

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України
Департамент екології та природних ресурсів Полтавської ОДА
University of Natural Resources and Life Sciences Vienna (BOKU), Austria
Bialystok University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Environmental
Sciences, Department of HVAC Engineering
Institute of Mathematical Sciences, Faculty of Science,
University of Malaya, Kuala-Lumpur, Malaysia
Jamia Millia Islamia, New Delhi, India
Laval University, Quebec, Canada
Sindh Madressatul Islam University, Karachi, Pakistan
Deutsche Gesellschaft Für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Gemeinde Filderstadt, Deutschland
University of Stuttgart, Stuttgart, Deutschland
Муниципалітет м. Фільдерштадт, Німеччина
Державна екологічна академія післядипломної освіти та управління
Національний університет «Львівська політехніка»
Національний технічний університет України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
«Київський політехнічний університет імені І. Сікорського»
Одеський державний екологічний університет
Сумський національний аграрний університет
Сумський державний університет
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Вінницький національний технічний університет
Запорізький національний університет
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Національний технічний університет «Харківський політехнічний університет»
Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
ТОВ «НЬЮФОЛК НТЦ»
СП «Полтавська газонафтова компанія»

IV Міжнародна науково-практична конференція «Екологія. Довкілля. Енергозбереження»



Полтава, НУП, 7-8 грудня 2023 року

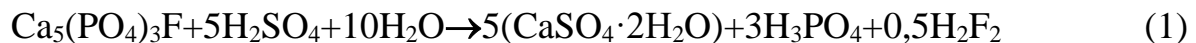
¹*Крот О. П., д. т. н., професор, ²Пуховой О. В., аспірант*

¹*Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»,
м. Полтава, Україна*

²*Харківський національний університет міського господарства
імені О.М. Бекетова, м. Харків, Україна*

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ФОСФОГІПСУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

В Україні накопичилася велика кількість промислових та побутових відходів. Відходи складуються на полігонах чи відвалах. Місця поховання відходів є джерелом безконтрольного забруднення навколишнього середовища, які негативно впливають протягом тривалого часу. Одним із найбільш багатотонних твердих відходів виробництва мінеральних добрив є фосфогіпс. Фосфогіпс – побічний продукт, що утворюється при виробництві фосфорної кислоти з апатитових і фосфоритових руд:

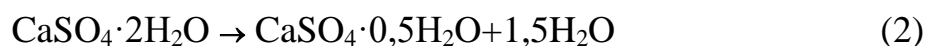


В Україні є чотири різновиди фосфогіпсу: відвальний фосфогіпс із апатитового концентрату з терміном зберігання (10-30) років (рис.1), відвальний фосфогіпс із фосфоритів з терміном зберігання менше десяти років, сформований у найближчий час фосфогіпс із фосфоритів і відвальний фосфогіпс із урановмісних фосфоритів.



Рисунок 1 – Відвальний фосфогіпс

При цьому фосфогіпс може служити сировиною для виробництва будівельного гіпсу:



Фосфогіпс у своєму складі містить понад 90% кристалів $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, але також містить домішки, такі як фосфати, фториди та сульфати, радіонукліди, які зустрічаються в природі, важкі метали та інші мікроелементи. Все це призводить до негативного впливу на довкілля при зберіганні фосфогіпсу у відвалах [1].

Біодоступність радіонуклідів оцінювали [2] у бразильських виробників фосфорної кислоти. Результати показують, що хоча всі ці елементи збагачені у зразках фосфогіпсу, вони не пов'язані з самим CaSO_4 і тому не становлять загрози для навколишнього водного середовища. Тому радіоактивність фосфогіпсу слід вимірювати та враховувати у кожному конкретному випадку. При виробництві фосфорної кислоти з апатитового концентрату на 1 т корисного продукту одержують 4 ÷ 6 т відходів, що містять гіпс. Питання переробки гіпсовмісних відходів є особливо актуальним.

Існують різні напрями використання фосфогіпсу: використання фосфогіпсу при виробництві будівельних матеріалів [3,4]; застосування у будівництві автомобільних доріг [5,6]; утилізація як добрива у сільському господарстві [7].

Найбільш рентабельним використанням фосфогіпсу є перетворення його на напівводяний (будівельний) гіпс шляхом випалу в тонко дисперсному стані. Основна проблема переробки фосфогіпсу в напівводяний гіпс, на думку авторів, полягає не стільки в екологічній небезпеці домішок, що входять у фосфогіпс відвальний, скільки в його тонко дисперсності, наявності в ньому фізичної вологи, а також у відмінності кристалічної структури в порівнянні з використовуваним двома водяним гіпсом. Вологість фосфогіпсу у відвалах висока і змінна, змінюється від 20 до 40% у залежності від пори року і кількості опадів, що випадають. Вологість природного гіпсового каменю зазвичай не перевищує 5-8%. Цим пояснюється менша енергоємність і більша стабільність процесу виробництва будівельного гіпсу саме з вичопного природного двоугідрату.

