



Наказом МОН України від 10.10.2022 р. №894 видання включено до **категорії «Б»** за спеціальностями: 051 – економіка; 072 – фінанси, банківська справа, страхування та фондовий ринок; 073 – менеджмент; 076 – підприємництво, торгівля та біржова діяльність; 292 – міжнародні економічні відносини

DOI 10.56197/2786-5827/2024-3-2-5

УДК 546.1:622.2:539.8

Хаустов Володимир Кирилович,

кандидат технічних наук,

вчений секретар,

Державна установа “Інститут економіки та прогнозування

Національної академії наук України”,

вул. Панаса Мирного, 26, м. Київ, 01000, Україна,

email: khau@ief.org.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3572-7595>

Researcher ID: CYR-7546-2022

Scopus ID: 55269221400

Khaustov Volodymyr,

PhD in Technical Sciences,

Scientific Secretary,

State Organization “Institute for Economics and

Forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine”,

Panasa Myrnoho str., 26, Kyiv, Ukraine, 01011

email: khau@ief.org.ua

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3572-7595>

Researcher ID: CYR-7546-2022

Scopus ID: 55269221400

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ВИДОБУВАННЯ ЛІТІЄВИХ РУД ТА ВИРОБНИЦТВА ЛІТІЙМІСТКОЇ ПРОДУКЦІЇ В УКРАЇНІ

PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF LITHIUM ORE MINING AND PRODUCTION OF LITHIUM CONTAINING PRODUCTS IN UKRAINE

Вступ. Подальший розвиток країни та повоєнне відновлення економіки України викликають необхідність пошуку нових перспективних та економічно доцільних напрямів розвитку галузей промисловості та проривних технологій. В останні роки в світі стрімко розвивається літєва промисловість внаслідок, головним чином, переходу на використання електромобілів замість автомобілів з дизельними та бензиновими двигунами і використання літєвих акумуляторів як джерела енергії, відмови від екологічно шкідливих свинцево-кислотних акумуляторів і інше. Зростання попиту на літій призвело до різкого зростання його ціни на світових ринках і зробило стратегічно важливим матеріалом. Оскільки Україна є однією з небагатьох країн світу з великими запасами літєвих руд, то можливим перспективним напрямом розвитку країни є становлення вітчизняної літєвої промисловості на основі видобування літєвих руд та виробництва літіймісткої продукції з використанням сучасних екологічно безпечних та економічно ефективних технологій.

Матеріали та методи. Методологічною основою дослідження є загальні та спеціальні наукові методи: діалектичний метод пізнання, аналізу та синтезу, узагальнення інформації, монографічного дослідження, абстракції, порівняння, статистичні методи дослідження цифрових даних.

Результати і обговорення. Проведені дослідження показали стрімке зростання в останні роки попиту на концентрати літєвих руд, літію та літіймісткої продукції в світі. За результатами геологорозвідки часів СРСР, Україна є однією з небагатьох країн світу на території якої знаходяться літєві родовища. За оптимістичними прогнозами, на території України знаходиться до 10 % розвіданих світових запасів літію. У сьогоднішніх цінах це понад \$80 млрд. Але на сьогодні літій в Україні не видобувають. Це пов'язано з унікальністю кожного родовища, яке не має аналогів в світі. Тому під кожне родовище має розроблятися своя технологія селекції та збагачення, а потім отримання літіймісткої матеріалів.

Існуючі в світі технології переробки руд у вигляді мінералів, передбачають отримання літіймістких матеріалів з сподуменових руд. А в Україні рудні родовища або петалітові, які важко збагачувати, або петаліт-сподуменові, або навіть танталові, ніобійові, рубідійові. Є навіть рідкісне родовище, в якому літій знаходиться у вигляді мінеральних кукеїтів. Все це унеможливує застосування наявних в світі технологій і обладнання для отримання літіймісткої продукції з петалітових або петаліт-сподуменових українських руд і вимагає розробки абсолютно нових чисто українських технологій. Можливо на основі гідрометалургії та комплексоутворення.

Унікальність українських родовищ літію унеможливує торгівлю концентратами руди. Тобто концентрат української руди нікому крім нас більше не потрібен і просто торгувати рудним концентратом не вдасться. Але це створює можливість побудови повного вітчизняного ланцюжка доданої вартості від видобутку руди до випуску продукції. Тому на основі аналізу даних геологорозвідки родовищ літію, наявних технологій збагачення і отримання літіймісткої продукції, сучасного стану освоєння родовищ літію в Україні, показані перспективи та проблеми розвитку цієї галузі в Україні.

Висновки. Видобування літєвих руд та виробництво літіймісткої продукції в Україні може стати одним з першочергових завдань, як один з найбільш економічно перспективних напрямів розвитку, якщо буде проводитись на основі нових вітчизняних технологій, для чого необхідно провести доопрацювання наявних наукових розробок українських науковців та створити умови для розвитку літєвої галузі.

Ключові слова: літєва галузь, літєві руди, петаліт, сподумен, літіймістка продукція, технології збагачення літєвих руд та отримання літію, ринки літію, виробники літію, перспективи розвитку виробництва літію.

Introduction. The further development of Ukraine and the post-war recovery of this country's economy call for new promising and economically viable directions for the development of industries and breakthrough technologies. In recent years, the lithium industry has been developing rapidly in the world, mainly due to the shift to the use of electric cars instead of those with diesel and gasoline engines and the use of lithium batteries as an energy source, the rejection of environmentally hazardous lead-acid batteries, etc. Increased demand for lithium leads to a sharp rise in its price on world markets and makes it a strategically important material. Since Ukraine is one of the few countries in the world with large reserves of lithium ores, a possible promising direction for this country's economy could be the development of a domestic lithium industry based on the extraction of lithium ores and the production of lithium-containing products using modern environmentally safe and cost-effective technologies.

Materials and methods. The methodological basis of the research includes the following general and special scientific methods: the dialectical method of cognition, analysis and synthesis, generalization of information, monographic research, abstraction, comparison, and statistical methods of research on digital data.

Results and discussion. The conducted studies have shown a rapid growth in recent years of demand for lithium ore concentrates, lithium and lithium-containing products in the world. According to the results of geological exploration during the USSR, Ukraine is one of the few countries in the world on whose territory are lithium deposits. According to optimistic forecasts, up to 10 % of the world's explored lithium reserves are located on Ukraine's territory. At today's prices, this is more than \$80 billion. But today, lithium is not mined in Ukraine. This is due to the uniqueness of each deposit, which have no analogues in the world. Therefore, a unique technology should be developed for selection and enrichment and then obtaining lithium-containing materials for each deposit.

The world's existing technologies for processing mineral ores involve obtaining lithium-containing materials from spodumene ores, while Ukraine's deposits are either the difficult to enrich petalite or petalite-spodumene ones, or even tantalum, niobium, and rubidium ones. There is even a rare deposit in which lithium is found in the form of mineral kukeites. All this makes it impossible to use the technologies and equipment, which are presently available in the world to obtain lithium-containing products from Ukraine's petalite or petalite-spodumene ores and requires developing completely new purely Ukrainian technologies, probably on the basis of hydrometallurgy and complex formation.

The uniqueness of Ukrainian lithium deposits makes it impossible to trade in ore concentrates. That is, Ukrainian ore concentrate is not needed by anyone but us, and it will not be possible to simply trade in ore concentrate. However, this creates an opportunity to set up an entire domestic value-added chain from ore extraction to production. Therefore, based on the analysis of geological prospecting data for lithium deposits, the existing technologies for enrichment and production of lithium-containing products, and the current state of development of lithium deposits in Ukraine, the author shows the prospects and problems of the development of this industry in Ukraine.

Conclusions. The extraction of lithium ores and the production of lithium-containing products in Ukraine can become one of the priority tasks, as one of the most economically promising areas of development, providing it is carried out based on new domestic technologies, for which it is necessary to refine the existing scientific designs of Ukrainian scientists and create proper conditions for the development of lithium industry.

Keywords: lithium industry, lithium ores, petalite, spodumene, lithium-containing products, technologies for the enrichment of lithium ores and obtaining lithium, lithium markets, lithium producers, prospects for the development of lithium production.

JEL Classification: D24, D40, F15 , H10, L23, L70, L72

Вступ. Україна є однією з небагатьох країн світу на території якої знаходиться ряд літєвих родовищ в яких міститься до 10 % розвіданих світових запасів літію. Але на сьогодні літій в Україні не видобувають. Це пов'язано з унікальністю кожного родовища, яке не має аналогів в світі. Тому під кожне родовище має розроблятися своя технологія селекції та збагачення, а потім отримання літіймістких матеріалів. Видобування літєвих руд та виробництво літіймісткої продукції в Україні може стати одним з першочергових завдань, як один з найбільш економічно перспективних напрямів розвитку.

