

## ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ

DOI: 10.31319/2519-2884.46.2025.17

УДК 661.846

**Гуляєв В.М.**, д.т.н., професор, ORCID: 0000-0002-4991-6250, e-mail: vgulyaev@dnepro.net

**Кравченко О.В.**, д.т.н., професор, ORCID: 0009-0006-8833-3441,

e-mail: alkkravchenko59@gmail.com

**Коваленко А.Л.**, к.х.н., доцент, ORCID: 0000-0003-1496-6634,

e-mail: alla.kovalenko.1948@gmail.com

**Анацький М.С.**, здобувач третього (доктор філософії) рівня, e-mail: chemistes@gmail.com

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

**Gulyaev Vitalii**, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies, rector

**Kravchenko Oleksandr**, Doctor of technical sciences, Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies

**Kovalenko Alla**, Candidate of chemical sciences, Associate Professor of the Department of Chemical and Biological Technologies

**Anatskyi Maksym**, postgraduate student

Dniprovsky State Technical University, Kamianske

### ОГЛЯД СПОСОБІВ ВИРОБНИЦТВА МАГНІЙ ОКСИДУ

*У статті проаналізовано основні способи промислового виробництва магній оксиду — сполуки, яка широко застосовується в різних галузях. Охарактеризовані три типи магній оксиду та сфери їх застосування. Досліджено обсяги виробництва і перспективи розвитку світового ринку магnezії. Описана технологія отримання магній оксиду «сухим» та «мокрим» способами з мінералу магnezиту та розсолів магній хлориду (зокрема з розсолів бішофіту) відповідно. Досліджені основні переваги та недоліки даних способів, враховуючи наявність сировинної бази, вплив виробництва на навколишнє середовище та якість кінцевого продукту. Шляхом порівняння двох методів визначена перспективність подальшого дослідження та вдосконалення технології отримання магній оксиду з розсолів бішофіту.*

**Ключові слова:** магній оксид; магnezія; магnezит; бішофіт; прожарювання; розсіл.

*This paper analyzes a literature review of the main methods of production of magnesium oxide, a substance that has various uses in various industries. Three types of magnesia and areas of their were described. The volume of magnesium oxide production and perspectives of the world magnesia market growing were analyzed. Two methods of magnesium oxide production are described: the “dry method” from the magnesite mineral and the “wet method” from magnesium chloride brines (from bishofite in particular). The main advantages and disadvantages were explored and the perspectives of further search were established, considering raw materials availability, impact of technology on environment and the final product quality. Comparing the two methods the prospects of further exploring and improvement of the technology of magnesium oxide production from bishofite brines were determined.*

**Keywords:** magnesium oxide; magnesia; magnesite; bishofite; calcination; brine.

### Постановка проблеми

Магній оксид (MgO, магnezія) — це найважливіша сполука магнію промислового значення. Магній оксид є незамінним в аграрному, промисловому, медичному, хімічному та вогнетривкому секторах промисловості. Магній оксид застосовується в будівельній сфері в якості розширюючого та зв'язуючого агента. Приблизно 56 % магній оксиду, що виробляється, застосовується в будівництві в ролі вогнетривкого матеріалу. До того ж, додавання магній оксиду до

будівельних матеріалів підвищує їх стійкість до пошкоджень комахами, пліснявою, вологою, підвищує їх міцність.

В електронній промисловості тонкодисперсний магній оксид використовується в якості абразиву.

У виробництві гуми магній оксид застосовується в якості наповнювача гумових сумішей, а також як активатор для прискорення процесів вулканізації гуми. Крім того, магній оксид часто використовують:

- у целюлозно-паперовій галузі;
- для очищення нафтопродуктів;
- у сільському господарстві як добриво, антикоагулянт для добрив та кормова домішка для тварин;
- у медицині в якості антиацидного засобу, а також для профілактики захворювань серцево-судинної та нервової систем;
- у харчовій промисловості в якості розпушувача, а також для прискорення процесу гідрогенізації жирів;
- у косметології в якості агента, що запобігає утворенню грудочок у готовій продукції, а також в якості буферу;
- у процесах переробки радіонуклідів.

#### Аналіз останніх досліджень та публікацій

Фізико-хімічні властивості MgO, а – отже – і сфера його застосування, залежать від температури прожарювання. Розрізняють три види магнезії: обпалена магнезія, каустична кальцинована магнезія (ККМ) та плавлена магнезія (ПМ) [1].

