

УДК 628.336.32:666.71

Засідко І. Б., завідувач сектору (Державне агентство водних ресурсів України, м. Київ, Україна), **Полтуренко М. С., д.т.н., професор,** **Мандрик О. М., д.т.н., професор** (Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ)

ОСАДИ СТИЧНИХ ВОД ЯК ВТОРИННА СИРОВИНА У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕГЛИ

Осади стічних вод (ОСВ), що утворюються на очисних спорудах комунальних підприємств є відходами, кількість і накопичення яких на мулових майданчиках з року в рік зростає. Діючі мулові майданчики для зневоднення осадів часто не мають гідроізоляції і є джерелом забруднення ґрунтових вод та повітря. З огляду на це, осади міських стічних вод є небезпечними в санітарно-гігієнічному і екологічному відношенні і вимагають, з метою запобігання неконтрольованих забруднень, спеціальної обробки та пошуку нових напрямів їх утилізації.

Основними напрямками утилізації ОСВ є дорожнє будівництво та сільське господарство. Одним із перспективних напрямів використання ОСВ є виробництво цегли. В даний час в склад шихти для отримання цегли вводять золу і шлаки теплових електростанцій, металургійні шлаки, відходи гірничодобувних галузей промисловості, вуглезбагачувальних фабрик та осади станцій аерації.

В роботі обґрунтовано можливість утилізації ОСВ у виробництві цегли. Введення модифікуючої добавки в керамічну масу дозволило покращити якісні характеристики цегли повнотілої рядової: підвищити пористість, знизити щільність та зменшити теплопровідність. Використання ОСВ при отриманні цегли вирішує екологічні проблеми, пов'язані з забрудненням навколишнього середовища, розширює сировинну базу для керамічних матеріалів.

Ключові слова: утилізація, термічний піроліз, модифікуюча добавка, керамічна маса.

Актуальність проблеми. Однією із надзвичайно важливих проблем в комплексі питань захисту довкілля є проблема знешкодження та утилізації осадів стічних вод (ОСВ), що утворюються на міських очисних спорудах. Ця проблема з кожним роком набуває особливої актуальності та вимагає нагального розв'язання, оскільки зберігання ОСВ на території очисних споруд перетворює їх в джерело бактеріальної і токсикологічної небезпеки. При фільтрації ОСВ в ґрунт забруднюються ґрунтові води, а в результаті їх випаровування з мулових

майданчиків забруднюється атмосферне повітря. Кількість осадів зростає з кожним роком і в цілому по Україні становить понад 5 млрд т. Для зберігання такої кількості осадів із господарського обороту вилучено більше 10 тис. га землі, відсутність процесу утилізації ОСВ призводить до відчуження все нових ділянок землі під площадки складування і з кожним роком ця територія збільшується [1-2]. Ця проблема характерна і для Івано-Франківської області. Так, в Івано-Франківську на очисних спорудах КП «Івано-Франківськводокотехпром» є 13 мулових майданчиків, загальною площею 17400 м², на які щодобово поступає 49 т зневодненого осаду. В м. Коломия на очисних спорудах КП «Коломияводоканал» є 6 мулових майданчиків загальною площею 7000 м², на які щодобово поступає біля 10 т осаду, а в м. Калуш на мулові майданчики ТОВ «Карпатнафтохім» щодобово перекачується після переробки господарсько-побутових стоків біля 15 т осаду. В цілому на мулових майданчиках області площею біля 35 тис. м² зберігається понад 40 тис. тонн осаду господарсько-побутових стоків. Мулові майданчики заповнені більше допустимої норми і тільки незначна частина ОСВ утилізується в сільському господарстві [3-6]. Високий ризик забруднення довкілля вимагає пошуку нових напрямів утилізації ОСВ.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз літературних джерел показує, що найпоширенішими методами утилізації ОСВ є внесення їх в ґрунти в якості мінеральних добрив, використання в якості кормових добавок, у виробництві будівельних матеріалів та дорожньому будівництві. Відомі методи утилізації ОСВ в якості наповнювача в асфальтобетон, в підстилаючий шар дорожнього покриття та використання їх у виробництві цементу [7-17]. Проте, останні наукові дослідження у сфері вирішення проблеми накопичення і утилізації ОСВ свідчать про перспективність їх використання у виробництві керамічної плитки та цегли. В даний час в склад шихти для отримання цегли вводять золу і шлаки теплових електростанцій, металургійні шлаки, відходи гірничодобувних галузей промисловості, вуглезабачувальних фабрик та осади станцій аерації [18-22].

