

УДК 544.6: 544.651.13 + 54.061: 615.074: 53.088.6

**СИНТЕЗ ДВУХМЕРНЫХ МЕМБРАН, НАНОРАЗ-
МЕРНЫХ ПО ТРЕТЬЕЙ МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ
КООРДИНАТЕ, ИЗ АСКМ НА ПОВЕРХНОСТИ
ПЛАТИНОВЫХ ПОДЛОЖЕК И ИЗУЧЕНИЕ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕР-
ФЕЙСОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К АНТИГЕНАМ
P.aeruginosa AT CC 27853**

**Джелали В.В., Волянский А.Ю., Мартынов А.В.,
Осолодченко Т.П., Похил С.И., Овчаренко С.В.,
Глазунова Л.И., Черняева Т.А., Балута И.М.**

**ГУ “Институт микробиологии и иммунологии им.
И.И. Мечникова
АМН Украины”, ул. Пушкинская, 14/16, Харьков,
61057, тел. (0572)667-105,
e-mail: djelali@matrixnet.org.ua.**

Создан и апробирован быстродействующий измерительно-вычислительный компьютеризированный комплекс для регистрации циклических вольтамперных характеристик (ЦВАХ). Проведен синтез на поверхности металлических индифферентных электродов двухмерных мембран, наноразмерных по третьей микроскопической координате, из фрагментов антител сыворотки крови мышей (АСКМ). Показано, что все измеренные ЦВАХ от межфазной границы Pt/ x НАНО ИМ АСКМ/ PBS, где x – количество мономолекулярных слоев антител нанесенных на Pt подложку, расположены внутри ЦВАХ от межфазной границы Pt/ PBS. Показано, что ЦВАХ, полученная от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ PBS, расположена внутри ЦВАХ, полученной от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ у μ л. P.aeruginosa AT CC 27853 в PBS. Сконструирован нанобиосенсор и разработан электрохимический метод лабораторной регистрации комплементарных антигенов P.aeruginosa AT CC 27853.

Учеными многих стран, в том числе и Украины, изучается возможность детекции микроорганизмов и их токсинов с целью лечения и профилактики инфекционных болезней, а также оперативного слежения за эпидемиологической ситуацией. Использование последних достижений химии, физики и электроники дает новые возможности синтеза органических веществ и создания новых эффективных методов диагностики на основе нанобиосенсоров. К ним относятся использование ион-селективных мембран с особыми свойствами, эффективная реализация связанных ферментативных каталитических реакций, иммобилизация антител к поверхности биосенсорных платформ или твердых наноструктур. Такие границы раздела фаз имеют особые свойства – по одной из координат они наноразмерны.

Так как большая доля биосенсоров, в состав которых входит трансюдер, являются электрохимическими устройствами, то их работоспособность и воспроизводимость измеряемых величин в значительной мере зави-

сит от материала рабочего электрода, так и от его чистоты. В качестве материалов подложек сенсорных электрохимических устройств используют чистые Pt, Au, SiO₂ и графитовые материалы квалификации о.с.ч. 00 или о.с.ч. 000. Биосенсоры для особых целей содержат подложки из сверхчистых монокристаллов металлов или их окислов содержащих ориентированные индексные грани, например Pt (001), Pt (010) или Pt (111).

Важным элементом биосенсора является ион-проводящая мембрана, содержащая биологически активные компоненты. В зависимости от поставленной задачи используют твердотельные ионообменные мембраны, электрохимически синтезируемые полимерные платформы, электрохимическую самосборку полимолекулярных слоев с использованием α, ω -тиольного компоновщика. Получение твердотельных ионселективных мембран на углеграфитовой инертной матрице методами, описанными в литературе, приводит к неконтролируемой их толщине и поэтому нуждается в доработке. Инкорпорирование биологически активных веществ в такую матрицу представляет значительные трудности. Электросинтез полимерных платформ для применения в биосенсорах достаточно полно разработан, однако и в этом случае введение антител или антигенов в матрицу мембраны, а также сохранение их длительной стабильности представляют определенные сложности. В виду низкой проводимости полимеров анилина, пиррола и их производных, в полимерную матрицу необходимо инкорпорировать наночастицы золота. Решению части из этих проблем посвящена данная работа.

