

Облікова картка ДіР



I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0226U001513

Державний реєстраційний номер: 0123U101087

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 27-01-2026

II. Етап виконання ДіР

Номер етапу: 1

Назва етапу: Розроблення методу відновлення активних матеріалів після деградації літій-іонних акумуляторів

Початок етапу: 01.2023

Закінчення етапу: 12.2025

Вид звітнього документа: Остаточний звіт

III. Відомості про виконавця ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Інститут загальної та неорганічної хімії ім. В. І. Вернадського Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417383

Місцезнаходження: проспект академіка Палладіна, Київ, 03142, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Розмір організації:

Телефон: 380442251516, 380442253071

IV. Відомості про співвиконавців ДіР

V. Відомості про замовника ДіР

Повне найменування юридичної особи (або ПІБ фізичної особи): Національна академія наук України

Код за ЄДРПОУ: 00019270

Місцезнаходження: вул. Володимирська, Київ, 01601, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

Розмір організації:

Телефон: 380442343243

VI. Джерела, напрями та обсяги фінансування ДіР

Підстава для проведення ДіР: 34 - Договір (замовлення) з міністерством, іншим центральним органом виконавчої влади, академією наук (головним розпорядником бюджетних коштів на проведення ДіР)

Напрямок фінансування: 2.2 - Прикладні наукові дослідження і науково-технічні (експериментальні) розробки

Джерела фінансування

7713 - Кошти загального фонду державного бюджету

Код програмної класифікації видатків і кредитування (КПКВК): 6541030

Фактичний обсяг фінансування (тис. грн.): 2471.340

VII. Відомості про ДіР

Назва роботи українською:

Розроблення методу відновлення активних матеріалів після деградації літій-іонних акумуляторів

Назва роботи англійською:

Development of a method of recovery of active materials after degradation of lithium-ion batteries

Реферат українською:

Метою роботи є розроблення ефективних методів відновлення основних комерційних матеріалів літій-іонних акумуляторів (ЛІА) для їх повторного використання. У роботі застосовано комплекс фізико-хімічних та електрохімічних методів досліджень, зокрема скануючу електронну мікроскопію, рентгенофазовий аналіз, диференціальний термічний аналіз, ICP-OES, гальваностатичне циклування, хроновольтамперометрію та імпедансну спектроскопію. Проведено аналіз сучасних технологій переробки ЛІА, визначено їх переваги, недоліки та перспективи розвитку. Показано, що найбільш доцільними є комбіновані підходи, зокрема гідрометалургія з використанням карбонових кислот, пряме відновлення катодних матеріалів та електролітичні методи. Запропоновано метод селективного вилучення літію з «чорної маси» відпрацьованих LFP батарей у суміші оцтової кислоти та перекису водню, що забезпечує ступінь вилучення літію до 98% та чистоту продуктів понад 99,9 мас.%. Отримані сполуки Li_2CO_3 , FePO_4 та графіт придатні для повторного синтезу LiFePO_4/C . Встановлено вплив стехіометрії на електрохімічні характеристики синтезованого матеріалу, з максимальною питомою ємністю до 150 мА·год/г. Запропоновано альтернативний метод прямого відновлення LiFePO_4/C у цитратній кислоті з подальшою термообробкою, що після корекції літійового дефіциту забезпечує питому ємність до 155 мА·год/г. Показано можливість регенерації графіту з питомою ємністю ~330 мА·год/г. Також досліджено селективне вилуговування елементів з деградованих ЛІА та синтез шаруватого матеріалу NCM523 з питомою ємністю до 165 мА·год/г. Запропоновано електролітичні методи отримання металевого літію, придатні для інтеграції у гідрометалургійні схеми переробки.

Реферат англійською:

The aim of this work is to develop efficient methods for the recovery and reuse of key materials from lithium-ion batteries (LIBs). A combination of physicochemical and electrochemical techniques was employed, including scanning electron microscopy, X-ray diffraction, differential thermal analysis, ICP-OES, galvanostatic cycling, chronoamperometry, and electrochemical impedance spectroscopy. Current LIB recycling technologies were analyzed, and their advantages, limitations, and future prospects were identified. It was shown that combined approaches, particularly hydrometallurgical methods using carboxylic acids, direct regeneration of cathode materials, and electrolytic techniques, offer high flexibility, low energy consumption, and high product purity. A method for selective lithium recovery from the black mass of spent LFP batteries using acetic acid and hydrogen peroxide was proposed, achieving lithium extraction efficiencies of up to 98% and product purities above 99.9 wt.%. The recovered compounds (Li_2CO_3 , FePO_4 , and graphite) were suitable for LiFePO_4/C resynthesis, delivering specific capacities of up to 150 mAh·g⁻¹. An alternative direct regeneration route for commercial LiFePO_4/C using citric acid followed by thermal treatment was developed. After lithium deficiency correction, the regenerated material exhibited a specific capacity of up to 155 mAh·g⁻¹. Graphite regeneration with a specific capacity of ~330 mAh·g⁻¹ was also demonstrated. In addition, selective leaching of elements from degraded LIBs and the synthesis of layered NCM523 cathode material were investigated, yielding specific capacities of up to 165 mAh·g⁻¹. Electrolytic methods for metallic lithium recovery compatible with hydrometallurgical recycling schemes were proposed.

