

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по науке и
стратегическим проектам Томского
политехнического университета
А.С. Гоголев
2023 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования «Национальный исследовательский
Томский политехнический университет»**

Диссертация «Вольтамперометрическое определение карбофурана в овощах на модифицированных хелатсодержащими сорбентами электродах» по специальности 1.4.2 Аналитическая химия выполнена в Отделении химической инженерии Инженерной школы природных ресурсов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В период подготовки диссертации соискатель Соломоненко Анна Николаевна, 1995 года рождения, работала в Отделении химической инженерии Инженерной школы природных ресурсов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» в должности ассистента.

В 2023 г. окончила аспирантуру в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» по направлению подготовки 04.06.01 Химические науки. Кандидатский экзамен сдан по специальности 1.4.2 Аналитическая химия.

Диплом об окончании аспирантуры выдан в 2023 г. федеральным государственным автономным образовательным учреждением высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Тема диссертационной работы утверждена решением ученого совета Инженерной школы природных ресурсов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» от «26» ноября 2019 г., номер протокола 4.

Научный руководитель: Дорожка Елена Владимировна, Отделение химической инженерии Инженерной школы природных ресурсов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», к.х.н., доцент, назначен приказом по организации № 282-42/с от «08» октября 2020 г.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

Актуальность работы. Отравление людей пестицидами уже долгое время рассматривается как масштабная проблема общественного здравоохранения. Тем не менее, применение пестицидов позволяет предотвратить масштабные потери урожая, и поэтому пестициды будут продолжать играть свою роль в сельском хозяйстве, особенно при демографическом росте. На данный момент одной из главных задач при невозможности отказа от пестицидов, является оценка риска для здоровья человека, как в результате непосредственного воздействия пестицидов, так и в результате наличия пестицидов в остаточных концентрациях в сельскохозяйственных продуктах. Карбофуран относится к I классу опасности для здоровья человека и приводит к ухудшению многих функций в организме человека. Следовательно, крайне важно иметь методики его экспрессного определения, как для контроля безопасности окружающей среды, так и пищевых продуктов. Данная работа направлена на создание новых модифицированных углеродными чернилами и хелатсодержащими сорбентами электродов для количественного определения КБФ в овощах методом вольтамперометрии с линейной разверткой потенциала. Разработанные модификаторы углеродсодержащих электродов открывают возможности безотходного использования сорбента колонки в рамках утилизации материалов и удешевляют электродный модификатор по сравнению с использованием наночастиц металлов и их оксидов.

Личный вклад автора заключается в сборе, анализе и переработке литературных данных по разработанным электрохимическим методикам определения КБФ в природных объектах, непосредственное выполнение экспериментальной части исследовательской работы, а также в публикации полученных результатов в виде тезисов и статей.

Степень достоверности полученных теоретических и экспериментальных результатов обеспечивается применением статистической обработки получаемой информации, оценкой ее адекватности, а также использованием в работе современных физико-химических методов, и методов планирования эксперимента.

Научная новизна заключается в следующем: 1. Впервые разработаны и охарактеризованы физико-химическими методами новые модифицированные углеродсодержащие электроды на основе углеродных чернил и хелатсодержащих сорбентов для чувствительного вольтамперометрического

определения карбофурана в овощах. 2. Получена электроактивная форма карбофуран-фенол за счет подбора условий щелочного гидролиза карбофурана и изучено его окислительно-восстановительные свойства на модифицированном электроде. 3. Впервые предложен алгоритм пробоподготовки овощей для вольтамперометрического определения карбофуран-фенола на модифицированном углеродными чернилами и хелатсодержащим сорбентом углеродсодержащем электроде. 4. Впервые разработана вольтамперометрическая методика определения карбофурана в овощах с использованием модифицированного углеродными чернилами и хелатсодержащим сорбентом углеродсодержащего электрода, отличающаяся простотой изготовления модификатора и шириной диапазона определяемых содержаний карбофурана.

Теоретическая и практическая значимость результатов исследований. Разработаны новые модифицированные углеродными чернилами и хелатсодержащими сорбентами углеродсодержащие электроды и вольтамперометрическая методика определения карбофурана в овощах. Практическая значимость работы заключается в применении разработанной методики для определения карбофурана в сельскохозяйственной продукции и возможной интеграции данного подхода в аналитические лаборатории контроля качества сельскохозяйственной продукции и продуктов питания. Разработанная методика является более дешевой перед существующими аналогами, не требует наличия сложного и дорогостоящего оборудования.

Ценность научных работ заключается в использовании хелатсодержащих сорбентов совместно с углеродными чернилами в качестве модифицирующих агентов электродов для определения карбаматных пестицидов. Разработанные модификаторы углеродсодержащих электродов открывают возможности безотходного использования сорбента колонки в рамках утилизации материалов и удешевляют электродный модификатор по сравнению с использованием наночастиц металлов и их оксидов. На примере карбофурана была разработана вольтамперометрическая методика его определения в овощах с целью интеграции данного подхода в аналитические лаборатории контроля качества. Такой подход открывает возможности безотходного использования сорбентов колонки в рамках утилизации материалов и для «зеленой» электроаналитической химии.

Полнота опубликования материалов.

