення стічних вод від сполук важких металів [4-5]. Проте в процесі очистки стічних вод, окрім сформованих феритних осадів також утворюються рідкі відходи з підвищеним вмістом розчинних солей. Отримані тверді та рідкі відходи вимагають подальшої екологічно безпечної утилізації наприклад у виробництві матеріалів різного призначення, а в разі неможливості виготовлення товарної продукції в захороненні на відкритих звалищах.

Одним з перспективних шляхів комплексної утилізації продуктів очистки промислових стічних вод є їх використання у якості компонентів для затворювання та наповнювача лужних цементів розроблених науковою школою НДІВМ КНУБА ім. В.Д. Глуховського, які мають унікальні експлуатаційні властивості та також містять у своєму складі до 95% відходів та супутніх продуктів промисловості (паливних зол, доменних гранульованих шлаків, тощо).

Попередні дослідження, проведені фахівцями НДІВМ, показали, що лужні цементи є стійкими до дії агресивного середовища, чудово взаємодіють із розчинами сульфатів та хлоридів та володіють значним спектром унікальних експлуатаційних властивостей [5-9]. Вони дозволяють надійно фіксувати у своїй структурі елементи радіоактивних та важких металів не тільки на фізичному, але й на хімічному рівні [10-11].

З огляду на це нами досліджено доцільність утилізації рідких та твердих продуктів очистки промислових вод у лужних цементах загальнобудівельного призначення та вивчено властивості матеріалів на основі таких цементів.

**Методика експерименту.** Нами досліджувалась оброблена вода та феритизований шлам, які отримані в результаті переробки висококонцентрованих стічних вод методом феритизації. Шлам подрібнювався до фракція 0,5...1 мм. Результати хімічного аналізу обробленої води та кількісного фазового складу ферит шламу наведено у табл. 1. та 2.

При готуванні лужного цементу на основі кальцій алюмосилікатного компоненту використовували мелений доменний гранульований шлак виробництва ПАТ «Завод ім. Ілліча» (м. Маріуполь), розмелений до питомої

поверхні 450 м<sup>2</sup>/кг за приладом Блейна, та золу сухого відбору Ладжинської ТЕС, розмелену до питомої поверхні 800 м<sup>2</sup>/кг за Блейном. Як лужний компонент використовували соду кальциновану виробництва ПАТ «Кримсода», а заповнювачі для приготування бетонної суміші – дніпровський річковий пісок із модулем крупності  $M_k = 1,15$  та щебінь гранітний фракції 5...20 мм.

Таблиця 1

**Склад основних компонентів обробленої води**

№ п/п	Найменування показника	Значення показника	Метод випробування
1	Сульфати ( $SO_4^{2-}$ ), мг/дм <sup>3</sup>	25616	ГОСТ 4389-72
2	Хлориди ( $Cl^-$ ), мг/дм <sup>3</sup>	1186	ГОСТ 4245-72
3	Іони важких металів, мг/дм <sup>3</sup> : - залізо ( $Fe^{зар.}$ ) - нікель ( $Ni^{2+}$ )	0,1 0,42	ГОСТ 32221-2013
4	Водневий показник рН	10,21	Вимірюють на рН-метрі будь-якої моделі зі скляним електродом з похибкою вимірювань $\pm 0,1$

Таблиця 2

**Кількісний фазовий склад ферит шламу**

№ п/п	Виявлені фази	Вміст, %
1	Магнетит ( $Fe_3O_4$ )	51,3
2	Гематит ( $\gamma-Fe_2O_3$ )	28,7
3	Оксид нікелю ( $NiO$ )	13
4	Ферит нікелю ( $NiFe_2O_4$ )	7
Разом		100

Властивості цементу визначали у відповідності до ДСТУ Б В.2.7-181:2009 «Цементи лужні. Технічні умови» на зразках-балочках цементно-піщаного розчину розміром 4x4x16 мм.

Проектування складу та дослідження властивостей бетону проводили відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.7-25:2011 «Бетони важкі лужні. Технічні умови». При проведенні досліджень використовували зразки-куби з розміром грані 100 мм з використанням поправочного коефіцієнту для визначення міцності.

**Результати та їх обговорення.** Було проведено дослідження впливу обробленої води та феритного шламу на властивості двох видів лужного цементу: шлаколужного та лужного композиційного (гібридного). Як об'єкт порівняння використовували склади лужних цементів, затворених технічною

водою. Склади розглянутих цементів та їх технологічні та експлуатаційні властивості наведено у табл. 3.

Таблиця 3

**Склад та властивості лужних цементів  
з використанням продуктів феритної очистки промислових стічних вод**

№ складу	Склад цементу, %					В/Ц розплив	Міцність при стиску, МПа, після, діб		
	Шлак	Зола	Лужний компонент	Затворювач	Феритний шлам		3	7	28
1	66,7	28,6	4,7	технічна вода	-	0,4	23,12	30,62	38,81
2	6,7	28,6		оброблена вода	-		21,25	26,31	35,31
3	65,0	27,8			2,5		20,62	26,93	36,31
4	63,3	27,0			5,0		20,0	26,43	35,31
5	61,5	26,3			7,5		20,0	26,18	36,37
6	95,3	-		технічна вода	-		28,12	35,62	44,06
7	95,3	-		оброблена вода	-		27,50	21,37	24,06
8	92,8	-			2,5		25,62	31,68	41,25
9	90,3	-			5,0		23,75	29,5	39,31
10	87,8	-			7,5		23,12	32,56	43,18

Аналіз отриманих результатів засвідчив, що введення до складу лужних цементів продуктів очищення промислових стічних вод суттєво не погіршує експлуатаційні властивості матеріалу. Незначне зниження міцності спостерігається при затворенні цементу розчином обробленої води (як для шлаколужного, так і для лужного композиційного цементу). Крім того, при спільному використанні обробленої води як затворювача та феритного шламу як наповнювача відбувається стабілізація міцності на рівні складу порівняння без суттєвого впливу вмісту ферит шламу у системі. В загальному випадку відхилення міцності модифікованих цементів від аналогів порівняння не перевищує 5...10%.

