

4. West C. et al Effects of gamma irradiation upon the mechanical and chemical properties of 3d-printed samples of polylactic acid //Journal of Manufacturing Science and Engineering. – 2019. – vol. 141. – no. 4. – Article number 041002.
5. Rankouhi B. et al An experimental investigation of the effects of gamma radiation on 3d printed abs for in-space manufacturing purposes //ASME 2016 International Mechanical Engineering Congress and Exposition. – 2016.– vol.1.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАРБАРИЛА  
НА МОДИФИЦИРОВАННОМ УГЛЕРОДНЫМИ ЧЕРНИЛАМИ ЭЛЕКТРОДЕ  
МЕТОДОМ АНОДНОЙ ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИИ**

Е.И. Короткова, Е.В. Дорожко, А.С. Гашевская, Е.В. Михеева  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: eikor@tpu.ru

**RESEARCH OF THE ELECTROCHEMICAL PROPERTIES OF CARBARYL  
ON A MODIFIED CARBON INK ELECTRODE BY ANODE VOLTAMMETRY  
METHOD**

E.I. Korotkova, E.V. Dorozhko, A.S. Gashevskaya, E.V. Mikheeva  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: eikor@tpu.ru

***Annotation.** The method of anodic voltammetry for the determination of carbaryl in model media was first proposed. The use of an electrode modified with carbon ink as an indicator allows to increase the detection sensitivity. This method will be used for the quantitative analysis of food and drinking water for the content of carbaryl.*

Мониторинг остатков пестицидов в пищевых продуктах, питьевой воде и почве представляет собой один из наиболее важных шагов по минимизации потенциальных опасностей для жизни человека. Высокоэффективными инсектицидами, обладающими широким спектром действия являются карбаматы. Значение ПДК карбаматов, установленных регулирующими органами, варьируются от 0,01 до 10 мг/кг [1]. Для обнаружения такого низкого содержания необходимо разработка высокочувствительных методов определения. В настоящее время для определения карбаматов, в основном, используют хроматографические методы [2]. Определение карбаматов высокочувствительным, экспрессным и недорогим электрохимическим методом представляет практический интерес [3–5]. Целью работы являлось исследование электрохимических свойств карбаматов на модифицированных угольными чернилами электродах методом анодной вольтамперометрии.

Для исследования карбаматов в качестве модельного соединения выбран карбарил, представляющий собой  $\alpha$ -нафтиловый эфир N-метилкарбаминовой кислоты. Исследованы электрохимические свойства карбарила методом анодной вольтамперометрии на модифицированном углеродными чернилами электроде.

В качестве индикаторного электрода использовался графитовый импрегнированный электрод, полученный пропиткой под вакуумом спектрального угля эпоксидными смолами. Модификатор, представляющий собой смесь микрокристаллического графита и полистирола в 1,2-дихлорэтаноле (углеродные чернила) наносили на поверхность индикаторного электрода. Вспомогательный электрод и электрод сравнения – платиновый и хлоридсеребряный электроды, соответственно. Рабочий раствор

карбарила готовили растворением навески ГСО карбарила в этиловом спирте. В качестве фонового электролита использовали спиртовой раствор 0,1 М КСlO<sub>4</sub>.

Исследование электрохимических свойств карбарила на немодифицированном и модифицированном углеродными чернилами электродах проводили в диапазоне потенциалов от -2,5 до +2,5 В при скорости развертки потенциала 70 мВ/с. Вольтамперограммы электрохимического окисления карбарила на немодифицированном и модифицированном углеродными чернилами электродах представлены на рисунке 1.

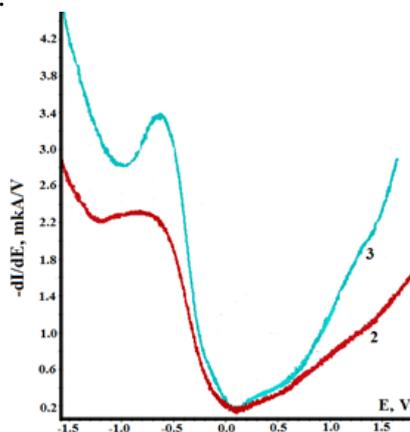


Рис. 1. Вольтамперограммы электроокисления карбарила: 1=2 –  $C = 0,4 \cdot 10^{-8} M$  (немодифицированный электрод), 2=3 –  $C = 0,4 \cdot 10^{-8} M$  (модифицированный углеродными чернилами электрод)

Из рисунка 1 следует, что на модифицированного углеродными чернилами электроде чувствительность определения карбарила при потенциале -0,8 В выше, чем на немодифицированном. Линейная зависимость тока электроокисления карбарила на модифицированном электроде углеродными чернилами наблюдалась в диапазоне концентраций от  $0,2 \times 10^{-8}$  до  $1,6 \times 10^{-8}$  моль/дм<sup>3</sup>.

