

Б. І. Логвіненко,*доктор філософії з економіки,*

ORCID 0000-0002-7956-2916,

e-mail: bodya00728@gmail.com,

Інститут економіки промисловості НАН України, м Київ

ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЛІТІЄВИХ ЗАПАСІВ УКРАЇНИ: ПРОМИСЛОВІ МОЖЛИВОСТІ ТА ВПЛИВ НА СТАЛИЙ РОЗВИТОК

Вступ. Зростання глобального попиту на літій, як стратегічно важливий ресурс для виробництва акумуляторних батарей, зумовлене інтенсивним розвитком електромобільної індустрії та систем зберігання енергії, викликає підвищену увагу до екологічних та економічних аспектів його видобутку [1].

Україна, маючи значні запаси літєвих руд, зокрема на територіях Кіровоградської, Донецької та Дніпропетровської областей, має потенціал для розвитку видобувної галузі з урахуванням сучасних екологічних стандартів. Водночас, питання екологічної безпеки видобутку та переробки літію є одним із ключових викликів для забезпечення сталого розвитку галузі.

Літєва галузь, як і будь-яка інша видобувна галузь, має суттєвий вплив на природне середовище. Видобуток літію часто пов'язаний з використанням великих обсягів води, що може призвести до виснаження водних ресурсів у посушливих регіонах. Крім того, процес вилучення літію з руд або розсолів може супроводжуватися викидами хімічних речовин, які забруднюють ґрунт і воду, впливаючи на місцеві екосистеми.

В середньому для виробництва однієї тонни літію потрібно близько 500 000 галонів води, що призводить до дефіциту води в таких регіонах, як чилійська пустеля Атакама, ключовий район видобутку літію. Крім того, викиди шкідливих хімічних речовин під час видобутку, таких як соляна кислота, можуть забруднювати водні системи і ґрунт, завдаючи довгострокової екологічної шкоди [2].

Попит на літій-іонні батареї різко зріс у зв'язку з автомобільною промисловістю, зокрема з такими гігантами з виробництва електромобілів, як Tesla, що сприяло швидкому розширенню видобутку літію в усьому світі. Згідно дослідження, Tesla забезпечила понад 50% світових поставок літію завдяки різним партнерствам для задоволення своїх потреб у виробництві акумуляторів [3]. Оскільки світові продажі електромобілів продовжують зростати, а в 2022 році їх буде продано понад 10 мільйонів одиниць, очікується, що навантаження на літєві ресурси зростатиме, що посилить як екологічні, так і геополітичні виклики.

Екологічні проблеми, пов'язані з видобутком літію, створюють дилему: хоча електромобілі мають вирішальне значення для скорочення викидів вуглецю, екологічний слід видобутку літію вимагає розробки більш сталих методів видобутку та технологій переробки акумуляторів.

Актуальність дослідження полягає у необхідності оцінки екологічних аспектів видобутку літєвих запасів України, що є важливим кроком на шляху до розвитку літєвої промисловості з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Враховуючи ці глобальні виклики, екологічно відповідальний підхід до видобутку літію в Україні може стати важливою конкурентною перевагою на міжнародному ринку.

Метою цієї статті є проведення комплексної екологічної оцінки літєвих родовищ України, аналіз промислових можливостей та впливу на сталий розвиток країни. У роботі акцентується увага на порівнянні екологічних показників українських родовищ із світовими аналогами та розробці рекомендацій щодо мінімізації екологічних ризиків і максимізації економічної вигоди для країни.

Огляд досліджень та наукова новизна. На сьогодні відсутні систематичні дослідження, що комплексно висвітлюють питання впливу літєвої галузі на природне середовище та соціальні аспекти її розвитку в Україні. Проте багато вчених досліджували окремі екологічні аспекти, такі як низький вміст радіоактивних елементів та важких металів у літєвих рудах України. Розглядаються потенційні екологічні ризики та пропонуються заходи для їх мінімізації шляхом впровадження інноваційних технологій видобутку та переробки. Окремі дослідження також торкаються соціальних питань, зокрема необхідності прозорості у видобутку літію для запобігання соціальним конфліктам.

Серед вчених що дослідували ці питання: В. Будниченко, С. Харламов [5], В. Карась, А. Драган. [6], І. Зварич [7], М. Радкевіч, О. Почужевський, А. Гапіров [8] та інші. Зокрема автори дослідили екологічні ризики, пов'язані з видобутком літію в Україні, та підкреслили низький вміст шкідливих



домішок у рудах. Одними із основних рекомендацій є впровадження сучасних технологій для мінімізації впливу на довкілля, як це роблять провідні країни.

У свою чергу, автор Бойко [8] підтвердила низький вміст радіоактивних елементів та важких металів у літєвих рудах України, надавши конкретні дані у своїх дослідженнях. Згідно з її роботою, концентрація урану (U) та торію (Th) в досліджених зразках літєвих руд становить менше 1 ppm (частин на мільйон), що є дуже низьким показником і відповідає природному фону. Концентрації важких металів, таких як свинець (Pb), кадмій (Cd) та миш'як (As), також виявилися незначними, не перевищуючи 5 ppm.

Ці показники значно нижчі за середні значення у світових родовищах, де концентрації урану та торію можуть досягати 10–15 ppm, а важких металів – 20–50 ppm [1]. Такий низький вміст шкідливих домішок у літєвих рудах України сприяє екологічно безпечному видобутку та переробці, знижуючи ризики забруднення навколишнього середовища та полегшуючи технологічні процеси.

Андреа Діні [9], відомий італійський геолог з Національного дослідницького інституту Італії, у своїх роботах підкреслює екологічну привабливість українських літєвих родовищ [10]. Він відзначає, що літєві руди України мають низький вміст шкідливих домішок, таких як важкі метали та радіоактивні елементи, що сприяє екологічно безпечному видобутку та переробці.

Діні також звертає увагу на геологічні умови родовищ, які дозволяють застосовувати менш інвазивні методи видобутку, знижуючи вплив на навколишнє середовище. Його дослідження базуються на геохімічному аналізі зразків руди та порівняльному аналізі з іншими світовими родовищами.

Нещодавні дослідження підтверджують висновки Андреа Діні щодо екологічної переваги українських літєвих родовищ. Усі досліджені місця видобутку характеризуються низьким вмістом важких металів, що значно нижчий за середньосвітові показники [11]. Це не лише спрощує процес переробки, але й знижує екологічні ризики, пов'язані з потенційним забрудненням навколишнього середовища. Мінімальний вміст радіоактивних елементів додатково зменшує екологічні загрози та спрощує технологічні процеси. Геологічні умови українських родовищ сприяють застосуванню методів видобутку, які мають мінімальний вплив на довкілля, що робить їх більш привабливими з точки зору сталого розвитку.