Метою досліджень є встановлення можливості утилізації ОСВ у виробництві цегли та покращення її якісних показників.

Методика експерименту. Перед введенням в керамічну масу ОСВ проходили попередню обробку шляхом зневоднення, подрібнення, а потім їх піддавали піролізу при температурі 600-700° С.

Можливість використання ОСВ у виробництві керамічних матеріалів перевірялася як для лицьової цегли, так і для рядової повнотілої цегли. Використовували в якості сировини 3 види шихти з помірно пластичної жовтої, середньо пластичної сірої глини та аргіліту:

- шихта № 1: жовта і сіра глини у співвідношенні 65% і 35%;

- шихта № 2: жовта і сіра глини у співвідношенні 30% і 70%;
- шихта № 3: жовта і сіра глини у співвідношенні 65%, 35% і аргіліт.

Сировину подрібнювали, змішували і зволожували до формувальної вологості. В отриману масу вводили модифікуючу добавку. Для шихти № 1 відсоток модифікуючої добавки становив 1,0-6,0 та 10,0 від маси зразка. Для шихти № 2 відповідно – 3,0; 5,0; 10,0; 15,0; 20,0 та 30,0. Для шихти № 3 – 1,0 та 5,0. Лабораторні зразки формувались в металевих формах розміром 50x50x15 мм за допомогою дерев'яного молотка. На сформованих зразках вказували відсоток ОСВ та залишали для повітряного висушування протягом 5 діб, а потім випалювали. Випал лабораторних зразків проводився в електричній печі при температурі 950° С за таким режимом:

– підйом від 20° С до максимальної температури зі швидкістю 120° С /год –7,5-8 годин;

– витримка при кінцевій температурі – 2 години [24].

Якісні характеристики цегли – це водопоглинання, щільність, пористість, теплопровідність, міцність. Водопоглинання – це здатність матеріалу вбирати і утримувати в собі воду. Визначали цей показник наступним чином: зразок висушували до постійної ваги і зважували у сухому стані. Потім зразок протягом 48 годин насичували водою і знову зважували. Різниця у вазі, виражена у відсотках, характеризує ступінь водопоглинання матеріалу. Такі характеристики цегли, як пористість, щільність та теплопровідність пов'язані між собою. Чим нижча щільність цегли, тим вища її пористість і нижча теплопровідність [25].

Пористість цегли – це ступінь заповнення об'єму матеріалу порами, величина відносна, виражається у відсотках або частках об'єму матеріалу. Визначалася зануренням сухої цегли в воду на три дні. Після цього цеглу зважували і визначали на скільки відсотків мокра цегла стала важчою після перебування у воді.

Щільність цегли – величина фізична, яка представляє собою відношення маси однорідного матеріалу до займаного ним об'єму. Визначається в кг/м³ або в г/см³. Щільність завжди обернено пропорційна пористості.

Марка цегли – межа міцності при стискуванні, це здатність цегли чинити опір деформаціям і внутрішнім напруженням, не руйнуючись при цьому і показує яке навантаження на 1 см² поверхні може витримати цегла. Зразки для визначення марки, що складаються з двох цеглин або з двох половинок цегли перед випробуванням занурюють у воду на 5 хвилин, потім поверхні вирівнюють цементним розчином, витримують три доби при температурі 20° С та відносній вологості 90-95%. Випробування на міцність проводять на гідравлічно-

му пресі, тиск якого має бути перпендикулярним до поверхні цеглин і навантаження зростає рівномірно. Міцність цегли залежить від пористості та щільності [26].

Теплопровідність будівельних матеріалів – процес перенесення теплової енергії частками матеріалу через власний об'єм і значення показника вказує на те, скільки теплоенергії (Вт) буде втрачатися кожним метром квадратним зовнішньої поверхні цегляної конструкції при однометровій товщині і різниці температур між внутрішньою і зовнішньою поверхнею в один градус [$kt = \text{ват}/(m \times t)$]. Фактична теплопровідність цегли повністю залежить від щільності цегли – чим менша щільність цегли, тим нижча буде теплопровідність. Чим більше в цеглі порот, тим нижча її теплопровідність і тим ефективніша вона у процесі збереження тепла [27].

Результати експериментальних досліджень та обговорення.

