

УДК 628.38

*Клапченко В. І., к.т.н., доц.,
Краснянський Г. Ю., к.ф-м.н., доц.,
Азнаурян І. О. доц., Кузнецова І. О.,
КНУБА, м. Київ*

ВИКОРИСТАННЯ ОСАДУ СТИЧНИХ ВОД ГАЛЬВАНІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА В ТЕХНОЛОГІЇ СИЛІКАТНОЇ ЦЕГЛИ

Використання промислових відходів у будівельній індустрії є перспективним напрямком зниження собівартості продукції і зменшення негативного навантаження на навколишнє середовище. За результатами будівельно-технічних (досліджувались міцність при стиску і вигині, водопоглинання, водостійкість, морозостійкість, середня густина і міцність зчеплення з розчином) і санітарно-хімічних (досліджувались хімічний склад і кількісні рівні міграції хімічних сполук у водне середовище і середовище, що імітує кислотні дощі) випробувань показано, що силікатна цегла з добавками осаду гальваностоків в кількості до 2% відповідає будівельно-технічним та гігієнічним вимогам і може бути рекомендованою до застосування за призначенням. Запропоновано рекомендації щодо доповнення технологічного регламенту виробництва силікатної цегли з добавками осаду.

Ключові слова: осад стічних вод; утилізація; силікатна цегла; будівельно-технічні; санітарно-хімічні дослідження

Постановка проблеми. Внаслідок того, що будівництво спеціальних полігонів із знешкодження і захоронення токсичних промислових відходів, які містять важкі метали, вимагає значних витрат, їх зазвичай звозять у відвали, що є неприпустимим за діючими санітарними нормами і призводить до погіршення екологічної обстановки. Одним з перспективних напрямків захоронення токсичних промислових відходів є включення їх у вигляді добавок

до складу будівельних матеріалів.

Аналіз основних досліджень та публікацій. Використання промислових відходів при виробництві будівельних матеріалів було предметом ряду робіт, результати яких представлені, наприклад, в [1, 2]. Значний досвід досліджень із утилізації осадів гальванічних стічних вод при виробництві будівельних матеріалів накопичено на кафедрі фізики КНУБА [3-5].

Формулювання мети статті. Розроблення і вибір оптимальних способів утилізації осаду гальваностоків при виробництві силікатної цегли.

Основна частина. Досліджений осад є кінцевим продуктом реагентної обробки стічних вод гальванічного виробництва. Він утворюється в результаті очищення промивної води, в процесі чого здійснюється відновлення хрому-VI іонами заліза до хрому-III і перехід важких металів у важкорозчинні гідроксиди.

Отримані дані за хімічним складом і дисперсністю осаду вказують на те, що його утилізацію може бути, очевидно, здійснено при додаванні в будівельні матеріали, речовин, які містять гідралічні в'язучі. При цьому попередні дослідження показали, що в бетонній суміші осад поводить себе як інертна добавка, яка призводить до зниження показників міцності бетону, і тому спосіб утилізації осаду за рахунок введення його в якості добавки в бетон не може бути рекомендованим до застосування.

Зразки силікатної цегли виготовлялися з сировинних матеріалів, які відповідають вимогам діючих стандартів. Співвідношення вапно-пісок у в'язучому складало 45-55%. Осад вводився в силікатну суміш в кількості 1...20% від маси суміші. Готувалася суміш двох типів. В одному випадку осадом заміщалося частина піску-наповнювача, в інших – частина в'язучого.

Отримані зразки досліджувалися на міцність при стиску та вигині, морозостійкість, водостійкість, водопоглинання. Визначалася також їх середня густина і міцність зчеплення з розчином. Результати вимірювань наведено в табл. 1 і 2.

Таблиця 1

Показники міцності силікатної цегли з добавками осаду

Склад силікатної суміші, %			Межа міцності цегли, МПа				
в'язуче	пісок	добавка	сирець	при стиску		при вигині	
				середній	мінім.	середній	мінім.
25	75	-	0,6	23,4	23,0	3,3	3,0
25	74	1	0,4	17,5	17,0	2,8	2,7
25	73	2	0,4	14,8	14,2	2,5	2,3
25	70	5	0,3	9,5	9,0	2,0	1,8
25	65	10	0,3	7,1	7,0	-	-
25	55	20	0,3	6,0	6,0	-	-
24	75	1	0,6	21,5	20,5	3,2	3,1
23	75	2	0,6	19,9	18,6	3,0	2,9
20	75	5	0,6	13,3	12,5	2,6	2,4
15	75	10	0,6	7,0	6,5	-	-
5	75	20	0,5	0,6	0,4	-	-

