

## ОТЗЫВ

На автореферат диссертации Рыбакова Кирилла Сергеевича  
«Моделирование функционального поведения материалов для металл-  
аккумулирующих систем», представленной на соискание ученой степени кандидата  
химических наук по специальности  
1.4.4 Физическая химия

Тематика исследования диссертации является актуальной в наши дни в связи с повсеместным внедрением возобновляемых источников энергии и сопутствующей необходимостью энерго-аккумулирующих систем. Выбранный автором работы для исследования катодный материал  $\text{LiCoVO}_4$ , является перспективным материалом для ЛИА при устранении его недостатка – не высокой практической емкости в связи с высоким значением рабочего потенциала заряда/разряда ( $4,2 \text{ В vs Li/Li}^+$ ) и приемлемым значением теоретической емкости  $148 \text{ мАч/г}$ .

Цель работы сформулирована корректно, а поставленные задачи отражают последовательную логическую цепочку шагов для раскрытия проблематики исследования. Автором работы синтезирован материал для исследования и проведены электрохимические испытания включая базовый расчёт емкости при заряде/разряде и расчёт кинетических параметров процесса литирования/делитирования (коэффициента диффузии и энергии активации) передовыми методами ГИТТ и РИТТ. Методом in-situ XRD измерены параметры кристаллической решетки в процессе заряда/разряда, а методом теоретического моделирования (DFT) оценены возможные пути диффузии ионов лития и предложены наиболее вероятные варианты. В целом виден большой объем проделанной работы с логическим ее завершением, отраженным в выводах работы.

Несмотря на попытку оптимизации процесса синтеза автору не удалось синтезировать материал, обладающий значением емкости близким к теоретически расчётному, однако результаты моделирования поясняют трудность достижения этого значения. Тем не менее рассчитанные коэффициенты диффузии порядка  $10^{-13} \text{ м}^2/\text{с}$  (RT) для иона лития в данном материале должны свидетельствовать о быстрой кинетике и возможности полной проработки материала.

Проделанный обширный объем работы, включающий теоретические и практические расчёты, сопоставление их друг с другом и апробация полученных результатов в индексируемых журналах и тематических конференциях свидетельствует о важности исследования. На основании вышеизложенного рекомендую к присуждению степени кандидата химических наук Рыбакову Кириллу Сергеевичу.

Мальчик Федор Игоревич  
Заведующий лабораторией  
«технологии электрохимических  
производств», PhD, ассоц. проф.  
Кафедры аналитической, коллоидной  
химии и технологии редких элементов  
КазНУ им. аль-Фараби  
г. Алматы, Казахстан  
050040, пр. аль-Фараби 71  
[Frodo-007@mail.ru](mailto:Frodo-007@mail.ru)  
+77072442236

07.06.2024 г

Декан факультета химии  
и химической технологии КазНУ им. аль-Фараби  
PhD, к.х.н.  
Галеева Алина Кулбаевна

