

## ФОСФОГІПС У ВИРОБНИЦТВІ СУЧАСНИХ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вінницький національний технічний університет

### *Анотація*

*У даній доповіді запропоновано розглянути переваги застосування фосфогіпсу при виробництві сучасних будівельних матеріалів.*

**Ключові слова:** фосфогіпс, суха будівельна суміш, відходи хімічної промисловості, екологічність.

### *Abstract*

*In this report, it is proposed to consider the advantages of using phosphogypsum in the production of modern building materials.*

**Keywords:** phosphogypsum, dry construction mixture, chemical industry waste, environmental friendliness.

### Вступ

Сучасна будівельна галузь стикається з викликами, які потребують інноваційних підходів і рішень. Однією з ключових задач є пошук матеріалів, які б відповідали вимогам якості, економічної ефективності та сталого розвитку. У цьому контексті використання промислових відходів, таких як фосфогіпс, стає важливою складовою формування нових будівельних технологій.

Фосфогіпс — це побічний продукт хімічної промисловості, що утворюється в процесі виробництва фосфорної кислоти та фосфатних добрив. Щороку у світі утворюються мільйони тонн цього матеріалу, значна частина якого накопичується на спеціальних полігонах, створюючи екологічні проблеми. Проте його хімічний склад і фізичні властивості відкривають можливості для застосування у будівництві, зокрема у виробництві гіпсокартону, цементу, штукатурних сумішей та інших матеріалів.

Фосфогіпс належить до IV класу небезпеки (малонебезпечний), що свідчить про можливість його використання й перероблення, однак відсоток його утилізації невисокий. Розвиток нових технічних рішень утилізації фосфогіпсу, що відповідають концепції сталого розвитку, є актуальним та своєчасним завданням, вирішення якого дозволить зменшити техногенне навантаження в регіонах складування цих відходів і виробити комплексний підхід до можливості його використання в технологіях захисту довкілля [1-3].

Мета цієї доповіді — висвітлити перспективи використання фосфогіпсу у виробництві сучасних будівельних матеріалів, розглянути його переваги, виклики та шляхи впровадження. Ми проаналізуємо досвід застосування цього матеріалу в різних галузях, оцінюючи його технічні, економічні та екологічні аспекти.

Переконаний, що комплексний підхід до переробки фосфогіпсу може не лише зменшити навантаження на навколишнє середовище, але й стати важливим кроком у напрямку сталого розвитку будівельної галузі.

### Результати дослідження

Фосфогіпс — це побічний продукт, що утворюється під час розкладу фосфатних руд сірчаною кислотою. Його основним компонентом є дигідрат сульфату кальцію ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), але в ньому також присутні домішки фторидів, важких металів та радіоактивних елементів [4-7].

Щорічно у світі утворюється понад 300 мільйонів тонн фосфогіпсу, більшість якого зберігається на спеціальних звалищах. Це створює екологічні проблеми, зокрема забруднення ґрунтів, водних ресурсів та повітря. Незважаючи на ці ризики, фосфогіпс має значний потенціал для повторного використання, особливо в будівельній галузі.

Розглянемо основні напрямки застосування фосфогіпсу у будівництві:

1. Виробництво гіпсокартону та штукатурних сумішей. Фосфогіпс може використовуватися для виготовлення гіпсокартонних плит, які є основним матеріалом для оздоблювальних робіт. Крім того, він застосовується у виробництві штукатурних сумішей, забезпечуючи їх необхідну пластичність та міцність. Завдяки цьому можливо скоротити витрати на добування природного гіпсу [8-10].

Гіпсові сухі будівельні суміші мають широкий асортимент та сферу застосування. На основі гіпсового в'язучого, одержаного з фосфогіпсу, виготовляють сучасні модифіковані штукатурні та шпатлювальні стартові та фінішні маси, клейові суміші для приклеювання гіпсокартонних плит та зароблення швів між ними. Гіпсовий клей також використовується для склеювання гіпсових пазогребневих плит [11-13]. В останні роки закордонні і деякі вітчизняні фірми стали випускати сухі гіпсові будівельні суміші для влаштування підлог (наливні підлоги) [14-17]. Однак, низька водостійкість гіпсового в'язучого в таких виробках вимагає введення до СБС водостійких наповнювачів та гідрофобізаторів.

