

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»**

Кафедра аналитической химии и химической экологии

**МУЛЬТИСЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ТИПА «ЭЛЕКТРОННЫЙ ЯЗЫК»
НА ОСНОВЕ НЕМОДИФИЦИРОВАННЫХ И
МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТВЕРДОКОНТАКТНЫХ СЕНСОРОВ ДЛЯ
РАЗДЕЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЯДА ЦЕФАЛОСПОРИНОВЫХ
АНТИБИОТИКОВ**

АВТОРЕФЕРАТ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Студентки 4 курса 411 группы

направления 04.03.01 – «Химия»

Институт химии

Дубасовой Анастасии Евгеньевны

Научный руководитель

профессор, д.х.н., профессор

Е.Г. Кулапина

подпись, дата

Зав. кафедрой

д.х.н., доцент

Т.Ю. Русанова

подпись, дата

Саратов 2019

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Цефалоспориновые антибиотики – широкая группа β -лактамных антибиотиков, применяющаяся для лечения различных инфекционно-воспалительных заболеваний.

В настоящее время существуют различные физико-химические методы определения лекарственных средств в водных и биологических средах. Основными из них являются хроматографические, спектроскопические и электрохимические. Потенциометрические сенсоры, в связи с простотой своей конструкции и дешевой изготовлением являются незаменимыми для экспрессного определения цефалоспоринов в больших и в малых объемах проб.

Твердоконтактные сенсоры можно использовать для аналитических целей в любом пространственном положении.

Сенсоры обладают рядом преимуществ, таких как экспрессность, возможность миниатюризации, автоматизации, простота применения, невысокая стоимость. Недостатком сенсоров является их недостаточная селективность определения веществ в многокомпонентных средах, что очень часто тормозит их практическое аналитическое применение. Одним из возможных путей решения проблемы многокомпонентного анализа реальных сред является разработка и использование мультисенсорных систем вместо отдельных сенсоров. Мультисенсорные системы типа «электронный язык» могут применяться для решения разнообразных аналитических задач, как традиционных для химических сенсоров – количественный анализ растворов, так и для нетипичных – распознавание, идентификация и классификация.

Целью работы является создание мультисенсорной системы типа «электронный язык» на основе немодифицированных и модифицированных твердоконтактных потенциометрических сенсоров для отдельного определения ряда цефалоспориновых антибиотиков.

Для достижения поставленной цели решены **задачи**:

- синтезировать электродноактивные компоненты: соединения тетрадециламмония с комплексами серебра (I) – β -лактамный антибиотик;
- изготовить немодифицированные и модифицированные наночастицами CuO и полианилином пластифицированные мембраны;
- определить электроаналитические характеристики модифицированных и немодифицированных твердоконтактных сенсоров на основе $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$;
- определить коэффициенты потенциометрической селективности сенсоров на основе различных электродноактивных компонентов;
- оценить параметры перекрестной чувствительности сенсоров на основе различных электродноактивных компонентов.

Объекты и методы исследования. В работе исследованы твердоконтактные сенсоры на основе различных ЭАК: $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$, $\text{Ag}(\text{Cef})_2\text{TDA}$, $\text{Ag}(\text{Ceftx})_2\text{TDA}$.

ЭДС цепи измеряли с помощью иономеров Эксперт 001 3(0.1) и И-160МП при температуре $20 \pm 3^\circ\text{C}$ (погрешность измерения ЭДС ± 1 мВ); электрод сравнения - стандартный хлоридсеребряный ЭВЛ-1М. Контроль pH растворов проведен на pH метре рХ 150 мП со стеклянным ЭСЛ-63-07 и хлоридсеребряным ЭВМ-1МЗ электродами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрена актуальность исследований с использованием модифицированных и немодифицированных твердоконтактных сенсоров для определения некоторых цефалоспориновых антибиотиков и их использование в мультисенсорных системах типа «электронный язык».

Представлен литературный обзор по использованию различных модификаторов поверхности сенсоров, применению мультисенсорных систем для анализа лекарственных веществ.

Описаны объекты и методы исследования; приведены методики синтеза электродноактивных компонентов; немодифицированных и модифицированных пластифицированных мембран; представлены конструкции твердоконтактных сенсоров.