Введение

Для создания нанобиосенсора по отношению к антигену P.aeruginosa AT CC 27853 необходимо провести целый ряд исследований. Основываясь на фундаментальных исследованиях создания и конструирования биосенсорных систем для индикации различных бактериальных штаммов, а также используя уже накопленный опыт проведения такого вида экспериментальных работ, для создания биосенсора на P.aeruginosa AT CC 27853 предложена его структурная схема, содержащая наноразмерную по координате электрохимической реакции биохимически активную двухмерную мембрану (рис. 1).

Цели данной работы:

1. Синтез на поверхности металлических индифферентных электродов двухмерных мембран, наноразмерных по третьей микроскопической координате, из мономеров фрагментов антител сыворотки крови мышей (АСМК);
2. Иммобилизация (ИМ) мембраны на металлические индифферентные электроды;
3. Изучение электрохимических свойств биосенсорного интерфейса на примере межфазной границы Pt/ x НАНО ИМ АСКМ / 8 г/л NaCl, 0,2 г/л KCl, 1,44 г/л Na₂HPO₄, 0,24 г/л KH₂PO₄, pH = 7,4 (PBS) + у μ л антигена P.aeruginosa AT CC 27853 в лабораторных условиях.

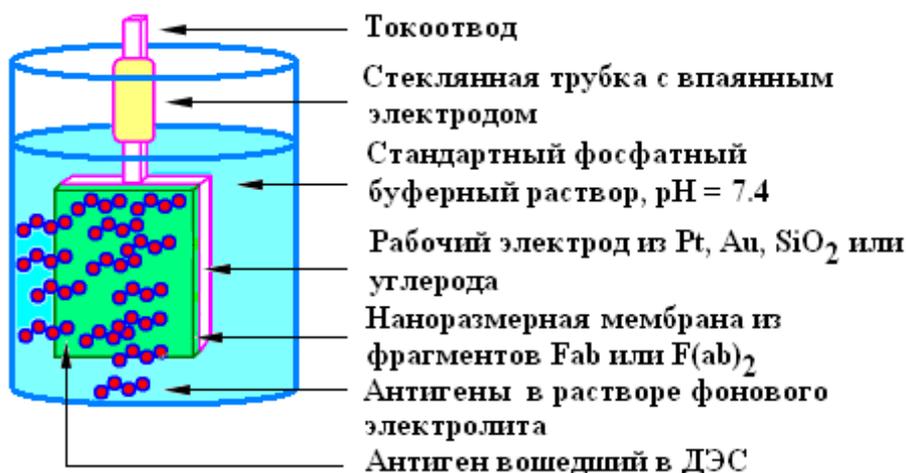


Рис. 1. Схема компоновки биосенсора с нанопереходами по координате электрохимической реакции для регистрации *P.aeruginosa* AT CC 27853.

Исследовали межфазную границу Pt/ наномембрана из фрагментов антител сыворотки крови мышей (x НАНО IM АСКМ, где x – количество мономолекулярных слоев антител нанесенных на подложку). Фоновым раствором электролита служил фосфатный буферный раствор следующего состава (PBS): 8 г/л NaCl, 0,2 г/л KCl, 1,44 г/л Na₂HPO₄, 0,24 г/л KН₂PO₄, pH = 7,4. С учетом введенных выше обозначений исследования проводились на границе раздела фаз:

Pt/ x НАНО IM АСКМ/ y *P.aeruginosa* AT CC 27853 в PBS, (1)

Измерительная аппаратура

Разработан и предложен методический подход, дающий возможность превратить потенциостат ПИ 50.1.1 с программатором ПР – 8 в высокоэффективный автоматический измерительно-вычислительный компьютеризированный комплекс для исследования электрохимических и биоэлектрохимических межфазных границ, а также регистрации ЦВАХ, хроноамперограм и реализации любых электрохимических методов (например – одноимпульсные и двухимпульсные потенци-

статические или гальваностатические методы). Регистрацию ЦВАХ осуществляли автоматически с помощью цифрового осциллографа Rigol DC 1022. На вход Y вводили токовый сигнал j , на вход X – сигнал напряжения U . В зависимости от целей эксперимента сигнал синхронизации может быть задан от любого из 8 шагов программатора. Записывали триады: время t , ток j и поляризацию E . Запись экспериментальных данных производили в файл с расширением xls.