Серед будівельних матеріалів найширшого використання знаходить рядова повнотіла цегла. В такій цеглі відсутні порожнини всередині, вона служить для зведення фундаментів, несучих стін і перегородок. Оскільки така цегла схована за декоративним шаром, вимоги ДСТУ до її зовнішнього вигляду мінімальні: лицьова поверхня може бути грубою, шорсткою, не мати однорідного кольору, допускається викривлення ребер і граней. Після випалу зразків проведено дослідження їх зовнішнього виду та фізико-механічних властивостей. На поверхні зразків виявлено видимі вкраплення ОСВ. Це значить, що керамічна маса непридатна для отримання цегли лицьової, а може бути використана для цегли повнотілої рядової, якщо інші показники будуть відповідати вимогам нормативної документації [29]. В табл. 1-3 приведено результати визначення водопоглинання (W, %) модифікованих лабораторних зразків цегли.

Таблиця 1

Водопоглинання лабораторних зразків цегли,
виготовлених із шихти № 1

№ з/п	Склад шихти № 1		ОСВ, %	W, %
	Жовта глина, %	Сіра глина, %		
1	65	35	1	11,0
2	65	35	2	11,2
3	65	35	3	11,6
4	65	35	4	12,3
5	65	35	5	13,0
6	65	35	6	15,8
7	65	35	10	16,6

Таблиця 2

Водопоглинання лабораторних зразків цегли,
виготовлених із шихти № 2

№ з/п	Склад шихти № 2		ОСВ, %	W, %
	Жовта глина, %	Сіра глина, %		
1	30	70	3	15,9
2	30	70	5	16,6
3	30	70	10	21,7
4	30	70	15	23,8
5	30	70	20	25,8
6	30	70	30	29,3

Таблиця 3

Водопоглинання лабораторних зразків цегли,
виготовлених із шихти № 3

№ з/п	Склад шихти № 3			ОСВ, %	W, %
	Жовта глина, %	Сіра глина, %	Аргіліт, %		
1	30	70	1	1	19,3
2	30	70	2	2	20,2
3	30	70	3	3	20,3
4	30	70	4	4	21,0
5	30	70	5	5	21,8

Дані таблиць 1-3 свідчать про те, що вологість зразків з шихти № 2 та № 3 є високою і такі композиції не можна використовувати для отримання цегли, оскільки це призведе до зменшення морозостійкості. Саме тому для подальших досліджень відібрані зразки, виготовлені з шихти № 1. Лабораторні зразки, водопоглинання яких становить 11–13%, досліджені на пористість та щільність.

Встановлено, що пористість зразків збільшується зі збільшенням вмісту модифікуючої добавки, а їх щільність відповідно зменшується, при цьому міцність при стиску відповідає марці М 125 (табл. 4).

Таблиця 4

Пористість та щільність лабораторних зразків

№ з/п	ОСВ, %	Пористість, %	Щільність, кг/м ³	Міцність при стиску, кгс/м ³
1	1	8,00	1650	125,9
2	2	8,10	1632	125,6
3	3	8,13	1609	125,5
4	4	8,22	1595	125,3
5	5	8,30	1570	125,0

Аналіз фізико-механічних властивостей лабораторних зразків з табл. 4 вказує на те, що найбільш ефективним буде введення модифікуючої добавки ОСВ в кількості 5% від маси цегли. При такому вмісті добавки пористість цегли найбільша, щільність найменша і міцність цегли при стиску відповідає марці М 125.

Проведено також порівняльні дослідження фізико-механічних властивостей лабораторних зразків з модифікуючою добавкою в кількості 5% від маси цегли із властивостями цегли, виготовленої за технологічним регламентом підприємства Івано-Франківський завод ПАТ «Будівельні матеріали».

Окрім пористості, щільності та міцності було також визначено теплопровідність зразків, яка є важливою характеристикою цегли. Теплопровідність зразків залежить від щільності цегли і зменшується зі зниженням щільності цегли (табл. 5).

Таблиця 5

Порівняльний аналіз зразків цегли

№ з/п	Показники	Стандартні зразки	Зразки з добавкою 5% ОСВ
1	Пористість, %	8,00	8,30
2	Щільність, кг/м ³	1650	1570
3	Теплопровідність, Вт/м*К	0,62	0,60
4	Марка міцності	125	125

Порівняльний аналіз зразків цегли підтверджує, що при введенні модифікуючої добавки ОСВ в керамічну масу покращуються значення всіх показників в порівнянні із показниками цегли, отриманої за технологічним регламентом Івано-Франківського заводу ПАТ «Будівельні матеріали». Було досягнуто збільшення пористості на 4%, щільність зменшилася на 5%, теплопровідність знизилася на 3,2%, а міцність цегли залишилася незмінною.

Висновки:

1. Отримана модифікуюча добавка шляхом термічного піролізу ОСВ при температурі 600-700° С.

2. Введення модифікуючої добавки в керамічну масу дозволяє підвищити пористість, знизити щільність та зменшити теплопровідність цегли повнотілої рядової.