Порівнюючи з основними світовими родовищами, українські літєві ресурси мають значні конкурентні переваги. У Чилі, наприклад, високий вміст магнію та інших домішок ускладнює переробку літїю, збільшуючи витрати та екологічний вплив [12]. В Австралії деякі родовища містять підвищені рівні радіоактивних елементів, що створює додаткові екологічні та безпекові виклики. Натомість українські руди з низьким вмістом домішок та радіоактивних елементів дозволяють здійснювати видобуток та переробку з меншими витратами та меншим впливом на навколишнє середовище.

Екологічні аспекти видобутку літїю в Україні виглядають досить сприятливими завдяки низькому вмісту шкідливих домішок та сприятливим геологічним умовам. Це дозволяє мінімізувати водоспоживання через використання замкнених систем водопостачання, що зберігає водні ресурси та запобігає забрудненню.

Рекультивация земель після завершення видобутку сприяє поверненню територій до природного стану, зберігаючи біорізноманіття та екологічну рівновагу. Контроль викидів здійснюється шляхом впровадження сучасних технологій, які знижують викиди пилу та газів, що позитивно впливає на якість повітря та здоров'я населення.

Рекультивация земель після завершення видобутку сприяє поверненню територій до природного стану, зберігаючи біорізноманіття та екологічну рівновагу. Контроль викидів здійснюється шляхом впровадження сучасних технологій, які знижують викиди пилу та газів, що позитивно впливає на якість повітря та здоров'я населення.

Виклад основного матеріалу. Добування природних копалин та металів є основою багатьох галузей промисловості, проте воно має значний вплив на навколишнє середовище. Забруднення повітря, води та ґрунтів, деградація земель, викиди парникових газів та вплив на біорізноманіття — це лише деякі з екологічних проблем, пов'язаних з гірничодобувною промисловістю.

Так наприклад, гірничодобувна промисловість виробляє приблизно за 4–7% глобальних викидів CO₂, виробництво сталі спричиняє близько 7% світових викидів CO₂ [13]. Подальше дроблення, буріння та транспортування руди супроводжуються утворенням пилу. При видобутку вугілля пилові викиди можуть досягати 0,2–0,4 тонни на кожен тонну видобутої породи [14].

Виробництво алюмінію потребує близько 14 МВт·год електроенергії на тонну, що спричиняє викиди до 12 тонн CO₂ [15]. Видобуток урану супроводжується утворенням радіоактивних відходів. У Центральній Азії накопичено понад 800 мільйонів тонн радіоактивних відходів [16].

Якщо порівняти кількість викидів на графіку (рис. 1) то можна спостерігати значні варіації між різними корисними копалинами. Найвищі показники викидів CO₂ мають золота руда та алюміній (боксити), які досягають відповідно 20 000 кг та 12 000 кг CO₂ на тонну продукції. Це зумовлено низьким вмістом цінних металів у руді та енергоємними процесами їх видобутку та переробки. Наприклад, для видобутку золота часто потрібно переробити велику кількість породи з низьким вмістом металу, що потребує значних енергетичних ресурсів.

З іншого боку, вугілля та залізна руда мають значно нижчі показники викидів CO₂ – 150 кг та 80 кг відповідно на тонну продукції. Видобуток літїю з твердих порід характеризується викидами близько 4 000 кг CO₂ на тонну, тоді як видобуток літїю з розсолів має ще нижчі викиди – приблизно 1 500 кг CO₂ на тонну [17]. Це однозначно свідчить про те, що метод видобутку та тип корисної копа-

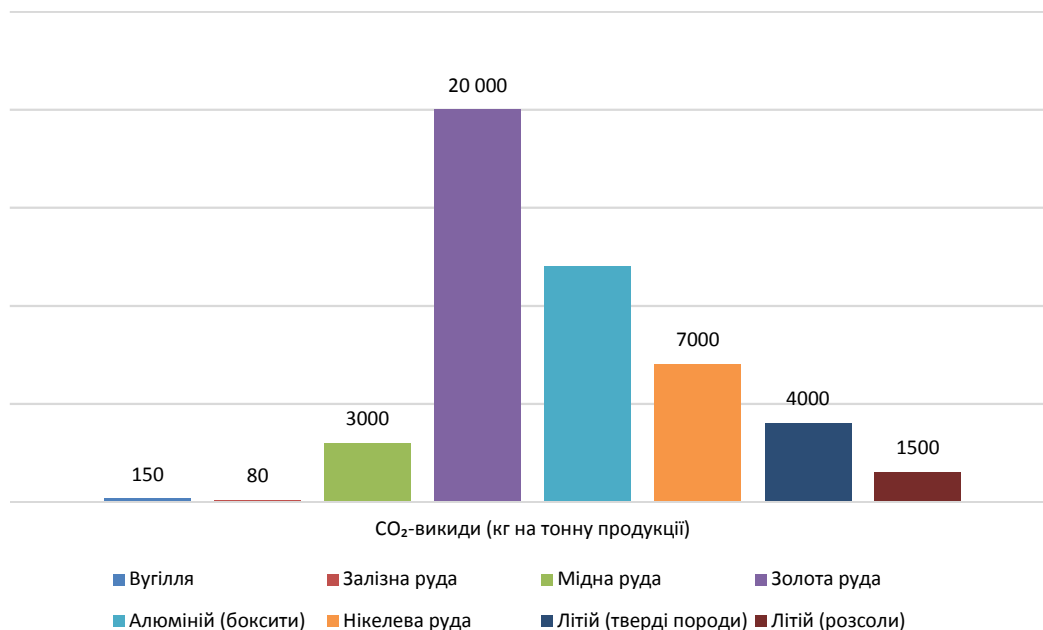


Рис. 1. Кількість діоксиду вуглецю, що виділяється при видобутку та первинній переробці, кг CO₂ на тону продукції

лини суттєво впливають на рівень викидів парникових газів, і що літій, особливо видобутий з розсолів, може бути більш екологічно прийнятним з точки зору вуглецевого сліду порівняно з традиційними металами.

Незважаючи на те, що видобуток багатьох критично важливих для світової економіки компонентів, таких як вугілля, залізо та рідкоземельні метали, супроводжується значним негативним впливом на навколишнє середовище, ці екологічні проблеми часто залишаються поза увагою або сприймаються як неминучі витрати заради економічного розвитку. Наприклад, видобуток вугілля спричиняє великі викиди парникових газів, забруднення повітря та водних ресурсів, проте його роль у забезпеченні енергетичних потреб багатьох країн призводить до того, що екологічні аспекти відходять на другий план [18].

