

НОРМАТИВНО-ПРАВОВІ АСПЕКТИ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОГІПСУ В УКРАЇНІ ТА СВІТІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даній роботі запропоновано розглянути нормативно-правові аспекти використання фосфогіпсу в Україні та світі.

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

Abstract

This report proposes to consider the regulatory and legal aspects of the use of phosphogypsum in Ukraine and the world.

Keywords: phosphogypsum, dry building mix, chemical industry waste, environmental friendliness, circular economy.

Вступ

Фосфогіпс — це сполука фосфору з гіпсом, побічний продукт хімічної промисловості, що утворюється в процесі виробництва фосфорної кислоти та фосфатних добрив. 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 [1-3]. Щороку у світі утворюються мільйони тон цього матеріалу, значна частина якого накопичується на спеціальних полігонах, створюючи екологічні проблеми [4-6]. Проте його хімічний склад і фізичні властивості відкривають можливості для застосування у будівництві, зокрема у виробництві сухих будівельних сумішей, гіпсокартону, цементу та інших матеріалів [7-9].

Більшість фосфогіпсу зберігається на спеціальних звалищах, в результаті його щорічного утворення понад 300 мільйонів тон. Така значна кількість фосфогіпсу створює екологічні проблеми, зокрема забруднення ґрунтів, водних ресурсів та повітря [10-13]. Незважаючи на ці ризики, фосфогіпс має значний потенціал для повторного використання, особливо в будівельній галузі [14-16].

Мета моєї доповіді — розглянути нормативно-правові аспекти фосфогіпсу, його правовий статус в Україні та світі. Показати, як різні країни регулюють обіг фосфогіпсу, які обмеження діють, і які підходи можуть бути корисні для України.

Результати дослідження

Розглянемо регуляторний статус фосфогіпсу.

Фосфогіпс вважається відходом якщо не проходить очистку або не відповідає нормам радіаційної та хімічної безпеки; підпадає під норми про поводження з відходами; потрібна утилізація, паспорти безпеки, контроль зберігання; використання сильно обмежене [17-19].

Продукт (сировина), якщо провести очищення або підтвердження якості; в Європейському Союзі діє поняття End-of-Waste Status (матеріал перестає бути відходом, якщо відповідає стандартам).

Отже, правовий статус визначає можливість повторного використання.

В Європейському Союзі діє загальний підхід циркулярної економіки, щоб мінімізувати відходи. Країни Євросоюзу дозволяють використання фосфогіпсу при виробництві будівельних матеріалів за умови дотримання EN 13279, EN 197-1, EN 15804.

В США EPA (Environmental Protection Agency) класифікує фосфогіпс як TENORM – технологічно вдосконалений природний радіоактивний матеріал. TENORM визначається, як «природні радіоактивні матеріали, які були сконцентровані або потрапили в доступне середовище в результаті діяльності людини, такої як виробництво, видобуток корисних копалин або обробка води». Таку класифікацію присвоїли фосфогіпсу через наявність в ньому Ra-226 [20-22]. Фосфогіпс заборонено використовувати у житловому будівництві. Дозволено лише у дорожньому будівництві та за індивідуальним дозволом.

Китай має один із найліберальніших підходів і розглядає фосфогіпс як цінний вторинний ресурс. В Китаї є національні стандарти на виробу з фосфогіпсу: гіпсові плити, цементні модифікатори, дорожні матеріали. Уряд підтримує утилізацію через програми субсидій і державні науково-дослідні інститути.

Індія дозволяє широке використання у цементній та будівельній промисловості. Норми BIS регулюють домішки та радіаційну безпеку.

Бразилія використовує фосфогіпс у сільському господарстві та частково в будівництві. Державна агенція ядерної енергії (CNEN) визначає фосфогіпс як NORM (naturally occurring radioactive material) і встановлює ліміти для ґрунтоорієнтованого використання.

