

Краткая информация о проекте

Наименование	ИРН AP25794557 Электрохимическое извлечение лития из растворов переработки литий-ионных батарей
Актуальность	Развитие эффективных методов переработки литий-ионных батарей имеет важное значение для снижения экологической нагрузки и обеспечения устойчивого использования ресурсов. Реализация данного проекта позволит не только улучшить существующие технологии, но и внести значимый вклад в развитие циркулярной экономики Казахстана и уменьшение зависимости от добычи первичных материалов. Проект по электрохимическому извлечению лития из растворов переработки литий-ионных батарей является актуальным и важным для развития современной науки и технологий.
Цель	Целью проекта является оптимизация способа извлечения полезных компонентов, в частности лития из оборотных растворов (модельных), полученных при переработке литий-ионных батарей электрохимическим методом и создание дешевой и эффективной лабораторной установки.
Задачи	Для достижений поставленной цели необходимо выполнить следующие задачи: 1. Подбор материала электродов. Проведение поиска устойчивого материала способного селективно извлекать ионы лития, механически и химически стойкого в водных растворах. Примером таких материалов могут являться материалы, используемые в качестве катодов для литий-ионных батарей: LiCoO_2 (литий-кобальтовый оксид), LiMn_2O_4 (литий-марганцевая шпинель), LiFePO_4 (литий-железо-фосфат), а также LiNiMnCoO_2 (NMC) и LiNiCoAlO_2 (NCA). Также будет выбран и смоделирован электролит для электрохимического извлечения лития. Будут использоваться модельные электролиты, содержащие ионы лития для исследования кинетики процессов интеркаляции лития и его поведения на катоде. 2. Оптимизация процесса синтеза выбранного электродного материала. Разработка методики, которая позволит создать электроды с улучшенными свойствами, такими как высокая проводимость, стабильность, селективность и долговечность. 3. Отработка способа делитирования (активация материала). При использовании литиевого катодного материала будут использоваться окислители для извлечения лития химическим методом.

	4. Изготовление электролизера. Разработка конструкции, которая будет соответствовать целям и процессу. Важно учитывать геометрию, условия реакций и возможность последующего масштабирования. 5. Оптимизация параметров работы электролизера по извлечению лития с подобранным материалом на интеркаляционной основе. Будет учтена возможность добавления комплексообразователей, ПАВов, полимерных веществ для минимизации загрязнения литиевого электрода переходными металлами (Fe, Co, Mn).
Ожидаемые и достигнутые результаты	Был осуществлен литературный обзор. Найдены обзорные и экспериментальные статьи по переработке литий-ионных батарей, в частности литий-железо-фосфатные, литий-никель-марганец-кобальтовые, литий-кобальт-оксидные, а также LiNiMnCoO_2 (NMC) и LiNiCoAlO_2 (NCA). Был подобран литий-селективный электрод “ЭЛИС-142” для измерения активности ионов лития в растворах. В связи с задержкой финансирования на данный момент проводится закуп необходимых компонентов: литий-селективный электрод “ЭЛИС-142”, источники питания «10В, 30А», литий-содержавшие соли, стандарт для определения Li методом ААС. Было проведено исследование по подбору и оптимизации модельного раствора для определения лития методом контроля с помощью литий-селективного электрода. Определено. Что оптимальной литиевой солью является - Li_2CO_3 и LiClO_4 (LiOH содержит карбонатные примеси, LiCl гигроскопичен). pH раствора для измерения должно находится в диапазоне от 5 до 12. Диапазон измеряемых концентраций от 0,1 до 10^{-4} М. Водный раствор солей лития Li_2CO_3 будет использоваться для исследования кинетики процессов интеркаляции лития. Проводился синтез LiFePO_4 медом твердофазного восстановительного синтеза. Как исходный прекурсор был синтезирован $\text{FePO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ из FeCl_3 и H_3PO_4. Li_2CO_3 использовался как источник лития. А стеариновая кислота в качестве восстановител ($T - 600^\circ\text{C}$, $t = 6$ ч, Ar). На данный момент проводится физико – химическая характеристика материала методами XRD, SE было проведено исследование по подбору и оптимизации модельного раствора для определения лития методом контроля с помощью литий-селективного электрода. Определено, что