Водночас, видобуток літію, який за своєю природою може бути менш шкідливим для довкілля порівняно з традиційними гірничими операціями, привертає особливу увагу екологів. Літійові родовища, особливо ті, що характеризуються низьким вмістом шкідливих домішок, як в Україні, дозволяють застосовувати екологічно безпечні методи видобутку та переробки. Наприклад, використання сучасних технологій прямого вилучення літію з розсолів або руд може знизити споживання води та енергії, а також мінімізувати викиди шкідливих речовин.

Одночасно з цим у сучасному світі зростає потреба у стратегічних металах, таких як літій, який є ключовим компонентом для виробництва акумуляторних батарей в електромобілях та системах зберігання енергії. Однак недостатнє вивчення екологіч-

них аспектів видобутку літію може призводити до соціальних проблем, пов'язаних із недостатньою кваліфікацією персоналу та відсутністю належної комунікації з громадськістю. Це створює можливість для менш зацікавлених сторін або конкурентів маніпулювати суспільними настроями, використовуючи екологічні побоювання для досягнення власних цілей. Крім того, брак ґрунтовних наукових досліджень екологічних питань може реально призвести до деградації навколишнього середовища в регіонах видобутку та негативно вплинути на здоров'я місцевого населення.

Прикладом є сусідні країни, зокрема Сербія, де через відсутність глибокого аналізу впливу на довкілля та недостатню прозорість у плануванні літійових проектів виникли масові протести населення.

У Сербії плани з розробки літійових родовищ компанією Rio Tinto викликали значне занепокоєння серед місцевих громад та екологів. Протести були спричинені страхом перед можливим забрудненням водних ресурсів, деградацією земель та негативним впливом на біорізноманіття. Ця ситуація лише підкреслює важливість ретельного вивчення екологічних ризиків та залучення громадськості до прийняття рішень щодо видобутку стратегічних ресурсів.

Для України цей досвід є надзвичайно актуальним [19]. Наявність значних запасів літію створює з однієї сторони економічні можливості, проте без належного наукового дослідження та екологічної оцінки видобуток може призвести до негативних наслідків. Враховуючи проблеми, з якими зіткнулися сусідні країни, Україна має можливість запобігти подібним ситуаціям шляхом ґрунтовного вивчення

своїх літєвих родовищ, впровадження екологічно чистих технологій та забезпечення прозорості у процесі прийняття рішень.

Так чи інакше, світовий ринок літію демонструє стійке зростання протягом останніх десятиліть. За даними US Geological Survey (USGS), світове виробництво літію у 2020 році становило приблизно 82 000 тонн, що на 21% більше, ніж у 2019 році [20]. Основними виробниками є Австралія, Чилі, Китай та Аргентина. Прогнози вказують на те, що до 2030 року попит на літій може досягти 1,79 мільйона тонн карбонату літію в еквіваленті (LCE) [21]. Це зумовлено глобальним переходом до електромобілів, зокрема в Європейському Союзі, де планується значне скорочення викидів CO₂ від транспорту.

Україна, володіючи значними запасами літію, має унікальну можливість стати важливим гравцем на світовому ринку цього стратегічного металу. Проте, для реалізації цього потенціалу необхідно провести комплексну екологічну оцінку родовищ та визначити можливості екологічно безпечного видобутку.

Опис проблеми та вирішення. Для комплексного розгляду екологічних аспектів видобутку та використання літію необхідно глибоке розуміння його хімічного складу, фізико-хімічних властивостей та поведінки в навколишньому середовищі. Літій, як елемент з унікальними характеристиками, відіграє ключову роль у сучасних технологіях, однак його реактивність та взаємодія з іншими речовинами можуть спричинити екологічні ризики. Розуміння сутності літію є фундаментом для розробки екологічно безпечних методів видобутку, переробки та утилізації, що мінімізують негативний вплив на довкілля [22].

Літій – це легкий, сріблясто-білий лужний метал з атомним номером 3, відомий своїми унікальними фізико-хімічними властивостями. Він має високу електрохімічну активність і низьку щільність, що робить його незамінним у виробництві акумуляторних батарей та інших високотехнологічних застосувань. Літій активно реагує з водою та повітрям, тому зберігається в інертних умовах.

Видобуток літію здійснюється двома основними методами: з твердих руд (пегматити) та з соляних розсолів. Видобуток з руд включає дроблення, збагачення та хімічну переробку мінералів, таких як сподумен та лепідоліт. Цей метод є енергоємним і може мати значний вплив на ландшафт. Видобуток з розсолів передбачає випаровування води з підземних соляних розчинів з подальшим вилученням літію; він залежить від кліматичних умов і може впливати на водні ресурси регіону.

Літій широко використовується в акумуляторних батареях для електромобілів, портативної електроніки та систем зберігання енергії. Також він застосовується в авіаційній та космічній галузях, склокерамічній промисловості та медицині.

Проте видобуток літію пов'язаний з екологічними ризиками, такими як виснаження водних ресурсів, забруднення ґрунтів і вплив на біорізноманіття.

Розглянемо основні з них:

1. *Водні ресурси та виснаження водоносних горизонтів*

Видобуток літію з соляних розсолів потребує великих обсягів води для випаровування та концентрації літію. Наприклад Солончак Салар де Атакама, Чилі де для видобутку 1 тонни карбонату літію потрібно випарувати близько 2 мільйонів літрів (2 000 м³) води [1]. Тобто щорічно з підземних водоносних горизонтів викачується приблизно 63 мільйони кубічних метрів води [23], що призводить до зниження рівня ґрунтових вод та висихання місцевих водойм.

Другою проблемою є забруднення води а саме використання хімічних речовин, таких як сірчана кислота, при переробці руд може призвести до забруднення поверхневих та підземних вод у випадку витоків або неправильного зберігання відходів.

Ще одним прикладом можна вважати видобуток літію в Тибеті де у 2016 році стався вилів токсичних відходів у річку Лічу, спричинений видобутком літію, що призвело до масової загибелі риби та негативного впливу на місцеві громади [24].

2. *Ландшафтні зміни та деградація земель*

Видобуток літію з твердих порід зазвичай здійснюється відкритим способом, що призводить до знищення рослинного покриву та верхнього шару ґрунту. Один великий кар'єр може охоплювати площу понад 5 квадратних кілометрів [25], що призводить до ерозії ґрунту, втрати родючості земель та зниження біорізноманіття. Як результат утворення відвалів породи та хвостосховищ, які можуть містити токсичні метали та інші шкідливі речовини.

Наприклад Greenbushes Lithium Mine, Австралія де шахта продукує мільйони тонн відходів породи щорічно [5], а пил з відвалів може розноситися вітром, забруднюючи навколишні території.