2. Цементна промисловість. Фосфогіпс використовується як регулятор твердіння цементу, замінюючи природний гіпс. Це дозволяє зменшити собівартість цементу, зберігаючи його фізико-механічні властивості. Дослідження підтверджують, що добавки фосфогіпсу покращують якість бетону та сприяють підвищенню його довговічності.

3. Виробництво будівельних блоків. Фосфогіпс може служити сировиною для створення блоків і плит, які мають теплоізоляційні властивості. Інноваційні технології дозволяють змішувати його з іншими матеріалами, отримуючи легкі та екологічно чисті будівельні елементи.

Переваги використання фосфогіпсу:

- економічна вигода: використання фосфогіпсу замість природного гіпсу знижує витрати на сировину та виробництво;
- зменшення екологічного навантаження: переробка фосфогіпсу знижує обсяги промислових відходів, скорочуючи площі звалищ і ризик забруднення довкілля;
- підвищення стійкості будівельних матеріалів: додавання фосфогіпсу до сумішей покращує їх міцність і довговічність.

Попри значний потенціал, використання фосфогіпсу в будівельній галузі викликає певні труднощі:

- токсичні домішки: для безпечного використання необхідно очищати фосфогіпс від радіонуклідів і важких металів;
- регуляторні бар'єри: у багатьох країнах використання фосфогіпсу регулюється суворими нормами, що обмежує його застосування;
- недостатня популяризація: потрібно більше наукових досліджень і розробок для популяризації технологій переробки фосфогіпсу.

У майбутньому розвиток технологій переробки фосфогіпсу може зробити його важливою складовою сталого будівництва. Це дозволить не лише вирішити проблему накопичення відходів, але й створити якісні, доступні та екологічні будівельні матеріали.

### Висновки

Фосфогіпс, хоча і є побічним продуктом хімічної промисловості, має значний потенціал для використання у виробництві сучасних будівельних матеріалів. Його фізико-хімічні властивості дозволяють замінити природний гіпс і створювати високоякісні будівельні продукти. Це сприяє вирішенню проблеми накопичення відходів і робить будівництво більш екологічним.

Попри переваги, використання фосфогіпсу стикається з низкою обмежень, зокрема наявністю токсичних домішок і регуляторними бар'єрами. Однак розвиток технологій очищення та модифікації може усунути ці перешкоди, зробивши матеріал безпечним і доступним для широкого використання.

Проведення наукових досліджень у галузі переробки фосфогіпсу є важливим для вдосконалення технологій, створення інноваційних матеріалів та підвищення їх конкурентоспроможності. Інвестиції в ці дослідження принесуть як економічну вигоду, так і екологічну користь.

Застосування фосфогіпсу у будівництві є прикладом циркулярної економіки, де відходи стають цінним ресурсом. Це сприяє створенню екологічно безпечних і доступних матеріалів, що відповідають сучасним вимогам сталого розвитку.

Фосфогіпс — це не лише виклик, а й можливість для будівельної галузі. Його ефективна переробка та використання можуть стати важливим внеском у розвиток екологічно чистого будівництва, зменшення впливу промислових відходів та створення кращого майбутнього для наступних поколінь.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Яхненко О. М. Екологічно безпечна утилізація фосфогіпсу у технологіях захисту атмосферного повітря : автореф. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Суми, 2017. 248 с.