	оптимальной литиевой солью является - Li_2CO_3 и LiClO_4 (LiOH содержит карбонатные примеси, LiCl гигроскопичен). pH раствора для измерения должно находиться в диапазоне от 5 до 12. Диапазон измеряемых концентраций от 0,1 до 10-4 М. Водный раствор солей лития Li_2CO_3 будет использоваться для исследования кинетики процессов интеркаляции лития. Проводился синтез LiFePO_4 методом твердофазного восстановительного синтеза. Исходный прекурсор был синтезирован $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ из FeCl_3 и Na_2HPO_4. Li_2CO_3 использовался как источник лития. Стеариновая кислота выступала в качестве восстановителя. Обжиг смеси прекурсоров проводили в трубчатой печи ($T = 600^\circ\text{C}$, $t = 5$ ч, Ar). Проводилась физико – химическая характеристика материала методами XRD, SEM. Реакция синтеза $\text{FePO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{LiAc} + \text{Red} \rightarrow \text{LiFePO}_4/\text{C} + \text{Ox} + 2\text{H}_2\text{O}$ Red – восстановитель (в нашем случае стеариновая кислота); Ox – продукты восстановления и разложения окислителя: CO, CO_2. Был произведен закуп необходимых компонентов: линейный источник постоянного напряжения (10В, 30А), литий-содержащие соли (литий углекислый, литий сернокислый, литий хлористый, гидроксид лития), баня с магнитной мешалкой. М.
Имена и фамилии членов исследовательской группы с их идентификаторами (Scopus Author ID, Researcher ID, ORCID, при наличии) и ссылками на соответствующие профили	Тажибаева Айгерим Шотаевна Магистр техники и технологий в области химической технологии неорганических веществ PhD кандидат H – индекс 1 Scopus ID: 59168703500 WoS Researcher ID: AFX-1089-2022 ORCID: 0000-0002-4680-5846 Мальчик Федор Игоревич Ассоциированный профессор, доктор химических наук H – индекс 13 Scopus Author ID: 57196147903 Researcher ID: D-5721-2015 ORCID: 0000-0001-6381-0738
Использование	Результаты проекта помогут использовать методику в энергетическом секторе, в частности в компаниях по утилизации отходов и вторичных ресурсов, а также в государственных экологических программах, направленных на внедрение стратегий по снижению техногенной нагрузки. Кроме того, горнометаллургические предприятия, могут применять данную технологию для снижения

	зависимости от первичных ресурсов.
Приоритет в сравнении с реальными аналогами	Извлечение лития электрохимическим способом из растворов переработки в отличие от извлечения лития «мокрой химией»
Список публикаций с ссылками на них	Aigerim Tazhibayeva, Altynai Tanash, Yaroslav Zhigalenok, Saken Abdimomyn, Kaiyrgali Zhumadil, Fyodor Malchik. Stearic acid induced hydrophobic protection of $\text{NaTi}_2(\text{PO}_4)_3$ for long-term operation in aqueous Na-ion systems // Journal of Electroanalytical Chemistry, 2025, 998, 119550 https://doi.org/10.1016/j.jelechem.2025.119550 Aigerim Tazhibayeva, Altynai Tanash, Yaroslav Zhigalenok, Seiilbek Malik, Kaiyrgali Zhumadil, Sergey Nechipurenko Saken Abdimomyn, Fyodor Malchik. Peroxodisulphuric acid synthesis in a flow electrolyser and its potential utilisation for black mass leaching // RSC Adv., 2025, 15, 42450 https://doi.org/10.1039/D5RA06474K
Информация о патентах	нет