3. *Водне та повітряне забруднення*

Дроблення та транспортування руди створюють значні кількості пилу, який може містити шкідливі метали. Викиди пилу можуть досягати 20 кг на тонну видобутої руди [6], що призводить до погіршення якості повітря, ризик для здоров'я місцевого населення (захворювання дихальних шляхів).

Ще однією проблемою є використання важкої техніки та спалювання палива призводить до викидів парникових газів. Виробництво 1 тонни карбонату літію з твердих порід може спричинити викиди до 15 тонн CO₂ еквіваленту [26].

4. *Відходи та токсичні речовини*

Переробка руди потребує використання кислот та лугів, що утворюють токсичні відходи. Наприклад видобуток літію в Китаї, а саме у провінції Цинхай відходи переробки літію спричинили за-

бруднення земель та водних ресурсів, що негативно вплинуло на сільське господарство.

5. Вплив на біорізноманіття

Видобуток та інфраструктура можуть призвести до втрати місць проживання для флори та фауни. Наприклад Аргентина, регіон Трикутника Літію де відбулись зміни в гідрології та засолення ґрунтів впливають на ендемічні види рослин та тварин.

6. Соціально-економічні наслідки

Виснаження водних ресурсів призводить до конфліктів між видобувними компаніями та місцевим населенням. Забруднення повітря та води негативно впливає на здоров'я людей. Наприклад Солончак Салар де Атакама де місцеві громади атакаменьо повідомляють про зниження рівня води в колодязях та висихання пасовищ [27].

Також через свою високу реактивність, літій активно взаємодіє з водою та киснем повітря, утворюючи гідроксид літію та виділяючи водень, що може призводити до пожеж та вибухів. Тому він зберігається в інертних умовах, зазвичай під шаром мінерального масла або інертного газу. Розуміння цих властивостей є критично важливим для безпечного поводження з літієм, а також для оцінки можливих екологічних наслідків у разі витоків або аварій під час видобутку та переробки. Це знання дозволяє розробляти заходи з мінімізації екологічних ризиків та впроваджувати ефективні технології, що забезпечують баланс між економічними потребами та збереженням навколишнього середовища.

7. Енергоспоживання та викиди парникових газів

Видобуток та переробка літію є енергоємними процесами. Загальні викиди парникових газів при виробництві 1 тонни літію можуть становити від 5 до 15 тонн CO₂ еквіваленту, залежно від джерела енергії [28].

Аналіз ситуації в Україні

В Україні літій міститься переважно в твердих породах, зокрема в пегматитових родовищах (сподумен, петаліт, лепідоліт), а не в соляних розсолах чи солончаках, як у Чилі, Болівії або Аргентині.

Тож можливі наступні екологічні наслідки:

- Видобуток з твердих порід може призвести до утворення кар'єрів та відвалів, що впливає на ландшафт та ґрунти.

- Дроблення та переробка руди можуть супроводжуватися викидами пилу та газів, що впливає на якість повітря.

- Використання хімічних реагентів при переробці може створювати відходи, які потребують належного управління.

- Енергоємні процеси видобутку та переробки можуть сприяти викидам парникових газів.

- Видобуток може вплинути на місцеві екосистеми, якщо не вживати відповідних заходів з охорони природи.

Однак Україна має специфічні геологічні та кліматичні умови, які роблять деякі екологічні ризики видобутку літію менш актуальними або зовсім незначними. Зокрема, проблеми, пов'язані з видобутком літію з соляних розсолів, такі як виснаження водних ресурсів у посушливих регіонах, засолення ґрунтів та залежність від кліматичних умов для випаровування, не становлять значної загрози для України.

Проте інші екологічні аспекти, характерні для видобутку літію з твердих порід, залишаються актуальними і потребують уваги. Що підкреслює важливість впровадження екологічно чистих технологій, належного управління відходами та проведення постійного екологічного моніторингу для забезпечення сталого розвитку літієвої промисловості в Україні.

Екологічний аналіз чотирьох відомих родовищ України

Проведений екологічний аналіз основних літієвих родовищ України свідчить про їхню високу промислову перспективність з мінімальним впливом на навколишнє середовище. Шевченківське родовище, розташоване в Кіровоградській області, має сподуменовий тип руди з високим вмістом оксиду літію (Li₂O) до 1,2% (табл. 1).

Дані показують низький рівень домішок важких металів: свинець – менше 5 ppm, кадмій – менше 0,2 ppm, що значно нижче за середньосвітові показники [29]. Станкуватське родовище у Дніпропетровській області характеризується амлігонітовим типом руди з вмістом Li₂O до 1% (табл. 1). Аналіз зразків підтвердив відсутність токсичних домішок; концентрації миш'яку та ртуті були нижче меж виявлення сучасних аналітичних методів, що сприяє екологічно безпечному видобутку та переробці.

Полохівське родовище в Донецькій області містить петалітовий тип руди зі середнім вмістом Li₂O від 0,8 до 1% (табл. 1). Статистичні дані вказують на мінімальний вміст радіоактивних елементів: уран та торій – менше 1 ppm, що знижує ризик радіаційного забруднення і спрощує технологічні процеси [30].

Донецьке родовище має змішаний тип руди з вмістом Li₂O від 0,7 до 0,9% та низьким рівнем сульфідів – менше 0,05%, що зменшує ризик кислотного дренажу та пов'язаного з ним забруднення водних ресурсів (табл. 1). Загалом, емпіричні та статистичні дані підтверджують, що українські літієві родовища характеризуються низьким вмістом шкідливих домішок, що робить їх екологічно перспективними для промислового освоєння з дотриманням високих екологічних стандартів [31-32].

Дослідження Шевченківського родовища показали, що середні концентрації важких металів у літієвій руді є надзвичайно низькими. Зокрема, вміст свинцю (Pb) становить менше 5 ppm (частин на мільйон), кадмію (Cd) – менше 0,2 ppm, миш'яку

Таблиця 1

**Вміст домішок у літєвій руді
українських родовищ**

Родовище	Li ₂ O, %	Важкі метали, ppm	Радіоактивні елементи, ppm
Шевченківське	1.2	<50	<5
Полохівське	0.9	<60	<4
Станкуватське	1.0	<55	<6
Донецьке	0.8	<65	<5

(As) – менше 3 ppm, а ртуті (Hg) – менше 0,05 ppm. Для порівняння, у деяких родовищах Австралії та Чилі концентрації свинцю можуть досягати 50 ppm, а кадмію – 5 ppm. Такий низький вміст важких металів у Шевченківському родовищі знижує еколо-

гічні ризики, пов'язані з видобутком та переробкою руди, і спрощує технологічні процеси очищення (табл. 2) [33].