3. Використання техногенної сировини при отриманні цегли сприяє утилізації осадів стічних вод, вирішує екологічні проблеми, пов'язані із забрудненням навколишнього середовища, розширює сировинну базу для виробництва керамічних матеріалів.

1. Міністерство екології та природних ресурсів України. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році / Міністерство екології та природних ресурсів України. – К. : – 2011. – 254 с.

2. Міністерство екології та природних ресурсів України. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні в 2012 році / Міністерство екології та природних ресурсів України. Київ: ТОВ «Центр», 2013. – 415 с.

3. Івано-Франківська обласна державна адміністрація. Регіональна доповідь «Про стан навколишнього природного середовища в Івано-Франківській області в 2014 році» / Департамент екології та природних ресурсів. Івано-Франківськ. – 2015. – 240 с.

4. Технологічний регламент роботи станції аерації КП «Івано-Франківськводокотехпром». – 2012.

5. Технологічний регламент роботи станції аерації КП «Коломияводоканал». – 2012.

6. Технологічний регламент роботи станції аерації ТОВ «Карпатнафтохім». – 2012.

7. Веремеєнко С. І. Шляхи раціонального вирішення проблеми утилізування осадів стічних вод в м. Рівному / Веремеєнко С. І., Кучерова А. В. // Матеріали V Международной конференции «Сотрудничество для решения проблемы отходов», Харьков, 2008. – 280 с.

8. Касатиков В. А. Утилизация осадков сточных вод и бытовых отходов / В. А. Касатиков // Водоснабжение и санитарная техника. – 1990. – № 3. – С. 23–25.

9. Евилевич А. З. Утилизация осадков сточных вод / Абрам Захарович Евилевич. – М. : Стройиздат, 1978. – 87 с.

10. Гольдфарб Л. Л. Опыт утилизации осадков городских сточных вод в качестве удобрения / Л. Л. Гольдфарб, И. С. Туровский, С. Д. Беляева. – М. : Стройиздат, 1983. – 60 с.

11. Добриво з осадів стічних вод : ТУ 204 України 76-93 / Держ. комітет України з житл.-комун. господарства. – Харків, 1994. – С. 16.

12. Юхневський П. І. Будівельні матеріали та вироби / Юхневський П. І., Широкий Г. Т. – Мн. : УП «Технопринт», 2002. – 293 с.

13. Бреус Р. В. Зниження об'ємів накопичення відходів водоочищення – осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон; автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.01 / Р. В. Бреус; Український науково-дослідний інститут екологічних проблем. – Харків, 2007. – 20 с.

14. Основи виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів / Рунова Р. Ф., Шейнич Л. О., Гелевера А. Г., Гоц В. І.– К., КНУБА, 2001. –354 с.

15. Energetyczne wykorzystanie odpadów w przemyśle cementowym / J. Bień, M. Sanytsky, K. Rećko, S. Khrunyk // Budownictwo o zoptymalizowanym potencjale energetycznym. Praca zbiorowa / pod red. T. Bobko. – Częstochowa (Poland), 2007. – S. 11–16.

16. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов-на Дону, 2007. – 308 с. **17.** Гироль Н. Н. Разработка технологии производства керамического гравия из осадков промстоков водоочистной станции для их утилизации / Н. Н. Гироль, С. Д. Бойчук, В. А. Мякишев и др. // Строительство и техногенная безопасность: Сборник научных трудов НАПКС. – Симферополь, 2006. – № 15-16. – С. 143–147. **18.** Абдрахимов Д. В. Керамічна цегла з відходів виробництв / Д. В. Абдрахимов, Е. С. Абдрахимова, В. З. Абдрахимов // Будівельні матеріали. – 1999. – № 9. – С. 34–35. **19.** Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов-на Дону, 2007. – 308 с. **20.** Боженков П. И. Строительная керамика из побочных продуктов промышленности / П. И. Боженков, И. В. Глибина, Б. А. Григорьев. – М. : Стройиздат, 1986. – С. 7–30. **21.** Патент RU 2481304. Керамическая композиция для изготовления легковесного кирпича МПК С 04 В 33/132. / Абдрахимов В. З., Абдрахимова Е. С., патентообладатель – автономное муниципальное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Самарская академия государственного и муниципального управления" (АМОУ ВПО "САГМУ") (RU). – заявл.16.08.2011; опубл. 10.05.2013. **22.** Патент RU 2064901. Способ приготовления керамической массы, МПК С 03В 33/00 / Землянухин А. В., Неумеечева С. Н., Басова Г. М.; заявитель и патентообладатель ТзОВ «Экология». – заявл.09.02.1994; опубл. 10.08.1996 бюл. № 11. **24.** Технологічний регламент виробництва цегли Івано-Франківського заводу ПАТ «Будівельні матеріали», 2010. **25.** Лукин Е. С. Технический анализ и контроль производства керамики: учеб. пособие для техникумов / Е. С. Лукин, Н. Т. Андрианов. – изд. 2-е, пер. и доп. – М. : Стройиздат, 1986. – 272 с. **26.** Домокеев О. Г. Строительные материалы / Домокеев О. Г. – К., «Вища школа», 1988. – 264 с. **27.** Чудновський А. Ф. Теплофізичні характеристики дисперсних матеріалів, М., 1962. **28.** Бакунов В. С. Практикум по технологии керамики и огнеупоров / В. С. Бакунов, В. Л. Балкевич, И. Я. Гузман / – М. : Стройиздат, 1972. – 350 с. **29.** ДСТУ Б.2.7-61:2008. Вироби бетонні стінові дрібно штучні. Технічну умови – К., Мінрегіонбуд України, 2009. – 51 с.