Каустичну кальциновану магнезію отримують за температур 700—1000 °С. Вона відрізняється високою чистотою, розвиненою поверхнею та підвищеною реакційною здатністю. Використовується як кислота нейтралізуючий інгредієнт у мастилах, як наповнювач у полімерах, як акцептор кислоти, як каталізатор у згущувачах для посилення пігментів, а також в процесах вулканізації гуми. Властивості ККМ обумовлюють високий попит та широкий спектр галузей застосування.

Обпалена (випалена) магнезія отримується при температурах 1500—2300 °С. Має більш щільну поверхню та низьку реакційну здатність. Температура плавлення випаленої магнезії є найвищою серед усіх широко використовуваних тугоплавких мінералів і відіграє значну роль у багатьох промислових процесах в якості вогнетривкого матеріалу.

Плавлену магнезію отримують розплавленням високосортного магнезиту в електродугових печах за температури близько 3000 °С. Як наслідок, утворюються масивні кристали більшого розміру, що мають високу щільність. Плавлена магнезія відрізняється високою хімічною стійкістю, міцністю та стійкістю до стирання. Завдяки цим властивостям, плавлена магнезія знаходить використання в якості електро- та теплоізолюючого матеріалу, у виробництві вогнетривів, в термоядерних реакторах [1].

Світові потужності з виробництва магній оксиду в 2023 році склали 16 млн. тон. Лідером з виробництва магній оксиду є Китай, який збільшив обсяги виробництва від 4,2 млн. тон в 2001 році до 10,8 млн. тон в 2023. Таким чином, в 2023 році в Китаї вироблено 67,5 % від світового обсягу магній оксиду [2]. Подальше зростання виробництва MgO обумовлене зростанням попиту на вогнетривкі матеріали, використанням в сільському господарстві та захисті навколишнього середовища, а також розвитком виробництва магній оксиду високого ступеню чистоти. Додатковий внесок у розвиток ринку магній оксиду чинить швидка індустріалізація Азійсько-Тихоокеанського регіону та збільшення використання будівельних матеріалів, що містять MgO [3]. На рис.1 наведено оціночну потужність світового виробництва кальцинованої магнезії за регіонами станом на 2023 рік [2].

Ресурси, з яких можна отримати магній оксид, варіюються від великих до практично необмежених та широко поширених в усьому світі.

Найважливішою сировиною для виробництва магнезійної продукції є:

- магнезит (карбонат магнію)  $MgCO_3$  (сухий технологічний процес);
- брусит (гідроксид магнію)  $Mg(OH)_2$  (сухий технологічний процес);