Існуючі технології та можливості видобутку, збагачення та виробництва літію, інформація про наявні родовища, відомі і описані в ряді статей з проблем розвитку літєвої галузі (Hampel, 1954; Андрієвський, 2005; Галецький, 2003; Данилишин, 1999; Другов, 2024; Екологічна геологія, 2005; Іванух, 1995; Кириллов, 2022; Мала гірнича енциклопедія, 2007; Михайлов, 2023; Павлишин, 2000; Сивий, 2013; Третьяков, 1997; Яковлев, 2005), серед яких огляди ГМК-центру; Мінпрому. Але залишаються недостатньо вивчені можливості та перспективи розвитку видобування літєвих руд та виробництва літію в Україні на основі абсолютно нових підходів та технологій, враховуючи унікальність українських родовищ,

проблеми з геологорозвідкою за міжнародними стандартами, невизначеність з юридичними питаннями щодо належності ліцензій та дозволів на дорозвідку та видобування.

Матеріали та методи. Методологічною основою дослідження є загальні та спеціальні наукові методи: діалектичний метод пізнання, аналізу та синтезу, узагальнення інформації, монографічного дослідження, абстракції, порівняння. При вивченні технологій отримання літію, перспектив розвитку, використовувалися методи монографічного дослідження, узагальнення інформації, аналізу та синтезу. В процесі аналізу ринків видобування та можливостей та перспектив видобування та виробництва літію застосовувалися методи монографічного дослідження, узагальнення, аналізу та синтезу, статистичні методи дослідження цифрових даних. При формуванні перспектив розвитку галузі виробництва літію застосовано метод абстракції та узагальнення інформації. Метод узагальнення дозволив зробити висновки із проведеного дослідження.

Результати і обговорення. Літій відкрито 1817 р. шведським хіміком Арфведсоном під час аналізу петаліту. У чистому вигляді металевий літій отримано 1855 р. Літій (Lithium, Li) – м'який та легкий лужний метал із біло-сріблястим відтінком. Має наступні фізичні властивості: м'який та пластичний метал, чия твердість знаходиться між твердістю натрію та свинцю; матеріал, який можна обробляти за допомогою прокатки та пресування; відрізняється малими розмірами атомів, що надає ряд особливих властивостей: наприклад, не поєднується з рідким цезієм, рубідієм або калієм; найвища температура плавлення (180,5 °C) та кипіння (1340 °C) серед усього спектру лужних металів; найнижча щільність в умовах кімнатної температури – 0,533 г/куб. см, що вдвічі нижче за щільність води.

Хімічні властивості: найменш активний лужний метал, який не дає реакції при кімнатних температурах навіть на сухий кисень; відносно стійкий на відкритому повітрі, через що може недовгий період зберігатися в подібних умовах; єдиний із лужних металів, який не тримають у гасі через його впливання; середовищем для зберігання виступають герметично закупорені жерстяні тари, мінеральна олія, парафін, газолін або петролейний ефір.

Літій почав застосовуватися з 1917 р., спочатку у піротехніці, у виробництві скла. Потім його почали використовувати при виробництві кольорових сплавів на залізній основі як добавку, а також як окислювач і дегазатор. Літій широко застосовується у військовій техніці, електротехнічній промисловості, атомній техніці, електроніці, лазерній техніці, рентгенографії, синтезі органічних сполук, керамічної промисловості, при виробництві оптичного скла, електричних ізоляторів, мастил, для кондиціонування повітря, в холодильній техніці і т. д.

Ряд останніх років привів до стрімкому зростанню використання літію в світі для масового виробництва на його основі акумуляторів та батарей для електромобілів завдяки стрімкому зростанню автомобільного ринку. Так тільки за перший квартал 2022 року Tesla поставила на ринок рекордну кількість електрокарів – 310 048. General Motors оголосила, що планує припинити продаж автомобілів із бензиновим двигуном до 2035 року. Метою Audi є припинення їх виробництва до 2033 року, і багато інших великих автомобільних концернів наслідують їхній приклад. За даними Bloomberg, до 2040 року дві третини світових продажів легкових автомобілів будуть припадати на електрокари¹. Міжнародне енергетичне агентство прогнозує, що у 2030 році буде 125 млн електроавтомобілів, що в 40 разів більше ніж зараз. Таким чином, ключовим фактором літієвого буму поки що залишаються автовиробники, але вони вже демонструють інші можливості застосування літієвих батарей, крім безпосереднього джерела енергії для електрокарів. На ринку через нестачу літію відбувається постійне зростання цін на нього. Наприклад ціни на карбонат літію зараз

¹ URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-19/lithium-seen-as-lifeline-for-oil-majors-in-clean-energy-future/> (дата звернення 13.01.2024)

тримаються вище за \$70 000 за тонну (хоча нещодавно були приблизно \$13 000) через сильний попит на нього з боку виробників акумуляторів².

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 %; мастильні матеріали – 3 %; сталеливарне виробництво – 3 %; інші галузі промисловості – 4 %. Виробництво літію у світі постійно і досить істотно зростає. 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.

При цьому 60 % літію використовують у вигляді солей, переважно карбонатів, 30 % – у вигляді літійових 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. (Кириллов, 2022).

Вміст літію у верхній материковій корі сягає 21 г/т, а в морських і океанських водах – до 0,17 мг/л. Традиційно родовища лужного металу поділяють на дві категорії:

- гранітні рідкісноземельні інтрузії з літійовими пегмалітами, специфічними онгонітами (магматичний топаз + вода, фтор та рідкісні метали, серед яких Li) або комплексними гідротермальними матеріалами, що включають також вісмут, вольфрам, олово та інші метали;

- розсоли стародавніх солончаків та природних водних лінз сильно засолених озер.

Літій видобувають з літійових руд – природних мінеральних утворень, що містять літій у промислових концентраціях. Відомо понад 40 мінералів, в яких літій присутній у помітних кількостях. У їх число входять як власне літійові, так і породотвірні мінерали (слюди, турмаліни та ін.), в яких літій присутній у вигляді домішок в невеликій кількості.

Найголовніші літійові мінерали, що мають промислове значення: сподумен, петаліт, амблігоніт, евкрипит, а також літійові слюди – цинвальдит, лепідоліт, полілітійоніт. Високі концентрації літію властиві ендемічним родовищам, пов'язаним з кислою гранітною магмою. Літійові родовища утворюються при постмагматичних процесах при температурах 500-700 °C на глибині 3-7 км. Основний промислово-генетичний тип родовищ – гранітні рідкіснометалічні пегматити. На літійово-цезій-танталові пегматити припадає близько чверті світового виробництва літію (Мала гірнича енциклопедія, 2007). За морфологічними особливостями, складом і внутрішньою будовою виділяються три різновиди літійових пегматитів.

1. Крутоспадні жильні гілки переважно сподумен-альбітового складу потужністю від 0,5-1 до 20-25 м, довгасті за простяганням від 1-3 до 15-20 км. Вертикальний розмах зруденіння 3-3,5 км. Це найважливіший тип літійових родовищ.

2. Пологі зональні тіла мікроклін-сподумен-альбітового і мікроклін-петаліт-альбітового складу. Містять Ta, Cs, Li і Be; цікаві як першорядні танталові і цезійові родовища. Відрізняються пологим заляганням і підповерховим розташуванням пегматитових тіл. При цьому верхні з них характеризуються істотно танталовим зруденінням, а нижні – літійовим.

3. Потужні круті трубоподібні, штокоподібні і лінзоподібні повно-диференційовані тіла мікроклін-сподумен-альбітового складу з Ta, Be і Cs, що характеризуються нерівномірним гніздовим розподілом мінералізації і появою в їх центральних частинах гігантських кристалів сподумену довжиною до 15 м.

Головними пегматитовими родовищами вважають Кінг-Маунтін в США (запаси понад 400 тис. т Li₂O, вміст 1-1,15 %), Бернік-Лейк в Канаді (понад 200 тис. т, 1-1,3 %), Манон-Кітоло в Конго (понад 200 тис. т, 0,6 %), а також родовища в Зімбабве, Намібії, Мозамбіку, Афганістані.

