

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ Графова Бориса Михайловича, работающего в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук в должности советника РАН, о диссертационной работе «Медиаторный редокс-автокатализ восстановления многоэлектронного окислителя для водородно-броматных проточных редокс-батарей», представленной Антиповым Анатолием Евгеньевичем на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.05-Электрохимия.

Диссертация А.Е. Антипова «Медиаторный редокс-автокатализ восстановления многоэлектронного окислителя для водородно-броматных проточных редокс-батарей» является научно-квалификационной работой, которую в свете Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 01.10.2018) можно квалифицировать как научное достижение. Она отвечает критериям, сформулированным в разделе II Постановления.

АКТУАЛЬНОСТЬ ДИССЕРТАЦИИ

Актуальность диссертации не подлежит какому-либо сомнению. А.Е. Антиповым развита детальная теория стационарного состояния катодной области химического источника тока нового типа— водородно-броматной батареи с химико-электрохимическим циклом, образованным сопряженными катодными и химическими процессами. В водородно-броматной батарее в рабочем режиме на поверхности катода происходит электрохимическая реакция с невысоким перенапряжением, в результате которой молекулы брома превращаются в бромид-анионы. Бромид-анионы в объёме вблизи поверхности катода вступают в химическую реакцию с бромат-анионами, в ходе которой образуются молекулы брома. Молекулы брома вступают в электрохимическую реакцию с образованием бромид-анионов. Возникает химико-электрохимический цикл. Создание теории массопереноса в катодной части водородно-броматной батареи с химико-электрохимическим циклом восстановления бромат-анионов является несомненной заслугой диссертанта.

ПРИКЛАДНОЕ ЗНАЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертантом заложены научные основы инженерного расчёта водородно-броматной батареи с химико-электрохимическим циклом восстановления бромат-анионов и невысоким катодным перенапряжением. Для инженерных расчётов

особое значение имеет доказанная в диссертации немонотонная зависимость катодного предельного тока по бромат-анионам от скорости гидродинамического потока.

ОБОСНОВАННОСТЬ И НОВИЗНА ДИССЕРТАЦИИ

Обоснованность и новизна диссертационной работы А.Е. Антипова гарантируется публикациями 22 статей в журналах мирового уровня. В ведущем журнале Международного электрохимического общества *Electrochimica Acta* опубликовано 7 статей. В ведущем журнале РАН Доклады РАН опубликовано 3 статьи. В журнале РАН Электрохимия опубликовано 6 статей. Соискатель впервые разработал и применил комплексный теоретико-экспериментальный подход для изучения стационарного состояния катодной области химического источника тока нового типа— водородно-броматной батареи с химико-электрохимическим циклом, образованным сопряженными катодными и химическими процессами.

ДОСТОВЕРНОСТЬ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ДИССЕРТАЦИИ

Достоверность теоретических положений, выносимых А.Е. Антиповым на защиту, обеспечивается прямым экспериментом (глава 4, глава 5, глава 6) и разносторонним подходом к моделированию сопряженных катодных и химических процессов в водородно-броматном химическом источнике тока. А.Е. Антиповым рассмотрена модель вращающегося дискового электрода (глава 3 и глава 4), обобщённая модель диффузионного слоя Нернста (глава 4) и модель микро-электрода (глава 5).

ВНУТРЕННЕЕ ЕДИНСТВО ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация А.Е. Антипова состоит из 6 глав. В главе 1 дан анализ современного состояния проблемы накопления и хранения энергии в электрической и иной форме. В главе 2 проведено общее рассмотрение процессов, протекающих в катодном пространстве водородно-броматного источника тока. В главе 3 выполнено теоретическое и экспериментальное изучение процесса автокаталитического восстановления бромат-анионов на вращающемся дисковом электроде. Глава 4 посвящена созданию модели диффузионных процессов, которая основана на представлении о вложенных друг в друга многочисленных слоях Нернста. В главе 5 А.Е. Антипов на простой модели в виде микро-электрода проанализировал в достаточно общем виде транспортные аспекты автокаталитического восстановления бромат-анионов. Глава 6 служит экспериментальным доказательством возможности создания химического

источника тока с химико-электрохимическим циклом восстановления бромат-анионов. Диссертацию связывает воедино фундаментальный подход соискателя к многостороннему теоретико-экспериментальному рассмотрению процессов массопереноса в водородно-броматной батарее с химико-электрохимическим циклом восстановления бромат-анионов.

САМОСТОЯТЕЛЬНОСТЬ СОИСКАТЕЛЯ

Диссертационная работа А.Е. Антипова выполнена при консультационном участии доктора физико-математических наук М.А. Воротынцева. Вместе с тем, можно с уверенностью сказать, что диссертация написана соискателем самостоятельно. Самостоятельность соискателя подтверждается тем, что А.Е. Антипов стоит первым или вторым автором в публикациях и патентах по теме диссертации.

ССЫЛКИ НА ЛИТЕРАТУРУ

Список литературы насчитывает 335 наименований. Цитирование публикаций других авторов оформлено с соблюдением авторских прав.

АВТОРЕФЕРАТ

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

ЗАМЕЧАНИЯ

по диссертационной работе А.Е. Антипова «Медиаторный редокс-автокатализ восстановления многоэлектронного окислителя для водородно-броматных проточных редокс-батарей».

- В списке публикаций соискателя по теме диссертации следовало бы указать всех авторов публикации.
- Соискателю следовало бы провести расчет катодного перенапряжения.
- В диссертации на стр.235 соискатель без разъяснения говорит о «плотности энергии раствора».
- В диссертации в уравнениях массопереноса полезно было бы учесть взаимное влияние потоков с использованием соотношения взаимности Онзагера.

ОБЩЕЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по диссертационной работе А.И. Антипова «Медиаторный редокс-автокатализ

восстановления многоэлектронного окислителя для водородно-броматных проточных редокс-батарей»

- А.Е. Антиповым разработана теория массопереноса в катодной части водородно-броматной батареи с химико-электрохимическим циклом восстановления бромат-анионов.
- А.Е. Антиповым заложены научные основы инженерного расчёта водородно-броматной батареи с химико-электрохимическим циклом, что создает предпосылки для разработки отечественного высокоэффективного водородно-броматного химического источника тока с углеродным катодом.
- Считаю, что диссертационная работа «Медиаторный редокс-автокатализ восстановления многоэлектронного окислителя для водородно-броматных проточных редокс-батарей» соответствует требованиям, определенным Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в редакции от 01.10.2018), а её автор – Антипов Анатолий Евгеньевич заслуживает присуждения искомой степени доктора химических наук по специальности 02.00.05-Электрохимия.

Графов

Графов Б.М.

02 сентября 2019 года

Подпись руки Графова Бориса Михайловича

доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки РФ, работающего в Институте физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук в должности советника РАН, заверяю

Учёный секретарь

Федерального государственного бюджетного учреждения науки

Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина Российской академии наук, расположенного по адресу: 119071, г. Москва ГСП-1, Ленинский проспект 31, корпус 4

кандидат химических наук



И.Г. Варшавская
02-09-2019

И.Г. Варшавская