

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета о диссертации

Белецкого Евгения Всеволодовича на тему: «Повышение безопасности литий-ионных аккумуляторов при помощи полимерных слоев переменного сопротивления» на соискание ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.6. Электрохимия

Возобновляемые источники энергии остро востребованы в различных сферах промышленности и литий-ионные аккумуляторы являются их перспективными представителями. Они обладают рядом преимуществ: низкая стоимость, высокая плотность энергии, низкий саморазряд и длительный срок службы. Нет сомнений, что эти аккумуляторы привнесут большие изменения в окружающую среду и удобства в повседневную жизнь людей, но в то же время, проблемы их безопасности привлекают большое внимание и требуют срочного решения.

Литий-ионные аккумуляторы подвержены тепловому разгону, то есть взрывообразному росту температуры, приводящему к возгоранию и взрыву. Причины теплового разгона могут быть самые разные: от неправильной эксплуатации до дефектов при изготовлении. Но стоит отметить, что наиболее частыми причинами теплового разгона являются перезаряд, переразряд, внутреннее и внешнее короткое замыкание. И в этом ключе результаты диссертационной работы Белецкого Е.В. представляют весомую ценность, так как позволяют предотвратить тепловой разгон, вызванный перезарядом, внутренним и внешним коротким замыканиями.

Работа Белецкого Е.В. отличается научной новизной. В работе приводится подробный литературный обзор, построенный таким образом, что преимущества применения полимерных комплексов никеля с лигандами саленового становятся очевидными. Полимеры этого ряда еще не использовались для защиты литий-ионных аккумуляторов. И если их ближайшие аналоги на основе производных политиофенов защищают аккумулятор только с помощью терморезистивного механизма, то есть увеличения своего сопротивления на порядки при превышении критической температуры, то полимеры саленового ряда обладают еще и потенциорезистивностью, то есть увеличением сопротивления на порядки при выходе напряжения за критические значения на заряде и разряде. Диапазон потенциалов максимальной проводимости полимера и диапазон напряжений работы катодного материала совпадают. Для этих полимеров впервые получены *in situ* зависимости электрической проводимости от потенциала, а также впервые получена температурная зависимость сопротивления в сухом состоянии и в батарейном электролите. Так же наглядно продемонстрирована

работоспособность защитного слоя для положительных электродов (катодов) литий-ионных аккумуляторов на основе феррофосфата лития и кобальтата лития.

Работа обладает существенной **практической значимостью**. В диссертационной работе в отдельной главе, представлены результаты, демонстрирующие масштабируемость технологии непрерывного гальванического нанесения полимерного покрытия polyNiMeOSalen на рулонную алюминиевую фольгу, служащую токоотводом для катодов литий-ионных аккумуляторов. Такая технология может быть применена промышленным партнером при изготовлении литий-ионных аккумуляторов. Также совместно с промышленным партнером были изготовлены предсерийные образцы литий-ионных аккумуляторов для батареи типоразмера ЛИА-6,8 емкостью 3,4 Ач с различной толщиной защитного слоя и катодным материалом на основе LiCoO_2 . Результаты, полученные при внешнем и внутреннем коротких замыканиях этих аккумуляторов с защитным слоем толщиной 2 и 4 мкм доказывают, что такие литий-аккумуляторы могут быть полностью безопасными.

Результаты диссертационной работы Белецкого Е.В. были доложены на пяти международных и российских научных конференциях и опубликованы в высокорейтинговых научных журналах. Всего по материалам диссертации опубликовано 7 статей в научных журналах (Scopus, WOS), три из которых относятся к первому квартилю (Q1).

Замечания по тексту диссертации.

1. В тексте диссертации встречаются жаргонные выражения: «батареиный электролит» вместо «электролит для аккумулятора», «батарея» вместо «аккумулятор» и др. Также в тексте диссертации встречаются опечатки (страницы 36, 37, 41, 44, 52, 57, 71, 74, 80, 82, 90, 111, 124).

2. В главе 3 полностью отсутствует описание методики сборки трелектродных электрохимических ячеек, полуэлементов (с литиевым противозлектродом) и макетов аккумуляторов с графитовым анодом (отрицательным электродом).

3. На рисунках, отражающих зарядно-разрядные кривые полуэлементов и аккумуляторов, название оси ординат должно быть «напряжение», а не «потенциал». Это замечание относится к рисункам 39 а, b; 42 а, b. Также на рисунке 40 по оси ординат должно быть « $-Z''$ » вместо « Z'' ».

4. В таблице 10 приводятся расчетные значения сопротивления переноса заряда (R_{ct}), которые были получены, по всей видимости, экстраполяцией полуокружности спектра импеданса на ось абсцисс, что не вполне корректно. Для расчета R_{ct} необходимо было предложить эквивалентную схему для спектров импеданса и рассчитать ее параметры.

5. Список литературы нуждается в редакторской правке, так как отсутствует единообразие в оформлении ссылок.

Данные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общего положительного впечатления от работы.

Диссертация Белецкого Евгения Всеволодовича на тему: «ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ЛИТИЙ-ИОННЫХ АККУМУЛЯТОРОВ ПРИ ПОМОЩИ ПОЛИМЕРНЫХ СЛОЕВ ПЕРЕМЕННОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 года №11881/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Белецкий Евгений Всеволодович заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по научной специальности 1.4.6 Электрохимия. Нарушения пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не установлены.

Член диссертационного совета,
доктор химических наук,
главный научный сотрудник
Института физической химии и
электрохимии им. А.Н. Фрумкина
Российской академии наук

09.01.2023

(дата)



(подпись)

/Кулова Т.Л.

(ФИО)

Подпись Т.Л. Куловой заверяю:
секретарь Ученого совета Института
к.х.н.



И.Г. Варшавская