Індекс УДК: 621.351/.355, 504.64.4 +542.06

Коди тематичних рубрик: 61.13.27.19

Керівники роботи

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:Потапенко Олександр Васильович

Науковий ступінь: к. х. н.

Вчене звання:

Ідентифікатор ORCID ID:

Додаткова інформація:

VIII. Наукова (науково-технічна) продукція (НТП)

Назва НТП українською: Метод відновлення активних матеріалів після деградації літій-іонного акумулятора

Назва НТП англійською: Method for the Regeneration of Active Materials after Degradation of a Lithium-Ion Battery

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії, гіпотези

Галузь застосування: Енергетична промисловість, акумуляторна та електрохімічна промисловість, переробка відходів та ресурсозбереження.

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Запропонована гідрометалургійна технологія вилучення цінних металів із відпрацьованих катодних матеріалів літій-іонних акумуляторів на основі LFP з використанням екологічно безпечних розчинів на основі карбонових кислот (зокрема, оцтової кислоти). Впровадження полягає у лабораторному підтвердженні розробленої технології переробки відпрацьованих LFP батарей та отриманню вторинних матеріалів (Li_2CO_3 , FePO_4 , алюміній, мідь, графіт). Запропонований гідрометалургійний метод є альтернативою енергоємним та екологічно небезпечним пірометалургійним процесам. Забезпечує вихід вилучення літію понад 96 % та графіту понад 98% з чистотою останнього не менше 99.95%.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Економія енергоресурсів

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу:

Закінчення етапу:

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

Назва НТП українською: Метод переробки "чорної маси"

Назва НТП англійською: Method for Processing "Black Mass"

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії, гіпотези

Галузь застосування: Енергетична промисловість, акумуляторна та електрохімічна промисловість, переробка відходів та ресурсозбереження.

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Запропоновано метод переробки «чорної маси» із селективним вилученням сполук літію з відпрацьованих літій залізофосфатних (LFP) батарей за допомогою суміші оцтової кислоти з перекисом водню. Встановлено, що використання карбонових кислот, дозволяє ефективно та швидко відділяти електродний матеріал від алюмінієвого струмознімача. Ступінь вилучення літію із «чорної маси» становить ~98% при її 2-ох кратній обробці у суміші 0.8M HAc + 5% (масс.) H₂O₂.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Економія енергоресурсів

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 01.2023

Закінчення етапу: 12.2025

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

Назва НТП українською: Методи отримання металевого літію

Назва НТП англійською: Methods for Metallic Lithium Production

НТП, яку передбачалося створити: Створено

Причини, через які НТП не було створено:

Отримані результати: Методи, теорії, гіпотези

Галузь застосування: Енергетична промисловість, акумуляторна та електрохімічна промисловість, переробка відходів та ресурсозбереження.

Реєстраційний номер картки технології:

Опис НТП: Запропонована технологічна схема дозволить ефективно вилучати металевий літій з катодного матеріалу на перших стадіях переробки Літій-іонних акумуляторів. Електрохімічне вилучення металевого літію — інноваційний підхід, що дозволяє не просто вилучати іони літію в процесі переробки ЛІА, а відновлювати їх до елементарного металевого стану. Це має критичне значення, оскільки металевий літій є високоякісною сировиною для анодів акумуляторів нового покоління. Таким чином, ця технологія не просто переробляє відходи, а створює продукт з доданою вартістю, безпосередньо інтегрований у ланцюг постачання виробництва акумуляторів.

Соціально-економічна спрямованість НТП: Створення принципово нової продукції (матеріалів, технологій тощо) для забезпечення експортного потенціалу та заміщенню імпорту, Економія енергоресурсів

Вплив НТП на довкілля:

Впровадження НТП: Впроваджено

Практична реалізація НТП

Початок етапу: 01.2023

Закінчення етапу: 12.2025

Споживачі продукції:

Перспективні ринки:

Характер співробітництва з інвестором

Потрібний обсяг інвестицій, тис. грн.:

Права, що надаються інвестору після завершення роботи:

Наявність бізнес-плану:

Техніко-економічне обґрунтування:

Потенціальний обсяг продажу, тис. грн.:

Очікуваний термін окупності (років):

Додаткова інформація:

IX. Бібліографічний опис

Дубіневич С.В., Зінін В.В., Вавілон К.І., Потапенко О.В., Поліщук Ю.В., Щербатюк І.М., Маркевич О.В., Потапенко Г.В. Спосіб переробки літій залізо-фосфатних акумуляторних батарей // Патент України на корисну модель №158867. – Зареєстровано 26.03.2025.

Щербатюк І.М., Панченко Д.Т. Вплив концентрації цитратної кислоти на електрохімічні параметри відновленого LFP, отриманого при переробці акумуляторів // VII Всеукраїнська наукова конференція «Актуальні задачі хімії: дослідження та перспективи». – Житомир, 2023. – С. 143–144.