Таблиця 2

Фізико-технічні характеристики силікатної цегли з добавками осаду

Склад силікатної суміші, %			Межа міцності цегли, МПа		Середня густина, кг/м ³	Міцність зчеплення з розчином, МПа	Водопоглинання, %
в'язуче	пісок	добавка	водонасичена	після випробування на МРЗ			
25	75	-	20.1	18.0	1750	0.8	9.0
25	74	1	14.7	13.1	1730	0.9	8.4
25	73	2	12.0	10.7	1710	0.9	7.7
25	70	5	9.5	8.6	1730	0.6	9.0
25	65	10	8.0	7.4	1700	-	-
25	55	20	6.0	2.4	1740	-	15.8
24	75	1	18.0	19.1	1710	0.9	7.9
23	75	2	15.6	16.9	1680	0.9	7.1
20	75	5	10.2	9.2	1700	0.7	8.7
15	75	10	5.0	4.6	1710	-	-
5	75	20	-	-	1740	-	15.8

Нижче наводиться аналіз фізико-технічних властивостей зразків і їх відповідність нормативно-технічній документації на силікатну цеглу.

Міцність при стиску і вигині. Відповідно до державного стандарту марка цегли визначається її міцністю при стиску, яка повинна знаходитися в межах 7,5...30 МПа. Кожній марці цегли повинна відповідати певна міцність при вигині в межах 1,6...4 МПа. З табл. 2 випливає, що додавання добавки в кількості 1...2% замість частини в'язучого не знижує марки цегли. В інших випадках при вмісті добавки до 5 % марка знижується, однак показники міцності залишаються в межах вимог державних стандартів.

Морозостійкість. Державний стандарт встановлює чотири марки цегли за морозостійкістю. Морозостійкість

рядової цегли повинна становити не менше 15 циклів заморожування за температури -15°C і відтаювання у воді за температури $15...20^{\circ}\text{C}$, а лицьової цегли – 25, 35 і 50 циклів в залежності від кліматичного пояса, частин і категорій будівель, в яких її застосовують. Зниження міцності після випробувань на морозостійкість порівняно з водонасиченими контрольними зразками не повинно перевищувати 20 % для лицьової і 25 % для рядової цегли.

З табл. 2, де наведено результати вимірювань міцності при стиску зразків після 25 циклів заморожування і відтавання, випливає, що втрати міцності у всіх випадках, за винятком цегли з добавкою осаду 20%, не перевищують 15 %. Таким чином, силікатна цегла з добавками осаду в кількості до 10 %

силікатної маси є достатньо морозостійким матеріалом.

Водопоглинання. Відповідно до державного стандарту водопоглинання силікатної цегли повинно бути не менше 6%. Наші виміри показують, що всі випробувані зразки задовольняють цю вимогу.

Зчеплення з розчином. Відповідно до державного стандарту міцність зчеплення оздоблювального покриття з поверхнею силікатної цегли повинна бути не менше 0,6 МПа. З табл. 2 видно, що при вмісті осаду до 5% значення цієї характеристики є цілком задовільними.

Водостійкість. Цей показник обумовлюється коефіцієнтом розм'якшення силікатної цегли, який визначається як відношення його міцності при стиску після водонасичення до міцності в повітряно-сухому стані і повинен бути не менше 0,8. За нашими даними коефіцієнт розм'якшення в усіх випадках, за винятком зразків з добавками 10 і 20% осаду, замість частини в'язучого, перевищує вказане значення. Отже, введення осаду не знижує водостійкості силікатної цегли.

Міцність цегли-сирцю. Міцність сирцю має бути достатньою для стійкої роботи автоматів-укладальників. Вона залежить від виду цегли, її розмірів, кількості, розташування і величини порожнин та інших технологічних факторів. Мінімальна знімальна міцність сирцю повинна знаходитися в межах 0,3...0,4 МПа. Як видно з табл. 2, міцність сирцю,

виготовленого з сумішей, що містять осад, при будь-яких добавках осаду в межах 1...20% є не нижчою за наведені величини.