Использование осциллографа Rigol DC 1022 позволило перекрыть весь рабочий диапазон параметров, задаваемых программатором ПР – 8 потенциостату ПИ 50.1.1. На примере измерений ЦВАХ для различных межфазных границ, в широком диапазоне потенциалов поляризации и скоростей развертки по потенциалу, проверена работоспособность предложенной установки. На рис. 2. приведено изображение экрана монитора компьютера, на который выводятся экспериментальные данные и откуда производится интерактивное управление работой измерительно-вычислительного компьютеризированного комплекса.



Рис. 2. Компьютеризированный измерительный электрохимический комплекс.

Методика измерений

Электрохимическая ячейка. Электролизером служила стеклянная электрохимическая ячейка (рис. 3) с тремя электродами: рабочим



Рис. 3. Стекло́нная электрохимическая ячейка.

игольчатыми платиновым с поверхностью $S = 0.53 \text{ см}^2$; основным вспомогательным платиновым, расположенным в отдельном изолированном отсеке, контактирующем с отсеком рабочего электрода через шлиф с большой площадью поверхности. В качестве электрода сравнения использовали стандартный насыщенный хлорсеребряный электрод (х.с.э.) с $E = 0,220 \text{ В}$ при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$. Отсек электрода сравнения от капилляра Лугина-Габера отделяли стеклянным шлифом во избежание влияния Cl^- ионов на электродный процесс. Перед измерениями стеклянную ячейку промывали раствором хромовой смеси, концентрированной H_2SO_4 , 24 ч. вымачивали в дважды перегнанной воде и затем трижды промывали бидистиллированной водой. Все потенциалы в данной работе приведены относительно н.в.э.

Подготовка электродов к исследованиям. Рабочие электроды из Pt 00 выдерживали в течении 20 мин. в концентрированной HNO_3 и тщательно промывали бидистиллятом. Органические примеси и физические загрязнения с поверхности металлов удаляли в растворе пираньи при экспозиции 40 минут и $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. Это приводило к повышению активности поверхности Pt-электрода. Платина обладает рядом достоинств – хорошая воспроизводимость поверхности электрода, возможность полного снятия с ее поверхности адсорбированного материала и согласно ГОСТ 10.444.1-84 (СТСЭВ 3833-82).

Культуру *P.aeruginosa* ATCC 27853 выращивали на питательном агар-агаре в течение 18 часов, смывали бидистиллированной водой и определяли количество микробных клеток (по системе McFarland). Смытую культуру механически обрабатывали с кварцевым песком в течение 15 мин, после чего фильтровали на бумажных фильтрах с белой полосой. Полученный фильтрат програвировали при температуре 80°C в течение 20 мин.

ванных примесей, широкая двухслойная область потенциалов в растворах индифферентного электролита (малые токи заряжения). Такая обработка позволила стандартизировать подготовку электродов и добиться воспроизводимости измерений. Все измерения проводились при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$.

Подготовка растворов. Все использованные в работе реактивы NaCl , KCl , Na_2HPO_4 , KH_2PO_4 , HNO_3 , H_2SO_4 соответствовали квалификации ч.д.а. Фоновый раствор PBS готовили на бидистиллированной воде. Дважды перегнанную воду перед приготовлением растворов обескислороживали кипячением. С помощью дозатора UNI 2010 готовили растворы АСКМ в PBS и антигенов *P.aeruginosa* AT CC 27853 в PBS. На Pt подложке формировали наномембрану АСКМ. Объем PBS в ячейке составлял – 40 мл.

Приготовление липополисахаридного антигена. Объект исследования – тест-штамм *P.aeruginosa* ATCC 27853. Культура микроба хранилась в полужидкой среде, жизнеспособность клеток поддерживали методом посева на плотную питательную среду. Культуральные и морфологические свойства микроорганизма подтверждали путем посева на селективную среду – питательный агар-агар, а также микроскопией клеток. Стандартные среды готовили в соответствии требованиям

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Электрохимическое поведение Pt в фосфатном буферном растворе электролита. На рис. 4 показаны ВАХ от межфазной границы раздела Pt/ PBS в зависимости от скорости развертки по потенциалу E . На анодной и катодной волнах наблюдаются два участка с разными наклонами, что указывает на адсорбцию двух разных сортов анионов и катионов. С увеличением скорости развертки по потенциалу величина регистрируемых токов растет, а токи определяются электрической емкостью ДЭС межфазной границы. Анодный и катод-

ный ток плавно увеличивается или уменьшаются в зависимости от величины приложенного перенапряжения.

