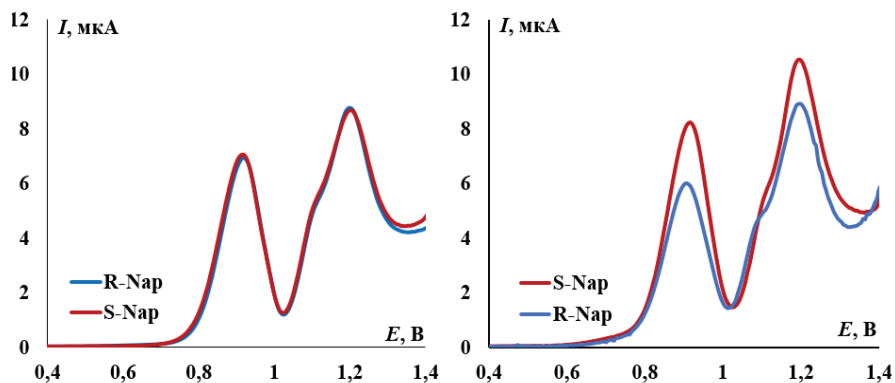


**ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР ДЛЯ  
РАСПОЗНАВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ  
НАПРОКСЕНА НА ОСНОВЕ ПАСТОВОГО ЭЛЕКТРОДА,  
МОДИФИЦИРОВАННОГО ХЕЛАТНЫМ  
КОМПЛЕКСОМ НИКЕЛЯ (II)**

Напроксен (Nap) относится к классу эффективных нестероидных противовоспалительных препаратов (НПВП) и оказывает выраженное противовоспалительное, анальгезирующее и жаропонижающее действие. Nap существует в двух оптически изомерных формах - R- и S-энантиомеры. Фармацевтическая активность S-Nap в 28 раз сильнее, чем у R-изомера и в отличие от двух других высоко потребляемых НПВП, ибупрофена и кетопрофена, которые распространяются в виде рацемических смесей, на рынке продается только S-энантиомер Nap, поскольку R-изомер гепатотоксичен. Следовательно, разработка эффективных и надежных методов распознавания и определения энантиомеров напроксена имеет важное значение. Для этих целей в последнее время все чаще применяются электрохимические методы, в частности вольтамперометрия. Они привлекли большое внимание благодаря тому, что обладают рядом достоинств, таких как низкая стоимость, простота выполнения, экспрессность, высокая чувствительность, возможность миниатюризации и работы в полевых условиях. В отличие от других широко применяемых методов (хиральной хроматографии и капиллярного электрофореза), обычно предполагающих предварительное разделение и концентрирование определяемых компонентов, энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры [1-5] могут применяться вне лабораторий после незначительной пробоподготовки.

Цель нашего исследования заключалась в разработке и исследовании нового хирального вольтамперометрического сенсора для распознавания и определения энантиомеров напроксена и оценке его аналитических возможностей. Нами разработан и оптимизирован способ модифицирования наночастиц графитированной термической сажи (ГПЭ) Carboblack C хиральным комплексным соединением Ni(II), создан пастовой электрод на его основе для распознавания и определения энантиомеров Nap. Аналитические сигналы энантиомеров на немодифицированном ГПЭ совпадают, а на модифицированном элект-

троде наблюдаются различия в потенциалах и токах пиков окисления (рис.1). Установлено, что сенсор ГПЭ/Ni(II)-Cl-(S) обладает хорошей селективностью к энантиомерам напроксена ( $I_{pS1}/I_{pR1}=1.43$ ;  $I_{pS2}/I_{pR2}=1.27$ ) для первого и второго пиков соответственно.