2. Ковальський В. П. Пріоритетні напрямки утилізації фосфогіпсових відходів [Текст] / В. П. Ковальський // Матеріали V міжнародної науково-практичної конференції "Прикладні науково-технічні дослідження", Івано-Франківськ, 5-7 квітня 2021 р. – Івано-Франківськ : Кушнір Г. М., 2021. – С. 309-310.
3. Зузяк С. Ю. Жаростійкий будівельний матеріал на основі комплексного в'язучого [Текст] / С. Ю. Зузяк, В. П. Ковальський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 10 -11 травня 2019 р. – Черкаси : ЧПБ, 2019. – С. 25-26.
4. Rashad A. M. Phosphogypsum as a construction material. *Journal of Cleaner Production*. 2017. Vol. 166. P. 732–743. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.049> (date of access: 19.11.2024).
5. Ковальський В. П. Доцільність використання фосфогіпсу для приготування сухих будівельних сумішей [Текст] / В. П. Ковальський, С. Ю. Зузяк // Прикладні науково-технічні дослідження : матеріали II міжнар. наук.-практ. конф., 3-5 квітня 2018 р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2018. – С. 156.
6. Ковальський В. П. Композиційні в'язучі речовини на основі відходів промисловості [Електронний ресурс] / В. П. Ковальський, Т. Г. Шулік, В. П. Бурлаков // Матеріали XLVII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 14-23 березня 2018 р. - Електрон. текст. дані. - 2018. - Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2018/paper/view/5035/4128>
7. Ковальський В. П. В'язуче з відходів для дорожнього будівництва [Текст] / В. П. Ковальський, М. О. Постолатій, А. В. Комаринський // Збірник матеріалів Міжнародної науково-технічної конференції "Інноваційні технології в будівництві (2018)", 13-15 листопада 2018 р. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – С. 185-189.
8. The Development of a New Phosphogypsum-Based Construction Material: A Study of the Physicochemical, Mechanical and Thermal Characteristics / H. Garbaya et al. *Materials*. 2021. Vol. 14, no. 23. P. 7369. URL: <https://doi.org/10.3390/ma14237369> (date of access: 19.11.2024).
9. Використання відходів промисловості для виробництва ефективних будівельних матеріалів [Текст] / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, М. П. Машницький, А. Ф. Діденко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2010. - № 2. - С. 53-55.
10. В'язуче з відходів для дорожнього будівництва [Текст] / М. Ф. Друкований, В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, В. П. Чепуренко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2004. – Т. 1. - С. 50-54.
11. Новосад П.В, Королько С.В, Солтисік Р.А. використання роздільського фосфогіпсу у виробництві сухих будівельних сумішей. *Електронний архів Національного університету "Львівська політехніка"*. URL: <https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/4708/51-276-280.pdf>.
12. Лемешев, М. С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М. С. Лемешев, О. В. Христин, О. В. Березюк // *Materials XI Mezinarodni vedecko-prakticka konference "Aktualni vymozenosti vedy – 2015"*. – Praha: Education and Science, 2015. – Dil 7. – S. 60-62.
13. Використання відходів промисловості для виробництва ефективних будівельних матеріалів [Текст] / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, М. П. Машницький, А. Ф. Діденко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2010. - № 2. - С. 53-55.
14. Дворкін Л.Й. Сухі Будівельні суміші з використанням фосфогіпсу / Л.Й. Дворкін, А.В. Мироненко, Т.О. Поліщук-Герасимчук // *Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природокористування. Збірник наукових праць*. – Рівне, 2008. – № 2 (42). Ч. 1. – С. 230–235.
15. Стаднійчук М. Ю. В'язучі з використанням промислових техногенних відходів [Текст] / М. Ю. Стаднійчук, О. В. Березюк // *Збірник наукових праць Всеукраїнської науково-технічної конференції молодих учених та студентів "Еколого-енергетичні проблеми сучасності"*, 13 квітня 2017 р. – Одеса : ОНАХТ, 2017. – С. 11-12.
16. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." *International Science Group*. – Boston : Primedia eLaunch, 616 p. (2021)
17. Березюк, О. В., М. С. Лемешев, and В. П. Ковальський. "Будівельні вироби з механоактивованих промислових, побутових відходів." (2023).

**Тимошенко Віталій Олександрович** – студент групи 192-23а, Факультет будівництва цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, Вінниця. E-mail: vitalikymoshenko@gmail.com

**Ковальський Віктор Павлович** — канд. техн. наук, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com ORCID 0000-0002-3103-6319.

**Тимосенко Віталій Олександрович** - student of group 192-23a, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. E-mail: vitaliktymoshenko@gmail.com

**Kovalskiy Viktor Pavlovych** — Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of the Department of Construction, Urban Management and Architecture, Vinnitsa National Technical University. Email: kovalskiy.vk.vntu.edu@gmail.com ORCID 0000-0002-3103-6319.