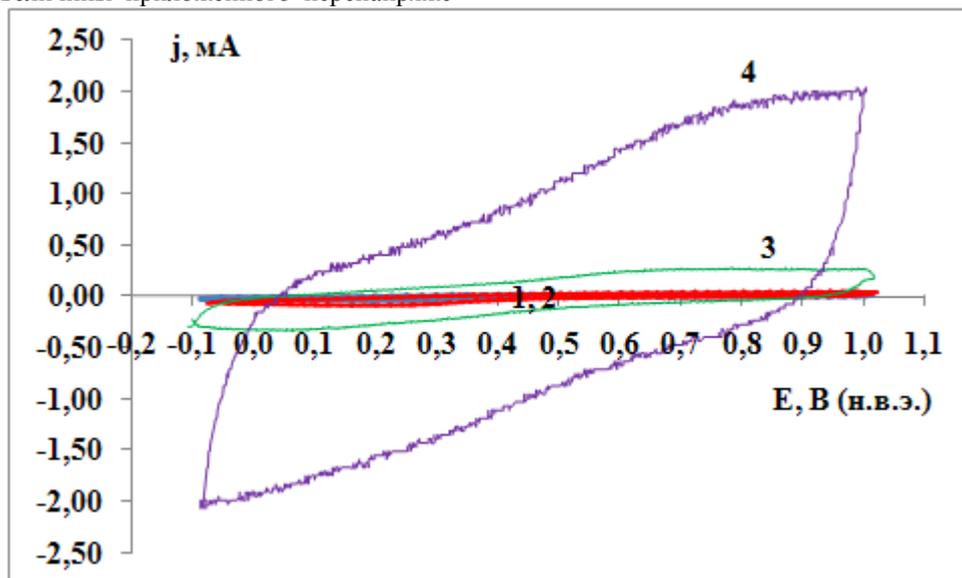


Рис. 4. Pt/ PBS. Раб электрод – Pt 00. $S = 0.53 \text{ см}^2$. Крутизна 1 мА/В. 1 – $5 \cdot 10^{-3}$; 2 – $5 \cdot 10^{-2}$; 3 – $5 \cdot 10^{-1}$; 4 – $5 \cdot 10^0$ В/с.

На рис. 5 при самой медленной скорости развертки, в диапазоне от 0.0 до 0.8 В, через межфазную границу протекают наноамперные токи, указывая на хорошую

поляризуемость Pt электрода. На катодной волне ЦВАХ наблюдается максимум тока, обусловленный восстановлением Pt.

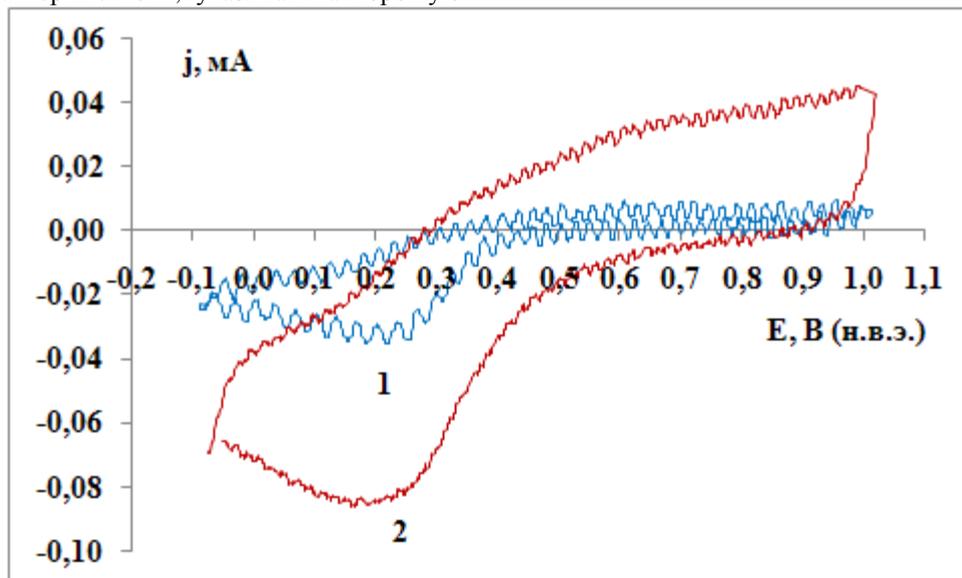


Рис. 5. Pt/ PBS. Раб электрод – Pt 00. $S = 0.53 \text{ см}^2$. Крутизна 1 мА/В. 1 – $5 \cdot 10^{-2}$; 2 – $5 \cdot 10^{-3}$ В/с.