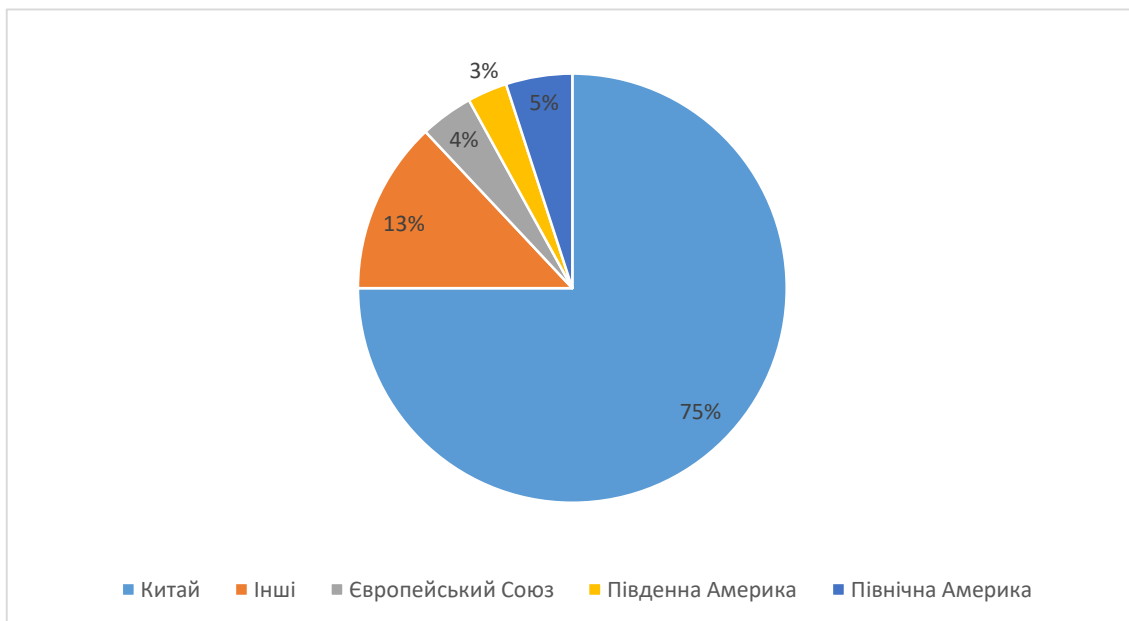


Рис. 1. Оціночна потужність світового виробництва кальцинованої магnezії за регіонами

- бішофіт (хлорид магнію) =  $MgCl_2 \cdot 6 H_2O$  (мокрый технологічний процес);
- морська вода та доломіт (мокрый технологічний процес) [4].

Розвідані світові ресурси магnezиту та бруситу складають 13 мільярдів та кілька мільйонів тон відповідно. Ресурси доломіту, фостериту, магнійвмісних евапоритових матеріалів та магнійвмісних розсолів оцінюються в мільярди тон. Можливо отримувати магній гідроксид з морської води. Загалом, глобальні ресурси магнійвмісних мінералів кількісно не підраховані, однак оцінюються як дуже великі [5].

В Україні поклади магnezиту не великі, зосереджені в Південній і Південно-Східній частині Українського щита (Придніпровський блок). Розвідане і прийняте в розробку родовище біля с. Грушівка Криничанського району Дніпропетровської області [6]. Доломіт є, зокрема, на Донбасі (Оленівське родовище), у Тернопільській області (Завадівське родовище) [7]. Промислових запасів бруситу не виявлено.

93 % магній оксиду в світі виробляється шляхом прожарювання магnezиту. 7 % магній оксиду отримується з розсолів та соляних пластів [2].

#### Формулювання мети дослідження

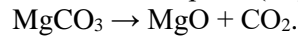
Метою дослідження є:

- порівняльний аналіз переваг та недоліків основних способів промислового виробництва магній оксиду: термічним розкладенням магnezиту («сухий метод») та переробкою магнійвмісних розсолів і мінералів, зокрема бішофіту («мокрый метод»);
- визначення більш перспективного методу отримання магній оксиду з огляду на наявність сировини, енергоємність, вплив на навколишнє середовище та чистоту кінцевого продукту;
- визначення основних напрямків досліджень для подальшого вдосконалення технології виробництва магній оксиду.

#### Виклад основного матеріалу

**Виробництво магній оксиду з магnezиту.** Магnezит, рудний магnezит — карбонатна гірська порода кристалічної або аморфної будови, що складається переважно з мінералу магnezиту з домішками гідромагnezиту, доломіту, кальциту, тальку, хлориту, глинистої та вуглистої речовин. Сировина видобувається з відкритих кар'єрів та підземних шахт і зазнає первинного подрібнення та попередньої переробки під час видобування. Для підготовки магnezиту іноді використовується підготовка важкого шламу. Сировина промивається для видалення домішок. Магnezія виготовляється шляхом обпалювання обробленої та підготовленої природної кам'яної

сировини у багатоподових печах, шахтних печах чи обертових печах спікання. Магnezит ( $\text{MgCO}_3$ ) термічно розкладається на магнезію та карбон (IV) оксид:



Ця хімічна реакція ендотермічна, потребує високої температури обпалювання і є дуже енергоємною. Вона вимагає підведення великої кількості енергії ( $\Delta H = +113$  кДж/моль  $\text{MgO}$ ). Процес розпочинається за температури близько  $550\text{--}800$  °С, за якої магнезит розкислюється і вивільняється  $\text{CO}_2$ . Продуктом цієї реакції є каустична кальцинована магнезія. На наступному етапі технологічного процесу ККМ зазнає додаткової теплової обробки (обпалювання – одноступеневого чи двоступеневого) за температур від  $1600$  до  $2200$  °С, перетворюючись у спечену чи обпалену магнезію. У процес згорання зазвичай додається повітря. У випадках, коли в процесі спікання чи обпалювання потрібні високі температури, повітря, що подається для забезпечення горіння, можна збагачувати технічно чистим киснем [4].

Температури, а також тривалість обробки, є вирішальними чинниками для отримання добре кристалізованого продукту.