Підсумовуючи, можна зробити висновок, що досліджені зразки з добавками осаду гальваностоків в кількості до 5% від маси силікатної суміші за всіма основними фізико-технічними параметрами задовольняють вимоги нормативних документів, що ставляться до силікатної цегли. Причому найкращі технічні характеристики, як і слід було очікувати, мають зразки, в яких осад в кількості 1...2 % заміщає частину в'язучого, а не піску-наповнювача.

Фактором, що в значній мірі визначає можливість утилізації осаду стічних вод при виробництві силікатної цегли, є її відповідність гігієнічним вимогам, які ставляться до неорганічних відходів і матеріалів з їх добавками. Проведені санітарно-хімічні дослідження показали таке.

1. Силікатна цегла з добавками осаду гальваностоків в кількості до двох відсотків за сухою масою не відрізняється за хімічним елементним складом від природних будівельних матеріалів і не містить в своєму складі потенційно небезпечних для організму і навколишнього середовища елементів.

2. Кількісні рівні вмісту в складі силікатної цегли сполук біологічно активних елементів (хром-III, свинець, сурма, нікель) не відрізняються від їх концентрацій в матеріалах, використовуваних в будівельній практиці (табл. 3).

Таблиця 3

Вміст біологічно активних елементів у складі силікатної цегли з добавками осаду гальваностоків

Елементи	Вміст, ваг. %		
	силікатна цегла з добавками	допустима норма	допустимі відхилення
хром-III	0,060	0,080	0,005
цинк	0,008	0,010	0,003
нікель	0,002	0,003	0,001
свинець	0,0010	0,0010	0,0005
сурма	0,0002	0,0010	0,0005
ртуть, талій, берилій, селен, хром VI, миш'як	не виявлені	відсутність	

3. Силікатна цегла з добавками осаду є хімічно стабільним матеріалом. За даними ІЧ-спектральних і рентгеноструктурних досліджень встановлено, що до її складу входять важкорозчинні у воді гідроксиди і силікати. Це підтверджується результатами лабораторних досліджень, які свідчать про те, що матеріал виділяє в спонукаючі середовища слідові кількості катіонів біологічно активних сполук (табл. 4).

4. Матеріал не містить в своєму складі будь-яких летючих компонентів (оксиди азоту та сірки, меркаптани, органічні сполуки), які можуть становити потенційну небезпеку для організму і навколишнього середовища. Радіоактивність силікатної цегли не відрізняється від фонові (0,6 пКи/кг).

У результаті проведених санітарно-хімічних досліджень можна зробити висновок, що силікатна цегла з добавками осаду гальваностоків в кількості до 2% відповідає гігієнічним вимогам і може бути рекомендованою до застосування за призначенням.

Відповідно до описаних вище результатів досліджень для отримання силікатної цегли з оптимальними характеристиками осад слід додавати в силікатну суміш замість відповідної частини в'язучого в процесі її приготування. З огляду на його високу вологість для найбільш ефективного помелу осаду рекомендується застосовувати бігуни мокрого помелу, використовувані зазвичай при виробництві

керамічної цегли для помелу глини. За відсутності зазначеного обладнання помел осаду може здійснюватися і в трубному млині, що застосовується на силікатних заводах для спільного помелу вапна і піску.

Після дозування осаду з тим же ступенем точності, як в'язуче і пісок, його необхідно змішувати з ними в двохвальному багатооборотному лопатовому змішувачі. При цьому вносити зміни в кількість води, яка використовується для зволоження маси, немає необхідності, оскільки при вмісті осаду 1...2% вологість силікатної маси при завантаженні в силос змінюється в допустимих межах 0,5%.

Таким чином, при додаванні осаду в силікатну суміш до технологічного регламенту силікатного заводу повинні бути додані такі технологічні зміни: помел осаду, дозування в'язучого, піску і осаду. Необхідне додаткове устаткування: бункер осаду, стрічковий живильник осаду, бігуни мокрого помелу або трубний млин, шнековий живильник осаду.

Висновки. За результатами проведених досліджень виявлено, що силікатна цегла з добавками осаду гальваностоків в кількості до 2% відповідає будівельно-технічним та гігієнічним вимогам і може бути рекомендованою до застосування за призначенням. Запропоновано рекомендації щодо доповнення технологічного регламенту виробництва силікатної цегли з добавками осаду.