ЦВАХ, полученную на Pt 00 после обработки в растворе концентрированной HNO_3 и обработанную дополнительно в растворе пираньи, сравнивали с ЦВАХ, полученной на Pt 00 после обработки последовательно в рас-

творе царской водки и пираньи (рис.6, кривые 1, 2). Сравнение кривых 1 и 2 рис. 6 подтверждает, что в последнем случае все активные индексные грани

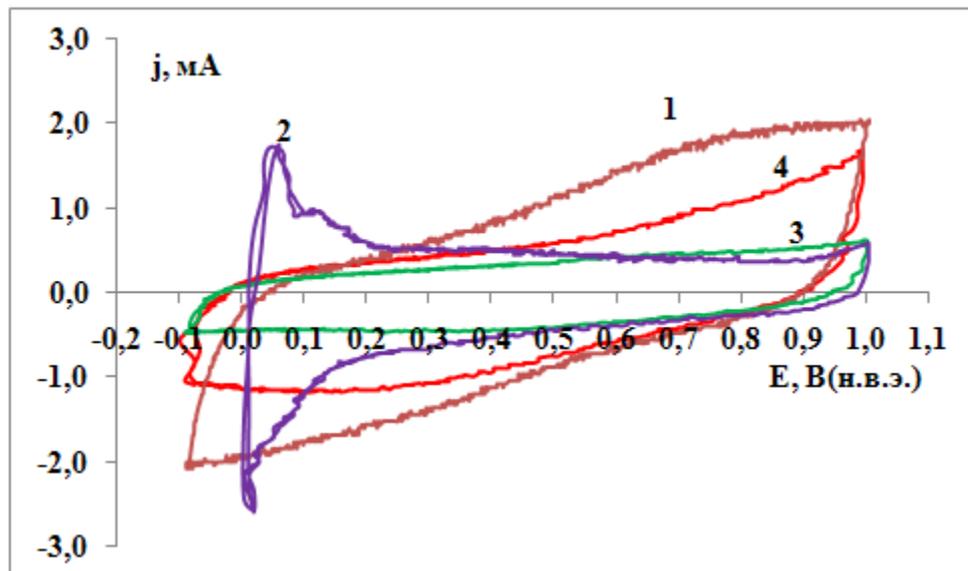


Рис. 6. Pt/ PBS. Раб электрод – Pt 00. $S = 0.53 \text{ см}^2$. Крутизна 1 мА/В. Скорость развертки $5 \cdot 10^0 \text{ В/с}$. 1 – чистая Pt, обработанная в растворе HNO_3 40 мин.; 2 – чистая Pt, обработанная в царской водке 10 мин.; 3 – Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ / PBS; 4 – чистая Pt, обработанная в царской водке и затем в концентрированном растворе HNO_3 40 мин.

вытравлены с поверхности Pt, а сама она восстановлена. ЦВАХ в этом случае имеет два анодных максимума тока. Первый анодный максимум тока, при потенциале 0,03 В, и второй анодный максимум тока, при потенциале 0,12 В, характерны для адсорбции двух различных форм водорода. Аналогичные данные получены ранее авторами работы [4] на монокристаллических гранях Pt, однако для растворов кислот. Наличие этих вольтамперометрических максимумов тока на ЦВАХ указывает как на высокую чистоту поверхности Pt, так и на её вы-

сокую адсорбционную активность по отношению к разным формам ионов водорода.

На рис. 7 показана степень влияния перемешивания раствора на параметры ЦВАХ. С увеличением скорости вращения раствора интенсивность катодных процессов возрастает. Влияние на токи, протекающие через межфазную границу Pt/ 4 НАНО ИМ АСКМ/ PBS в анодной области потенциалов, весьма незначительно, поскольку ЦВАХ, полученная без перемешивания раствора, совпадает с ЦВАХ при перемешивании.

