



КИРИЛЛОВ

Святослав Олександрович – доктор хімічних наук, директор Міжвідомчого відділення електрохімічної енергетики НАН України

ПРО ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІТІЄВОГО ВИРОБНИЦТВА ТА ХІМІЧНИХ ДЖЕРЕЛ СТРУМУ В УКРАЇНІ. ОДЕРЖАННЯ ЛІТІЮ З МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ

Стенограма доповіді на засіданні Президії НАН України 25 травня 2022 року

У доповіді наголошено, що в Україні є необхідний науковий потенціал і досвід для розвитку та впровадження оригінальних підходів та методик видобутку і збагачення літійвмісної сировини, а також створення перспективних літійвмісних матеріалів для високопотужних літій-іонних хімічних джерел струму, які відіграють ключову роль на сучасному етапі розвитку джерел енергії.

Шановний пане президенте!

Шановні присутні!

Дякую за можливість розглянути на засіданні Президії НАН України питання, пов'язане з одержанням літію з вітчизняної мінеральної сировини.

Літій, що належить до так званих металів майбутнього, іноді ще називають одним з двигунів четвертої індустріальної революції, яка у найближчі десятиліття може значною мірою змінити ландшафт світової економіки.

Важливість літію передусім зумовлена тим, що на сучасному етапі розвитку джерел енергії технології, засновані на його використанні, не мають серйозних конкурентів. Однак, крім усім відомого використання літію з метою виготовлення літій-іонних акумуляторів для живлення мобільних телефонів, комп'ютерів, електромобілів, кількість яких зростає з року в рік, цей надлегкий метал також досить широко застосовують у силікатній промисловості для виготовлення спеціальних сортів скла і покриття порцелянових виробів; у металургії, оскільки він здатен утворювати сплави майже з усіма металами, а високоміцні та надлегкі сплави літію з магнієм і алюмінієм знайшли широке використання в авіаційній, космічній та ракетній техніці. Крім того, суміш парів літію з молекулярним воднем є ефективним робочим тілом для газофазних ядерних ракет-

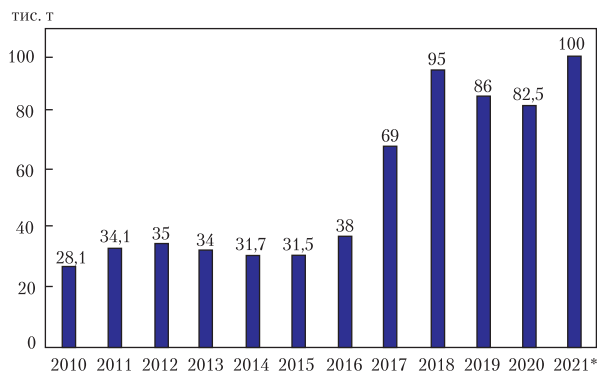


Рис. 1. Динаміка світового виробництва літію в 2010–2021 рр.; *2021 р. – прогноз (за даними U.S. Geological Survey)

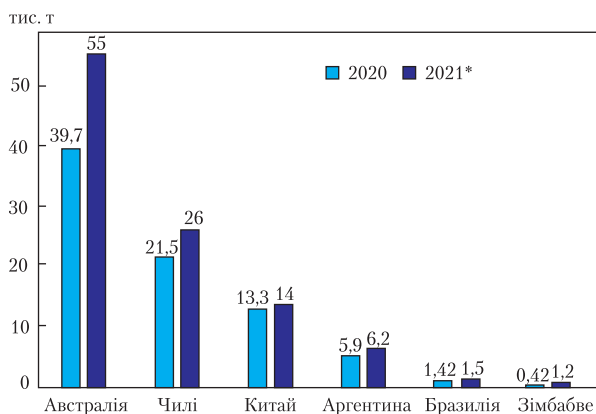


Рис. 2. Країни – найбільші виробники літію у 2020–2021 рр.; *2021 р. – прогноз (за даними U.S. Geological Survey)

них двигунів. Металоорганічні сполуки літію активно застосовують у промисловому і лабораторному органічному синтезі як ефективні каталізатори. Триборат літій-цезію використовують як оптичний матеріал у радіоелектроніці, а ніобат літію (LiNbO_3) і танталат літію (LiTaO_3) – в нелінійній оптиці, акустооптиці та оптоелектроніці.

Приблизний розподіл галузей застосування літію на сьогодні виглядає так: хімічні джерела струму (насамперед виробництво літій-іонних батарей) – 71 %; виробництво спеціального скла і кераміки – 14 %; каталізатори – 5 %; масильні матеріали – 3 %; сталеливарне виробництво – 3 %; інші галузі промисловості – 4 %.