Таблиця 4

Рівні міграції значущих в гігієнічному відношенні елементів з силікатної цегли з добавками осаду гальваностоків в спонукаючі водні середовища

Елементи	Рівні, мг/л		ГДК, мг/л
	водне середовище	кислотне середовище*	
залізо	0,02	0,100	1
хром-III	0,03	0,005	0,5
цинк	0,02	0,012	1
мідь	0,11	0,003	1
нікель сурма свинець	не виявлені		
лужні	7,5	13,8	30 за калієм
лужно-земельні	6,0	9,5	300 за кальцієм

* – середовище, яке імітує кислотні дощі (pH = 5,5) при 25...30°C

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Зайнуллин Х. Н. Утилизация осадков сточных вод гальванических производств. Уфа [б.и.], 2003. 272 с.
2. Кальгин А. А. и др. Промышленные отходы в производстве строительных материалов. М. : [б.и.], 2002. 131 с.
3. Сидоров В. М. и др. Бетон с добавкой осадка гальваносток / Передовой научно-производственный опыт, рекомендуемый для внедрения в строительстве объектов агропромышленного комплекса : Научно-технический информ. сб. [б.и.] 1990. Вып. 5. с. 21 – 25.
4. Казанский В.М. и др. Использование осадка гальваносток в бетоне / Передовой научно-производственный опыт, рекомендуемый для внедрения в строительстве объектов агропромышленного комплекса: Научно-технический информ. сб. [б.и.] 1990. Вып. 9. с. 15 – 19.
5. Клапченко В. И., Краснянский Г. Е., Дугинов В. Е., Кучерова Г. В. Утилизация осадка гальваносток при производстве бетона / Містобудування та територіальне планування : Наук.-техн. збірник. К : КНУБА, 2011. Вип. 39. с. 38 – 41.

REFERENCES:

1. Zainullyn Kh. N. (2003). Utilization of sewage sludge from galvanic productions. Ufa, Russia : [N.p.] [in Russian]
2. Kalhyn A. A. & other (2002). Industrial waste in the production of building materials. Moscow, Russia : [N.p.] [in Russian]
3. Sydorov V. M. & other (1990). Concrete with the addition of a sediment of galvanic drains. Advanced scientific and production experience recommended for the implementation of the construction of agro-industrial complex facilities, issue. 5. 21 – 25 [in Russian]
4. Kazanskyi V.M. & other (1990). The use of galvanic drains sludge in concrete. Advanced scientific and production experience recommended for the implementation of the construction of agro-industrial complex facilities, issue. 9. 15 – 19 [in Russian]
5. Klapchenko V. Y., Krasnianskyi H. E., Duhynov V. E., Kucherova H. V. (2011). Recycling of galvanic drains during the manufacture of concrete. Urban and territorial planning, issue 39. 38 – 41 [in Russian]

АННОТАЦИЯ

Использование промышленных отходов в строительной индустрии является перспективным направлением снижения себестоимости продукции и уменьшения негативной нагрузки на окружающую среду. По результатам строительно-технических (исследовались прочность при сжатии и изгибе, водопоглощение, водостойкость, морозостойкость, средняя плотность и прочность сцепления с раствором) и санитарно-химических (исследовались химический состав и количественные уровни миграции химических соединений в водную среду и среду, имитирующую кислотные дожди) испытаний показано, что силикатный кирпич с добавками осадка гальваносток в количестве до 2% соответствует строительно-техническим и гигиеническим требованиям и может быть рекомендован к применению по назначению. Предложены рекомендации по дополнению технологического регламента производства силикатного кирпича с добавками осадка.

Ключевые слова: осадок сточных вод; утилизация; силикатный кирпич; строительно-технические, санитарно-химические исследования.

ANNOTATION

Utilization of industrial waste in the construction industry is a promising direction in reducing the cost of production and reducing the negative impact on the environment. It is shown from the results of construction-technical (compressive strength and bending strength, water absorption, water resistance, frost resistance were investigated, average density and adhesion strength with solution) and sanitary-chemical (chemical composition and quantitative levels of chemical compound migration into the aquatic environment and the environment simulating acid rains were investigated) tests that silicate brick with additives of galvanic sediments in an amount of up to 2% corresponds to construction-technical and hygienic requirements and can be recommended for the intended use. Recommendations for the addition of technological regulations for silicate brick production with additives of sewage sludge are proposed.

Keywords: sewage sludge; recycling; silicate brick; construction-technical, sanitary-chemical research.