² URL: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2018-03-19/lithium-seen-as-lifeline-for-oil-majors-in-clean-energy-future/> (дата звернення 13.01.2024)

Приблизно 60 % всіх світових запасів літію припадає на мінеральні води³. І найефективнішими методами переробки і отримання літію є переробка багатих літієм вод. Важливе джерело літію – галургічна (гідромінеральна) сировина: міжкristалічна ропа, високомінералізовані води, геотермальні розсоли, а також попутні води нафтових свердловин. Вміст літію у водах коливається в широких межах, досягаючи 0,135 % (родовище Салар-де-Атакама, Чилі). Основні запаси літію, пов'язані з мінералізованими водами і розсолами (близько 75 %), знаходяться в родовищах США (Сілвер-Пік, Сьорпс, Солтон-Сі та інших), Болівії та Чилі (Салар-де-Атакама). Добувають і переробляють літій і його сполуки США, Канада, Велика Британія, ФРН, Японія, Чилі, Бразилія, Китай, Росія, Австралія. Світові потреби в літії забезпечені підтвердженими запасами на строк понад 100 років.

Виділяють декілька різновидів таких вод.

1. Міжкristалізаційна ропа висохлих озер. Прикладом може служити висохле озеро Сьорпс в США, що займає площу 70 км², заповнене соленосною товщею (галіт, сода, мірабіліт) потужністю 15-25 м. З цієї товщі насосами викачується ропа із вмістом 0,015 % Li₂O.

2. Розсоли висихаючих водних басейнів – озер, лагун, заток і морів. Такими є води Великого Соляного озера у штаті Юта США (0,013 % Li₂O); розсоли Мертвого моря (0,004 %); унікальні за вмістом літію (0,2 %) висихаючі озера (салари) в пустелі Атакама (родовище Салар де Атакама) в Чилі.

3. Підземні багаті розсоли, що містять 0,08 % Li₂O. Прикладом є родовище Клейтон Веллі в штаті Невада (США).

4. Підземні води нафтових і газових родовищ, а також термальні води областей сучасного активного вулканізму⁴.

Літієві руди звичайно збагачуються флотаційним способом або у важких суспензіях. Промисловість використовує концентрати: сподуменовий (вміст Li₂O 4,5-6 %), петалітовий (2,5-3,5 %), лепідолітовий (3-4 %), амблігонітовий (7-8 %).

Якщо розглядати запаси літію в світі то найбільшими розвіданими запасами володіють Болівія, Аргентина, Чилі (таблиця 1). Основним центром видобутку металу на сьогодні є “Літієвий трикутник” у Південній Америці (близько 54 % світових запасів), що охоплює території Чилі, Болівії та Аргентини. Весь експорт літію з Трикутника йде через збагачувальні підприємства чилійської SQM⁵ та чилійський порт Антофагаста.

За самими оптимістичними прогнозами, на території України знаходиться до 10 % розвіданих світових запасів літію. У сьогоднішніх цінах це понад \$80 млрд. На практиці доходи України від видобутку літію близькі до нуля.

Публічної інформації про родовища українського літію зовсім небагато: обсяги запасів ще 2005 року наказом Служби безпеки України №440 “Про затвердження зводу відомостей, що становлять державну таємницю”, були засекречені і тепер вони мають статус державної таємниці⁶. Тому використовують інформацію про родовища літію, яка була відома раніше, або оприлюднюється у засобах масової інформації в останні роки зацікавленими сторонами, або їх оцінюють закордонні видання й експерти.

Так, за оцінками Геологічної служби США, Україна має у надрах 5-10 % усіх розвіданих світових запасів літію. Їх може бути 2,5-5 млн т. Усього ж у світі розвіданих та перспективних запасів літію 53 млн т.

³ URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%82%D1%96%D1%94%D0%B2%D1%96_%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8 (дата звернення 13.01.2024)

⁴ URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%82%D1%96%D1%94%D0%B2%D1%96_%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8 (дата звернення 13.01.2024)

⁵ URL: <https://Lithium Statistics and Information | U.S. Geological Survey www.usgs.gov>. (дата звернення 13.01.2024)

⁶ URL: <https://bihus.info/sluzba-bezpeki-zasekretila-informaciu-pro-obsagi-litiu-do-2020-roku/> (дата звернення 13.01.2024)

Таблиця 1

Найбільші запаси літію

Країна	Розвідані запаси	Вилучені резерви
Болівія	21 млн тон	нд
Аргентина	19 млн тон	2,7 млн тон
Чилі	11 млн тон	9,3 млн тон
Австралія	7,9 млн тон	6,2 млн тон
США	9,1 млн тон	1 млн тон
Іран	8,5 млн тон	нд
Китай	6,8 млн тон	2 млн тон
Німеччина	3,2 млн тон	нд
ДР Конго	3 млн тон	нд
Канада	2,9 млн тон	0,93 млн тон
Мексика	1,7 млн тон	нд
Бразилія	0,47 млн тон	0,25 млн тон
Чехія	1,3 млн тон	нд
Сербія	1,2 млн тон	нд
Росія	1 млн тон	нд
Перу	0,88 млн тон	нд
Зімбабве	0,69 млн тон	0,31 млн тон
Малі	0,84 млн тон	нд
Португалія	0,27 млн тон	0,06 млн тон
Іспанія	0,32 млн тон	нд
Україна	0,30 млн тон	нд
Намібія	0,23 млн тон	нд
Гана	0,18 млн тон	нд
Австрія	0,06 млн тон	нд
Фінляндія	0,068 млн тон	нд
Казахстан	0,05 млн тон	нд
Інші	нд	3,3 млн тон

Джерело: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B8%D1%82%D0%B8%D0%B9> Lithium Statistics and Information. U.S. Geological Survey www.usgs.gov. (дата звернення 13.01.2024)

нд – немає даних

За даними ще радянської геологорозвідки, запаси літію можуть коливатися в межах 500 000 – 5 млн т. А світові запаси оцінюються у приблизно 102 млн т.

В Україні значні запаси літію не поступаються багатим родовищам Південної Америки та Африки. В 1980 роки геологами були відкриті запаси літію на двох родовищах – Полохівському (петалітові руди, Кіровоградська обл., м. Мала Виска) та Шевченківському (сподумен-петалітові руди, Донецька обл, Великоновоселківський район), а також на ділянці “Добра” (петаліт-сподуменові руди, Кіровоградська обл., Станкуватське родовище в пмт. Добровеличковка). Є ще один об’єкт – ділянка “Крута балка” (Запорізька обл.), де за попередніми дослідженнями виявлений літій в складі комплексних рідкіснометалевих руд. Але ділянка потребує дорозвідки, щоб оцінити наявні запаси. Шевченківське родовище та ділянка “Добра” зараз знаходяться на тимчасово окупованих територіях. Українські родовища, які були досліджені в часи СРСР потребують уточнень⁷.

Експерти організації “Наука. Розвідка. Видобування” також припускають наявність літію у Приазовському масиві та на далекому сході України (на кордоні з російським Ростовом). Але через велику глибину залягання видобуток може бути економічно

⁷ URL: <https://expro.com.ua/statti/roman-opmah-zasekrechenst-zapasv-ltyu--ce-arhazm-holodna-vyna-davno-zaknchilasya> (дата звернення 13.01.2024)

невигідним. Можливі також незначні запаси літію поблизу селища Єсаулівка, що розташоване в Антрацитівському районі Луганської області⁸.

Одним з перспективних шляхів розвитку видобутку літію є використання розсолів. Кондиційні вмісти лужних рідкісноземельних елементів встановлено, зокрема, у розсолах з мінералізацією 89-250 г/дм³ 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 (Кириллов, 2022).

Полохівське родовище складається з мікроклін-альбіт-петалітових пегматоїдних гранітів. Рудна мінералізація представлена петалітом (80-90 %), сподуменом та трифіліном (в сумі 10-15 %). Рудні зони простежені за простяганням і на глибину до 500 м. Вміст Li₂O понад 1 %. Схема збагачення – флотаційно-гравітаційна. Пегматити Полохівського, містять також ніобій, тантал та цезій. Загальна площа Полохівського родовища – 20,55 га. Балансові запаси станом на 21 травня 2018 р. становили за категорією С1-С2 (С1 запаси, які детально вивчені) та (С2 запаси, які оцінені попередньо) – 27 774 тис. тонн, менш достовірно розвідані ресурси категорії Р1 – 4 746 тис. тонн. Середній вміст літєвої руди понад 1 %. За планової потужності 1100 тис. тонн сирової руди на рік їх вистачить на 27,5 років роботи рудника. Добування літію можливо здійснювати тільки шахтним методом⁹.

Шевченківське родовище відкрила новомосковська гірничопрохідницька бригада “Південурггеологія” у 1982 році. Пошукові роботи провели у 1983-1986 роках, а попередню розвідку – у 1984-1988 роках. Тоді ж Держкомісія із запасів корисних копалин затвердила запаси.