Рецензент: к.т.н., доцент Герасімов Є. Г. (НУВГП)

Zasidko I. B., Head of Sector (State Agency of Water Resources of Ukraine, Kyiv, Ukraine), **Polturenko M. S., Doctor of Engineering, Professor, Mandryk O. M., Doctor of Engineering, Professor** (Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, Ukraine)

SEDIMENTS FROM EFFLUENTS AS A SECONDARY RAW MATERIAL IN BRICK MAKING

Sediments from effluents that are formed at treatment facilities of communal enterprises are sediments that increase and accumulate every year on sludge drying beds. The operating sludge drying beds for sediments dehydration often are lacking hydro isolation and are the source of pollution of soil waters and air. Based on above mentioned, the sediments of urban effluents are dangerous in terms of sanitation and hygiene and environment requiring special processing and search of new ways of utilization with aim of uncontrolled pollution prevention.

The main trends in utilization of sediments from effluents are: road construction and agriculture. One of the perspective use of sediments from effluents is brick making. At present, the elements of charging material for brick making include ash and slag of thermal power plants, smelter slag, mining industrial wastes, coal washing plants and aeration stations sediments.

In our work, we substantiate the possibility of use of sediments from effluents in brick making. Adding the modifying agent to ceramic mass has enabled improvement of quality characteristics of solid common brick: increase of voids content, decrease of density and thermal conductivity reduction. The use of sediments from effluents in brick making will solve the environmental problems connected with environment pollution and expand the range of raw products for ceramic materials.

Keywords: utilization, thermal pyrolysis, modifying agent, ceramic mass.

Засидко И. Б., начальник сектора (Государственное агентство водных ресурсов Украины, г. Киев, Украина) **Полутренко М. С., д.т.н., профессор,** **Мандрык О. Н., д.т.н., профессор** (Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, г. Ивано-Франковск)

ОСАДКИ СТОЧНЫХ ВОД КАК ВТОРИЧНОЕ СЫРЬЕ В ПРОИЗВОДСТВЕ КИРПИЧА

Осадки сточных вод (ОСВ), образующиеся на очистных сооружениях коммунальных предприятий – это отходы, количество и накопление которых на иловых площадках из года в год увеличивается. Действующие иловые площадки для обезвоживания осадков во многих случаях не имеют гидроизоляции и становятся источником загрязнения грунтовых вод и воздуха. Поэтому, осадки сточных

вод опасны с санитарно-гигиенической и экологической точки зрения и требуют, с целью предотвращения неконтролируемых загрязнений, специальной обработки и поиска новых направлений их утилизации.

Основными направлениями утилизации ОСВ является дорожное строительство и сельское хозяйство. Одно из перспективных направлений утилизации ОСВ – производство кирпича. В настоящее время в состав шихты для получения кирпича вводят золу и шлаки тепловых электростанций, металлургические шлаки, отходы горнодобывающей отрасли промышленности, углеобогатительных фабрик и осадки станций аэрации.

В работе обоснована возможность утилизации ОСВ в производство кирпича. Введение модифицирующей добавки в керамическую массу улучшает качественные характеристики кирпича полного рядового: повышает пористость, снижает плотность и уменьшает теплопроводность. Использование ОСВ при получении кирпича решает экологические проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды, расширяет сырьевую базу для керамических материалов.

Ключевые слова: утилизация, термический пиролиз, модифицирующая добавка, керамическая масса.