Продуктом обпалювання є так званий «необроблений спечений матеріал». Після процесу обпалювання його необхідно підготувати та очистити. Підготовка та очищення магнезії з високим вмістом заліза здійснюється у два етапи:

- дроблення (сортування за густиною, кольором, флотація; очищення перед процесом обпалювання в печі);
- магнітна підготовка отриманого продукту (очищення після процесу обпалювання в печі).

Принципова технологічна схема отримання магній оксиду з магнезиту зображена на рис. 2.



Рис. 2. Принципова технологічна схема процесу отримання магній оксиду з магнезиту

Основними недоліками даної технології є: висока енергоємність, утворення великої кількості  $\text{CO}_2$ , що вивільняється з магній карбонату, на додачу до  $\text{CO}_2$ , що міститься в димових газах печей для прожарювання магнезиту, а також складність отримання магній оксиду високої чистоти.

Процес отримання  $\text{MgO}$  за сухою технологією відбувається з поглинанням великої кількості енергії, теоретична ентальпія цієї реакції становить  $2803$  МДж/кг  $\text{MgO}$ . Магнезит починає розкладатися за температури  $550$  °С і закінчує за температури нижче  $800$  °С, якщо він містить значну кількість інших карбонатів. У процесі обпалювання використовується природний газ, нафтовий кокс та мазут. У табл. 1 наведено потребу в паливі для виробництва однієї тони спеченої магнезії за допомогою процесу прямого нагрівання. Більші значення, вказані в цій таблиці, — це кількість палива, потрібна для виробництва обпаленої магнезії.

Таблиця 1. Потреба в паливі для виробництва однієї тони магній оксиду

Вид палива	Мінімум	Максимум
Природний газ	$176 \text{ м}^3 \text{ н. у./т}$	$310 \text{ м}^3 \text{ н. у./т}$
Нафтовий кокс	$240 \text{ кг/т}$	$393 \text{ кг/т}$
Мазут	$190 \text{ кг/т}$	$330 \text{ кг/т}$

Потреба в енергії для виробництва магнезії варіюється від  $6$  до  $12$  ГДж/т  $\text{MgO}$  і визначається різними факторами, такими як характеристики необпаленого магнезиту та вміст вологи в ньому [4].

Під час розкладання  $1$  кг магнезиту в цьому технологічному процесі утворюється приблизно  $522$  г  $\text{CO}_2$  та  $478$  г магнезії. Це означає, що під час виробництва однієї тони магнезії ( $\text{MgO}$ ) в результаті розкладання карбонату утворюється  $1,092$  тони  $\text{CO}_2$  [4].

Зазвичай магнезитова руда містить карбонати, силікати, залізо та глинозем. Наявність цих домішок сильно впливає на властивості кінцевого продукту. Наприклад, при високій температурі кремнезем ( $\text{SiO}_2$ ) реагує з вапном ( $\text{CaO}$ ) з утворенням бета-дисилікату кальцію, нестабільної сполуки, яка далі перетворюється на гамма-дисилікат кальцію. Всі ці зміни відбуваються із зміною об'єму, що призводить до порушення кристалічної структури магній оксиду. Домішки заліза реагують з магнезією з утворенням комплексної сполуки магній оксиду та ферум оксиду, яка закриває пори, що призводить до зниження реакційної здатності продукту [1].

Перевагами даного способу отримання магній оксиду є великі світові запаси магнезиту (хоча Україні не володіє значними покладами цього мінералу [6]) та відносна простота технологічного процесу.

**Отримання магній оксиду з бруситу.** Брусит поширений в багатьох місцях, однак у невеликих кількостях. Найбільші відомі родовища знаходяться в США, Канаді, Італії, Китаї [8]. Розробляються поклади бруситу в китайських провінціях Ляонин, Даньдун, Феньчен з подальшим отриманням магній гідроксиду та магній оксиду [9]. Процес отримання магній оксиду прожарюванням бруситу описано нижче, при розгляді виробництва магній оксиду з розсолів, що містять  $\text{MgCl}_2$ . Через невеликі запаси даного мінералу, спосіб отримання магній оксиду переробкою бруситу не відіграє значну роль в загальносвітовому виробництві магнезії.