Виробництво літію у світі постійно і досить істотно зростає (рис. 1). Так, за даними Національної геологічної служби США, у 2021 р. було вироблено приблизно 100 тис. т, тоді як у 2020 р. – 82,5 тис. т. Стрімке збільшення попиту на літій створює його дефіцит на ринку та обмежує доступність джерел постачання, що, власне, і перетворює його на стратегічну сировину. Найбільшими виробниками літію є Австралія, Чилі, Китай, Аргентина (рис. 2).

При цьому 60 % літію використовують у вигляді солей, переважно карбонатів, 30 % – у вигляді літєвих мінералів і лише 10 % – у вигляді металічного літію. Якщо у 2021 р. у світі було спожито 460 тис. т карбонату літію, то за прогнозами потреби в цьому продукті до 2030 р. можуть збільшитися до 6 млн т.

Оскільки я представляю Міжвідомче відділення електрохімічної енергетики НАН України, зрозуміло, більше уваги я приділятиму використанню сполук літію в літій-іонних акумуляторах, які є сьогодні основою розвитку автомобільної промисловості майбутнього.

На рис. 3 наведено схему розряджання-заряджання літій-іонного акумулятора. Як матеріали для анода застосовують графіт, $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$, TiO_2 , а для катода – LiMO_2 , LiMn_2O_4 , $\text{LiNi}_{0,5}\text{Mn}_{1,5}\text{O}_4$. Роль електролітів у таких акумуляторах відіграють розчини солей літію в органічних розчинниках.

З якої ж мінеральної сировини одержують карбонат літію для використання в літій-іонних акумуляторах? Найбільш дешевий спосіб його отримання – з ропи соляних озер (метод, найбільш поширений в Аргентині), оскільки при цьому в більшості технологічних процесів концентрування та осадження можна використовувати сонячну енергію. У таких соляних розсолах крім літію містяться ще солі натрію, калію, магнію і кальцію. Іншими поширеними джерелами сировини для одержання карбонату літію є сподуменові руди та силікатні глини. Проте в цих випадках мінеральну сировину потрібно спочатку розчинити, що значно ускладнює технологічну схему і призводить до здорожчання продукту. Крім того, значна кількість літію міститься в морській воді.

Свого часу японські вчені провели широке дослідження щодо вилучення літію з морської води за допомогою сорбентів. Подібні роботи проводилися й в Інституті сорбції та проблем ендоекології НАН України під керівництвом академіка В.В. Стрелка, і в них було показано, що найкращим сорбентом для цих цілей є марганцеві руди.

В Україні розвідано три родовища літію: Шевченківське (Донецька область, сподуменові руди); Полохівське (Кіровоградська область, петалітові руди) і ділянка «Добра» (Кіровоградська область, петаліт-сподуменові руди). Перспективним шляхом нарощування видобутку літію є також використання розсолів. Кондиційні вмісти лужних рідкісноземельних елементів встановлено, зокрема, у розсолах з мінералізацією 89–250 г/дм³ у відкладах верхньої юри на площі від Лопушнянського нафтового родовища на південному сході до Нікловицького газового родовища на північному заході (Чернівецька та Львівська області). Високі середні вмісти літію (22 мг/л) виявлено в розсолах нафтового родовища Бориславо-Покутської зони, Лопушнянського, Пнівського, Старунського та інших родовищ (від 3,0 до 88,7 мг/л), а також у районах розвитку соленосних формацій.

Початкова геолого-економічна оцінка зазначених літєвих родовищ України свідчить про доцільність їх розробки. Проте унікальність кожного родовища потребує оптимізації технологій видобування та збагачення мінеральної сировини, для чого необхідні кошти. Так, за даними відкритого інтернет-джерела Nadra.info, власник родовища Шевченківське і ділянки «Добра» Михайло Жернов оцінює будівництво двох шахт і збагачувальної фабрики в суму близько 1 млрд австралійських доларів, а власник Полохівського родовища Денис Альшин зазначає, що вони першими у світі отримали карбонат літію з петалітового концентрату, і додає, що шахта, збагачувальна фабрика та необхідна інфраструктура коштують приблизно 200–250 млн доларів США, а на будівництво гідрометалургійного підприємства знадобиться ще 400–450 млн доларів США.