Проблема зниження енергоємності виробництва має першорядне значення не тільки в плані енергетичної незалежності, але й з точки зору забезпечення конкурентоспроможності продукції як на зовнішньому, так і на внутрішньому ринках. Виробництво гіпсу вимагає вдосконалення технологічного процесу термічної обробки з метою зменшення затрат енергетичних ресурсів з урахуванням екологічних проблем. Однак, енергоємність гіпсових в'язків на підприємствах вище аналогічних показників іноземних держав, тому необхідно шукати шляхи зниження витрат енергії на термічну обробку гіпсових в'язків. І в умовах постійно зростаючих цін на паливні ресурси вирішення проблем енергозбереження набуває все більшої актуальності. Теоретична енергетична потреба хімічних реакцій у процесі одержання гіпсових в'язучих, у середньому, в чотири рази

є меншою в порівнянні з отриманням цементного клінкеру, але фактичні витрати теплової енергії в промислових умовах виявляються на одному рівні, а іноді й перевищують витрати на отримання цементного клінкеру. Розробка комплексу, що дозволяє переробляти вологий і високоадгезійний фосфогіпс, використовуючи тепло згоряння альтернативного палива.

При тепловій обробці фосфогіпсу розрізняють такі стадії процесу: підведення теплоти до поверхні частинок або шматків вихідного матеріалу, випаровування фізичної вологи, нагрівання матеріалу до температури дегідратації та хімічна реакція гіпсу дегідратації. Аналіз наукових досліджень [9] із утилізації фосфогіпсу для отримання з нього будівельного гіпсу та інших будівельних матеріалів та виробів розкриває проблему енергоємності цих технологій [10].

Для того, щоб почався процес дегідратації гіпсу, що лежить в основі технології отримання всіх гіпсових в'язучих речовин, необхідно до вихідного гіпсу підвести теплоту й передати її. Випаровування фізичної вологи починається вже при незначному нагріванні, одночасно, починаючи з 60-70 °С, від молекул відщеплюється кристалізаційна вода. За цих температур процес протікає дуже повільно. Інтенсивна дегідратація починається при температурах матеріалу 97-105 °С. У стандартній заводській технології для одержання напівгідрату підтримується температура 120-170 °С. Подальше підвищення температури до 210 °С призводить до появи зневоднених напівгідратів.



Рисунок 2 – Фосфогіпс для експериментів

Як сировина для виробництва гіпсових в'язучих в експериментальних дослідженнях використовувався відхід хімічної промисловості – фосфогіпс із відвалів заводу мінеральних добрив із фосфоритової сировини. Фосфогіпс

є тонкодисперсним порошком (рис.2), частково скомкованим, що легко набирає вологу.

Використані інформаційні джерела:

1. Tayibi H., Choura M., Lo'pez F.A., Alguacil F.J. and Lo'pez-Delgado A. «Environmental impact and management of phosphogypsum», *Journal of Environmental Management*, Vol. 90, (2009), pp. 2377-2386, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2009.03.007>.
2. Santos A.J.G., Mazzilli B.P, Fávaro D.I.T., Silva P.S.C. «Partitioning of radionuclides and trace elements in phosphogypsum and its source materials based on sequential extraction methods», *Journal of environmental radioactivity*, Vol.87, Is.1, (2006), pp.52–61, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2005.10.008>.
3. Gorakh S. Bandgar, Madhav B. Kumthekar, Amarsinh B. Landage «A Review of Effective Utilization of Waste Phosphogypsum as a Building Material», *International Journal of Engineering Research*, Vol.5, Is.1, (2016), pp:277–280, <http://dx.doi.org/10.17950/ijer/v5is1/065>.
4. Mohammad A. Aliedeh and Nabeel A. Jarrah «Application of full factorial design to optimize phosphogypsum beneficiation process (P2O5 Reduction) by using sulfuric and nitric acid solutions», *Sixth Jordanian International Chemical Engineering Conference, Amman, Jordan*, (2012), pp:1–10, available online: <http://www.jeaconf.org/>.
5. Paige-Green, P., Gerber, S. «An Evaluation of the Use of By-product Phosphogypsum as a Pavement Material for Roads», *South African Transport Conference «Action In Transport for the New Millenium»*, (2000), Conference papers.
6. Stanisław Folek, Barbara Walawska, Bożena Wilczek and Jolanta Miśkiewicz, «Use of phosphogypsum in road construction», *Polish Journal of Chemical Technology*, Vol.13, Is.2, (2011), pp:18–22, <https://doi.org/10.2478/v10026-011-0018-5>.
7. C. Papastefanou, S. Stoulos, A. Ioannidou, M. Manolopoulou. «The application of phosphogypsum in agriculture and the radiological impact», *Journal of Environmental Radioactivity*, Vol.89, Is.2, (2006), pp:188–198, <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2006.05.005>.