**Отримання магній оксиду з розсолів, що містять  $\text{MgCl}_2$ .** Сировиною для отримання магній оксиду можуть бути розсоли магній хлориду, які знаходяться в природі в якості мінералу бішофіту, або розсоли, які утворюються як побічний продукт в процесі переробки калійвмісних поліметалічних руд. Ці розсоли створюють штучні соляні озера, що призводить до сильного забруднення навколишнього середовища. Це явище називають «магнієвою катастрофою» [10]. З огляду на це, технологія отримання магній оксиду з розсолів бішофіту має велике значення для утилізації відходів інших виробництв та охорони навколишнього середовища.

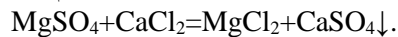
Обсяги виробництва синтетичної магнезії в 2023 році склали 1,35 млн. тон. Головними виробниками є Китай, США, Японія, Мексика та Нідерланди [2].

Великі природні поклади бішофіту зафіксовані в Німеччині, Нідерландах, Китаї, Казахстані, на Африканському континенті, а також в Україні [12]. В Україні поклади бішофіту знаходяться в Чернігівській та Полтавській областях, прогнозовані обсяги складають близько 10 мільярдів тон [13].

Синтетична магнезія, як правило, має вищу чистоту (до >99 %) і може виготовлятися з суворим контролем хімічного складу для підвищення міцності та стійкості до впливу високих температур та гідратації [2].

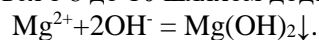
Принципову схему виробництва магній оксиду з розсолів магній хлориду наведено на рис. 3.

На підготовчій стадії сирий розсіл магній хлориду обробляється соляною кислотою для видалення бору. Для зменшення вмісту сульфатів, розсол магній хлориду обробляють розсоллом кальцій хлориду за наступною реакцією:



Гіпс, отриманий при десульфатації, спрямовується в шахти гірничо-видобувного підприємства для зменшення кількості твердих відходів. Отриманий розчин фільтрується для видалення осаду кальцій сульфату. Отриманий розсіл є готовим для використання у виробництві магній оксиду. При використанні розсолу бішофіту необхідна додаткова обробка для видалення заліза. Очищення проводиться шляхом окислення заліза до нерозчинної форми Fe (III) та подальшою мембранною фільтрацією [14].

Процес отримання магній оксиду з розсолу бішофіту або інших розчинів, що містять магній хлорид, складається з двох головних стадій: осадження та прожарювання. На стадії осадження рН розчину солі підвищується з 8 до 10 шляхом додавання луку:



Найбільш розповсюдженими лугами, які можна використати для процесу осаджування, є натрію гідроксид, аміачна вода (або чистий амоніак) та вапно/доломітове вапно ( $\text{CaO} \cdot \text{MgO}$ ). Вапно або доломітове вапно є найбільш вигідним осаджуючим агентом з економічної точки зору. З точки зору якості кінцевого продукту та ефективності осадження перевагу має NaOH,

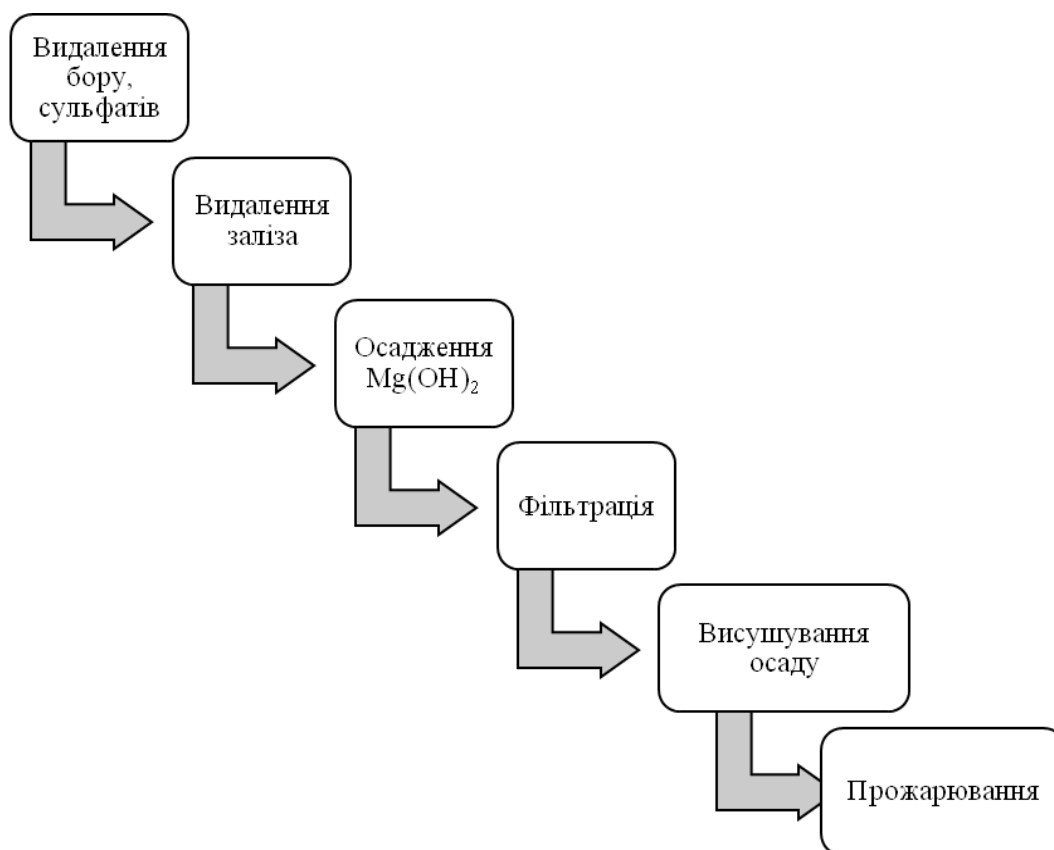
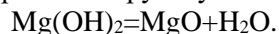