Рассмотрены электроаналитические характеристики немодифицированных и модифицированных сенсоров на основе $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$; показана возможность применения сенсоров для определения антибиотиков в водных и биологических средах. Определены коэффициенты потенциометрической селективности и параметры перекрестной чувствительности сенсоров на основе различных ЭАК. Показана возможность использования мультисенсорных систем типа «электронный язык» для отдельного определения некоторых цефалоспориновых антибиотиков.

Синтез электродноактивных веществ, изготовление пластифицированных мембран

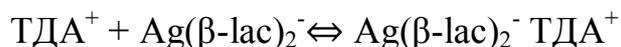
В качестве электродноактивных соединений для мембран, селективных к цефалоспориновым антибиотикам, в работе использовали комплексные соединения серебра (I) с β -лактамными антибиотиками и катионом тетрадециламмония. Синтез ЭАК осуществляли в два этапа:

1. 5 мл водного раствора β -lac ($C = 2 \cdot 10^{-2}$ М) помещали в химический стакан, добавляли к нему 5 мл раствора нитрата серебра ($C = 1 \cdot 10^{-2}$ М) и несколько капель раствора NaOH для создания щелочной среды с $\text{pH} \approx 8$. Смесь тщательно перемешивали.

2. В делительную воронку помещали 5 мл. водного раствора комплексного соединения серебро (I) – β -lac и 5 мл раствора TDA ($C = 1 \cdot 10^{-2}$ М) в хлороформе. Полученную смесь интенсивно встряхивали в течение двух

часов. Затем хлороформный слой отделяли от водной фазы в предварительно взвешенный бюкс и оставляли под тягой до полного испарения хлороформа.

Синтез электродноактивных соединений осуществляли по реакции, представленной на следующей схеме:



В настоящей работе были синтезированы электродноактивные вещества: $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$, $\text{Ag}(\text{Cef})_2\text{TDA}$, $\text{Ag}(\text{Ceftx})_2\text{TDA}$.

Для приготовления немодифицированных пластифицированных мембран в бюкс помещали навески электродноактивного компонента, растворителя-пластификатора ДБФ. Затем при перемешивании на магнитной мешалке добавляли 3 мл растворителя (циклогексанона) и постепенно навеску поливинилхлорида (соотношение ПВХ:ДБФ по массе равно 1:3). Перемешивание продолжали до полной гомогенизации. Полученную мембранную композицию выливали в чашку Петри и оставляли под тягой до полного испарения растворителя. Высушивание проводили на строго горизонтальной поверхности для получения мембраны одинаковой толщины. Приготовленная таким образом мембрана имела вид эластичной и прозрачной пленки толщиной около 0,5 мм и хранилась в эксикаторе над парами дибутилфталата. Исследованы потенциметрические сенсоры с разной концентрацией электродноактивных компонентов. Показано, что оптимальной концентрацией является 1-2%. В данной работе исследованы сенсоры с концентрацией ЭАК равной 2%.

Для приготовления модифицированных полианилином и наночастицами мембран: навески электродноактивного соединения, полианилина или наночастиц, растворителя-пластификатора дибутилфталата помещали в бюкс, в который при непрерывном перемешивании на магнитной мешалке добавляли 2 мл циклогексанона (ЦГ) и небольшими порциями навеску поливинилхлорида (соотношение ПВХ:ДБФ по массе равно 1:3). Полученную смесь тщательно перемешивали до полной гомогенизации, выливали в чашку Петри и оставляли на воздухе до полного удаления циклогексанона. В результате получали эластичные мембраны толщиной порядка 0,5 мм. Массу навески модификатора брали в соотношении (1:2) к ЭАК.

Конструкции твердоконтактных сенсоров

В работе исследованы твердоконтактные сенсоры, в качестве электронного проводника использовали графит. Электрод представляет собой ПВХ-трубку, внутрь которой помещен стержень из графита с прикрепленным к нему токоотводом. Стержень приклеивается внутри корпуса посредством эпоксидной смолы, которая в свою очередь выполняет изоляционные функции. К тщательно отшлифованному графитовому стержню приклеивали ионоселективные мембранные диски диаметром 7-9

мм. Клей представляет собой смесь ПВХ, дибутилфталата и циклогексанона (соотношение ПВХ:ДБФ по массе равно 1:3).