**Рисунок 1 – Дифференциально-импульсные вольтамперограммы:**  
**(а) 1 мМ растворы энантиомеров напроксена на ГПЭ в фосфатном буферном растворе; (б) 1 мМ растворы энантиомеров напроксена на ГПЭ/Ni(II)-Cl-(S) в фосфатном буферном растворе.**

Изучены аналитические характеристики предложенного сенсора: установлен линейный диапазон концентраций от  $5.0 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  М и от  $2.0 \cdot 10^{-4}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  М, с пределами обнаружения для первого и второго пиков  $5.03 \cdot 10^{-6}$  М и  $4.70 \cdot 10^{-6}$  М для S-Nap и  $7.01 \cdot 10^{-6}$  и  $6.43 \cdot 10^{-6}$  для R-Nap соответственно. Наибольшую чувствительность (6.44 и 6.90 мкА/мМ для первого и второго пиков) сенсор проявляет к S-Nap.

Предложенный сенсор успешно апробирован для определения энантиомеров напроксена в смесях, в биологических жидкостях, таблетированных формах. При этом относительное стандартное отклонение в моче колеблется в пределах 2.0–3.9 %, в плазме крови в диапазоне 1.6–4.7%, в таблетированных формах лекарственных препаратов в пределах 1.7–2.6%.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23-23-00340, <https://rscf.ru/project/23-23-00340/>*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Rational design of highly Enantioselective composite voltammetric sensors using a Computationally predicted Chiral modifier / R. A. Zilberg, I. V. Vakulin, Yu. B. Teres [et al.] // *Chirality*. – 2022. – Vol. 34. – No 11. – P. 1472-1488. – DOI 10.1002/chir.23502. – EDN JWSNCA.
2. Chiral selectors in voltammetric sensors based on mixed phenylalanine/alanine Cu(II) and Zn(II) complexes / R. A. Zilberg,

T. V. Berestova, R. R. Gizatov [et al.] // Inorganics. – 2022. – Vol. 10. – No 8. – P. 117. – EDN CLFIKF.

3. Вольтамперометрический сенсор на основе полиэлектролитного комплекса и аминокислотного комплекса меди (II) для распознавания и определения энантиомеров тирозина / Р. А. Зильберг, Ю. Б. Терес, Л. Р. Загитова [и др.] // Вестник Башкирского университета. – 2021. – Т. 26. – № 4. – С. 877-885. – DOI 10.33184/bulletin-bsu-2021.4.4. – EDN FCVYOR.

4. Сенсор для распознавания и определения энантиомеров триптофана, на основе модифицированного энантиоморфными кристаллами бромтрифенилметана угольно-пастового электрода / Ю. А. Яркаяева, Е. Н. Исламуратова, Л. Р. Загитова [и др.] // Журнал аналитической химии. – 2021. – Т. 76. – № 11. – С. 1038-1048. – DOI 10.31857/S0044450221110177. – EDN PVDKZG.

5. Вольтамперометрический сенсор на основе аминокислотного комплекса меди (II) для определения энантиомеров триптофана / Р. А. Зильберг, Ю. Б. Терес, Л. Р. Загитова [и др.] // Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25. – № 3. – С. 193-204. – DOI 10.15826/analitika.2021.25.3.006. – EDN YRSOSI.

УДК 543.4:691

М. Аббуд, О.В. Черноусова, О.Б. Рудаков  
ФГБОУ ВО «ВГТУ» (г. Воронеж, Россия)

### **КОНТРОЛЬ ЦВЕТНОСТИ ЦЕМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СМАРТФОНОВ**

Цифровая цветометрия (ЦЦМ) позволяет проводить внелабораторный контроль, что особенно важно для оперативного принятия решений о качестве сырья и продукции. В качестве инструмента для регистрации аналитического сигнала в ЦЦМ используют различные цифровые устройства: фотоаппараты, сканеры, планшеты и смартфоны. В последнее время идет тенденция применения смартфонов, для которых существует широкая линейка программного обеспечения (ПО) по обработке электронных изображений. В наше исследование входило сравнение и анализ такого ПО. Актуальность работы вытекает из часто встречающихся случаев массовой фальсификации и контрафактной реализации цемента и сухих строительных смесей. Быстрый контроль качества цемента на местах является очень востребованным. Метод ЦЦМ был использован для оценки содержания минеральных добавок в цементах в более ранних работах [1-3]. При этом