

## ОТЗЫВ

научного руководителя на диссертационную работу Булавиной Е.В.  
«Электровосстановление нитрат-ионов на медьсодержащих композитных электродах с ионообменной/углеродной основой», представленную на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия

**Актуальность проблемы.** Диссертационная работа Булавиной Е.В. посвящена исследованию актуальной проблемы электрохимии, заключающейся в создании новых типов катализаторов, способных повысить эффективность электродных процессов. В работе исследована реакция электровосстановления нитрат-ионов на композитных электродных материалах на основе ионообменной мембраны и углеродных носителей. Выявлены кинетические закономерности реакции в зависимости от состава композита, предложен композит, обладающей наибольшей электрокаталитической активностью.

Работа поддержана грантами Российского фонда фундаментальных исследований (проекты № 10-08-0084\_а, № 13-09-00335\_а), Минобрнауки России в рамках Госзадания вузам в сфере научной деятельности на 2014-2016 годы (проект № 675).

Результаты исследования соответствуют Приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники в Российской Федерации (индустрия наносистем) и Перечню критических технологий РФ (технологии получения и обработки функциональных наноматериалов); вносят вклад в развитие современной электрохимии, что подтверждается списком публикаций соискателя по теме работы.

**Цель работы** заключалась в установлении кинетических закономерностей реакции электровосстановления нитрат-ионов на композитах дисперсная медь/ионообменная мембрана (МК-40, МФ-4СК)/углеродный компонент (УВ, ТУ, УНТ).

**Глубина раскрытия темы.** Тема раскрыта на примере ряда электродных материалов на основе меди, ионообменных мембран (МК-40, МФ-4СК) и углеродных носителей (углеродные волокна, нанотрубки, технический углерод). Полученные материалы охарактеризованы физико-химическими методами. Проведены исследования кинетики электровосстановления нитрат-ионов на электродных материалах методом вращающегося дискового электрода, линейной вольтамперометрии.

**Новизна работы.** Все приведенные в работе результаты являются новыми.

Впервые получены композиты Cu/МФ-4СК/УВ с низким содержанием металла до 1.2 масс.%, удельная электрохимически активная поверхность которых ~ в 3 раза выше, чем Cu/МК-40. В таких композитах с низким содержанием металла происходит предотвращение агрегации наночастиц (частицы меди имеют в основном размер 20-30 нм на поверхности и до 5 нм в объеме) по сравнению с композитами Cu/МК-40 с высоким содержанием

меди (~ 40 масс.%), в которых наноразмерные частицы металла на поверхности объединены в крупные агломераты размером от 300 до 1700 нм.

Впервые установлено, что по сравнению с Cu/C (стеклоуглерод) – электродами, на которых электровосстановление нитрат-ионов протекает с участием 6 электронов и образованием оксида  $N_2O$ , на композитных электродах Cu/УВ, Cu/МК-40, Cu/МФ-4СК/УВ реакция протекает до более глубоких стадий с участием 8 электронов и образованием конечного продукта – газообразного азота  $N_2$ , что подтверждено данными ИК-спектроскопии. Электровосстановление нитрат-ионов протекает в смешанном диффузионно-кинетическом режиме. Внешнедиффузионные ограничения преобладают на композитах Cu/МК-40 с большим количеством меди. Каталитическая активность Cu/МФ-4СК/УВ в 2 раза выше, чем Cu/УВ, о чем свидетельствуют истинные плотности токов электровосстановления нитрат-ионов.

Впервые обнаружено, что скорость электровосстановления нитрат-ионов на композитах Cu/МФ-4СК/УВ возрастает с увеличением содержания меди и достигает предельного значения при содержании меди ~ 0.6 масс.%. В то же время композиты Cu/МФ-4СК/УНТ и Cu/МФ-4СК/ТУ проявляют слабую каталитическую активность.

**Научное и практическое значение выводов работы.** В работе дано решение актуальной научной задачи – установления роли металла и углеродного носителя в кинетике электровосстановления нитрат-ионов. Работа дает рекомендации по выбору катализатора для электровосстановления нитрат-ионов, а также определения их концентраций в водных средах.

**Общая характеристика работы.** Качество написания и оформление работы заслуживают высокой оценки. Автореферат отражает основное содержание работы. Результаты опубликованы в журналах «Электрохимия», «Российские нанотехнологии», «Доклады Академии наук», рекомендуемых ВАК РФ, неоднократно докладывались на научных конференциях. Получен патент на полезную модель.

**Характеристика соискателя.** Е.В. Булавина занимается научной работой, начиная со 2-го года обучения в ВГУ, специализируясь по кафедре физической химии. В течение всего периода обучения в университете проявила себя как самостоятельный и инициативный исследователь.

В 2011 году Булавина Е.В. была награждена дипломом за 2 место по итогам научной сессии ВГУ, также получила диплом за 2 место в молодежном конкурсе научных работ, проведенного в рамках Международной конференции «Ion Transport in Organic and Inorganic Membranes» (Туапсе). В 2012 году Булавина Е.В. награждена грамотой за лучший доклад XIX Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Ломоносов».

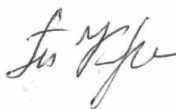
В 2011 году Булавина Е.В. получила грант городского округа Воронежа за научно-исследовательскую работу «Разработка наноструктурного сенсора для контроля качества питьевой воды».



Булавина Е.В. является автором 21 работы, из них 6 статей, 13 тезисов в сборниках материалов Всероссийских и Международных конференций, 1 патент на полезную модель, 1 учебно-методическое пособие.

Считаю, что Е.В. Булавина полностью и успешно решила поставленную перед ней научную задачу. Представленная ею диссертационная работа является актуальным исследованием в области электрохимии композитов на основе ионообменных мембран и отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия.

Научный руководитель,  
Заслуженный деятель науки РФ,  
доктор химических наук,  
профессор кафедры физической химии  
Федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего  
профессионального образования  
«Воронежский государственный  
университет» (ФГБОУ ВПО «ВГУ»)  
394006, Воронеж, Университетская пл., 1.  
Тел. (473) 220-75-21. Факс (473) 220-87-55.  
E-mail: [krav280937@yandex.ru](mailto:krav280937@yandex.ru)

 Т.А. Кравченко  
25.06.2015

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный университет»  
(ФГБОУ ВПО «ВГУ»)

Подпись Т.А. Кравченко

заверяю методист ректората  
Должность

25.06.2015  
подпись, расшифровка подписи