Электродные функции немодифицированных и модифицированных сенсоров в растворах некоторых цефалоспориновых антибиотиков

На основе электродноактивного компонента $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$ в настоящей работе были созданы немодифицированные и модифицированные твердоконтактные потенциометрические сенсоры и изучены их электродные функции (рис.1, табл.1).

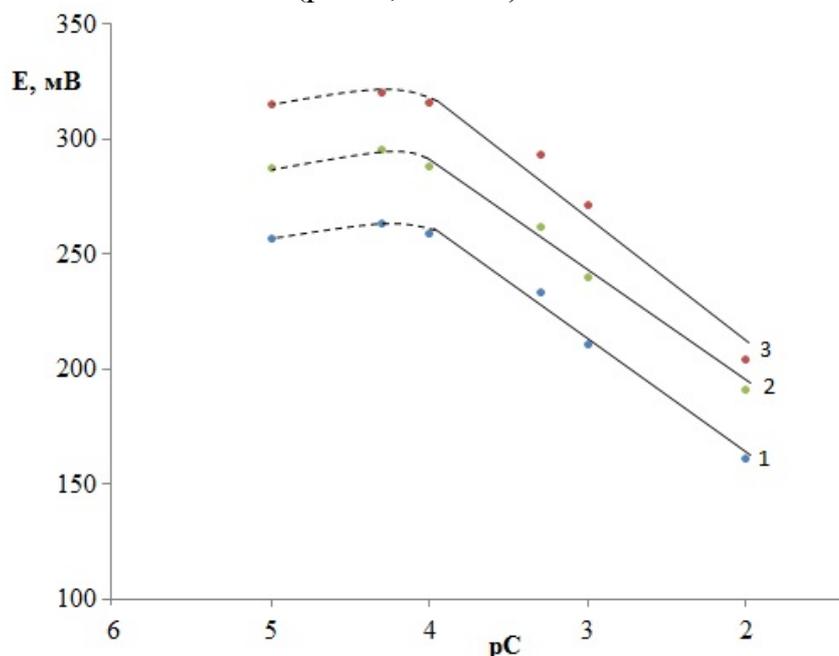


Рис.1. Электродные функции сенсоров в водных растворах цефуроксима: немодифицированные (1), модифицированные ПАНи (2) и наночастицами CuO (3) ($\text{СЭАК} = 2\%$).

Таблица 1 – Электроаналитические характеристики немодифицированных и модифицированных твердоконтактных сенсоров на основе $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$ в растворе некоторых цефалоспориновых антибиотиков ($n=3$, $p=0.95$).

ЭАК	$E=f(C), \text{M}$	$S \pm \Delta S, \text{mV/pC}$	C_{\min}, M	$\tau, \text{c} (10^{-4} - 10^{-3} \text{M})$	$\Delta E, \text{mV/сут}$
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}^*$	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$	50 ± 3	$7,4 \cdot 10^{-5}$	10-20	6-12
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$ – ПАНи	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$	52 ± 4	$6,6 \cdot 10^{-5}$	5-10	4-6
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$ – CuO	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$	54 ± 3	$6,4 \cdot 10^{-5}$	4-8	4-6
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TDA}$ – CuO^{**}	$1 \cdot 10^{-4} - 1 \cdot 10^{-1}$	50 ± 5	$6,8 \cdot 10^{-5}$	4-8	4-6

Ag(Cefur) ₂ ТДА – CuO***	1·10 ⁻⁴ – 1·10 ⁻¹	48±4	6,3·10 ⁻⁵	4-8	4-6
--	---	------	----------------------	-----	-----

В растворах: * - цефуроксима, ** - цефуроксима аксетила, *** - цефалексина.

Сравнение электроаналитических свойств сенсоров показывает, что модифицирование поверхности мембран приближает крутизну электродных функций к нернстовским значениям для однозарядных ионов исследуемых антибиотиков; сокращается время отклика, уменьшается предел обнаружения антибиотиков, а интервалы линейности электродных функций одинаковы для исследуемых сенсоров.

Для определения срока службы сенсоров снимали электродные функции в свежеприготовленных растворах антибиотиков на протяжении длительного времени и по изменению угла наклона судили о чувствительности данных электродов к антибиотикам (рис.2). Срок службы сенсоров составил: 1,5 мес. для немодифицированных и 2 мес. для модифицированных.