В інвестиційному атласі надрокористувача, виданому Держслужбою геології та надр (Держгеонадра), зазначено, що запаси родовища становлять 13,8 млн тонн літєвих руд різних категорій з середнім вмістом оксиду літію в 1,5 %. Супутніми корисними копалинами є: танталові, ніобієві, берилієві руди, кварц, польовий шпат, мусковіт. Площа ділянки складає 39,84 га. У межах родовища встановлено шість пегматитових тіл єдиної жильної системи зі сталим західним падінням під кутами 55–88°. Літєва мінералізація приурочена до трьох зон, які займають центральні частини жил: альбіт-сподуменова; мікроклін-сподуменова; петаліт-сподуменова. Сподуменовий різновид руд поширений у всіх рудоносних пегматитових тілах і в загальному балансі літєвих руд складає 90 %. Виявлені пегматитові жили розташовані компактно, мають круте падіння, північне простягання, складну зональну будову, з різкими коливаннями потужності. Основні рудні мінерали сподумен і петаліт; супутні – літєві слюди і фосфати літію, мінерали ніобію, танталу та берилію, що присутні у вигляді акцесорних домішок. Вміст оксиду літію – 0,3–4 %. Літій є основним рудним компонентом пегматитів і пов'язаний з двома власними мінералами – сподуменом та рідше петалітом. Крім основного компоненту – літію, на родовищі відмічається накопичення інших рідкісних елементів. До них відносяться рубідій, цезій, тантал, ніобій, берилій, олово. Гірничо-геологічні умови експлуатації родовища – круте падіння рудних тіл (65–85°), відносно велика глибина їх залягання (до 500 м) та потужність перекриваючих порід (до 120 м) визначають підземний спосіб відпрацювання родовища. Оцінка ресурсів/запасів затверджених запасів літєвих руд Шевченківського родовища, які підраховані в геологічних границях пегматитових жил та мікрокліну, складає за категоріями: С₁ – 528 тис. т, С₂ – 1574,7 тис. т, С_{2пб} – 163,8 тис. т. Наявні запаси оксиду танталу, оксиду

⁸ URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/29149809.html> (дата звернення 13.01.2024)

⁹ URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%82%D1%96%D1%94%D0%B2%D1%96_%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8 (дата звернення 13.01.2024)

ніобію, оксиду берилію, а також кварцу складають – 4863,6 тис. т і слюди – 527,2 тис. т при середньому вмісті 25 % і 2,6 % відповідно.

У 2017 році комунальне підприємство “Південукргеологія” виконала геолого-економічну переоцінку запасів та ресурсів Шевченківського родовища літію, а ДКЗ України протоколом від 02.11.2017 № 4152-ДСК апробувала попередньо розвідані запаси літєвих руд і оксиду літію¹⁰.

ДІЛЯНКА ДОБРА, розташована в Новоукраїнському районі Кіровоградської області. Площа ділянки складає 1706,9 га. Основна корисна копалина – руди літєві, супутні корисні копалини – танталові, ніобієві, рубідієві, берилієві, олов'яні, цезієві, вольфрамові, золоті руди. Ділянка надр Добра розташована у межах Братського синклінорію західної частини Інгульського мегаблоку Українського щита.

Рудопрояви Станкуватський, Надія, Новостанкуватський, Ташлицький, Лутківський, Контактове та Північностанкуватський відкрито експедицією КП “Кіровгеологія” у 1989 р. під час проведення геолого-прогнозних робіт на золото і рідкі метали. У 1991-2001 рр. були проведені пошуки родовищ літію та золота. У 1992-93 рр. виконано оперативний підрахунок ресурсів літію Північностанкуватського родовища. У 2017 році рішенням ДКЗ України (протокол від 1.11.17 р. №4142) рудопрояви Надія і Станкуватський об'єднані в одну рудну зону – ділянка Добра). Запаси і ресурси літєвих руд по ділянці були апробовані рішеннями ДКЗ України протоколом від 15.12.2017 №4211-ДСК та протоколом від 8.08.18 №4461-ДСК у кількості по категоріях С2 (середній вміст Li₂O 1,34 %); P1– 1218135,1 т (середній вміст Li₂O 1,37 %) та P2– 70634,5 т (середній вміст Li₂O 1,43%). Окремо ДКЗ відзначила наявність у літєвих рудах ділянки Добра перспективних і прогнозних ресурсів супутніх корисних компонентів (P1+P2), прийнятих протоколом засідання Наукової ради з прогнозування від 31.07.2002 за №35.

ДІЛЯНКА КРУТА БАЛКА розташована у Бердянському районі Запорізької області. Площа ділянки складає 146,69 га. Основна корисна копалина: – танталові, ніобієві, літєві, рубідієві, цезієві руди; супутні – польовий шпат, кварц, мусковіт, гранодіорит, кварц жильний, амфіболіт. Пегматити окрім тантало-ніобатів містять сподумен, польові шпати, мусковіт, кварц. Враховуючи прості інженерно-геологічні та гідрогеологічні умови – відкритий спосіб розробки майбутнього родовища є найбільш доцільним.

У 1967-1975 рр. Приазовською експедицією тресту “Артемгеологія” під час проведення пошукових та пошуково-розвідувальних робіт по виявленню і оцінці рідкометалевих пегматитів у межах Сорокинської тектонічної зони був виявлений комплексний тантал-літій-цезієвий прояв Крута Балка. У 1972-1974 рр. на прояві виконані пошукові роботи, а в 1975 році – проведено згущення розвідувальної мережі, яке забезпечило отримання матеріалів, що відповідають стадії попередньої розвідки. У результаті проведених робіт попередньо підраховані запаси основних корисних копалин – руд танталу, ніобію, літію, що містяться у пегматитах та цезієвісних, рубідієвих та літєвих руд, що містяться у слюдитах і ослюдєнілих породах та супутніх корисних копалин. За хімічним складом кварцовий концентрат відповідає ГОСТу 2138-74, що діяв на той час, на формувальні піски.

Попередньо підраховані запаси руд танталу, ніобію, літію, що містяться у пегматитах та руд цезієвісних, рубідієвих та літєвих, що містяться у слюдитах і ослюдєнілих породах та оцінені по категорії С₁ та С₂. Кількість польовошпатового концентрату при переробці руди без врахування втрат складе 809,8 тис. т. Кількість кварцового концентрату при збагаченні пегматитів без врахування втрат складе 582,6 тис. т.

Попередньо підраховані запаси кварцу жильного складають 11,3 тис.м³, гранодіоритів – 402,2 тис. м³ ¹¹. Видобуток можливо вести закритим шахтним способом на

¹⁰ URL: <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2020/08/%D0%A8%D0%B5%D0%B2%D1%87%D0%B5%D0%BD%D0%BA%D1%96%D0%B2%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5-%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%89%D0%B5.pdf> (дата звернення 13.01.2024)

¹¹ URL: <https://www.geo.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/%D0%91%D0%B0%D0%BB%D0%BA%D0%B0-%D0%9A%D1%80%D1%83%D1%82%D0%B0.pdf> (дата звернення 13.01.2024)

глибині до 450 метрів. Санітарна зона – 300 метрів, а потужності розташуються на відстані понад кілометр від житлової забудови

Родовища літію, що мають промислове значення, виявлені на Донбасі (Єсаулівське родовище в Нагольному рудному районі містить близько 3% Li₂O), представлене кукеїтом, який пов'язаний з місцями гідротермального впливу на глинисті та піськово-глинисті сланці карбону¹².

Окрім розвіданих у радянські часи родовищ літєвих руд в Україні і тоді ж визнаних неперспективними, є і зовсім нерозвідані. Прояви літію зафіксовано у Криворізько-Кременчуцькій зоні (Дніпропетровська, Кіровоградська і Полтавська області). Але ця зона потребує додаткового вивчення. Щоб отримати дозвіл на видобуток літію у цій зоні – необхідно за власний кошт розвідати ділянку, порахувати і затвердити запаси літєвих руд. Але виконання цих робіт не гарантує отримання дозволу на видобуток літію¹³.

Всі відомі родовища й прояви літію України містяться в рідкіснометалевих пегматитах, дані про які наведено в таблиці 2.