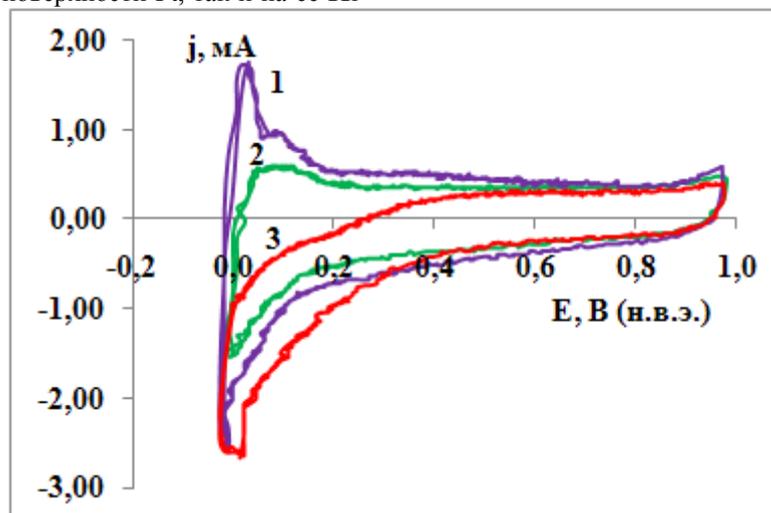


Рис. 7. Pt/ x М НАНО ИМ АСКМ/ PBS. Рабочий электрод – Pt 00. $S = 0.53 \text{ см}^2$. Крутизна 1 мА/В. Скорость развертки 5 В/с. 1 – чистая Pt; 2 – Pt/ 4 НАНО ИМ АСКМ/ PBS; 3 – Pt/ 4 НАНО ИМ АСКМ/ PBS при перемешивании р-ра.

Электрохимическое поведение Pt, модифицированной антителами к *P. aeruginosa* AT CC 27853. В соответствии с выбранной стратегией на поверхность прямоугольного Pt электрода, при помощи специальных методов наносили 2 наномолекулярных слоя антител к *P. aeruginosa* AT CC 27853. На рис. 8 представлена ЦВАХ (линия 2), полученная от межфазной границы Pt/

2 НАНО ИМ АСКМ/ PBS через 5 мин. после введения в раствор PBS антигена *P.aeruginosa* AT CC 27853. Введение антигена в систему приводит к росту токов при катодных потенциалах нисходящей и восходящей ветвей ЦВАХ. ЦВАХ, полученная от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ PBS, расположена внутри ЦВАХ, полученной от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ у $\mu\text{л}$. *P.aeruginosa* AT CC 27853 в PBS. Комплек-

ментарная структура наноразмерного слоя антител АСКМ, определенным образом ориентированных на поверхности Pt электрода, и антигенов синегнойной палочки приводит к росту электростатического взаимо-

действия между ними. Последнее обуславливает рост тока, протекающего через модифицированную АСКМ межфазную границу.

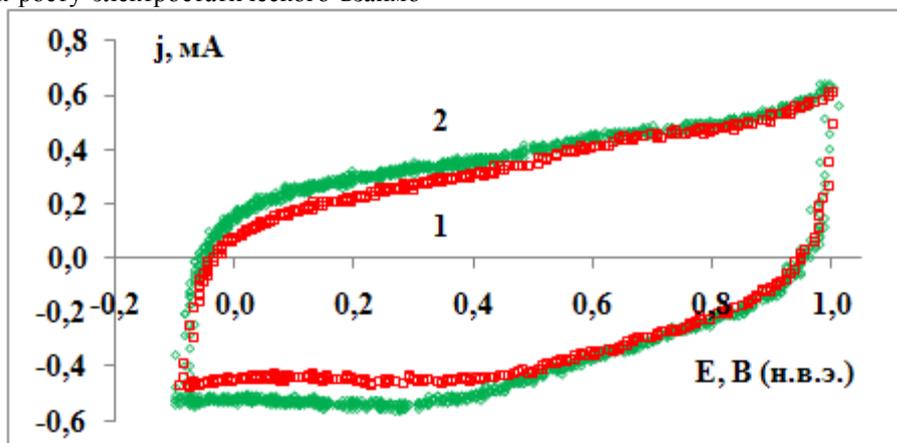


Рис. 8. Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ PBS + у P.aeruginosa AT CC 27853. Раб электрод – Pt 00. S = 0.53 см². Крутизна 1 мА/В. Скорость развертки 5 В/с. 1 – без P.aeruginosa AT CC 27853; 2 – с P.aeruginosa AT CC 27853, τ = 5 мин.