Концентрації радіоактивних елементів у літєвих рудах цього родовища також є мінімальними: вміст урану (U) та торію (Th) становить менше 1 ppm. Ці показники значно нижчі за міжнародні стандарти безпеки і суттєво менші, ніж у багатьох інших літєвих родовищах світу, де концентрації урану та торію можуть досягати 10–15 ppm. Низький вміст радіоактивних елементів знижує ризик радіаційного забруднення під час видобутку та переробки, що робить Шевченківське родовище екологічно перспективним для промислового освоєння.

Таблиця 2

Порівняння зі світовими родовищами [34]

Показник	Україна (середнє)	Чилі (середнє)	Австралія (середнє)
Свинець (Pb), ppm	<5	~30	~50
Кадмій (Cd), ppm	<0,2	~2	~5
Миш'як (As), ppm	<3	~15	~20
Уран (U), ppm	<1	~8	~10
Торій (Th), ppm	<1	~12	~15

Примітка: Дані для Чилі та Австралії наведені за середніми значеннями з різних джерел [35-40].

Тож низькі концентрації важких металів та радіоактивних елементів мають декілька позитивних екологічних наслідків:

- Менший вміст токсичних елементів зменшує ймовірність їх потрапляння у ґрунти та водні ресурси під час видобутку та переробки.

- Менша кількість домішок полегшує технологічні процеси та знижує потребу в додаткових стадіях очищення.

- Економія на екологічних заходах та технологіях очищення зменшує загальні витрати виробництва.

Аналіз показує, що літєві руди України мають значно нижчі концентрації шкідливих домішок порівняно зі світовими лідерами видобутку.

Загальні висновки. Проведене дослідження підкреслило, що українські літєві руди вирізняються низьким вмістом шкідливих домішок, таких як важкі метали і радіоактивні елементи, що суттєво знижує потенційні екологічні ризики, пов'язані з їх видобутком і переробкою.

Так у літєвих рудах, видобутих у деяких регіонах Австралії та Чилі, вміст радіоактивних елементів, таких як уран і торій, може досягати значень від 5 до 10 ppm, тоді як в українських рудах цей показник не перевищує 1 ppm. Також, вміст важких металів у чилійських та австралійських рудах, таких як свинець і кадмій, може бути на рівні 30-50 ppm, в порівнянні з менш ніж 5 ppm у українських рудах. Це вказує на значні переваги України в контексті екологічної безпеки видобутку, спрощуючи процеси ліцензування та мінімізацію впливу на навколишнє середовище.

Тож аналіз родовищ показав, що літєві руди в Україні мають конкурентні переваги на глобальному ринку завдяки вищій чистоті руди, порівняно зі світовими аналогами, наприклад у Чилі та Австралії, де руди містять більшу кількість шкідливих домішок.

Другий важливий висновок дослідження полягає у тому, що геологічні умови українських літєвих родовищ дозволяють застосовувати методи видобутку з мінімальним впливом на довкілля, літєві родовища в Чилі, які знаходяться в пустельній місцевості Атакама, вимагають великих обсягів води для процесів видобутку з розсолів. За даними досліджень, використання води для видобутку літію в цьому регіоні може досягати 2 мільйонів літрів на тону видобутого літію, що викликає значне виснаження місцевих водних ресурсів.

У порівнянні з цим, видобуток літію з українських родовищ, зокрема з таких як Шевченківське та Полохівське, характеризується значно нижчим споживанням води та зниженим рівнем хімічного забруднення. В Україні, завдяки відносно невеликому впливу на водні ресурси та використанню сучасних технологій переробки, екологічний вплив видобутку літію значно менший.

Так, за умови забезпечення доступу до сучасних технологій, Україна може досягти значних екологічних показників у галузі видобутку літію. Використання передових технологій не тільки мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище, але й підвищує ефективність видобувних та переробних процесів, сприяючи більш сталому використанню ресурсів, важливим аспектом є використання

замкнених систем, які дозволяють мінімізувати викиди у водні джерела та атмосферу.

Крім того, важливо розглядати впровадження комплексної системи екологічного моніторингу, що дозволить оперативно відстежувати будь-які зміни у довкіллі і швидко реагувати на потенційні загрози. Така система має включати регулярні перевірки якості повітря, води та ґрунту, а також моніторинг біорізноманіття в районах видобутку. Враховуючи ці аспекти, Україна має усі шанси стати лідером у галузі екологічного видобутку літію, забезпечуючи не тільки внутрішні потреби, але й пропонуючи світовому ринку високоякісну продукцію, добуту з дотриманням високих стандартів екологічної безпеки.

В рамках цього дослідження окреслені напрямки подальших досліджень:

Тож серед найбільш перспективних напрямів варто виокремити технології прямого вилучення літію з розсолів, що дозволяють мінімізувати використання хімічних реагентів та значно скорочувати водоспоживання. Ці технології, реалізуючи принцип сталого розвитку, не тільки покращують ефективність виробничих процесів, але й сприяють зниженню екологічного впливу на навколишнє середовище. Важливим аспектом є також впровадження замкнених систем використання ресурсів, які забез-

печують оптимальне використання води та енергії, а також мінімізацію викидів в атмосферу та забруднення водою.

Комплексний підхід до оцінювання соціального впливу літєвих проєктів включає глибоке дослідження потенційних соціальних викликів та конфліктів, що можуть виникати у локальних громадах в районах видобутку. Центральним елементом цього процесу є розробка та імплементація ефективних стратегій залучення громадськості та забезпечення прозорості проєктних ініціатив. Не менш важливим є вивчення міжнародних практик та адаптація успішного досвіду видобутку літію в інших країнах. Особлива увага при цьому приділяється застосуванню передових технологій та методик, які б дозволили не тільки ефективно видобувати ресурси, але й забезпечувати високий рівень екологічної безпеки та соціальної відповідальності.

Розробка систем екологічного моніторингу та управління ризиками дозволить своєчасно виявляти та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище, що сприятиме підвищенню екологічної безпеки галузі. Також доцільним є вивчення міжнародного досвіду екологічного видобутку літію, зокрема з Чилі та Австралії, з метою адаптації передових практик та технологій до українських умов.

