

	<p>НТР «Літій-опосередковане відновлення азоту/Li-NNR для електрифікації синтезу аміаку: загальний огляд останніх результатів досліджень та окреслення їх майбутніх перспектив (щодо ефективності, швидкості, стабільності, доцільності локалізованого аміачного виробництва та вартості конструювання реакторів)</p>
<p>Дата виконання НТР</p>	<p>Станом на 27.03.2026 р.</p>
<p>Розробник, контактні дані</p>	<p>Соколенко Л.М., науковий співробітник відділу кон'юнктурно-аналітичних та технологічних досліджень з проблем хімічної та скляної промисловості. Тел./факс: 8(0472) 37-31-13, 8(0472) 37-41-65, м.т.: 0977598816</p>
<p>Мета розробки (детально)</p>	<p>Li-NNR – сучасний та найширше досліджений електрохімічний метод синтезу зеленого аміаку/EAS з використанням реакції відновлення азоту, який має величезне значення для забезпечення децентралізованих виробничих зусиль та сприяння сталому екологічному прогресу. Однак, розвиток електрохімічного синтезу суттєво гальмується низькою енергетичною ефективністю, через притаманну стабільність N₂ та активну конкуренцію реакції виділення водню/HER. Мета розробки – всебічно узагальнити та проаналізувати нещодавні інноваційні дослідження з ефективних стратегій активації N₂ для його перетворення на більш реакційноздатні азотвмісні сполуки в рамках прямого (E-NNR), опосередкованого (Li-NNR) процесів відновлення N₂ та нітратів (E-NORR). Такий підхід сприяє розумінню ефективних стратегій активації N₂ для пришвидшення комерційної життєздатності виробничої технології синтезу аміаку, яка:</p> <ul style="list-style-type: none"> – вирішує проблеми економічного тиску, нестабільності ланцюга поставок; – створює шлях до глибокої декарбонізації; – має можливість задовольнити як нагальні потреби аміачної галузі, так і її довгострокову трансформацію.
<p>Кількість розділів, основні розділи</p>	<p>Структура розробки включає 3 розділи:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Концептуально-понятійні основи сутності електрохімічної реакції відновлення азоту для розуміння становлення, функціонування й розвитку системи Li-NRR. – Аналіз актуальних розробок, зосереджених на усуненні ключових обмежень щодо покращеної енергоефективності, довгострокової стабільності, масштабованості Li-NRR – Потенціал масштабування систем електрохімічного синтезу аміаку в дорожній карті аміачної економіки.
<p>Деякі ключові витяги з тексту</p>	<p>Шлях подальшого розвитку електрохімічного синтезу аміаку за участю системи Li-NNR визначається типовим прогресом у селективності та швидкостях його утворення при зміні складу електроліту, електрокаталітичних матеріалів, конструкцій елементів та умов експлуатації.</p>

