

ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ТОЛУИДИНОВОГО СИНЕГО В ГИДРОГЕЛЕВОЙ СРЕДЕ, СОДЕРЖАЩЕЙ ЛЕЙКОЦИТЫ

М. М. Игнатъева, В. Г. Сергеев, И. А. Черенков

ФГБОУ ВО «Удмуртский государственный университет», Ижевск, Россия

Электрохимические методы широко применяются для исследования клеток. Представляют интерес биоэлектрохимические модели с иммобилизованными в гидрогеле клетками и свободно диффундирующим медиатором, способным как к биокаталитическим, так и электрохимическим окислительно-восстановительным превращениям, что обеспечивает сопряжение клеточной активности с электрохимическим сигналом. Толуидиновый синий (ТС) как медиатор ранее рассмотрен нами в бесклеточных гидрогелевых средах, содержащих ферменты. Он продемонстрировал хорошо воспроизводимое электрохимическое поведение, контролируемое диффузией и эффективное сопряжение пероксидазного катализа с электродными процессами [1, 2].

Целью настоящей работы стал анализ возможности применения ТС в биоэлектрохимических моделях с лейкоцитами, иммобилизованными в гидрогеле.

Для моделирования гидрогелевой среды использовали альгинат натрия в виде 3% раствора на фосфатно-солевом буфере. На рабочий электрод наносили 1 мкл гелеобразователя (контроль) или гелеобразователь с клеточной взвесью (клетки перитонельного смыва мыши) (опыт). Гели полимеризовали раствором хлорида кальция непосредственно на поверхности рабочего электрода. Измерения проводили методом циклической вольтамперометрии (ЦВА) (диапазон $-450 \dots 0$ мВ (относительно Ag/AgCl)) со скоростью развертки 90 мВ/с. Для оценки диффузии ТС измерения проводились в течение 45 мин с интервалом 5 мин. Концентрация ТС в экспериментах составляла 0,1 мМ.

Диффузия красителя в среде гидрогеля альгината приводила к нарастанию катодных и анодных пиковых токов в ходе эксперимента. В присутствии клеток нарастание токов было более заметным, чем в бесклеточной системе, что может свидетельствовать об участии лейкоцитов в окислительно-восстановительных превращениях ТС. На 45-й минуте эксперимента достоверные отличия выявлены для значений силы тока соответствующих восстановлению ТС, что можно трактовать как накопление у электродной поверхности окисленной формы ТС, обусловленное биокатализом. Лейкоциты выступили в качестве окислителя ТС, что повлияло на характер вольтамперных кривых. Сходный эффект ранее был обнаружен нами при пероксидажном окислении ТС на электроде [1]. Степень выраженности каталитического эффекта на вольтамперограммах ЦВА в присутствии лейкоцитов была заметно ниже, чем при использовании пероксидазы.

Таким образом, использование ТС в качестве электрохимического медиатора в системе «лейкоциты-альгинатный гидрогель» позволяет оценить диффузионные свойства гидрогелевой среды и окислительно-восстановительную активность клеток в отношении ТС.

Библиографические ссылки

1. Биоэлектрохимическое моделирование диффузии толуидинового синего в гидрогеле в присутствии пероксидазы и трипсина / И. А. Черенков [и др.] // Биофизика. 2021. Т. 66, № 5. С. 865–870.

2. Диффузия толуидинового синего в альгинат-желатиновом гидрогеле при воздействии пепсина / И. А. Черенков [и др.] // Актуальные вопросы биологической физики и химии. 2020. Т. 5, № 3. С. 481–485.