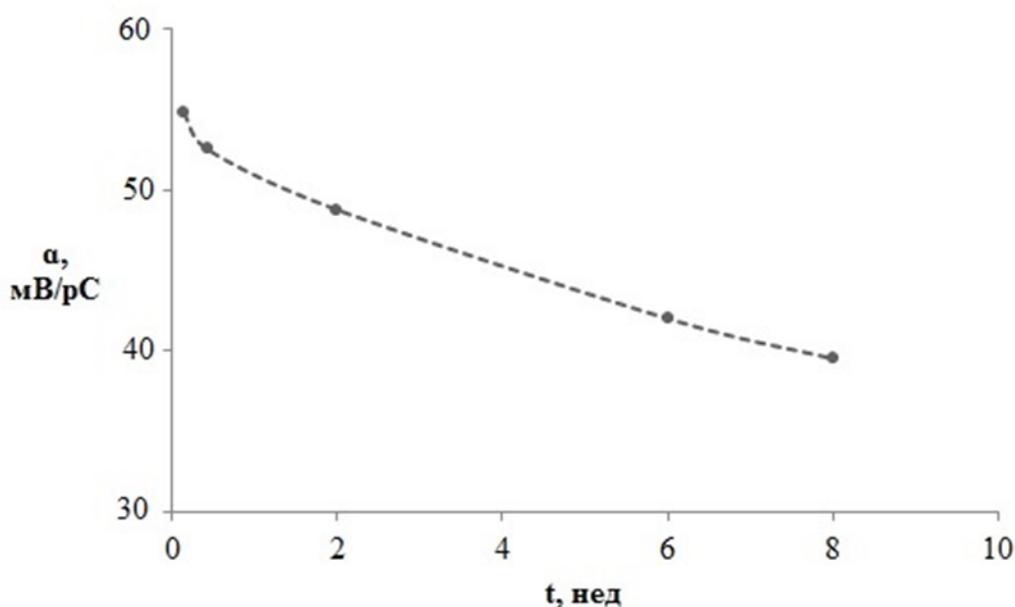


Рис. 2. Зависимость угловых коэффициентов электродных функций модифицированных сенсоров в растворах цефуроксима во времени; ЭАК Ag(Cefur)₂ТДА.

Определение времени отклика сенсоров проводили при скачкообразном изменении концентрации растворов цефуроксима на порядок от меньшей концентрации к большей (рис.3). Исследуемые сенсоры на основе Ag(Cefur)₂ТДА характеризуются небольшим временем отклика: для модифицированных полианилином и наночастицами оксида меди в пределах 5 - 10 с, для немодифицированных – 10 - 20 с.