Таблиця 2

Класифікація ендегенних літєвих родовищ України

Елементи головної (супутні)	Формація	Парагенетичний тип	Родовище, регіон	Вміщуючі породи (вік порід, млрд р.)	Рудні мінерали	Масштаб зручення	Ступінь комплексності
Li (Rb, Cs, Be, Ta)	Рідкіснометалеві пегматити	Мікроклінальбітовий і альбітсподуменовий з бериллом, танталітом	Балка Крута, Західне Приазов'я	Ультрабазити, амфіболіти, сланці, мігматити (ранній протерозой)	Сподумен (берил, танталіт, холмквіс-тит, Li-Cs-флогопіт)	Невеликий	Середній
Li (Ta, Nb)	Те саме	Мікроклінальбітсподуменпеталітовий з колумбітом і хризобериллом (новий тип)	Шевченківське, Північне Приазов'я	Сланці, гнейси (2.0-2.1), пегматити	Сподумен (петаліт, колумбіт)	Великий	Низький
Li (Ta, Nb, Sn, Be, Rb)	Те саме	Петалітові метапегматити з колумбітом і хризобериллом (новий тип)	Полохівське, Кіровоградський блок	Гнейси (2.3), пегматити (2.28-2.3)	Петаліт (колумбіт, хризоберил, каситерит)	Великий	Низький
Li (Ta, Nb, Rb, Sn)	Те саме	Альбіт-ортоклазсподуменпеталітові метапегматити (новий тип)	Станкуватське, Кіровоградський блок	Амфіболіти (ранній протерозой); пегматити	Сподумен, петаліт (колумбіт, стрюверит, Rb-калішпат, Li-, Rb-, Cs-біотит, хризоберил	Великий	Середній

Джерело: за даними Павлишин (Павлишин, 2000)

Вихідною сировиною для літію є два джерела: мінеральна сировина, наприклад, сподумен (силікат алюмінію з літєм) та інші пегматитові мінерали зі слюди, шпату, кварцу та інших кристалів, а також сольові розчини з соляних озер, багаті солями літію. В обох випадках результатом переробки є карбонат літію Li₂CO₃ (LCE). Існує кілька методик переробки мінералів, найпопулярніша з яких - спікання з сульфатом калію для отримання

¹² URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D1%96%D1%82%D1%96%D1%94%D0%B2%D1%96_%D1%80%D1%83%D0%B4%D0%B8 (дата звернення 13.01.2024)

¹³ URL: <https://bihus.info/sluzba-bezpeki-zasekretila-informaciu-pro-obsagi-litiu-do-2020-roku/> (дата звернення 13.01.2024)

розчинного сульфату літію. При спіканні із сульфатом калію одержують розчинний сульфат літію, який осаджують із розчину карбонатом натрію (кальцинованою содою).

Раніше це був основний спосіб видобутку, а сьогодні він досі активно застосовується в Австралії: літій тут видобувають із піроксену сподумену.

Більшість літію видобувається з природних водних лінз у товщі соляних озер, у насичених соляних розчинах яких концентрується хлорид літію. Розчин викачується і випаровується на сонці, отримана суміш переробляється. Вміст літію в розчині коливається від 0,01 до 1 %. У сольових розчинах міститься хлорид літію LiCl . Однак разом із ним містяться великі кількості інших хлоридів.

Літій при цьому отримується дешевший, ніж з мінералів, проте процес більш тривалий – 18-24 місяці. Ще один мінус – літій забруднюється залізом або магнієм, яких складно позбутися.

Металевий літій найчастіше отримують електролізом розплаву солей або відновленням із оксиду. При електролізі використовується хлорид літію.

Сполуки літію отримують в результаті гідрометалургійної переробки концентратів – продуктів збагачення літієвих руд. Основний силікатний мінерал – сподумен переробляють за вапняковим (лужним), сульфатним (сольовим) та сірчанокислотним (кислотним) методами.

Ще досить поширеними методами вилучення літію з розчинів є:

- екстракційні методи, в основі яких лежить процес комплексоутворення між екстрагентом і катіоном при цьому найбільш ефективними екстрагентами-комплексоутворювачами є карбонільні сполуки та краун-ефір;

- реагентний метод вилучення літію із природних та технологічних розчинів;

- адсорбційні методи.

Отримання солей літію з літіймістких вод на першому етапі включає очищення літіймістких вод лужноземельних металів за допомогою кальцинованої соди. Далі, в зазначений розчин вводять суміш $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{M}_2\text{O}$ або $\text{Al}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ і при перемішуванні осаджують літієвий концентрат, додаючи каустичну соду до $\text{pH}=7,5$. Літієвий концентрат відокремлюють, промивають, висушують і обробляють хлоридною або нітратною кислотою до повного розчинення осаду. Отриманий розчин упарюють до концентрації $2,5 \div 5,0$ (% від маси) літію (при використанні хлоридної кислоти) або до $2,5 \div 3,0\%$ літію (при застосуванні нітратної кислоти). Утворений осад відповідної сполуки алюмінію відокремлюють від маточного розчину і відправляють на обробку літіймістких вод з отриманням літієвого концентрату (Яцков, 2014).

Ще перспективними методами отримання літію є: отримання з термальних вод з використанням геотермальної енергії (США, Німеччина), з морської води де дослідження активно ведуться (Саудівська Аравія) (Громов, 2021), та теоретично з гекторітової глини (США).

У 2010 році американська компанія Simbol Materials отримала фінансування для створення фільтрів та адсорбційних матеріалів, які можуть вловлювати літій та інші матеріали з води, яка викачується з-під землі геотермальними електростанціями для вироблення енергії. Після екстракції літію та інших матеріалів вода спрямовується знову на геотермальну електростанцію для повторного закачування під землю.

У 2022 році у Німеччині з'явилася подібна до американської технологія видобутку літію з підземних термальних вод в районі Верхнього Рейну. Вміст літію в термальних водах становить до 200 мг/л. Видобуток планується здійснювати спочатку фільтруванням іонів літію з термальної води, а потім концентруванням іонів літію до моменту осадження літію у вигляді солі. Передбачається використання геотермальної енергії електростанцій. На поточний момент розробляється тестова установка з видобутку літію з термальних вод, що буде вбудована в одну з геотермальних станцій. Технологія знаходиться на стадії

випробувань. Потенціал видобутку у Німеччині та Франції – тисячі тонн на рік, що дає шанс цьому регіону стати одним з найбільших родовищ літію в світі¹⁴.

Ще одним джерелом отримання літію можуть бути відпрацьовані літій-іонні батареї. Прогнозується, що до кінця 2040 року в світі буде понад 2,5 млн т відпрацьованих літій-іонних батарей.

Існує декілька *технологій* отримання літію з відпрацьованих літій-іонних батарей: розчинення (висока ефективність відділення, висока вартість розчинників, негативний вплив на довкілля), подрібнення та потім ультразвукова сепарація (проста операція, майже відсутні шкідливі викиди, наявне шумове забруднення, необхідні інвестиції у розробку технології). Можливе також застосування досить специфічних методів, якими можуть виступати : пірометалургія, коли здійснюють високотемпературне відновлення сплаву з подальшою екстракцією Li (значна потужність, простота, висока температура, значна енергоємність, низька частка відновленого металу); гідрометалургія з вилужуванням та екстракцією розчинником (низьке споживання енергії, висока частка відновленого металу, довготривалість процесу, значне споживання хімічних реагентів); біометалургія з культивацією мікроорганізмів (низьке споживання енергії, нешкідливі виробничі умови, довготривалість реакції, складність культивування бактерій), комплексоутворення (низька енергоємність, низька температура, нешкідливість, відновлення всіх матеріалів, наявних в матеріалах, що переробляються, значне споживання хімреактивів).

В Україні, де в розвіданих родовищах літій знаходяться у вигляді твердих порід мінерального походження, виробничий процес отримання кінцевої літійвмісткої продукції з повною доданою вартістю з мінеральної сировини складається з ряду етапів:

1. Шахтним чи кар'єрним методом видобувається руда, яка містить літій. З руди механічним способом отримують концентрат літію. Кар'єрний спосіб видобутку суттєво дешевше шахтного і несе меншу загрозу екології. *Шахтний метод* використовується для видобутку копалин з глибини. В Україні більшість запасів руди літію знаходяться на глибинах до 500 метрів. Для здійснення видобутку до рудних тіл бурять вертикальні та горизонтальні тунелі. Метод є технологічно складним, енерговитратним, вимагає ручної праці. Крім того, спричиняє значний негативний вплив на екологію.

2. Збагачення добутої руди і виробництво концентрату літію.

3. Виробництво літійвмісткої продукції, коли по описаним вище технологіям спеціалізований хімкомбінат виробляє з концентрату літію карбонат або гідроксид літію.

4. Виробництво катодів акумуляторів.

5. Виробництво акумуляторів.

При отриманні продуктів літію з насичених соляних розчинів з концентрованим хлоридом літію перші два етапи замінюються на етапи коли соляний розчин викачується і випаровується на сонці. На другому етапі отримана суміш переробляється шляхом осадження з отриманням карбонату літія.

Всі етапи можуть територіально розміщуватись в різних місцях і можуть існувати як окремі виробництва.