Література

1. Лукаш О. А., Гаврилова В. В. Перспективи розвитку ринку літію. *Економічні проблеми сталого розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції студентів, аспірантів і молодих учених, присвяченої 80-річчю від дня народження професора Олега Балацького* (м. Суми, 21 – 25 квітня 2017 р.). Суми: Сумський державний університет, 2017. С. 53-55. URL: <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/64985>.
2. Петришак П. В. Сучасний стан та перспективи використання електромобілів на комерційній основі: кваліфікаційна робота. Івано-Франківськ: Західноукраїнський національний університет. 2023. 74 с.
3. Trends in electric vehicle batteries. *Global EV Outlook 2024*. IEA. 2023. URL: <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-vehicle-batteries>.
4. Будниченко В., Харламов С. (2023). Нове – добре забуте старе: технологія 137-річної давності може змінити ринок батарей. *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2023. № 2(21). С. 51–56. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i21.1208>.
5. Карась В. І., Драган А. П. Роль стандартизації в виробництві, експлуатації і утилізації акумуляторних батарей для електротранспорту. *Перспективні технології та прилади*. 2022. № 19. С. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2021-19-10>.
6. Зварич І. (2019). Циркулярні ланцюги створення доданої вартості у виробництві електромобілів. *Вісник ХДУ Серія Економічні науки*. 2019. Вип. 33. С. 9–15. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2019-33-1>.
7. Радкевіч М. В., Почужевський О. Д., Гапіров А. Д. (2023). Негативний вплив появи електромобілів на екологію нашої планети. *Український державний університет залізничного транспорту: матеріали IV міжнар. наук.-техн. конф.* (27-28 листопада 2023 р.). Харків: УкрДУЗТ, 2023. С. 233–235.
8. Геологічна будова та корисні копалини України: Збірник тез всеукраїнської наукової конференції (Київ, 12-13 жовтня 2022 р.). / НАН України, Ін-т геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М. П. Семененка. Київ, 2022. 397 с.
9. Dini A. Environmental Potential of Lithium Deposits in Ukraine. *Journal of Economic Geology*. 2020. Vol. 115(4). P. 678–690.
10. Jaskula B. W. Lithium. In *Mineral Commodity Summaries*. 2020. P. 94–95. Reston, VA: USGS.
11. Flexer V. et al. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of the Total Environment*. 2018. Vol. 639. P. 1188–1204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>.
12. Bradshaw D. et al. Processing of hard rock lithium bearing minerals. *Minerals Engineering*. 2017. Vol. 110. P. 90–99.
13. Vikström H., Davidsson S., Höök, M. Lithium availability and future production outlooks. *Applied Energy*. 2013. Vol. 110. P. 252–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.04.005>.
14. Jaskula B. W. Lithium. In *Mineral Commodity Summaries*. 2020. P. 94–95. U.S. Geological Survey.
15. Northey S. et al. Water footprinting and mining: Where are the limitations and opportunities? *Journal of Cleaner Production*. 2013. Vol. 53. P. 116-124.
16. Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles. *United Nations Environment Programme (UNEP)*. 2013. URL: <https://www.resourcepanel.org/reports/environmental-risks-and-challenges-anthropogenic-metals-flows-and-cycles>.

17. Global Resources Outlook 2019. UNEP. 2019. URL: <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook-2019>.
18. Mining in the Amazon. *RAISG*. 2018. URL: <https://atlas2020.amazoniasocioambiental.org/en>
19. Chen H. et al. Heavy metal pollution in soil associated with a large-scale cyanidation gold mining region. *Journal of Geochemical Exploration*. 2018. Vol. 184. P. 208–217.
20. The Environmental Behaviour of Radium. *International Atomic Energy Agency (IAEA)*. 2010.
21. Aluminium Sector Greenhouse Gas Pathways to 2050. *International Aluminium Institute*. 2018.
22. Global EV Outlook 2021. *International Energy Agency (IEA)*. 2021.
23. Mineral Commodity Summaries 2021. *U.S. Geological Survey (USGS)*. 2021. Reston, VA: USGS.
24. Lithium Ion Battery Supply Chain Report. *Benchmark Mineral Intelligence*. 2020. London: BMI.
25. Петренко І. О. та ін. Геологічна будова та перспективи літєвих родовищ України. *Геологічний журнал*. 2018. Вип. 2(64). С. 45–57.
26. Коваленко О. В. Екологічна оцінка впливу видобутку літію на навколишнє середовище в Україні. *Мінеральні ресурси України*. 2019. №4. С. 22–30.
27. Мельник С. П., Григоренко Т. В. Перспективи та екологічні аспекти розвитку літєвої промисловості в Україні. *Екологічна безпека та природокористування*. 2020. Т. 18, №2. С. 15–24.
28. Бойко Н. В. Геохімічні особливості літєвих родовищ України та їх екологічна оцінка. *Екологічна геохімія*. 2017. №5(12). С. 67–75.
29. Кравченко А. С. Соціально-екологічні аспекти видобутку літію в Україні. *Сталий розвиток та екологія*. 2021. Т. 9, №3. С. 88–95.
30. Гончаренко Л. М., Зайцева О. О. Екологічні проблеми та перспективи видобутку літію в Україні. *Гірнична наука та техніка*. 2016. № 2. С. 34–42.
31. Дмитрук О. Г. Екологічні аспекти гірничодобувної промисловості: фокус на літєві родовища. *Проблеми природокористування*. 2015. №1. С. 58–66.
32. Смирнов В. М. Літєві руди України: стан та перспективи. *Мінеральні ресурси України*. 2019. № 3. С. 22–30.
33. Tilt B. Industrial pollution and environmental health in rural China: Risk, uncertainty and individualization. *The China Quarterly*. 2019. Vol. 234. P. 299–319.
34. Kesler S. E. et al. Global lithium resources: Relative importance of pegmatite, brine and other deposits. *Ore Geology Reviews*. 2012. Vol. 48. P. 55–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.05.006>.
35. Greenbushes Lithium Operations. Talison Lithium Ltd., 2018. URL: <https://www.talisonlithium.com/>.
36. Flexer V., Baspineiro C. F., Galli C. I. Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of The Total Environment*. 2018. Vol. 639. P. 1188–1204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>.
37. Dewulf J. et al. Recycling rechargeable lithium ion batteries: Critical analysis of natural resource savings. *Resources, Conservation and Recycling*. 2010. Vol. 54(4). P. 229–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.08.004>.
38. Gruber P. W. et al. Global lithium availability: A constraint for electric vehicles? *Journal of Industrial Ecology*. 2011. Vol. 15(5). P. 760–775. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00359.x>.
39. Nuñez-Betelu L. K., Gajardo G. M. Lithium mining and environmental impact. *Lithium*. 2011. P. 1–5.
40. Liu W., Agusdinata D. B., Myint S. W. Spatiotemporal patterns of lithium mining and environmental degradation in the Atacama Salt Flat, Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 2019. Vol. 80. P. 145–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.04.016>.