Порівняємо основні параметри регулювання фосфогіпсу в кожній країні (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльна таблиця основних параметрів регулювання фосфогіпсу в кожній країні

Країна	Класифікація	Радіоактивні межі (Ra-226)	ГДК важких металів	Дозволене використання	End-of-waste
Україна	Відходи виробництва. Зберігається у відвалах	Немає власних норм	За загальними санітарними нормами	Використовується в основному як меліорант для ґрунтів	ЗУ «Про управління відходами» запроваджує поняття EoW (End of Waste)
ЄС	Відходи (WFD 2008/98)	Інтенсивність будівельних матеріалів $Ra \leq 300$ Бк/кг	Загальні директиви на ґрунти/добрива; у разі добрив – дуже низькі рівні Cd, Pb тощо	Обмежено: як добавка до цементу, шляхових матеріалів, ґрунтів (за умовою безпеки)	EoW-критерії не розроблені; PG лишається відходом
США	Радіоактивні відходи (TENORM)	Для агровикористання: ≤ 10 pCi/g (~370 Бк/кг); Будівельні блоки: радіофлюкс < 40 кБк/м ²	ЕРА звертає увагу на важкі метали; конкретних галузевих лімітів на фосфогіпс немає	Агровикористання (досліди, меліоранти) та R&D дозволені; будівництво доріг – під суворим контролем	EoW-процедури немає; кожне вивільнення PG схвалюється ЕРА
Китай	Класу відходу; новий стандарт HJ 1415-2025 регламентує утилізацію	Очікується встановлення по HJ 1415: наприклад, будматеріали (радіація) – 400 Бк/кг	За чинним: ґрунтові ГДК (напр., $Hg \leq 1,5$ мг/кг; $Cd \leq 0,3$) для безпеки експлуатації	Активно використовують: у цементі, блоках, дор. підсипках, агролікуванні (за техн. нормами)	Немає формального EoW; «очищений» фосфогіпс все ще визнається субстанцією відходу
Індія	Побічний продукт добувної пром-сті; не вважається небезпечним	$Ra-226 \leq 1$ Бк/г для продажу у будматеріалах (достатньо < 10 pCi/g); Агро: обмежень за радіацією – немає	Стандарти IS (для агродобри і цементу): встановлено низькі ліміти металів (десятки мг/кг)	Широко у сільському господарстві (рідко як добриво визнаний) та в будівництві (панелі, цемент)	Спеціальних EoW критеріїв нема; кожне використання контролюється уповноваженими органами
Бразилія	Клас II твердих залишків (не небезпечний) за ABNT	Для агросектору – $Ra-226/228 \leq 1000$ Бк/кг (CNEN)	Стандарти IN-27: $As \leq 10$; $Cd \leq 20$; $Pb \leq 100$; $Cr \leq 200$; $Hg \leq 0.2$ (мг/кг)	Активно: основне – як ґрунтовий кондиціонер (Cerrado), також у цементі/гіпсових виробках	Офіційно фосфогіпс – побічний продукт; «end-of-waste» не проголошено, але агровикористання за нормами дозволено

Фосфогіпс в Україні переважно є відходом виробництва і зберігається у спеціальних відвалах. В нормативних документах його не переведено в категорію вторинної сировини, хоча перехід до принципів циркулярної економіки передбачено Законом України «Про управління відходами» [23].

В Україні нема окремих норм на радіологічні показники фосфогіпсу, вміст важких металів, токсичних домішок, кислотності. Нема стандартів на очищений або модифікований фосфогіпс для будматеріалів. Промисловість не має правового підґрунтя, щоб довести безпеку продукту.

Висновки

В Україні фосфогіпс формально залишається відходом, а не вторинною сировиною. Через це будь-яке використання фосфогіпсу автоматично прирівнюється до операцій з відходами, що ускладнює впровадження технологій переробки.

Україна має найменшу частку переробки фосфогіпсу серед розглянутих країн. Найбільше використовують у Бразилії та Китаї. Україна залишається у групі держав з найбільшим рівнем складування фосфогіпсу, що створює екологічні ризики та втрату потенційної економічної вигоди.