Материалы диссертации с необходимой полнотой изложены в 13 работах, опубликованных соискателем:

1. **Solomonenko A.N., Dorozhko E.V., Berek J., Korotkova E.I., Vyskocil V., Shabalina A.V.** Adsorptive stripping voltammetric determination of carbofuran in herbs on chromatographic sorbent modified electrode // *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 2021, V. 900, 115692.

2. **Solomonenko A.N.**, Dorozhko E.V., Berek J., Korotkova E.I., Semin V.O., Erkovich A.V., Aseeva N.V. Adsorptive stripping voltammetric determination of carbofuran in food using novel type of modified carbon-based electrode with grafted layers of nickel // *Talanta*, 2023, V. 267, 125116.

3. **Solomonenko A.N.**, Dorozhko E.V. Electrochemical sensors for the determination of carbofuran in natural objects (a review) // *Industrial laboratory. Diagnostics of materials*, 2022, V. 88, P. 5–14 (In Russ.).

4. **Соломоненко А.Н.**, Дорожко Е.В., Короткова Е.И., Гавриленко М.А. Способ количественного определения карбофурана в воде методом анодной вольтамперометрии. Патент на изобретение РФ № 2758208, дата выдачи 26.10.2021.

5. **Соломоненко А.Н.**, Дорожко Е.В., Короткова Е.И. Вольтамперометрическое определение карбофурана на модифицированном хроматографическом сорбентом электроде, Физико-химические методы в междисциплинарных экологических исследованиях. Всероссийский симпозиум и школа-конференция молодых ученых, 27 октября–3 ноября, 2021, Севастополь, Россия. Сборник трудов симпозиума. — М.: Издательский дом «Граница», 2021. — С. 217–218.

6. **Solomonenko A.N.**, Dorozhko E.V., Berek J., Korotkova E.I. Development of a chemically modified sensor for the voltammetric determination of carbofuran, *Instrumental Methods of Analysis: Modern Trends and Applications (IMA-2021)*, Thessaloniki, Greece, 20–23 сентября, 2021. — P. 193.

7. **Соломоненко А.Н.**, Саломатова А.В. Определение карбофурана в природных объектах методом вольтамперометрии, Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 125-летию со дня основания Томского политехнического университета. В 2 томах, Томск, 17–20 Мая 2021. — Томск: ТПУ, 2021 — Т. 1 — С. 325–326.

8. **Соломоненко А.Н.**, Дорожко Е.В., Короткова Е.И. Электрохимическое определение карбофурана в лекарственных травах, Аналитика Сибири и Дальнего Востока: сборник докладов тезисов XI Всероссийской научной конференции и школы, Новосибирск, 16–20 Августа 2021. — Новосибирск: ИНХ СО РАН, 2021 — С. 111.

9. **Соломоненко А.Н.** Вольтамперометрическое определение карбофурана в почве на модифицированных хроматографическим сорбентом электродах, Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXIII Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера: в 2 т., Томск, 16–19 Мая 2022. — Томск: Изд-во ТПУ, 2022 — Т. 1 — С. 392–393.

10. **Соломоненко А.Н.**, Дорожко Е.В. Разработка модифицированного электрода для вольтамперометрического определения карбофурана методом вольтамперометрии, XXV Всероссийская конференция молодых учёных-химиков (с международным участием): тезисы докладов, Нижний Новгород, 19–21 Апреля 2022. — Нижний Новгород: ННГУ, 2022 — С. 243.

11. **Соломоненко А.Н.**, Дорожко Е.В. Вольтамперометрическое определение карбофурана в лекарственных травах, VI Международная конференция «Современные синтетические методологии для создания лекарственных препаратов и функциональных материалов», 7–11 ноября 2022 — Екатеринбург: УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, 2022 — С. 313.

12. **Соломоненко А.Н.**, Дорожко Е.В. Вольтамперометрическое определение карбарила на модифицированном хроматографическом сорбентом электроде, IV Съезд аналитиков России, 26–30 сентября 2022 г., Москва: тезисы докладов, 2022 – С. 307.

13. **Соломоненко А.Н.**, Саломатова А.В. Определение карбофурана в цитрусовых продуктах методом вольтамперометрии, Химия и химическая технология в XXI веке: материалы XXIV Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых имени выдающихся химиков Л.П. Кулёва и Н.М. Кижнера, посвященной 85-летию со дня рождения профессора А.В. Кравцова. В 2 томах. Том 1 (г. Томск, 15–19 мая 2023 г.) / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2023. – С. 454–455.

Диссертация «Вольтамперометрическое определение карбофурана в овощах на модифицированных хелатсодержащими сорбентами электродах» Соломоненко Анны Николаевны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2 Аналитическая химия.

Заключение принято на заседании Отделения химической инженерии Инженерной школы природных ресурсов федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

Присутствовало на заседании 11 чел. Результаты голосования: «за» – 11 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 2 от «22» сентября 2023 г.

Председатель заседания ДС.ТПУ.08
Короткова Е.И., д.х.н.,
доцент, заведующий кафедрой–
руководитель отделения на правах кафедры,
Отделение химической инженерии ИШПР



подпись

Секретарь заседания ДС.ТПУ.08
Дорожко Е.В., к.х.н., доцент
Отделение химической инженерии ИШПР



подпись