ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бороздина Алексея Вячеславовича
«Электродные процессы на границе алюминия с хлоралюминатной ионной жидкостью на основе гидрохлорида триэтиламина».

Развитие альтернативной энергетики требует создания безопасных и эффективных систем хранения энергии. Алюминий-ионные аккумуляторы (АИА) рассматриваются как перспективная замена литий-ионным благодаря распространённости, нетоксичности и пожаробезопасности алюминия. Ключевая проблема коммерциализации АИА — подбор оптимального электролита. Хлоралюминатные ионные жидкости (ИЖ) на основе имидазолиевых солей и гидрохлорида триэтиламина являются перспективными, однако данные по системе $AlCl_3$–Et_3NHCl отрывочны. Поэтому тема диссертации, посвященной установлению закономерностей электродных процессов на границе алюминия с хлоралюминатной ИЖ на основе Et_3NHCl в сравнении с имидазолиевыми системами, весьма актуальна и практически значима.

Научная новизна работы несомненна. Впервые проведено систематическое сопоставительное исследование ионного состава, физико-химических свойств и электрохимического поведения алюминия в ИЖ на основе Et_3NHCl, EMImCl и BMImCl в широком диапазоне концентраций и температур. Установлены закономерности изменения плотности, вязкости, электропроводности, чисел переноса и коэффициентов диффузии анионов. Методом гигантского комбинационного рассеяния (ГКР) in situ изучен концентрационный профиль ионов в приэлектродном слое, уточнён механизм анодного растворения и катодного осаждения алюминия. Рассчитаны энергии активации электропроводности и диффузии, определены оптимальные составы электролитов для АИА. Собран и аттестован лабораторный макет АИА с ёмкостью 97 $мА \cdot ч \cdot г^{-1}$, кулоновской эффективностью 97–98 % и напряжением 1.5 В в течение 650 циклов.

Практическая значимость работы заключается в обосновании выбора электролитных составов для низкотемпературных алюминий-ионных аккумуляторов и в демонстрации работоспособности макета АИА. Полученные данные могут быть использованы при разработке новых химических источников тока, а также в учебном процессе при подготовке специалистов в области электрохимии и физической химии.

Достоверность результатов подтверждается использованием сертифицированного оборудования, воспроизводимостью измерений, согласованностью данных, полученных независимыми методами, и их сопоставлением с литературными данными. В работе использован комплекс современных диагностических методов: спектроскопия ГКР in situ, дифференциальная сканирующая калориметрия, дилатометрия, капиллярная вискозиметрия, импедансная спектроскопия, хроноамперометрия и хронопотенциометрия. Основные результаты работы прошли широкую апробацию на российских и международных конференциях.

Вместе с тем по содержанию автореферата хотелось бы обозначить ряд моментов, вызывающих необходимость уточнения, пояснения и некоторой детализации:

1. В работе недостаточно подробно обоснован выбор именно Et_3NHCl как перспективной основы электролита. Указывается дешевизна и доступность, однако отсутствует развернутое сравнение с имидазолиевыми ИЖ по электрохимическому окну, термической стабильности, летучести, коррозионной агрессивности и токсикологическим характеристикам. Такое сопоставление усилило бы аргументацию автора.
2. На рис. 6б приведены анодные поляризационные кривые, имеющие вид, характерный для процессов, осложнённых пассивацией. Автор отмечает, что с уменьшением концентрации $AlCl_3$ критическая плотность тока и плотность тока пассивации увеличиваются. Чем объясняется такая зависимость? Связано ли это с изменением активности хлорид-ионов, которые могут участвовать в растворении оксидной плёнки, или с образованием труднорастворимых солевых продуктов на поверхности алюминия?

3. При анодной поляризации автор связывает наблюдаемые закономерности с пассивацией алюминия, но состав пассивной пленки и ее эволюция при циклировании не подтверждены данными РФЭС, РСМА или микроскопии. Уточнение природы пассивации существенно для практического применения электролита.

Высказанные замечания носят дискуссионный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования. Работа выполнена на высоком научном уровне, содержит новые фундаментальные и практически значимые результаты, соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям.

Считаем, что автореферат диссертации отвечает всем требованиям «Положения о присуждении учёных степеней» (Постановление правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в действующей редакции), а её автор, Бороздин А.В., заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия.

Согласны с размещением наших персональных данных в сети Интернет.

Доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой неорганической
и физической химии ФГБОУ ВО
«Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова»

Кушхов Хасби Билялович
05.10.26

360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173
тел. 89287196727
hasbikushchov@yahoo.com

Кандидат химических наук, доцент кафедры
неорганической и физической химии ФГБОУ ВО
«Кабардино-Балкарский государственный
университет им. Х.М. Бербекова»

Тленкопачев Мурат Рамазанович
05.10.26

360004, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173
тел. 89287076258
tlenkopachev83@mail.ru

Подпись Кушхова Х.Б. и Тленкопачева М.Р. заверяю.
Ученый секретарь ФГБОУ ВО «КБГУ»
доктор филологических наук Апинова И.В.