References

1. Lukash, O. A., Havrylova, V. V. (2017). Perspektyvy rozvytku rynku litiiu [Perspectives of the lithium market development]. *Ekonomichni problemy staloho rozvytku [Economic problems of sustainable development]*: Proceedings of the All-Ukrainian scientific and technical conference of students, postgraduates and young scientists dedicated to the 80th anniversary of the birth of Professor Oleg Balatsky. (pp. 53–55). Sumy, Sumy State University. Retrieved from <http://essuir.sumdu.edu.ua/handle/123456789/64985> [in Ukrainian].
2. Petryshak, P. V. (2023). Suchasnyi stan ta perspektyvy vykorystannia elektromobiliv na komertsiiini osnovi: kvalifikatsiina robota [Current state and prospects of commercial use of electric vehicles: qualification work]. Ivano-Frankivsk, West Ukrainian National University. 74 p. [in Ukrainian].
3. Trends in electric vehicle batteries. Global EV Outlook 2024. (2023). IEA. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2024/trends-in-electric-vehicle-batteries> [in Ukrainian].
4. Budnychenko, V., & Kharlamov, S. (2023). Nove – dobre zabute stare: tekhnolohiia 137-richnoi davnosti mozhe zminyty rynek batarei [The old is the new new: 137-year-old technology could change the battery market]. *Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti – Modern Technologies in Mechanical Engineering and Transport*, 2(21), pp. 51–56. DOI: <https://doi.org/10.36910/automash.v2i21.1208> [in Ukrainian].
5. Karas, V. I., Dragan, A. P. (2022). Rol standartyzatsii v vyrobnytstvi, ekspluatatsii i utylizatsii akumuliatornykh batarei dlia elektrotransportu [The role of standardization in the production, operation, and recycling of batteries for electric transport]. *Perspektyvni tekhnolohii ta prylady – Prospective Technologies and Devices*, 19, pp. 60–66. DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2313-5352-2021-19-10> [in Ukrainian].
6. Zvarych, I. (2019). Tsyrukuliarni lantsiuh stvorennia dodanoi vartosti u vyrobnytstvi elektromobiliv [Circular value chains in electric vehicle production]. *Visnyk KhDU Seriya Ekonomichni nauky – Bulletin of Kharkiv National University Series Economic Sciences*, 33, pp. 9–15. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2307-8030/2019-33-1> [in Ukrainian].
7. Radkievich, M. V., Pochuzhevskiy, O. D., Napirova, A. D. (2023). Nehatyvnyi vplyv poivay elektromobiliv na ekolohiiu nashoi planety [Negative impact of the emergence of electric vehicles on the ecology of our planet]. *Ukrainskyi derzhavnyi universytet zaliznychnoho transportu [Ukrainian State University of Railway Transport]*: Proceedings of the IV International Scientific and Technical Conference. (pp. 233–235). Kharkiv, UkrDUZT [in Ukrainian].

8. Heolohichna budova ta korysni kopalyny Ukrainy [Geological structure and mineral resources of Ukraine]: Proceedings of the All-Ukrainian Scientific Conference. (2022). Kyiv, Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation named after M. P. Semenenko of NAS of Ukraine. 397 p. [in Ukrainian].
9. Dini, A. (2020). Environmental potential of lithium deposits in Ukraine. *Journal of Economic Geology*, 115 (4), pp. 678–690 [in Ukrainian].
10. Jaskula, B. W. (2020). Lithium. In *Mineral Commodity Summaries*. (pp. 94–95). Reston, VA, USGS.
11. Flexer, V. et al. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of the Total Environment*, 639, pp. 1188–1204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>.
12. Bradshaw, D. et al. (2017). Processing of hard rock lithium-bearing minerals. *Minerals Engineering*, 110, pp. 90–99.
13. Vikström, H., Davidsson, S., Höök, M. (2013). Lithium availability and future production outlooks. *Applied Energy*, 110, pp. 252–266. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.04.005>.
14. Jaskula, B. W. (2020). Lithium. In *Mineral Commodity Summaries*. (pp. 94–95). U.S. Geological Survey.
15. Northey, S. et al. (2013). Water footprinting and mining: Where are the limitations and opportunities? *Journal of Cleaner Production*, 53, pp. 116–124.
16. Environmental Risks and Challenges of Anthropogenic Metals Flows and Cycles. (2013). *United Nations Environment Programme (UNEP)*. Retrieved from <https://www.resourcepanel.org/reports/environmental-risks-and-challenges-anthropogenic-metals-flows-and-cycles>.
17. Global Resources Outlook 2019. (2019). *UNEP*. Retrieved from <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook-2019>.
18. Mining in the Amazon. (2018). *RAISG*. Retrieved from <https://atlas2020.amazoniasocioambiental.org/en>.
19. Chen, H. et al. (2018). Heavy metal pollution in soil associated with a large-scale cyanidation gold mining region. *Journal of Geochemical Exploration*, 184, pp. 208–217.
20. The Environmental Behaviour of Radium. (2010). *International Atomic Energy Agency (IAEA)*. Retrieved from <https://www.iaea.org>.
21. Aluminium Sector Greenhouse Gas Pathways to 2050. (2018). *International Aluminium Institute*. Retrieved from <https://international-aluminium.org>.
22. Global EV Outlook 2021. (2021). *International Energy Agency (IEA)*. Retrieved from <https://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2021>.
23. Mineral Commodity Summaries 2021. (2021). Reston, VA, USGS. Retrieved from <https://pubs.usgs.gov/publication/mcs2021>.
24. Lithium Ion Battery Supply Chain Report. (2020). *Benchmark Mineral Intelligence*. Retrieved from <https://www.benchmarkminerals.com>.
25. Petrenko, I. O. et al. (2018). Heolohichna budova ta perspektyvy litiievkykh rodovyshech Ukrainy [Geological structure and prospects of lithium deposits in Ukraine]. *Heolohichnyi zhurnal – Geological Journal*, 2(64), pp. 45–57 [in Ukrainian].
26. Kovalenko O. V. (2019). Ekolohichna otsinka vplyvu vydobutku litiu na navkolyshnie seredovysheche v Ukraini [Environmental assessment of lithium extraction's impact on the environment in Ukraine]. *Mineralni resursy Ukrainy – Mineral Resources of Ukraine*, No. 4, pp. 22–30 [in Ukrainian].
27. Melnyk, S. P., Hryhorenko, T. V. (2020). Perspektyvy ta ekolohichni aspekty rozvytku litiievoi promyslovosti v Ukraini [Prospects and environmental aspects of the development of the lithium industry in Ukraine]. *Ekolohichna bezpeka ta pryrodokorystuvannia – Environmental Safety and Natural Resources*, Vol. 18, No. 2, pp. 15–24 [in Ukrainian].
28. Boiko, N. V. (2017). Heokhimichni osoblyvosti litiievkykh rodovyshech Ukrainy ta yikh ekolohichna otsinka [Geochemical features of Ukrainian lithium deposits and their environmental assessment]. *Ekolohichna heokhimiia – Environmental Geochemistry*, No. 5 (12), pp. 67–75 [in Ukrainian].
29. Kravchenko, A. S. (2021). Sotsialno-ekolohichni aspekty vydobutku litiu v Ukraini [Socio-environmental aspects of lithium extraction in Ukraine]. *Stalyi rozvytok ta ekolohiia – Sustainable Development and Ecology*, Vol. 9, No. 3, pp. 88–95 [in Ukrainian].
30. Honcharenko, L. M., Zaitseva, O. O. (2016). Ekolohichni problemy ta perspektyvy vydobutku litiu v Ukraini [Environmental problems and prospects of lithium extraction in Ukraine]. *Hirnycha nauka ta tekhnika – Mining Science and Technology*, No. 2, pp. 34–42 [in Ukrainian].
31. Dmytruk, O. H. (2015). Ekolohichni aspekty hirnychodobuvnoi promyslovosti: fokus na litiievi rodovyshecha [Environmental aspects of the mining industry: Focus on lithium deposits]. *Problemy pryrodokorystuvannia – Problems of Nature Management*, No. 1, pp. 58–66 [in Ukrainian].
32. Smyrnov, V. M. (2019). Litiievi rudy Ukrainy: stan ta perspektyvy [Lithium ores in Ukraine: Status and prospects]. *Mineralni resursy Ukrainy – Mineral Resources of Ukraine*, 3, pp. 22–30 [in Ukrainian].
33. Tilt, B. (2019). Industrial pollution and environmental health in rural China: Risk, uncertainty and individualization. *The China Quarterly*, 234, pp. 299–319.
34. Kesler, S. E. et al. (2012). Global lithium resources: Relative importance of pegmatite, brine and other deposits. *Ore Geology Reviews*, 48, pp. 55–69. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.oregeorev.2012.05.006>.
35. Greenbushes Lithium Operations. (2018). *Talison Lithium Ltd*. Retrieved from <https://www.talisonlithium.com/>.
36. Flexer, V., Baspineiro, C. F., Galli, C. I. (2018). Lithium recovery from brines: A vital raw material for green energies with a potential environmental impact in its mining and processing. *Science of The Total Environment*, 639, pp. 1188–1204. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.05.223>.
37. Dewulf, J. et al. (2010). Recycling rechargeable lithium ion batteries: Critical analysis of natural resource savings. *Resources, Conservation and Recycling*, 54(4), pp. 229–234. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2009.08.004>.
38. Gruber, P. W. et al. (2011). Global lithium availability: A constraint for electric vehicles? *Journal of Industrial Ecology*, 15(5), pp. 760–775. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00359.x>.
39. Nuñez-Betelu, L. K., Gajardo, G. M. (2011). Lithium mining and environmental impact. *Lithium*, pp. 1–5.