Рис. 3. Принципова схема процесу виробництва магній оксиду з розсолів магній хлориду

завдяки отриманню желатиноподібного осаду  $Mg(OH)_2$  високої чистоти, оскільки не відбувається введення в розчин сполук кальцію. На додачу, оскільки розчинність  $NaOH$  (1000 г/л при  $25\text{ }^\circ C$ ) в воді вища ніж  $Ca(OH)_2$  (1,73 г/л при  $25\text{ }^\circ C$ ), ефективність  $NaOH$  є вищою. Використання амоніаку в якості альтернативи  $NaOH$  вимагає більше уваги до безпеки проведення процесу [11]. Пульпу, що містить магній гідроксид, промивають протитоком для видалення всіх розчинених хлоридів. Під час проведення цього процесу додається флокулянт для кращого осадження та ущільнення суспензії магній гідроксиду. Суспензія зневоднюється у вакуумному фільтрі з утворенням фільтраційної корки, що містить приблизно 54 % твердої речовини [14].

Друга стадія полягає в прожарюванні бруситу:



Магній гідроксид має температуру розкладання близько  $327\text{ }^\circ C$ . Умови проведення процесу відіграють ключову роль в трансформації  $Mg(OH)_2$  в  $MgO$ . Дослідження прожарювання бруситу, отриманого взаємодією розсолу та  $NaOH$ , при температурі  $500\text{--}700\text{ }^\circ C$  та часу прожарювання 2—12 годин показало, що нижчі температури та менший час прожарювання сприяють отриманню магній оксиду з вищою реакційною здатністю [15]. Однак кількість досліджень, що присвячені вивченню оптимізації умов прожарювання  $Mg(OH)_2$  для отримання магній оксиду за більш низьких температур та меншого часу прожарювання, є обмеженою [11].

Основними недоліками даного методу є: більш складне апаратурне оформлення, порівняно з «сухою» технологією, та висока енергоємність (вища в порівнянні з технологією отримання магній оксиду з магнезиту).

Споживання енергії при виробництві синтетичної намертво обпаленої магнезії складає 11,5 ГДж/т [14]. Основні затрати енергії припадають на процеси прожарювання та спікання.

Для зменшення споживання енергії гарячий газ з печі прожарювання, що містить пил  $MgO$ , використовується для попереднього висушування осаду магній гідроксиду на фільтрі. Пил

MgO уловлюється в циклоні та електричному фільтрі та повертається в піч прожарювання [14].

Безумовними перевагами технології отримання магній оксиду з магніймісних розсолів є вища чистота продукту (до 99 %), менший вплив на навколишнє середовище та можливість використання відходів інших виробництв в якості сировини. Значні поклади бішофіту в Україні є ще одним чинником, що зумовлює перспективність розвитку даного методу отримання магній оксиду для нашої держави.