Фосфогіпс в Україні є значним, але, наразі, нереалізованим потенціалом. Використання фосфогіпсу у зведенні будівель є прикладом циркулярної економіки, де відходи перетворюються на значущий ресурс. Це сприяє формуванню екологічно безпечних і доступних матеріалів, що відповідають актуальним потребам сталого розвитку. При правильному регулюванні він може стати важливою частиною відбудови України, переходу до циркулярної економіки, екологічного оздоровлення територій колишніх хімзаводів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Ковальський В. П. Доцільність використання фосфогіпсу для приготування сухих будівельних сумішей / 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.
2. 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.
3. Використання відходів промисловості для виробництва ефективних будівельних матеріалів / В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, М. П. Машницький, А. Ф. Діденко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. - 2010. - № 2. - С. 53-55.
4. Стаднійчук М. Ю. В'яжучі з використанням промислових техногенних відходів / 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.
5. Ковальський В. П. В'яжуче з відходів для дорожнього будівництва / 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.
6. Березюк О. В. Фосфогіпсозолоцементні та металофосфатні в'яжучі з використанням відходів виробництва / М. С. Лемешев, О. В. Христич, О. В. Березюк // Сучасні екологічно безпечні та енергозберігаючі технології в природокористуванні : Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених і студентів. – Київ : КНУБА, 2011. – Ч. 1. - С. 125-128.
7. Ковальський В. П. Композиційні в'яжучі речовини на основі відходів промисловості / 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>
8. Постолатій М. О. Радіаційна небезпека будівельних матеріалів / М. О. Постолатій, 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. 68-69 с.
9. В'яжуче з відходів для дорожнього будівництва / 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.
10. Лемешев, М. С. Комплексна переробка техногенних відходів хімічної промисловості та металообробних виробництв / М. С. Лемешев, О. В. Христич, О. В. Березюк // Materialy XI Mezinarodni vedecko-prakticka konference "Aktualni vymozenosti vedy – 2015". – Praha: Education and Science, 2015. – Dil 7. – S. 60-62.

11. Ковальський В. П. Пріоритетні напрямки утилізації фосфогіпсових відходів / 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.

12. 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.

13. Bereziuk O. V. Means for measuring relative humidity of municipal solid wastes based on the microcontroller Arduino UNO R3 / O. V. Bereziuk, M. S. Lemeshev, V. V. Bohachuk, M. Duk // Proc. SPIE, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High Energy Physics Experiments 2018. – 2018. – Vol. 10808. – No. 108083G. – <https://doi.org/10.1117/12.2501557>.

14. Tymoshenko V., Kovalskiy V. The processing technologies are considered and the possibility of using phosphogypsum for the production of dry building mixtures is substantiated // Матеріали LIV Всеукраїнської науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 24-27 березня 2025 р. Електрон. текст. дані. 2025. URI: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2025/paper/view/24515>.

15. Kalafat, K., L. Vakhitova, and V. Drizhd. "Technical research and development." International Science Group. Boston : Primedia eLaunch, 616 . (2021).

16. Ковальський В. П. Доцільність використання фосфогіпсу для приготування сухих будівельних сумішей / 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.

17. 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).

18. 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).

19. 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>.

20. Христич О. В. Параметри радіоактивності будівельних матеріалів / О. В. Христич, В. П. Ковальський, В. П. Бурлаков // Матеріали III міжнародної науково-практичної конференції "Прикладні науково-технічні дослідження", 3-5 квітня 2019 р. – Івано-Франківськ : Симфонія форте, 2019. – С. 184.

21. Олійник Ю. Г. Захист середовища від радіоактивного впливу шляхом змінення складу бетону / Ю. Г. Олійник, В. П. Ковальський, // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів і студентів "Наука про цивільний захист як шлях становлення молодих вчених", 13 травня 2020 р. – Черкаси : ЧПБ, 2020. – С. 34-36.

22. Бурлаков В. П. Джерела радіоактивності / В. П. Бурлаков, 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. 13-14.

23. Про управління відходами : Закон України від 20.06.2022 № 2320-IX : станом на 31 жовт. 2025 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2320-20#Text> (дата звернення: 17.11.2025).

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

Tymoshenko Vitaliy O. - student of group 192-23a, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia. E-mail: vitaliktymoshenko@gmail.com

Kovalskiy Viktor P. — 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