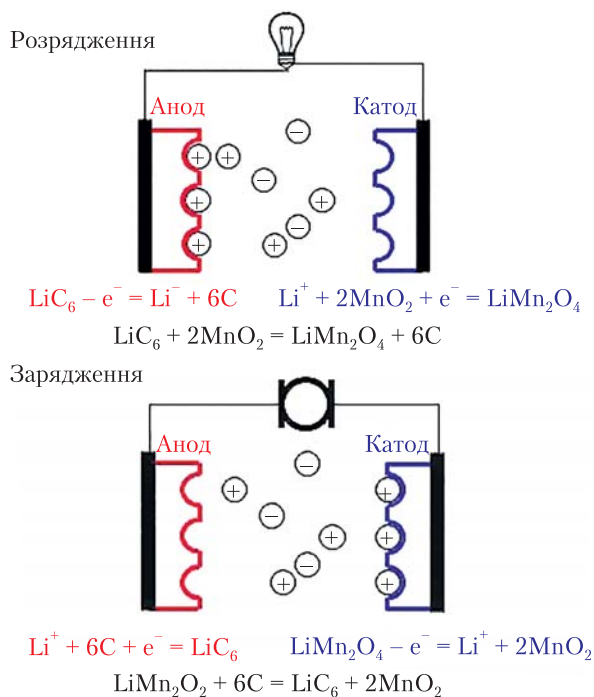


Рис. 3. Схема циклів розрядження-зарядження в літій-іонних акумуляторах

Отже, якщо у розвитку найбільших українських родовищ літію відбуваються позитивні зрушення, то питання створення гідрометалургійних підприємств для отримання літію з вітчизняної мінеральної сировини, а також заводу (або заводів) з виробництва літій-іонних батарей для електротранспорту та систем накопичення енергії до кінця не визначені.

Тому, згідно з рішенням РНБО України від 16 липня 2021 р. «Про стимулювання пошуку, видобутку та збагачення корисних копалин, які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави», доцільним є створення відповідних гідрометалургійних підприємств для отримання літію з вітчизняної мінеральної сировини, а також умов для виробництва літій-іонних батарей. Тут варто зазначити, що обладнання такого виробництва потребує значно менших капіталовкладень, ніж створення гідрометалургійного підприємства: наприклад, за попередніми оцінками обладнання для щоденного виготовлення

56 літій-іонних батарей напругою 90 В і ємністю 180 А·год обійдеться в 9 млн доларів США.

Налагодження роботи таких підприємств може дати могутній поштовх вітчизняному виробництву продуктів з високою доданою вартістю, а саме, літій-іонних батарей для електротранспорту та систем накопичення енергії. Для цього наразі є всі необхідні передумови.

Україна посідає чільне місце на пострадянському просторі в галузі літєвої енергетики. Ще за радянських часів у Києві було створено перший і єдиний у СРСР завод «Генератор» виробничого об'єднання «Октава», який повністю задовольняв потреби у літєвих джерелах струму для споживчої електроніки. Науковий та технологічний супровід виробництва і виготовлення катодних матеріалів та електrolітів забезпечували Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України та Інститут фізичної хімії ім. Л.В. Писаржевського НАН України. Згодом за ініціативи члена-кореспондента НАН України В.Д. Присяжного було створено Міжвідомче відділення електрохімічної енергетики НАН України, яке й досі є єдиною спеціалізованою науковою установою подібного профілю в

Україні. Значний внесок у дослідження вуглецевих і кремнієвих анодних матеріалів зробили також науковці кафедри електрохімічної енергетики Київського національного університету технологій та дизайну. Серед сучасних вітчизняних оригінальних розробок для виробництва твердотільних літій-іонних батарей слід згадати повністю твердоелектролітні провідні мембрани, розроблені в Інституті загальної та неорганічної хімії ім. В.І. Вернадського НАН України.

На жаль, сьогодні Україна повністю залежить від зовнішніх поставок електрохімічних джерел струму, а колишні виробничі потужності для їх виготовлення втрачено.

Зважаючи на наявну в Україні ресурсну базу та відповідний науковий потенціал, а також світові тенденції розвитку сучасних технологій, розбудова галузі видобутку, переробки літію та виробництва на його основі високотужних хімічних джерел струму нового покоління може стати однією з основ розвитку сучасної вітчизняної економіки, а також високотехнологічних наукомістких напрямів техніки та інженерії.

Дякую за увагу!

Sviatoslav O. Kirillov

Joint Department of Electrochemical Energy Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5592-9106>

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LITHIUM PRODUCTION AND CHEMICAL CURRENT SOURCES IN UKRAINE. PRODUCTION OF LITHIUM FROM MINERAL RAW MATERIALS

Transcript of the report at the meeting of the Presidium of NAS of Ukraine, May 25, 2022

The report emphasizes that Ukraine has necessary scientific potential and experience for the development and implementation of original approaches and methods of extraction and enrichment of lithium-containing raw materials, as well as the creation of promising lithium-containing materials for high-power lithium-ion chemical current sources, which play a key role at the current stage of energy sources development.