За результатами дослідження властивостей цементу було обрано два зразки для перевірки можливості їх використання у складі бетону – зразки №4 та №9. Склади цементу та їх експлуатаційні властивості наведено у табл. 4.

Як засвідчив аналіз отриманих результатів, всі розглянуті склади бетону характеризуються високими експлуатаційними властивостями при незначній витраті в'язучої речовини та відносяться до марки бетону М400. Варто відзначити, що такі міцнісні показники бетону досягаються при достатньо високій рухливості бетонної суміші (марки ПЗ-П4), що дозволяє використовувати такі матеріали для монолітного будівництва.

**Склад та властивості лужних бетонів  
з використанням відходів очистки промислових стічних вод**

№ складу	Цемент (на 1м <sup>3</sup> )				Пісок	Щебінь (5-20)	Вода	В/Ц	ОК	Міцність при стиску, після тверднення, діб, МПа		
	Шлак + Феритний шлам	Зола	Пласт.	Лужний компонент						3	7	28
1	400	-	2	20	850	1130	185 (технічна вода)	0,43	140	18,29	28,8	39,1
2	280	120							185	11,01	30,6	45,7
3	400	-							100	20,0	20,8	43,0
4	280	120							165	13,6	27,2	41,0

**Висновки.** В результаті проведених робіт показано принципову можливість створення ефективних екологічно чистих будівельних матеріалів на основі лужних цементів з використанням продуктів очищення промислових вод. Встановлено, що використання в якості затворювача обробленої води з промислових стічних вод та заміна частини цементу на феритний шлам суттєво не знижує експлуатаційні показники цементу (як шлаколужного, так і гібридного цементу на основі паливної золи). Всі розглянуті цементы можна віднести до марки М400. Також показано можливість та ефективність виробництва бетону на основі розробленого цементу з використанням продуктів очистки стічних вод та встановлено, що такий бетон не поступається за своїми властивостями традиційним аналогам та може бути використаний у будівництві нежитлових будівель та споруд.

#### Список літератури

1. Доллина Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: Монография. – Дн-вск.: Континент, 2008. – 254 с.
2. Kochetov G., Zorya D., Grinenko J. (2010). Integrated treatment of rising cooper-containing wastewater // Civil and Environmental Engineering. – Vol.1, n. 4. – P. 301-305.
3. Goldmann A. (2006). Modern ferrite technology Springer, Pittsburg, PA, USA, 445.
4. Кочетов Г.М., Науменко І.В., Самченко Д.М. Феритизаційна переробка відпрацьованих технологічних розчинів, що містять сполуки цинку та нікелю // Проблеми водопостачання та гідравліки: Наук.-техн. Зб. 2014р. – Вип. 24. – С. 59-66.

5. *Кочетов Г.М., Самченко Д.М.* Удосконалення феритизаційної технології переробки стічних вод: електромагнітна імпульсна активація процесу // Водопостачання та водовідведення. – Вип. 3, 2015. – С. 20-26.

6. *Krivenko P.V., Kovalchuk O.Yu., Grabovchak V.V.* Genesis of structure and sulfate resistance of fly ash alkali activated cements // Second International Conference on Advanced in Chemically-activated materials (CAM-2014, China). – June, 2014, Jinan, Shandong, China. – P 367-374

7. *Кривенко П.В., Ковальчук О.Ю.* Гібридні лужні цементи: структура та властивості // Вісник ДНАБА. Сучасні будівельні матеріали. – Випуск 1 (105). – 2015. – С. 59-63.

8. *Kovalchuk O.Yu., Drochitka R., Krivenko P.V.* Mix design of high volume alkali activated cement // Advanced Materials Research, Vol 1100. – P. 36-43.

9. *Krivenko P., Cao H., Weng L., Petropavlovskii O., Kovalchuk O.Yu.* Special hybrid alkali activated cements for immobilization of salt concentrates of low-level radioactive wastes // Proceed. 19th Internat. Conf. "Ibausil". – Weimar (Germany). – 2015. – P. 1-0820 – 1-0827.

10. *Krivenko P., Petropavlovsky O., Gelevera A., Jukov N.*: Immobilizing properties of alkaline cementitious systems. 2<sup>nd</sup> International Symposium NON-TRADITIONAL CEMENT & CONCRETE, ISBN 80-214-2853-8. – Brno, 2005. – P. 613-626.

11. *Скурчинская Ж.В., Кривенко П.В., Лавриненко Л.В., Самойленко Ю.И., Макеева И.Н.*: Утилизация гальванических шламов при производстве шлакощелочных вяжущих. – Цемент, №3. – С.-Петербург, 1993. – С.37-39.

*Надійшло до редакції 19.11.2015*

УДК 532.542

А.М. КРАВЧУК, доктор технічних наук  
Київський національний університет будівництва та архітектури  
О.Я. КРАВЧУК, старший викладач  
Національний транспортний університет

### **ДО МЕТОДИКИ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ НАПІРНИХ ПЕРФОРОВАНИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ ТРУБОПРОВІДІВ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ**

*Виконано аналіз існуючої методики гідравлічного розрахунку розподільчих напірних перфорованих трубопроводів систем водопостачання та водовідведення, приведено рекомендації для її вдосконалення, розглянуто приклад розрахунку.*