В дальнейшем в качестве базовых направлений исследования предполагается использовать следующие принципы построения биосенсорных устройств:

1. Наличие нанокластеров коллоидного золота;
2. Наличие двухмерных слоёв углеродных нанотрубок плоской или перпендикулярной ориентации;
3. Использование электрохимического или энзимного катализа органических компонентов для наработки регистрируемого электрохимически активного вещества;
4. Наличие моно или полимолекулярных двухмерных мембран из мономеров FАВ, наноразмерных по микроскопической координате электрохимической реакции;
5. Использование иммунной реакции связывания антиген–антитело, электрический отклик от которой должен регистрироваться вольтамперметрией, импедансной спектроскопией или фотоэлектронной спектроскопией.

Выводы

1. Создан быстродействующий вольтамперметрический измерительно-вычислительный компьютеризированный комплекс.
2. Показано, что наноразмерный 4-х молекулярный слой антител к P. aeruginosa AT CC 27853 модифицирует поверхность Pt электрода и лимитирует максимальные токи заряжения, проходящие через эту границу как в анодной, так и в катодной области потенциалов.
3. Установлено, что форма и ход ЦВАХ в PBS при больших скоростях поляризации зависит от состояния поверхности Pt подложки, определяемой способом подготовки её к исследованиям. Показано, что протекающие через межфазную границу токи заряжения обусловлены количеством ионов Н⁺ и ОН⁻ групп, принимающих участие в потенциалзависимых адсорбционно-десорбционных процессах формиро-

вания динамической структуры внутренней плотной обкладки ДЭС.

4. Показано, что ЦВАХ, полученная от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ PBS, расположена внутри ЦВАХ, полученной от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ у мл. P.aeruginosa AT CC 27853 в PBS.
5. Сконструирован нанобиосенсор и разработан электрохимический метод лабораторной регистрации комплементарных антигенов P.aeruginosa AT CC 27853.

Список литературы

1. Pingarron J. M., Sedeno P., Gonzalez-Cortes A. Gold nanoparticle-based electrochemical biosensors // *Electrochimica Acta*. – 2008. – V.53. – P. 5848–5866.
2. Gooding, J. J. Nanostructuring electrodes with carbon nanotubes: A review on electrochemistry and applications for sensing // *Electrochimica Acta*. – 2005. – V. 50. P. – 3049–3060.
3. Шеллер Ф., Киштайн Д., Шуберт Ф., Пфайффер Д., МкНейл К. Ферменты в электрохимических биосенсорах // *Электрохимия*. – 1993. – Т. 29. – В. 12. – С. 1522 – 1527.
4. Безлепкина Е.Б., Касаткин Э.В., Цой В.С. Божко С.И. Исследование электросорбционных свойств монокристаллических платиновых электродов. // *Электрохимия*. – 1987. – №10, Т. 23. – С. 1419-1426.

УДК 544.6: 544.651.13 + 54.061: 615.074: 53.088.6
СИНТЕЗ ДВУХМЕРНЫХ МЕМБРАН, НАНОРАЗ-
МЕРНЫХ ПО ТРЕТЬЕЙ МИКРОСКОПИЧЕСКОЙ
КООРДИНАТЕ, ИЗ АСКМ НА ПОВЕРХНОСТИ
ПЛАТИНОВЫХ ПОДЛОЖЕК И ИЗУЧЕНИЕ
ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕР-
ФЕЙСОВ ПО ОТНОШЕНИЮ К АНТИГЕНАМ
P.AERUGINOSA AT CC 27853
Джелали В.В., Волянский А.Ю., Мартынов А.В.,
Осолодченко Т.П., Похил С.И., Овчаренко С.В., Гла-
зунова Л.И., Черняева Т.А., Балута И.М.