Рассчитанная рабочая поверхность импрегнированного электрода составляет 0,013 см<sup>2</sup>; для электрода, модифицированного углеродными чернилами, рассчитанное значение рабочей поверхности, практически, в 10 раз больше и составляет 0,103 см<sup>2</sup>.

Таким образом, впервые предложен метод анодной вольтамперометрии для определения карбарила в модельных средах. Использование модифицированного углеродными чернилами электрода позволяет увеличить чувствительность определения. Данный метод будет использован для количественного анализа продуктов питания и питьевой воды на содержание карбарила.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГН 1.2.1323-03 Гигиенические нормативы содержания пестицидов в объектах окружающей среды. – М.: Бюллетень нормативных и методических документов Россанэпиднадзора, 2019. – 202с.
2. Alamgir Zaman Chowdhury M, Fakhruddin A.M, Nazrul Islam M, Moniruzzaman M, Gan S.H, Khorshed Alam M. Detection of the residues of nineteen pesticides in fresh vegetable samples using gas chromatography–mass spectrometry. // Food Control. – 2013. – vol. 34. – no. 2. – Pp. 457–465.
3. Çelebi M.S., Oturan N., Zazou H., Hamdani M., Oturan M.A. Electrochemical oxidation of carbaryl on platinum and boron-doped diamond anodes using electro-Fenton technology.// Separation and Purification Technology. – 2015. – vol.156. – Pp. 996–1002.

4. Moraes F.C., Mascaro L.H., Machado S.S., Brett C.A. Direct electrochemical determination of carbaryl using a multi-walled carbon nanotube/cobalt phthalocyanine modified electrode. // *Talanta*. – 2009. – vol. 79. – no. 5. – Pp. 1406–1411.
5. Liu B, Xiao B. and Cui L. Electrochemical analysis of carbaryl in fruit samples on grapheme oxide-ionic liquid composite modified electrode. // *Journal of Food Composition and Analysis*. – 2015. – vol. 40. – Pp. 14–18.

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЖЕЛЕЗА (III) В ВОДНЫХ ОБЪЕКТАХ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДИФФУЗНОГО ОТРАЖЕНИЯ**

С.В. Романенко, А.В. Гераскевич, Е.В. Ларионова, А.Н. Пестряков  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет,  
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050  
E-mail: evl@tpu.ru

### **DETERMINATION OF IRON (III) IN WATER SAMPLES BY DIFFUSE REFLECTANCE SPECTROMETRY**

S.V. Romanenko, A.V. Geraskevich, E.V. Larionova, A. N. Pestryakov  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050  
E-mail: evl@tpu.ru

**Annotation.** *We introduce solid phase sensor for iron (III) determination in water samples by diffuse reflectance spectrophotometry. Sensor consists of thin-layer chromatography plate modified by polyhexamethylene guanidine and chromogenic reagent Ferron. The measurement procedure is simple, rapid and can be performed as on-site analysis. Solid phase sensor coupled with diffuse reflectance spectrophotometry has been used to monitor iron (III) in water samples in the 0.5–5.0 mg/dm<sup>3</sup> range. Results are in good agreement with solution spectrophotometry.*

Известно, что железо играет важную роль в биологических и геохимических процессах. Для мониторинга содержания железа в водных объектах широко применяются различные варианты хроматографических и спектроскопических методов, характеризующиеся хорошей чувствительностью и селективностью. Однако требуется сложная пробоподготовка и дорогостоящее оборудование. Для целей экспрессного контроля железа необходима разработка мобильных аналитических комплексов, обладающих низкой стоимостью, экспрессностью, низкими пределами обнаружения и не требующим предварительной пробоподготовки. В мировой практике бурно развиваются подходы экспрессного определения токсикантов на основе твердофазных сенсоров (оптодов), обладающих хорошей селективностью и чувствительностью [1, 2]. Однако выбор составляющих оптода для получения сенсора с заданными свойствами (избирательность, чувствительность, низкая стоимость) может быть затруднителен из-за большого количества возможных комбинаций. Для получения аналитического сигнала метод спектроскопии диффузного отражения является наиболее перспективным из-за простого аппаратного оформления, возможности автоматизации и увеличения чувствительности по сравнению с абсорбционной спектроскопией.

Цель данной работы является разработать конструкцию твердофазного сенсора и показать возможность его применения для экспрессного контроля железа (III) в водных объектах.

В качестве твердого носителя сенсора использовали тонкослойные хроматографические пластины (слой силикагеля 90–120 мкм на