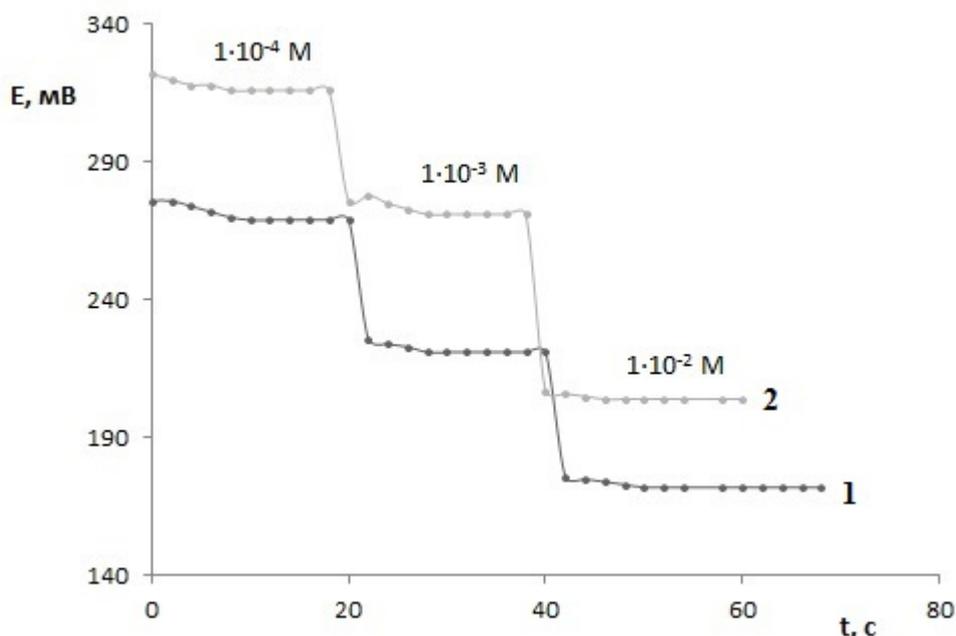


Рис. 3. Зависимость ЭДС от времени при скачкообразном изменении концентрации растворов цефуроксима для модифицированных ПАНи (1) и наночастицами оксида меди (2) сенсоров.

Селективность сенсоров на основе $Ag(Cefur)_2TDA$. Сенсоры на основе $Ag(Cefur)_2TDA$ не обладают специфичностью по отношению к основному иону – цефуроксиму, они проявляют чувствительность и к другим цефалоспорином (цефотаксиму, цефалексину, цефазолину). Близость коэффициентов селективности к единице свидетельствует о том, что сенсоры селективны как к основному, так и к мешающим ионам (рис. 4).

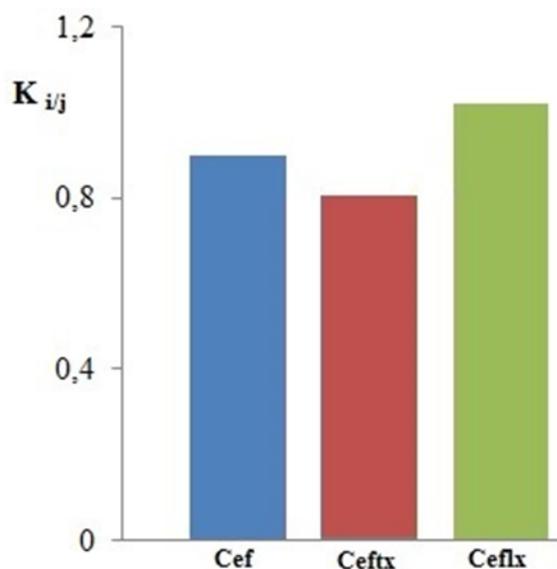


Рис. 4. Коэффициенты потенциометрической селективности модифицированных наночастицами CuO сенсоров (ЭАК: $Ag(Cefur)_2TDA$).

Аналитическое применение разработанных сенсоров в водных и биологических средах

Результаты определения цефуроксима в модельных водных растворах и на фоне ЖРП с использованием твердоконтактных немодифицированных и модифицированных полианилином и наночастицами CuO сенсоров на основе Ag(Cefur)₂ТДА представлены в табл.2, 3.

Таблица 2 – Результаты определения цефуроксима в модельных водных растворах (n=3, p=0,95).

Сенсор	Введено, мг/25мл	Найдено, мг/25мл	Sr	D, %
Ag(Cefur) ₂ ТДА	12,7	14,2±2,2	0,06	11,8
	25,4	22,9±7,8	0,14	9,8
	38,2	34,4±6,3	0,07	9,9
Ag(Cefur) ₂ ТДА –ПАНи	12,7	11,5±2,7	0,09	9,4
	25,4	24,2±8,1	0,13	4,7
	38,2	35,3±8,9	0,10	7,6
Ag(Cefur) ₂ ТДА–CuO	12,7	13,9±6,7	0,19	9,4
	25,4	23,5±3,9	0,07	7,4
	38,2	36,2±3,4	0,04	5,2

Таблица 3 – Результаты определения цефуроксима на фоне ЖРП с модифицированного полианилином сенсорами; ЭАК Ag(Cefur)₂ТДА (n=3, p=0.95).

ЖРП, мг/10 мл			
Введено	Найдено	Sr	D, %
1,4	1,2±0,3	0,10	14,2
2,2	1,9±0,4	0,08	13,6
14,0	12,3±1,8	0,06	12,1
22,0	19,1±3,9	0,08	13,2

Относительное стандартное отклонение не превышает 0,19. Данные значения являются приемлемыми, поскольку в методе прямой потенциометрии, в связи с существованием логарифмической зависимости потенциала от определяемой концентрации, погрешность измерения может достигать 20%. Твердоконтактные сенсоры на основе Ag(Cefur)₂ТДА могут быть применены для определения цефотаксима в водных и биологических средах.