### Висновки

Магній оксид є дуже важливою речовиною, яка використовується в багатьох різних галузях. Сфери використання магній оксиду зумовлюються різними фізичними та хімічними властивостями трьох його форм. Питома площа поверхні, міцність та реакційна здатність магній оксиду залежать від температури прожарювання вихідної сировини. Каустична кальцинована магнезія отримується при температурах 700—1000 °C і має більш розвинену поверхню та вищу реакційну здатність. Намертво обпалена магнезія отримується при температурах 1500—2300 °C і має більш щільну поверхню та низьку реакційну здатність. Плавлена магнезія, отримана за температури близько 3000°C, має високу щільність, міцність та високу хімічну стійкість. Існує два основних методи промислового виробництва магній оксиду: «сухий» метод, що полягає в прожарюванні магнезиту, та «мокрый» метод, що полягає в осадженні магній гідроксиду з розсолів магній хлориду, зокрема з розсолів бішофіту, з подальшим його прожарюванням. На сьогоднішній день 93% магній оксиду виробляється за «сухою» технологією. Головними недоліками цього методу є висока енергоємність, велика кількість викидів CO<sub>2</sub> та вища кількість домішок, що впливають на властивості кінцевого продукту. Окрім цього, в Україні немає значних покладів магнезиту. З огляду на це, не дивлячись на вищу енергоємність, розвиток та вдосконалення технології отримання магній оксиду з розсолів магній хлориду, зокрема з розсолів бішофіту, є дуже актуальним напрямком досліджень. Чинниками, які зумовлюють перспективність «мокрого» методу, є великі запаси бішофіту в Україні, можливість використання відходів деяких інших виробництв, менший вплив на навколишнє середовище та вища чистота кінцевого продукту. Основними напрямками досліджень для вдосконалення технології отримання магній оксиду з бішофіту є досягнення максимального ступеню осадження магній гідроксиду, підвищення чистоти кінцевого продукту та зниження енергоємності.

### Список використаної літератури

1. Mohammed S. Alhaddad, Hussin A. M. Ahmed. A Review of Magnesite Mineral and its Industrial Application. Arab Journal for Scientific Publishing. 2022. №2.
2. The European Association of Mining Industries, Metal Ores & Industrial Minerals. Magnesia Industry Study. 2025.
3. The statistic portal Statista. 2025. Research of magnesium oxide market. URL:<https://www.statista.com>
4. Joint research center of European Comission. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture cement, lime and magnesium oxide. 2013.
5. United States Geological Survey. Magnesium Metal. 2019.
6. Матковський І.О. Магнезит. Енциклопедія Сучасної України [Електронний ресурс]. Київ: Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2017. Режим доступу: <https://esu.com.ua/article-60232>
7. Білецький В.С. Доломіт. Велика Українська Енциклопедія [Електронний ресурс]. 2021. Режим доступу: <https://vue.gov.ua/Доломіт>
8. Simandl G.J., Paradis S., Irvine M. Brucite — Industrial mineral with the future. Geoscience Canada 2007 №34 (2) URL: <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/10236>
9. Wilson Ian. Brucite, huntite and hydromagnesite: supply and markets. Proceedings of Magnesium Minerals & Markets Conference. 2023.

10. Xuyong Liu, Xiangmei Cui. Research Progress in Dehydration Technology of Bischofite for Preparing Anhydrous Magnesium Chloride. Proceedings of 6-th International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering (ICCAHE) 2016.
11. Dong H., Unluer C., Yang E.-H., Tabbaa F. Fl, Recovery of reactive MgO from reject brine via the addition of NaOH, Desalination 2018 № 429 DOI: 10.1016/j.desal.2017.12.021
12. Omelchenko N., Dmytrenko V., Lysenko N., Brailko A., Matrosenko M. Development of composition, formulations, based on natural bishofite, to protect wood from fire. Eastern-European Journal of Enterprise technologies. 2019 5/10 (101)  
URL:[http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte\\_2019\\_5%2810%29\\_\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2019_5%2810%29__5)
13. Мала гірнича енциклопедія у 3 т. за ред. В.С. Білецького. Донецьк: Донбас. 2007. Т.1.640 с.
14. Joint research center of European Commission. Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry. 2007.
15. Chu S.H, Yang E.H., Unluer C. Chemical synthesis of magnesium oxide (MgO) from brine towards minimal energy consumption. Desalination 2023 № 556 DOI: 10.1016/j.desal.2023.116594

## REVIEW OF METHODS OF MAGNESIUM OXIDE PRODUCTION

### Abstract

The article presents a literature review of the main methods of magnesium oxide production. Magnesium oxide is used in many industries as steelmaking, refractory, rubber industry, manufacture of paper, building materials, ceramics, glass, cosmetics, medicine, agriculture and others. 16 million tons of magnesium oxide were produced worldwide in 2023 and this market continue to grow.