Технології, що використовують у Латинській Америці, де літій знаходиться у вигляді солі, відрізняються від тих, які можна застосувати в Україні. Там насос відкачує розсіл, потім він випаровується під сонцем, а вже з осаду добувають літій і калій. В Україні літій міститься у твердій породі у вигляді мінералів, потребує подрібнення та переробки. Відповідно, можливі утворення відвалів, які у майбутньому можуть бути небезпечними для підземних вод.

Видобуток літію з руди суттєво дорожчий, але термін видобутку складає близько 1 міс., а процес видобутку літію гідромінеральною технологією займає до двох років. Але гідромінеральна технологія видобутку літію має серйозну екологічну проблему, оскільки для

¹⁴ URL: <https://www.dw.com/uk/літій-для-електромобілів-у-фрн-видобуватимуть-без-шкоди-для-природи/a-54293994#> (дата звернення 13.01.2024)

випарювання 1 т. літію необхідно витратити близько 2 млн. літрів води. Особливо від цього страждають високогірні райони Болівії, Чилі та Аргентини, де зосереджені родовища¹⁵.

Проблема українського літію – кожне родовище унікальне, яке не має аналогів в світі. Тому під кожне родовище має розроблятися своя технологія селекції та збагачення, а потім отримання літіймістких матеріалів.

Всі родовища України комплексні. Крім руд літію маються і інші руди вартісних і рідкісних матеріалів. Наприклад, ділянка Крута балка, це, в першу чергу, родовище танталу й ніобію і тільки потім літію. На базі цього родовища можна виробляти, наприклад монокристали ніобату та танталату літію, широко вживані в електроніці.

Попутні матеріали, наявні в руді, є рідкісними, з низькими концентраціями в руді, але не менш вартісними, ніж літій. Крім названих танталу та ніобію, українські родовища вміщують ще берилій, рубідій, цезій, олово, вольфрам. А в Станкуватському рудопрояві ділянки Доброї в наявності є навіть золото з вмістом до 2,5 г/т і геологорозвідувальні роботи часів СРСР якраз велись у пошуку золота. Тому вилучення (сепарація) тільки літію, а не всього спектру наявних матеріалів в руді, не буде економічно доцільною. Враховуючи, що вміст літію в руді складає в середньому 1 %, то зі 100 т руди при видобутку тільки літію у відвали піде 99 т, що буде призводити до значних збитків екології.

Існуючі в світі технології переробки руд у вигляді мінералів, передбачають отримання літіймістких матеріалів з сподуменових руд. А в Україні родовища або петалітові, які важко збагачувати або петаліт-сподуменові, або навіть танталові, ніобійові, рубідійові. Є навіть рідкісне родовище, в якому літій знаходиться у вигляді мінеральних кукетів. Все це унеможливує застосування наявних в світі технологій і обладнання для отримання літіймістких продукції з петалітових або петаліт-сподуменових українських руд і вимагає розробки абсолютно нових чисто українських технологій. Можливо на основі гідрометалургії та комплексоутворення.

Унікальність українських родовищ літію призводить до необхідності розробки своїх технологій збагачення і переробки руди для отримання літіймістких продуктів і унеможливує торгівлю концентратами руди. Тобто концентрат української руди нікому крім нас більше не потрібен і просто торгувати рудним концентратом не вдасться. Але це створює можливість побудови повного вітчизняного ланцюжка доданої вартості від видобутку руди до випуску продукції.

В більшості українських родовищ літію, окрім Шевченківського родовища, де руда залягає недалеко від поверхні на глибині 70-130 м від поверхні, та ділянки Крута Балка, руда знаходиться в товщі ґрунту та скельних порід на глибинах до 500 м, що вимагає необхідності застосування шахтних методів видобування для всіх родовищ та ділянок. А це, в свою чергу, більш затратна технологія у порівнянні з кар'єрним методом добутку або з вилученням літію з соляних розчинів чи солей. Що, в свою чергу, призводить до зростання витрат і зниження конкурентоздатності українського літію.

Попередня геологічна розвідка українських родовищ літію була проведена в часи СРСР, починаючи з 1967 р. і потребує уточнення. З точки зору українського законодавства ці родовища є розвіданими з підтвердженими запасами. А на погляд іноземного інвестора, матеріали колишнього СРСР не становлять ніякої користі, оскільки не відповідають міжнародним стандартам. Крім того, великі кошти ніхто не вкладе на базі інформації, яка була отримана 50 років тому. В Україні немає родовищ, оцінених за міжнародними стандартами. Першим обов'язковим кроком для початку переговорів з іноземними інвесторами має бути: підтвердження даних буріння часів СРСР та проведення додаткового вивчення. Повторну геологічну оцінку потрібно проводити відповідно до одного з міжнародних стандартів, які визнають у світі. Наприклад, JORC (The Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves) або національний канадський інструмент, які досить часто використовуються. В першу чергу, надкористувач

¹⁵ URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/29149809.html> (дата звернення 13.01.2024)

буде робити додаткове буріння. Це повинна бути певна “сітка” взяття проб (кернів) породи на певній території та глибині за визначеною методологією, а потім відібрані зразки відправляються закордон для проведення лабораторного дослідження, щоб здійснити оцінку запасів за міжнародними стандартами. Хімічні дослідження отриманого керну проводяться в іноземних лабораторіях, які мають міжнародну сертифікацію та визнання.

Коли міжнародна лабораторія визначить параметри родовища, тоді можна говорити про наявні запаси. Звіт по міжнародному стандарту є необхідною умовою у сфері видобування для міжнародних інвесторів. Потім можна готувати проєкт до розробки, враховуючи витрати на логістику, підведення комунікацій та інше.

Процедура видобутку українського літію виглядає наступним чином:

1. Отримання дозволу на початок геологічної дорозвідки родовищ літію – 1 рік.

2. Проведення геологічної дорозвідки родовищ літію відповідно до міжнародних стандартів визнаних в світі для підтвердження даних буріння часів СРСР.

Це займе приблизно 3-5 років і коштуватиме 10-15 млн дол. на одне родовище. Дорозвідка покаже доцільність видобутку. На підставі дорозвідки будуть затверджені запаси та складений проєкт розробки цього родовища. Це буде підставою, для того щоб переводити спецдозвіл на розвідку в спецдозвіл на видобування

3. Отримання спецдозволу на початок видобутку – 2 роки.

4. Розробка технології збагачення і переробки руди в сполуки літію в лабораторних умовах. Термін – 2 роки. Необхідні інвестиції – 3-5 млн дол.

5. Розробка, виготовлення, наладка, пуск та випробування дослідно-промислової установки з переробки літєвих руд невеликої потужності. Термін – 3 роки. Необхідні інвестиції – 4-5 млн дол.

6. Проєктування та будівництво шахти для видобутку руди та гірничо-збагачувального комбінату разом з інфраструктурою, комунікаціями, дорогами. Термін – 5-7 років. Обсяг інвестицій – 200-250 млн дол.

7. Проєктування, погодження та будівництво хімічного заводу з виробництва літійвмістких сполук займе 5-6 років та коштуватиме 400-450 млн дол.

8. Проєктування, погодження та будівництво заводу з виробництва акумуляторів для електромобілів займе 3-5 років і вимагає залучення 200 млн євро¹⁶.

Якщо навіть якісь з цих етапів можна виконувати одночасно, тривалість до початку випуску літійвмістких сполук складе від 15 років при необхідному обсязі інвестицій 650-750 млн дол. і ще 3-5 років та 200 млн. євро на будівництво акумуляторного заводу. Навряд чи хтось з інвесторів в таких умовах захоче вкладати кошти в український літій, бо через 15 років можуть докорінним способом змінитись тенденції розвитку техніки, джерел енергії і літєві батареї, а разом з ними і літєва промисловість можуть стати взагалі нікому не потрібними.

Крім цього ще є ряд труднощів, які супроводжують реалізацію літєвих проєктів в Україні: за законодавством України отримавши ліцензію на видобуток, протягом 3 років, необхідно приступити до видобутку, тобто до експлуатації. А фактично, за три роки це неможливо. Рудний об’єкт готується до експлуатації мінімум 5 років. Через три роки виникає необхідність переробляти програму робіт, ліцензію можуть призупинити чи взагалі відібрати; наявність застарілих державних будівельних норм (ДБН), які змушують інвестора та проєктанта проєктувати відповідно цим ДБН, які абсолютно не сприймаються за кордоном¹⁷.