	<table border="1"> <tr> <td data-bbox="512 145 671 304">Хронологія-досягнень-у-створенні-реакторуп</td> <td data-bbox="671 145 1495 304">Стисла-характеристика-чинників-та-тенденцій-еволюційного-етапу-розвитку-реакторної-технології^α</td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="512 304 1495 613"> <p align="center">Реактор-періодичної-дії-(пакетний)/РПД-використовується-для-попереднього-дослідження-та-вивчення-механізмів-в-системі-Li-NRR-[¶]</p> <p>Характеризується замкнутим режимом роботи в одній партії з неперервним виробництвом. Мас-просту конфігурацію, легко експлуатується. Для оцінки продуктивності Li-NRR використовуються 2-типи РПД – однокамерні комірки-скляні автоклавні та однокамерні-комірки-безпосереднього-використання з поліетерэфіркетону/PEEK. В РПД проведено багато досліджень щодо ефектів тиску, -солей Li, -протонного човника, -залежності для покращення продуктивності Li-NRR (FE, густини струму) та розуміння механізму (термодинаміки, кінетики).^α</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="512 613 644 707">1993-2018 рр.</td> <td data-bbox="644 613 1495 707"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="512 707 644 987">2019-2022 рр.</td> <td data-bbox="644 707 1495 987">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="512 987 1495 1178"> <p align="center">Проточні-реактори/ПР,-працюючи-під-постійним-потоким-реагентів-дозволяють-за-рахунок-покращеного-контролю,-кінетики-реакції,-ефективного-масообміну-(N₂-та-H₂)-інтенсифікувати-електрохімічні-реакції-синтезу-NH₃-за-кімнатних-умов. Натепер-для-оцінки-продуктивності-...-Li-NRR-використовуються-2-типи-...-реактори-безперервної-дії/РБД-та-реактор-з-мембранним-електродним-вузлом/MEA-чи-MEV^α</p> </td> </tr> <tr> <td data-bbox="512 1178 644 1458">2023 р. –</td> <td data-bbox="644 1178 1495 1458">  </td> </tr> <tr> <td colspan="2" data-bbox="512 1458 1495 1682"> <p align="center">Отже стратегічне випробування системи Li-NRR, яка натепер фахівцями вважається найнадійнішим шляхом електрохімічного синтезу NH₃ (серед 3-х ключових технологій EAS – E-NRR, Li-NRR, ENORR) не завершено, а продовжується більш активно в напрямку удосконалення різних конфігурацій та реакційних складів системи</p> </td> </tr> </table>	Хронологія-досягнень-у-створенні-реакторуп	Стисла-характеристика-чинників-та-тенденцій-еволюційного-етапу-розвитку-реакторної-технології ^α	<p align="center">Реактор-періодичної-дії-(пакетний)/РПД-використовується-для-попереднього-дослідження-та-вивчення-механізмів-в-системі-Li-NRR-[¶]</p> <p>Характеризується замкнутим режимом роботи в одній партії з неперервним виробництвом. Мас-просту конфігурацію, легко експлуатується. Для оцінки продуктивності Li-NRR використовуються 2-типи РПД – однокамерні комірки-скляні автоклавні та однокамерні-комірки-безпосереднього-використання з поліетерэфіркетону/PEEK. В РПД проведено багато досліджень щодо ефектів тиску, -солей Li, -протонного човника, -залежності для покращення продуктивності Li-NRR (FE, густини струму) та розуміння механізму (термодинаміки, кінетики).^α</p>		1993-2018 рр.		2019-2022 рр.		<p align="center">Проточні-реактори/ПР,-працюючи-під-постійним-потоким-реагентів-дозволяють-за-рахунок-покращеного-контролю,-кінетики-реакції,-ефективного-масообміну-(N₂-та-H₂)-інтенсифікувати-електрохімічні-реакції-синтезу-NH₃-за-кімнатних-умов. Натепер-для-оцінки-продуктивності-...-Li-NRR-використовуються-2-типи-...-реактори-безперервної-дії/РБД-та-реактор-з-мембранним-електродним-вузлом/MEA-чи-MEV^α</p>		2023 р. –		<p align="center">Отже стратегічне випробування системи Li-NRR, яка натепер фахівцями вважається найнадійнішим шляхом електрохімічного синтезу NH₃ (серед 3-х ключових технологій EAS – E-NRR, Li-NRR, ENORR) не завершено, а продовжується більш активно в напрямку удосконалення різних конфігурацій та реакційних складів системи</p>	
Хронологія-досягнень-у-створенні-реакторуп	Стисла-характеристика-чинників-та-тенденцій-еволюційного-етапу-розвитку-реакторної-технології ^α														
<p align="center">Реактор-періодичної-дії-(пакетний)/РПД-використовується-для-попереднього-дослідження-та-вивчення-механізмів-в-системі-Li-NRR-[¶]</p> <p>Характеризується замкнутим режимом роботи в одній партії з неперервним виробництвом. Мас-просту конфігурацію, легко експлуатується. Для оцінки продуктивності Li-NRR використовуються 2-типи РПД – однокамерні комірки-скляні автоклавні та однокамерні-комірки-безпосереднього-використання з поліетерэфіркетону/PEEK. В РПД проведено багато досліджень щодо ефектів тиску, -солей Li, -протонного човника, -залежності для покращення продуктивності Li-NRR (FE, густини струму) та розуміння механізму (термодинаміки, кінетики).^α</p>															
1993-2018 рр.															
2019-2022 рр.															
<p align="center">Проточні-реактори/ПР,-працюючи-під-постійним-потоким-реагентів-дозволяють-за-рахунок-покращеного-контролю,-кінетики-реакції,-ефективного-масообміну-(N₂-та-H₂)-інтенсифікувати-електрохімічні-реакції-синтезу-NH₃-за-кімнатних-умов. Натепер-для-оцінки-продуктивності-...-Li-NRR-використовуються-2-типи-...-реактори-безперервної-дії/РБД-та-реактор-з-мембранним-електродним-вузлом/MEA-чи-MEV^α</p>															
2023 р. –															
<p align="center">Отже стратегічне випробування системи Li-NRR, яка натепер фахівцями вважається найнадійнішим шляхом електрохімічного синтезу NH₃ (серед 3-х ключових технологій EAS – E-NRR, Li-NRR, ENORR) не завершено, а продовжується більш активно в напрямку удосконалення різних конфігурацій та реакційних складів системи</p>															
Хронологічні рамки	Визначено 2005–2025 роками.														
Кількість таблиць, малюнків	11 таблиць, 26 малюнків														
Кількість сторінок	52 с.														
Зміст НТР	<p align="center">Зміст</p> <p>Вступ 3</p> <p>1. Концептуально-понятійні основи сутності електрохімічної реакції відновлення азоту для розуміння становлення, функціонування й розвитку системи Li-NRR4</p>														

	<p>1.1. Механістичне розуміння логіки функціонування системи Li-NRR..... 7</p> <p>1.2. Аналітичні висновки до розділу 1..... 10</p> <p>2. Аналіз актуальних розробок, зосереджених на усуненні ключових обмежень щодо покращеної енергоефективності, довгострокової стабільності, масштабованості Li-NRR.... 11</p> <p>2.1. Удосконалення в проектуванні електрохімічних матеріалів з точки зору структури та складових компонентів електроліту, конструкцій комірок та умов їх експлуатації..... 15</p> <p>2.2. Раціональні стратегії проектування електрокаталізаторів для оптимізації реакції та покращення селективності системи 22</p> <p>2.3. Аналітичні висновки до розділу 2.....30</p> <p>3. Потенціал масштабування систем електрохімічного синтезу аміаку в дорожній карті аміачної економіки 32</p> <p>3.1. Потенціал готовності масштабування літій-опосередкованого відновлення азоту 34</p> <p>3.2. Потенціал готовності масштабування прямої електрохімічної системи відновлення азоту..... 38</p> <p>3.3. Потенціал готовності масштабування електрохімічної системи відновлення нітрат..... 42</p> <p>3.4. Аналітичні висновки до розділу 3..... 51</p>
--	---