



Матеріали XXV Міжнародної науково-практичної конференції
«Екологія. Людина. Суспільство»
пам'яті д-ра Дмитра СТЕФАНІШИНА
(12 червня 2025 р., м. Київ, Україна)

Proceedings of the XXV International Science Conference
«Ecology. Human. Society»
dedicated to the memory of Dr. Dmytro STEFANYSHYN
(June 12 2025, Kyiv, Ukraine)

ISSN (Online) 2710-3315

<https://doi.org/10.20535/EHS2710-3315.2025.332294>

APPLICATION OF LOW-SOLUBILITY DOLOMITE MINERAL FOR PHOSPHORUS RECOVERY

Thi-Hanh HA¹, Yao-Hui HUANG², Ming-Chun LU^{1,3}

¹Department of Environmental Engineering, National Chung Hsing University
Taichung 402, Taiwan

²Department of Environmental Engineering, National Cheng Kung University
Tainan 70101, Taiwan

³Innovation and Development Center of Sustainable Agriculture,
National Chung Hsing University
Taichung 402, Taiwan

e-mail: mmclu@nchu.edu.tw

Abstract

This study aimed to determine whether seeding with low-solubility dolomite improves the efficiency, product quality, and scalability of phosphorus (P) recovery by fluidized-bed crystallization compared with an unseeded (homogeneous) mode, and to identify operating conditions that maximize recovery while yielding a reusable product. Two continuous 350-mL reactors were run in parallel under identical hydrodynamics (up-flow 30 m·h⁻¹; surface loading 0.9 kg·m⁻²·h⁻¹) and chemistry designed to favor calcium phosphate formation (pH 7.7; Ca/P = 3.5): a seeded system using dolomite as heterogeneous nuclei and an unseeded control. Seeding increased crystallization of both P and Ca from about 60% to about 80%; under optimal conditions, total removals reached ~85% for P and ~92% for Ca. X-ray diffraction and Raman spectroscopy confirmed tricalcium phosphate (Ca₃(PO₄)₂·xH₂O) as the dominant phase in both modes, while microscopy showed that the seeded bed produced larger, denser pellets with fewer fines, simplifying solid–liquid separation and supporting scale-up. Sensitivity tests across pH 6–8.7 validated the selected set-point, and “blank” runs with dolomite alone showed minimal P removal, indicating that performance gains arise from controlled supersaturation with added calcium. The recovered P, in a stable crystalline form, is suitable for slow-release fertilizers and as feedstock for bio-ceramics and bioactive glass.

Note: The results presented in this abstract have been published in *Separation and Purification Technology* as: Ha, T.H., Mahasti, N.N., Lu, M.C., and Huang, Y.H. (2022). *Sep. Purif. Technol.* 303, 122192. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122192>

Key words: fluidized-bed crystallization (FBC/FBHC), seeded crystallization, unseeded crystallization, dolomite (CaMgCO₃)₂, phosphorus recovery, calcium crystallization, pH optimization, tricalcium phosphate (Ca₃(PO₄)₂·xH₂O), slow-release fertilizer, bio-ceramics.

ЗАСТОСУВАННЯ МАЛОРОЗЧИННОГО ДОЛОМІТОВОГО МІНЕРАЛУ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ФОСФОРУ

Ті-Хань ХА

Національний університет Чен Кунг,
Taichung 402, Тайвань

Яо-Хуей ХУАНГ

Національний університет Чен Кунг,
Taichung 402, Тайвань

Мін-Чун ЛУ

Національний університет Чен Кунг,
Taichung 402, Тайвань
<https://orcid.org/0000-0001-5293-0718>

Анотація

Метою дослідження було з'ясувати, чи підвищує внесення малорозчинного доломіту як ядер кристалізації ефективність вилучення фосфору (Р) зі стічних вод шляхом кристалізації у псевдозрідженому шарі порівняно з гомогенним режимом, а також визначити режими роботи, які забезпечують максимальний ступінь вилучення та придатність отриманого продукту до повторного використання.

У дослідженні використовували два безперервні реактори об'ємом 350 мл, що працювали паралельно за однакових гідродинамічних умов (висхідний потік $30 \text{ м} \cdot \text{год}^{-1}$; поверхневе навантаження $0,9 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{год}^{-1}$) і хімічних параметрів, налаштованих на утворення фосфатів кальцію (рН 7,7; $\text{Ca/P} = 3,5$). Було встановлено, що порівняно з гомогенним режимом застосування ядер кристалізації підвищило ступінь кристалізації як Р, так і Са приблизно з 60% до близько 80% (за оптимальних умов загальне вилучення сягало ~85% для Р і ~92% для Са). Рентгенофазовий аналіз і раманівська спектроскопія підтвердили, що домінуючою фазою в обох режимах є трикальційфосфат ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), тоді як мікроскопія показала, що у випадку використання ядер кристалізації утворюються більші й щільніші гранули з меншою кількістю тонкодисперсних частинок, що спрощує розділення твердої та рідкої фаз і сприяє масштабуванню. Перевірка в межах рН 6–8,7 підтвердила, що вибране робоче рН є оптимальним, а контрольні запуски процесу лише з доломітом засвідчили мінімальне вилучення Р, що вказує: приріст ефективності зумовлений керованим перенасиченням за рахунок додавання кальцію.

Зроблено висновок, що вилучений фосфор перебуває у стабільній кристалічній формі й придатний для використання у добривах сповільненої дії, а також як сировина для виготовлення біокераміки та біоактивного скла.

Примітка: результати дослідження опубліковано в журналі Separation and Purification Technology: Ha, T.H., Mahasti, N.N., Lu, M.C., and Huang, Y.H. (2022). Sep. Purif. Technol. 303, 122192. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.122192>

Ключові слова: кристалізація у псевдозрідженому шарі (FBC/FBHC), досівний метод, бездосівний метод, доломіт (CaMgCO_3)₂, відновлення фосфору, кристалізація кальцію, оптимізація рН, трикальційфосфат ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$), добриво з повільним вивільненням, біокераміка.