# Отзыв научного руководителя

о Павле Александровиче Задёре, представившем диссертационную работу «Термодинамические и кинетические закономерности процесса редокс-медиаторного электровосстановления галогенат-анионов» на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. Электрохимия

Павел Александрович Задёр в период с октября 2021 года по октябрь 2025 года обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физической химии и электрохимии имени А.Н. Фрумкина Российской академии наук (ИФХЭ РАН) по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки». За это время им была выполнена работа по ряду актуальных теоретических проблем, связанных с усовершенствованием новых химических источников тока с броматным или хлоратным реагентом посредством каталитического или автокаталитического медиаторного цикла. В своей исследовательской работе он продемонстрировал настойчивость в проведении исследований, самостоятельное мышление, умение работать с русскоязычной и англоязычной научной литературой (как это видно из обзора литературы в главе 1 диссертации). Павел проявил способность самостоятельно находить оптимальные решения поставленных задач.

Результаты проведенных работ были опубликованы в 6 статьях П. А. Задёра в международных журналах, входящих в ведущие базы данных Web of Science и Scopus, три из которых входят в первый квартиль (Q1) в соответствующих научных областях. Кроме того, П. А. Задёр выступал с докладами по тематике работы на многочисленных конференциях.

Выполненная работа имеет большую актуальность, поскольку относится к важной проблеме разработки новых химических источников тока для перехода к альтернативной энергетике, развивает фундаментальные аспекты редокс-медиаторного каталитического и автокаталитического восстановления броматов и хлоратов. Им было впервые показано в рамках термодинамического подхода, что понижение начальной концентрации кислоты в растворе бромата приводит к резкому понижению концентрации молекулярного брома, образующегося в ходе процесса электровосстановления бромат-анионов, благодаря чему не происходит образования фазы жидкого брома, который может блокировать прохождение процесса. Для процесса электровосстановления бромата или хлората внутри проточной батареи при гальваностатическом режиме за счет каталитического редокс-медиаторного цикла было обнаружено существование критической величины пропускаемого тока, которая разделяет области «сильных» и «слабых» токов, в которых процесс электровосстановления галогената протекает с совершенно различными закономерностями, в частности, относительно

максимально возможной доли преобразованного галогената. Для процесса электровосстановления бромата по автокаталитическому механизму на ВДЭ в области достаточно низких скоростей вращения электрода, когда протекающий ток лимитируется конвективно-диффузионным транспортом бромат-анионов и/или протонов, получены приближенные аналитические выражения для распределения концентраций компонентов и максимально возможной плотности тока в зависимости от концентраций этих компонентов в объеме раствора. Для процесса электровосстановления хлората без добавки дополнительного каталитического компонента, когда он проходит по автокаталитическому механизму, на основе экспериментальных данных О. А. Гончаровой для потенциостатического режима обоснована схема процесса преобразования хлорат-хлорид с участием стадий электровосстановления диоксида хлора, конпропорционирования хлорат-аниона с хлористой кислотой и диспропорционирования хлористой кислоты по двум реакционным путям; установлены величины констант скоростей всех стадий процесса.

Диссертационная работа П. А. Задёра по научному уровню, актуальности проблемы и ее практической значимости полностью соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор П. А. Задёр заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.6. «Электрохимия».

*Согласен на включение моих персональных данных в аттестационное дело, их дальнейшую обработку и размещение в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет».*

Главный научный сотрудник лаборатории «Биоэлектрохимия»
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Института физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
Российской академии наук (ИФХЭ РАН)
Доктор физико-математических наук
(01.04.07 – физика конденсированного состояния),
профессор по специальности «Электрохимия»

Воротынцев Михаил Алексеевич

05.10.2026 г.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина
Российской академии наук (ИФХЭ РАН)
119070, г. Москва, Ленинский проспект, д. 31, корп. 4
тел.: 8(499) 476-54-34,
e-mail: mivo2010@yandex.com

Подпись Воротынцева М. А. заверяю: зав. канцелярией Емельянова И.Н.