В данной работе создан быстродействующий измерительно-вычислительный компьютеризированный комплекс и апробировано его применение для регистрации циклических вольтамперных характеристик (ЦВАХ). Проведен синтез на поверхности металлических индифферентных электродов двухмерных мембран наноразмерных по третьей микроскопической координате из фрагментов антител сыворотки крови мышей (АСМК). Показано, что все измеренные ЦВАХ от межфазной границы Pt/ x НАНО ИМ АСКМ/ PBS, где x – количество мономолекулярных слоев антител нанесенных на Pt подложку, расположены внутри ЦВАХ от межфазной границы Pt/ PBS. Показано, что ЦВАХ, полученная от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ PBS, расположена внутри ЦВАХ, полученной от межфазной границы Pt/ 2 НАНО ИМ АСКМ/ y μ л. P.aeruginosa AT CC 27853 в PBS. В работе сконструирован нанобиосенсор и разработан электрохимический метод лабораторной регистрации комплементарных антигенов P.aeruginosa AT CC 27853.

Ключевые слова: биосенсор, мембрана, клетка.

UDC 544.6: 544.651.13 + 54.061: 615.074: 53.088.6
SYNTHESIS OF TWO-DIMENSIONAL NANOSIZED MEMBRANES FOR MICROSCOPIC THIRD COORDINATES FROM ASKM ON THE SURFACE OF PLATINUM STUDY SUBSTRATES AND ELECTRO-CHEMICAL PROPERTIES OF THESE INTERFACES AGAINST P. AERUGINOSA ANTIGENS AT SS 27 853
Jelali V.V., Volianskii A.Yu., Martynov A.V., Osolodchenko T.P., Pokhyl S.I., Ovchareko S.V., Glazunova L.I., Chernyayeva T.A., Baluta I.M.

A high-speed measuring and computing PC-controlled complex has been created, and its application in registration of cyclic voltage-current characteristics (CVCC) has been tested. Synthesis of two-dimensional membranes, nano-sized by the third microscopic coordinate, from fragments of mouse serum antibodies (MSA) has been performed on the surface of indifferent metal electrodes. All measured CVCCs from the Pt/x NANO IM MSA/PBS interface, where x is a number of antibody monomolecular layers applied on the Pt substrate, have been shown to be located inside CVCCs from Pt/PBS interface. The study shows that the CVCC produced from Pt/2 NANO IM MSA/PBS interface is located inside the CVCC produced from the interface Pt/2 NANO IM MSA/ y ml P. aeruginosa AT CC 27853 in PBS. Nano-biosensor has been constructed, and electrochemical method for registration of P. aeruginosa AT CC 27853 complementary antigens in laboratory conditions has been developed in this study.

Key words: biosensor, membrane, crate.

УДК 544.6: 544.651.13 + 54.061: 615.074: 53.088.6
СИНТЕЗ ДВОМІРНИХ МЕМБРАН НАНОРОЗМІРНИХ ПО ТРЕТЬОЇ МІКРОСКОПІЧНОЇ КООРДИНАТІ З АСКМ НА ПОВЕРХНІ ПЛАТИНОВИЙ ПІДКЛАДОК І ВИВЧЕННЯ ЕЛЕКТРОХІМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЦИХ ІНТЕРФЕЙСІВ ЦЯ до антигенів P. AERUGINOSA AT CC 27853
Джелалі В.В., Волянський А.Ю., Мартинов А.В., Осолодченко Т.П., Похил С.І., Овчаренко С.В., Глазунова Л.І.

У даній роботі створено швидкодіючий вимірювально-обчислювальний комп'ютеризований комплекс і апробовано його застосування для реєстрації циклічних вольтамперних характеристик (ЦВАХ). Проведено синтез на поверхні металевих індиферентних електродів двомірних мембран нанорозмірних по третій микроскопичній координаті з фрагментів антитіл сироватки крові мишей (АСМК). Показано, що всі виміряні ЦВАХ від міжфазної межі Pt / x НАНО ИМ АСКМ / PBS, де x - кількість мономолекулярних верств антитіл нанесених на Pt підкладку, розташовані всередині ЦВАХ від міжфазної межі Pt / PBS. Показано, що ЦВАХ, отримана від міжфазної межі Pt / 2 НАНО ИМ АСКМ / PBS, розташована всередині ЦВАХ, отриманої від міжфазної межі Pt / 2 НАНО ИМ АСКМ / y μ л. P.aeruginosa AT CC 27853 в PBS. У роботі сконструйований нанобиосенсор та розроблено електрохімічний метод лабораторної реєстрації комплементарних антигенів P.aeruginosa AT CC 27853.

Ключові слова: біосенсор, мембрана, клітка.