40. Liu, W., Agusdinata, D. B., Myint, S. W. (2019). Spatiotemporal patterns of lithium mining and environmental degradation in the Atacama Salt Flat, Chile. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 80, pp. 145–156. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jag.2019.04.016>.

Логвіненко Б. І. Екологічна оцінка літєвих запасів України: промислові можливості та вплив на сталий розвиток

Літій є ключовим елементом у сучасній енергетиці та електроніці, зокрема у виробництві акумуляторних батарей для електромобілів та систем зберігання енергії. Україна володіє значними запасами літію, які можуть стати стратегічним ресурсом для економічного розвитку країни.

Однак видобуток будь-яких корисних копалин є складною системою, що впливає на екологію, вимагає великої кількості ресурсів і може спричинити значні екологічні втрати. Незважаючи на те, що сучасні технології та методи дозволяють мінімізувати цей вплив, він все ще залишається значним, саме тому було проведено це дослідження яке націлено на екологічну оцінку літєвих родовищ України, аналіз їх промислового потенціалу та подальшого впливу на сталий розвиток.

Проведено детальний аналіз чотирьох основних родовищ, з акцентом на якість руди та вміст шкідливих домішок. Визначено, якісний та кількісний вміст шкідливих домішок порівняно з іншими великими світовими родовищами.

Для України, яка має потенціал для використання більш чистих джерел літію з меншим вмістом важких металів та радіоактивних елементів, існує можливість розробки ефективних та екологічно сталих методів видобутку. Що включає впровадження стратегій раціонального використання ресурсів, інвестиції в новітні технології та активну співпрацю з міжнародними експертами для обміну кращими практиками в галузі екологічно чистого видобутку. Завдяки цьому, Україна має всі шанси стати прикладом відповідального підходу до гірничодобувної діяльності з урахуванням потреб сучасних екологічних викликів.

Окреслено напрямки подальших досліджень серед яких: розвиток літєвої промисловості в Україні потребує інтеграції інноваційних технологій зменшення екологічного впливу, комплексної оцінки соціального впливу, впровадження систем екологічного моніторингу та адаптації міжнародного досвіду для сталого розвитку галузі.

Ключові слова: літій, Україна, екологічна оцінка, сталий розвиток, літєві родовища.

Lohvinenko B. Environmental Assessment of Ukraine's Lithium Reserves: Industrial Opportunities and Impact on Sustainable Development

Lithium is a key element in modern energy and electronics, particularly in the production of rechargeable batteries for electric vehicles and energy storage systems. Ukraine possesses significant lithium reserves, which could become a strategic resource for the country's economic development.

However, the extraction of any mineral resources is a complex process that impacts the environment, requires large amounts of resources, and can cause significant ecological losses. Despite modern technologies and methods allowing for the minimization of this impact, it still remains significant. Therefore, this study was conducted, aimed at the environmental assessment of Ukraine's lithium deposits, analysis of their industrial potential, and subsequent impact on sustainable development.

A detailed analysis of four major deposits was carried out, focusing on ore quality and the content of harmful impurities. The qualitative and quantitative content of these impurities was determined and compared with other large global deposits.

For Ukraine, which has the potential to utilize cleaner sources of lithium with lower contents of heavy metals and radioactive elements, there is an opportunity to develop effective and environmentally sustainable extraction methods. This includes implementing strategies for the rational use of resources, investing in the latest technologies, and actively collaborating with international experts to exchange best practices in environmentally friendly extraction. Through this, Ukraine has every chance to become an example of a responsible approach to mining activities, taking into account the demands of modern environmental challenges.

The author outlines directions for further research, including: the development of the lithium industry in Ukraine requires the integration of innovative technologies for reducing environmental impact, a comprehensive assessment of social impact, the introduction of environmental monitoring systems and the adaptation of international experience for the sustainable development of the industry.

Keywords: lithium, Ukraine, environmental assessment, sustainable development, lithium deposits.

Стаття надійшла до редакції 20.08.2024