Дмитро Кашук, виконавчий директор громадської організації “Наука. Розвідка. Видобування”, який очолював Державну службу геології та надр України у 2014-2015 роках, констатує, що нині до видобутку літію повноцінно не готова жодна ділянка України з цією

¹⁶ URL: <https://gmk.center/ua/posts/vogon-batarej-chi-zmozhe-ukraina-vipuskati-akumulyatori-ta-elektrokari/> (дата звернення 13.01.2024)

¹⁷ URL: <https://nadra.info/2021/12/oleksiy-falkovych-ukrainian-lithium-deposits-are-not-prepared-for-foreign-investment/> (дата звернення 13.01.2024)

корисною копалиною¹⁸. На відомих родовищах запаси або лише апробовані (Полохівське), або потенційні ділянки попередньо оцінені.

Але Уряд України докладає зусилля для відкриття літєвих ділянок для міжнародних та національних інвесторів. Так в 2023 році Кабінетом Міністрів України була прийнята Постанова від 14 лютого 2023 р. № 132 “Про затвердження переліку ділянок надр (родовищ корисних копалин), які мають стратегічне значення для сталого розвитку економіки та обороноздатності держави, що надаватимуться у користування шляхом проведення конкурсів на укладення угод про розподіл продукції”, яка відкриває нові можливості для видобування літію.

Ситуація з правами на розробку родовищ в Україні теж складна і заплутана. Розвідані в часи СРСР родовища протягом 2017-2018 рр. віддали приватним фірмам без проведення конкурсів або аукціонів. У 2017 р. дозвіл на видобування літію в Полохівському родовищі Держгеонадра надали компанії ТОВ “Укрлітійвидобування”, а на початку 2018 р. – Шевченківське родовище отримала фірма “Петро-Консалтинг”. Обидві фірми скористались схемою “апробації”. Отримати спецдозвіл на видобуток корисних копалин без аукціону в Україні можна, або якщо компанія самостійно провела геологічне вивчення надр, або якщо вона за власні кошти здійснила апробацію – переоцінила вже існуючу геологічну інформацію родовища. Для здійснення такої “апробації” компанії навіть не потрібно виїжджати на родовище, вона працює виключно із раніше зібраною інформацією.

На початку березня 2018 р. “Петро-Консалтинг” почала оформляти ще один спецдозвіл на видобування літєвих руд ділянки Добра.

Полохівське родовище у Кіровоградській області виводили за схемою, яка тривала 7 років. Спочатку, у 2011 р., землі родовища вивели із державної власності і надали їх у приватну власність для ведення особистого селянського господарства фізичним особам, які їх продали ТОВ “Укрлітійвидобування”. Пізніше фірма отримала погодження міської ради і лише у 2017 р. отримала від Геонадр спецдозвіл на видобуток літію. У 2017 р. без аукціону через суд спеціальний дозвіл на використання Полохівського родовища літєвих руд безуспішно намагалося отримати ТОВ “Українські рідкісні метали”, яку пов'язують з оточенням Ігоря Котвицького¹⁹.

ТОВ “Укрлітійвидобування”, створене у 2010 р., неодноразово змінював власників. Спочатку ЗМІ пов'язували компанію із сином экс-прем'єр-міністра Миколи Азарова – Олексієм та Юрієм Іванющенком. Після цього склад засновників цього ТОВ неодноразово змінювався. Зараз часткою в 85% “Укрлітійвидобування” володіє зареєстрована у вільній економічній зоні ОАЕ компанія – Harsam Ores FZE, бенефіціаром якої значиться єгиптянин Міна Азер Мамлук Халіл. Ще 10% ТОВ належить власнику мережі фітнес-клубів Sport Life – Ігорю Воронову, а 5 % – киянину Олегу Кадникову²⁰.

ТОВ “Петро-Консалтинг” пов'язували з Ігорем Кононенко, а в 2019 року “Петро-Консалтинг” перейшов під контроль Михайла Жернова, керуючого партнера українсько-польської інвестиційної компанії Millstone&Co.

У квітні 2020 р. Офіс генпрокурора після судів домігся у Верховному суді скасування попередньої ліцензії на видобування літєвих руд Шевченківського родовища, виданого компанії “Петро-Консалтинг”, який отримали у 2018 р. з порушенням процедури без проведення аукціону. Але після ухвали Верховного суду компанія “Петро-Консалтинг” подала позов до Господарського суду Києва, який заборонив надавати третім особам ліцензії на родовище, і тепер Держгеонедр не може проводити аукціони з продажу спецдозволів на видобуток на Шевченківському родовищі. Після завершення судових питань щодо Шевченківського родовища буде проведено аукціон²¹.

¹⁸ URL: <https://www.radiosvoboda.org/a/29149809.html> (дата звернення 13.01.2024)

¹⁹ URL: <https://bihus.info/sluzba-bezpeki-zasekretila-informaciu-pro-obsagi-lituu-do-2020-roku/> (дата звернення 13.01.2024)

²⁰ URL: <https://minprom.ua/opinion/254317.html> (дата звернення 13.01.2024)

²¹ URL: <https://www.bbc.com/ukrainian/features-56604233> (дата звернення 13.01.2024)

У березні 2021 р. Шостий апеляційний адміністративний суд задовольнив скаргу Офісу генпрокурора про скасування спецдозволу на ділянку “Добра” у Кіровоградській області. По Добрій ніколи не було спецдозволу. Просто компанія переконана, що вона мала пріоритетне право на отримання спецдозволу на цю ділянку поза аукціоном. Після чого розпочато підготовчу процедуру до проведення конкурсу на видобуток літєвої руди на ділянці “Добра” на умовах угоди про розподіл продукції (УРП)²². Тобто можна констатувати, що на сьогодні всі родовища та ділянки літію, крім Полохівського родовища вільні.

Ні ТОВ “Петро-Консалтинг” (у січні 2022 р. назва змінилась на ТОВ “Європейський літій Україна”), ні ТОВ “Укрлітійвидобування”, так і не почали розробляти родовища. Але по Полохівському родовищу роботи ТОВ “Укрлітійвидобування”, за словами представників компанії, ведуться. Проведені всі геологічні дослідження, є розуміння, який проєкт має бути, скільки він коштує. Іде пошук співінвестора та технологічного партнера для продовження робіт. По будівництву шахти конкретних умов немає. Завершення цих робіт буде підставою для переведення спецдозволу на стадію видобування. У лютому 2022 р. також повідомлялося²³, що ТОВ “Укрлітійвидобування” захистила запаси літєвих руд за міжнародним кодексом JORC і готується будувати шахту та збагачувальну фабрику. Планами ТОВ “Укрлітійвидобування” передбачається будівництво однієї шахти з розгалуженими горизонтальними та похилими штреками та ортами, які після вироблення будуть закладені комбінацією сухої, гідро та твердіючої суміші з використанням виробленої породи. Збагачення та отримання літєвого концентрату планується вирішувати разом із державним “Східним ГЗК” (м. Жовті Води) з використанням інфраструктури та транспортних комунікацій уранової копальні Смоліно розташованої за 12 км від Полохівського родовища літію. При розробці родовища планується зв'язати літєву та уранову шахти автомобільним та залізничним сполученням, підвести туди електропостачання та водовід. Житло для майбутніх співробітників також буде збудовано у Смоліному.

Переробку петалітового концентрату з метою отримання літію планується проводити на незадіяних потужностях “Східного ГЗК”, які, як запевняють в “Укрлітійвидобуванні”, вимагатимуть лише незначної модернізації. Наявність поблизу готової інфраструктури та можливість збагачувати концентрат у Жовтих Водах на базі Східного ГЗК суттєво знижує витрати на проєкт та собівартість готового продукту²⁴.

Остаточний проєкт розвитку родовища компанія планує підготувати у 2024-му. “Укрлітійвидобування” веде перемовини з низкою потенційних інвесторів, яких не розкриває. На початок 2025-го “Укрлітійвидобування” планує залучити \$700 млн, половина з яких піде на будівництво шахти і ГЗКа, решта – на завод з виробництва збагаченого карбонату літію з потужністю 20 000 т карбонату літію на рік і розташований в одній з країн ЄС²⁵.

Висновки. Незважаючи на великі запаси літію в своїх родовищах, Україна найближчим часом не зможе ні виробляти літіймістку продукцію, ні торгувати концентратом літію, оскільки українські родовища літію унікальні за складом і в світі відсутні як лабораторні, так і промислові технології отримання літію з подібних руд. Український концентрат літію не може використовуватися іншими країнами внаслідок відсутності технологій його переробки.