Панченко Д., Щербатюк І., Потапенко Г., Потапенко О. Електрохімічні параметри графіту, отриманого при переробці літій-іонного акумулятора // Int. Conference on Chemistry, Chemical Technology and Ecology. – Kyiv, 2023. – P. 303.

Barsukov V., Halyuk B., Makyeyeva I., Khomenko V., Potapenko O., Qureshi M., Kuchaidze A., Barsukov M. On the rational combination of electrochemical and chemical methods in the recycling of spent lithium-ion batteries // 15th International Conference on Physics of Advanced Materials. – Sharm El Sheikh, Egypt, 2023. – P. 54.

- Shcherbatiuk I., Potapenko H., Panchenko D., Khomenko V., Patlun D., Halyuk B., Derkach R., Potapenko O., Barsukov V. Characteristics of graphite obtained by recycling lithium-iron phosphate batteries // Journal of Electrochemical Science and Engineering. – 2024. – Vol. 14, No. 3. – P. 383–393. – DOI: 10.5599/jese.2257.
- Shcherbatiuk I.M., Potapenko O.V., Potapenko H.V., Panchenko D.T. Physico-chemical parameters of LiFePO_4/C obtained by recycling lithium iron phosphate battery // Int. research and practice conference “Nanotechnology and Nanomaterials (NANO-2024)”. – Uzhhorod, 2024. – P. 375.
- Потапенко О.В., Потапенко Г.В., Щербатюк І.М., Панченко Д.Т., Орехов С.О., Деркач Р.С. Електрохімічні параметри відновленого катодного матеріалу LiFePO_4/C // X Український електрохімічний з'їзд «Сучасні аспекти електрохімії». – Київ, 2024. – С. 166–168. – DOI: 10.33609/elchimcongr.2024.09.1-210.
- Барсуков В.З., Хоменко В.Г., Макеева І.С., Галюк Б.О., Деркач Р.С., Мішук А.Ю., Потапенко О.В., Дзясько Ю.С., Рождественська Л.М., Куделко К.О., Барсукова М.Л., Яскула М. Про можливість вилучення цінних матеріалів з відпрацьованих літій-іонних батарей з використанням електрохімічних методів // X Український електрохімічний з'їзд «Сучасні аспекти електрохімії». – Київ, 2024. – С. 22–23. – DOI: 10.33609/elchimcongr.2024.09.1-210.
- Potapenko O., Shcherbatiuk I.M., V'yunov O., Oriekhov S., Panchenko D., Potapenko H. Cycling performance of LiFePO_4/C composite obtained by recycling lithium iron phosphate battery // Surface and Coatings Technology. – 2025. – SSRN: <https://ssrn.com/abstract=5153905> . – DOI: 10.2139/ssrn.5153905.
- Derkach R.S., Barsukov V.Z., Potapenko O.V., Panchenko D.T., Galyuk B.O., Mishuk A.Yu. Electrochemical characteristics of LiFePO_4/C cathode material regenerated in lithium citrate and lithium ascorbate solutions // Ukrainian Conference with International Participation “Chemistry, Physics and Technology of Surface”. – Kyiv, 28–29 May 2025. – P. 109.
- Oriekhov S.O., Potapenko O.V., Sirosh V.A. Extraction of elements from the cathode mass of a lithium-nickel-cobalt-manganese oxide-based battery // Ukrainian Conference with International Participation “Chemistry, Physics and Technology of Surface”. – Kyiv, 28–29 May 2025. – P. 169.
- Potapenko O., Potapenko H., Panchenko D., Oriekhov S., V'yunov O., Zinin V., Vavilon K. Recycling of lithium iron phosphate battery waste using acetic acid solutions // Ukrainian Conference with International Participation “Chemistry, Physics and Technology of Surface”. – Kyiv, 28–29 May 2025. – P. 179.
- Potapenko O.V., V'yunov O.I., Potapenko H.V., Vavilon K.I., Vyshnevskiy O.A., Sirosh V.A., Oliinyk V.O. Efficient hydrometallurgical recycling of lithium iron-phosphate batteries using acetic acid // Him. Fiz. Tehnol. Poverhni. – 2025. – Vol. 16. – С. 463–473.
- Oriekhov S.O., Sirosh V.A., Potapenko O.V., Potapenko A.V. Electrochemical properties of $\text{LiNi}_0.5\text{Co}_0.2\text{Mn}_0.3\text{O}_2$ cathodes synthesized from metal oxalates // Conference of Young Scientists IGIC-2025. – Kyiv, 18–20 November 2025. – С. 37–38.
- Мішук А.Ю., Потапенко О.В., Лісовський І.В., Барсуков В.З., Галюк Б.О., Деркач Р.С. Отримання металічного літію із водних розчинів його солей // Конференція молодих вчених ІЗНХ-2025. – Київ, 18–20 листопада 2025 року. – С. 35–36.

Х. Заключні відомості

Керівник юридичної особи

Солопан Сергій Олександрович

д. х. н., с.д., 02.00.01

Перелік осіб-виконавців

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Лисюк Людмила Семенівна

Телефон

0638114576

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна