

**ВОЛЬТАМПЕРОМЕТРИЧЕСКИЙ СЕНСОР  
ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭНАНТИОМЕРОВ  
ТРИПТОФАНА НА ОСНОВЕ ГРАФИТИРОВАННОЙ  
САЖИ CARBOBLACK С И ЦЕОЛИТА MFI-И**

Триптофан (Трп) является незаменимой аминокислотой, которая входит в состав человеческого организма. Трп существует в виде двух оптических изомеров (энантиомеров), отличающихся по своей биологической активности. В настоящее время для распознавания и определения энантиомеров все большее применение находят электрохимические методы с использованием энантиоселективных вольтамперометрических сенсоров (ЭС) [1]. Особое внимание уделяется использованию различных хиральных селекторов (аминокислоты и их производные, циклодекстрины, энантиоморфные кристаллы и пр.) [2-5], которые повышают селективность этих сенсоров. На сегодняшний день перспективным представляется использование в качестве хиральных селекторов различных хиральных материалов на основе алюмосиликатных цеолитов, которые имеют развитую микропористую структуру.

Целью нашего исследования была разработка энантиоселективного вольтамперометрического сенсора на основе пастового электрода (ПЭ) из графитированной сажи CarboblackС, модифицированной цеолитом MFI-И. Для получения наиболее энантиочувствительного сенсора по отношению к Трп было рассмотрено влияние соотношения графитированной сажи CarboblackС и модификатора MFI-И на коэффициент энантиоселективности и величины относительного стандартного отклонения тока пика окисления. Наилучшие результаты наблюдались при соотношении CarboblackС и модификатора MFI-И равным: 0.1 г : 0.006 г.

С помощью методов циклической вольтамперометрии и импедансометрии были изучены электрохимические свойства сенсора. По полученным данным были рассчитаны эффективная площадь поверхности электрода ПЭ/MFI-И ( $A=7.8\pm 0.2$  мм<sup>2</sup>) и значения эффективного сопротивления переносу электрона ( $R_{et}=15.5\pm 0.2$  кОм). По линейной зависимости высоты тока пика от квадрата скорости сканирования потенциала было установлено, что электродный процесс окисления энантиомеров Трп на ПЭ/MFI-И контролируется диффузией электроактивного вещества к поверхности электрода, что подтверждается

значением критерия Семерано равным 0.5. Линейный характер зависимости тока пика окисления Тгр от его содержания в растворе сохраняется в концентрационном диапазоне от  $5 \cdot 10^{-5}$  до  $1 \cdot 10^{-3}$  М, с пределами обнаружения (3S-критерий)  $4.98 \cdot 10^{-7}$  и  $3.20 \cdot 10^{-7}$  и нижними границами определяемых концентраций (10S-критерий)  $1.66 \cdot 10^{-6}$  и  $1.07 \cdot 10^{-6}$  для L- и D-Тгр соответственно. Для оценки правильности определения энантиомеров Тгр в модельных растворах и оценки аналитических возможностей предложенного сенсора использовали метод «введено-найдено». Установлено, что сенсор с высокой точностью определил концентрации модельных растворов во всем линейном диапазоне, при этом относительное стандартное отклонение во всех случаях не превышает 1.9%, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости. Сенсор был успешно применен для количественного определения энантиомеров Тгр в реальных объектах – моче и плазме человека, относительное стандартное отклонение результатов определения энантиомеров в модельных растворах мочи не превышает 4.2%, а в модельных растворах плазмы крови – 3.4%. Правильность определения в чистых и модельных растворах во всех случаях была не ниже 97%.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 21-13-00169, <https://rscf.ru/project/21-13-00169/>*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Майстренко В. Н. Энантиоселективные вольтамперометрические сенсоры на основе хиральных материалов/ В. Н. Майстренко, Р. А. Зильберг, //Журнал аналитической химии. – 2020. – Т. 75, №12. – С. 1080-1096.
2. Zilberg R. A. Rational design of highly Enantioselective composite voltametric sensor using a Computationally predicted Chiral modifier/ R. A. Zilberg, I. V. Vakulin, Y. B. Teres [et al.]//Chirality. – 2022. – Vol. 34, No 11. – P. 1472-1488.
3. Зильберг Р. А. Вольтамперометрический сенсор на основе аминокислотного комплекса меди (II) для определения энантиомеров триптофана / Р. А. Зильберг, Ю. Б. Терес, Л. Р. Загитова, Ю А. Яркаява, Т. В. Берестова//Аналитика и контроль. – 2021. – Т. 25, №3. – С. 193-204.
4. Zilberg R. A. 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.