There are three forms of magnesium oxide: Caustic calcined magnesia, Dead burned magnesia and Fused magnesia. Each of these products exhibits different physical, chemical, and thermal properties due to the different temperatures of heat treatment in the calcining process and other factors. The different properties of these magnesia forms lead to various applications and high demand. 93% of world's volume of magnesium oxide is produced from magnesite.

In the article the two main methods of magnesium oxide production are described: the «dry» method from magnesite and the «wet» one from magnesium chloride brines (from bishofite in particular). The advantages and disadvantages of each method were compared. The raw materials availability, energy consumption, impact on environment and the final product quality were considered for each method. The analysis shows that the «wet method» of magnesium oxide production despite of its higher energy consumption, presents more perspectives because of the large reserves of bishofite in Ukraine, possibility of other industries by-products or wastes use (for example, water desalination industry, potash ore processing), less environment pollution, and higher purity of the magnesium oxide. The technology of magnesium oxide production from bishofite brine isn't well explored and it needs more researches to find the ways of energy consumption reducing and the final product output increasing.

### References

- [1] Mohammed S. Alhaddad, Hussin A. M. Ahmed. (2022) A Review of Magnesite Mineral and its Industrial Application. Arab Journal for Scientific Publishing. No. 2.
- [2] The European Association of Mining Industries, Metal Ores & Industrial Minerals. (2025) Magnesia Industry Study.
- [3] The statistic portal Statista. (2025) Research of magnesium oxide market. URL:<https://www.statista.com>
- [4] Joint research center of European Commission. (2013) Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture cement, lime and magnesium oxide.
- [5] United States Geological Survey. (2019) Magnesium Metal.



- [6] Matkovskiy O. (2017) *Encyclopedia suchasnoi Ukrainy [Encyclopedia of modern Ukraine Kyiv]*. : Institute of Encyclopedic Research of National Academy of Science of Ukraine. Retrieved from: <https://esu.com.ua/article-60232> [in Ukrainian].
- [7] Biletskyi V (2021). Dolomit [Dolomite]. *Velyka Ukrainska Encyclopedia [The Great Ukrainian Encyclopedia]*. Retrieved from URL: <https://vue.gov.ua/Доломіт>
- [8] Simandl G.J., Paradis S., & Irvine M. (2007) Brucite. Industrial mineral with the future. *Geoscience Canada* No. 2 (34) URL: <https://journals.lib.unb.ca/index.php/GC/article/view/10236>
- [9] Wilson Ian. (2023) Brucite, huntite and hydromagnesite: supply and markets. *Proceedings of Magnesium Minerals & Markets Conference*.
- [10] Xuyong Liu, Xiangmei Cui. (2016) Research Progress in Dehydration Technology of Bischofite for Preparing Anhydrous Magnesium Chloride. *Proceedings of 6-th International Conference on Civil, Architectural and Hydraulic Engineering*
- [11] Dong H., Unluer C., Yang E-H, & Tabbaa F. Fl. (2018) Recovery of reactive MgO from reject brine via the addition of NaOH. *Desalination* No. 429 DOI: 10.1016/j.desal.2017.12.021
- [12] Omelchenko N., Dmytrenko V., Lysenko N., Brailko A., & Matrosenko M. (2019) Development of composition, formulations, based on natural bishofite, to protect wood from fire. *Eastern-European Journal of Enterprise technologies* No. 5/10 (101) URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte\\_2019\\_5%2810%29\\_5](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vejpte_2019_5%2810%29_5)
- [13] Biletskyi V. (Ed). (2007) *Mala Girnycha Encyclopedia [Small Mining Encyclopedia]* (Vols. 1-3) Donetsk.: Donbass. [in Ukrainian]
- [14] Joint research center of European Commission. (2007) Reference Document on Best Available Techniques for the Manufacture of Large Volume Inorganic Chemicals - Solids and Others industry
- [15] Chu S.H., Yang E.H., & Unluer C. (2023) Chemical synthesis of magnesium oxide (MgO) from brine towards minimal energy consumption. *Desalination* No. 556 DOI: 10.1016/j.desal.2023.116594

Надійшла до редколегії 08.04.2025