²² URL: https://ukrudprom.com/news/Minenergo_nachalo_podgotovku_k_provedeniyu_konkursu_na_dobichu_litiya_v_Kirovogradskoy_oblasti.html (дата звернення 13.01.2024)

²³ <https://nadra.info/2022/02/denis-alyoshin-we-are-one-of-the-first-in-the-world-to-receive-lithium-carbonate-from-petalite-concentrate/> (дата звернення 13.01.2024)

²⁴ URL: <https://minprom.ua/opinion/254317.html> (дата звернення 13.01.2024)

²⁵ URL: <https://forbes.ua/company/ukraina-mayzhe-progavila-litievu-likhomanku-khochha-mae-veliki-pokladi-khto-spodivaetsya-zaskochiti-v-ostanniy-vagon-akumulyatornogo-bumu-17072023-14805> (дата звернення 13.01.2024)

Існують тільки засекречені результати геологорозвідки родовищ часів СРСР починаючи з 1967 р. і відсутні сучасні результати геологорозвідки, виконані на основі міжнародних стандартів.

По деяким родовищам літію судові процеси не закінчилися.

На сьогоднішній день на жодному родовищі літію видобуток літію поки що не розпочинався.

Якщо уряд країни зацікавлений в розробці своїх унікальних родовищ літію і виводу країни в число основних літій видобувних країн світу, необхідно:

1. Розсекретити дані геологорозвідки родовищ літію часів СРСР і забезпечити всіма доступними методами поширення цієї інформації серед потенційних партнерів-інвесторів.

2. За бюджетні кошти забезпечити дорозвідку родовищ літію на основі міжнародних стандартів.

3. Спрямувати зусилля української науки на створені технології видобутку та збагачення українських літіймістких руд та технологій отримання літіймісткої продукції з українських руд.

4. Створити сприятливі умови для залучення інвестицій в розробку родовищ літію і виробництво літіймісткої продукції.

Список використаних джерел

1. Hampel C. A. *Rare metals handbook*. Reinhold Pub. Corp. 1954. 657 p.
2. Андрієвський І. Д., Коржнев М. М., Пономаренко П. І. Реформування економічного механізму користування надрами: регулятора економічної, екологічної та соціальної безпеки країни: монографія. К.: ВПЦ “Київський університет”, 2005. 195 с.
3. Галецький Л. Стратегія розвитку мінеральних ресурсів України. *Геолог України*. 2003. № 1. С. 25-30.
4. Данилишин Б. М., Дорогунцов С. І., Міщенко В. С., Коваль Я. В. та ін. Природно-ресурсний потенціал сталого розвитку України. К.: Наук. думка, 1999. 716 с.
5. Другов О. О., П'ятночка Б. В., Паска Р. П., Максимів І. Д., Ткачик В. З. Теоретичні засади класифікації ризиків інвестування в інноваційні проекти. *Академічні візії*. 2024. 27. URL: <https://academy-vision.org/index.php/av/article/view/855>
6. Екологічна геологія: підручник / за ред. М. М. Коржнева. К.: ВПЦ “Київський університет”, 2005. 257 с.
7. Іванух Р., Данилишин Б. Природно-ресурсний потенціал України і шляхи підвищення його використання. *Економіка України*. 1995. № 11. С. 39-45.
8. Кириллов С. О. Про перспективи розвитку літійового виробництва та хімічних джерел струму в Україні. Одержання літію з мінеральної сировини. (Стенограма доповіді на засіданні Президії НАНУ, 25.05.2022). *Вісник НАН України*. 2022. №7. С. 81-84. URL: <https://doi.org/10.15407/visn2022.07.081>
9. Мала гірнича енциклопедія: у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. Д.: Східний видавничий дім, 2007. Т. 2, Л-Р. 670 с.
10. Михайлов В. А. Стратегічні корисні копалини України та їхня інвестиційна привабливість : монографія. К. : ВПЦ “Київський університет”, 2023. 371 с.
11. Павлишин В. І., Баклан Г. Ф., Бугаєнко В. М. та ін. Наукові задачі розвитку мінерально-сировинної бази рідкісних металів України. *Мінералогічний журнал*. 2000. 22. № 1. С. 5-20.
12. Сивий М. Я., Паранько І., Іванов Є. Географія мінеральних ресурсів України. *Prostir M*. 2013. 684 с. URL: <https://doi.org/10.31812/123456789/5519>
13. Третьяков Ю. Мінерально-сировинна база і стратегічні види мінеральної сировини світу і України. *Мінеральні ресурси України*. 1997. № 1-2. С. 382.
14. Яковлев Є. О. Сучасні фактори національної безпеки України при формуванні мінерально-сировинної бази. *Екологія та безпека життєдіяльності*. 2005. № 5. С. 84-90.

15. Яцков М. В., Корчик Н. М., Кирилюк С. В., Пророк О. А. Технології отримання літію з водних розчинів. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2014. 2(66). С. 277-285. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2361/1/Vt6635.pdf>
16. Громов О. Запаси розвідано. А як їх узяти? *Урядовий кур'єр*, 25.09.2021. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/zapasi-rozvidano-yak-yih-uzyati/>

References

1. Hampel, C. A. (1954), Rare metals handbook. Reinhold Pub. Corp. 657 p.
2. Andriievskiy, I. D., Korzhnev, M. M., Ponomarenko, P. I. (2005), Reforming the economic mechanism of subsoil use: the regulator of economic, ecological and social security of the country: monograph. K.: VPTs "Kyivskiy universytet", 195 p.
3. Haletskiy, L. (2003), "Strategy for the development of mineral resources of Ukraine", *Heoloh Ukrainy*, vol. 1, pp. 25-30.
4. Danylyshyn, B. M., Dorohuntsov, S. I., Mishchenko, V. S., Koval, Ya. V. and other. (1999), Natural resource potential of sustainable development of Ukraine, K.: Nauk. dumka, 716 p.
5. Druhov, O. O., Piatnochka, B. V., Paska, R. P., Maksymiv, I. D. and Tkachyk, V. Z. (2024), Theoretical principles of risk classification of investment in innovative projects. *Academic Visions*, 27.
6. Environmental geology: textbook (2005) /za red. M. M. Korzhneva, K.: VPTs "Kyivskiy universytet", 257 p.
7. Ivanukh, R. And Danylyshyn, B. (1995), Ukraine's natural resource potential and ways to increase its use, *Ekonomika Ukrainy*, vol. 11, pp. 39-45.
8. Kyryllov, S.O. (2022), "About the 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 the National Academy of Sciences of Ukraine), URL: <https://doi.org/10.15407/visn2022.07.081>
9. Mala hirnycha entsyklopediia [Small Mining Encyclopedia] (2007): in 3 volumes / Ed. V. Biletskyi. Donetsk: Skhidnyi Vydavnychiy dim, vol. 2, 670 p.
10. Mykhailov, V. A. (2023), Strategic minerals of Ukraine and their investment attractiveness: monohrafiia, K. : VPTs "Kyivskiy universytet", 371 p.
11. Pavlyshyn, V. I., Baklan, H. F., Buhaienko, V. M. ta in. (2000), "Scientific tasks of the development of the mineral and raw material base of rare metals of Ukraine", *Mineralogical journal*, 22, Vol. 1, pp. 5-20.
12. Syvyi, M., Paran'ko, I., Ivanov and other (2013), Heohrafiia mineralnykh resursiv Ukrainy. [Geography of mineral resources of Ukraine], Prostir M, 684 p.
13. Tretiakov, Yu. (1997), Mineral and raw material base and strategic types of mineral raw materials of the world and Ukraine. *Mineral resources of Ukraine*, vol. 1-2, 382 p.
14. Iakovlev, Ye. O. (2005), Mineral and raw material base and strategic types of mineral raw materials of the world and Ukraine. *Mineral resources of Ukraine*, vol. 5, p. 84-90.
15. Yatskov, M. V., Korchyk, N. M., Kyryliuk, S. V. and Prorok, O. A. (2014), Technologies for obtaining lithium from aqueous solutions, Bulletin of the National University of Water Management and Nature Management. *Visnyk Natsional'noho universytetu vodnoho gospodarstva ta pryrodokorystuvannia*, vol. 2(66), pp. 277-285, URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/2361/1/Vt6635.pdf>
16. Hromov, O. (2021), Reserves have been prospected. But how to take them?, *Uriadovyy kur'ier*, 2021.09.25. URL: <https://ukurier.gov.ua/uk/articles/zapasi-rozvidano-yak-yih-uzyati/>

Стаття надійшла до редакції 30.01.2024 р.

Рецензовано 03.05.2024 р.

Опубліковано 30.05.2024 р.

Статтю підготовлено в рамках виконання дослідження наукового проєкту НАН України “Інноваційна модернізація перспективних галузей промисловості України у повоєнний період на основі існуючого науково-технічного, виробничого та ресурсного потенціалу”. Етап II: Перспективи створення в Україні інноваційних промислових майданчиків виробництва продукції з високою доданою вартістю у контексті інтеграції у міжнародні виробничі ланцюги (2024 р.).