Определение основного вещества в лекарственных препаратах

Исследуемые сенсоры, на основе $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{ТДА}$, были использованы для определения основного вещества в лекарственных препаратах «Цефалексин» («Хемомонт д.о.о.», Черногория) и «Зиннат» («Глаксо Оперейшенс Великобритания Лимитед», Великобритания).

В табл. 4 представлены результаты определения содержания основного вещества в препаратах «Зиннат» и «Цефалексин».

Таблица 4 – Содержание основного вещества в препаратах «Зиннат» и «Цефалексин» в пересчете на одну таблетку (капсулу) ($n=3$, $p=0,95$).

Сенсоры	Декларировано, мг	Найдено, мг	ω , %
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{ТДА}$ –ПАНи	«Зиннат» 250	236±27	94,4
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{ТДА}$ –CuO		240±35	96,0
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{ТДА}$ –ПАНи	«Цефалексин» 500	476±39	95,2
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{ТДА}$ –CuO		468±31	93,6

Показано, что найденные содержания основного вещества в препаратах «Цефалексин» и «Зиннат» соответствуют декларированным. При этом нет необходимости предварительного отделения вспомогательных веществ.

Мультисенсорные системы типа «электронный язык»

Потенциометрические сенсоры на основе катионов тетрадециламмония и комплексов серебра с некоторыми β -лактамными антибиотиками ($S_{\text{ЭАК}} = 2\%$) позволяют детектировать как индивидуальные антибиотики, так и их суммарное содержание.

В табл. 5 представлены коэффициенты потенциометрической селективности, которые рассчитывали по формуле (1).

Таблица 5 – Коэффициенты потенциометрической селективности сенсоров на основе $\text{Ag}(\beta\text{-lac})_2\text{ТДА}$ (основной ион – антибиотик в мембране), ($n=3$, $P=0,95$).

ЭАК	$K_{i/j}$		
	Cefur	Cef	Ceftx
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{ТДА}$	-	0,9	0,8
$\text{Ag}(\text{Cef})_2\text{ТДА}$	0,8	-	1,2
$\text{Ag}(\text{Ceftx})_2\text{ТДА}$	0,4	0,6	-

Сенсоры на основе $\text{Ag}(\beta\text{-lac})_2\text{TДА}$ не обладают специфичностью по отношению к основному иону, они проявляют чувствительность и к другим цефалоспорином. Близость коэффициентов селективности к единице свидетельствует о том, что сенсоры селективны как к основному, так и к мешающим ионам. Данные сенсоры можно применять для отдельного определения цефалоспориновых антибиотиков в мультисенсорных системах типа «электронный язык».

Перекрестная чувствительность сенсоров на основе $\text{Ag}(\beta\text{-lac})_2\text{TДА}$

К параметрам перекрестной чувствительности относятся средний наклон электродной функции сенсора - $S_{\text{ср.}}$, фактор неселективности - F, фактор воспроизводимости – K.

В табл. 6 представлены значения параметров перекрестной чувствительности для исследуемых сенсоров.

Таблица 6 – Параметры перекрестной чувствительности сенсоров на основе $\text{Ag}(\beta\text{-lac})_2\text{TДА}$.

ЭАК	S, мВ/рС	F	K
$\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TДА}$	48,0	0,90	152
$\text{Ag}(\text{Cef})_2\text{TДА}$	46,3	0,89	170
$\text{Ag}(\text{Ceftx})_2\text{TДА}$	47,3	0,85	144

Чем больше величина среднего наклона электродных функций сенсора, тем выше перекрестная чувствительность данного электрода. Факторы воспроизводимости для этих электродов свидетельствуют о стабильности и воспроизводимости потенциалов сенсоров на основе $\text{Ag}(\beta\text{-lac})_2\text{TДА}$ в растворах β -лактамных антибиотиков. Фактор неселективности имеет высокое значение, что свидетельствует о неселективности данных сенсоров. Такие сенсоры являются наиболее подходящими для использования в мультисенсорном анализе.

Мультисенсорные системы типа «электронный язык» для отдельного определения цефалоспориновых антибиотиков в двухкомпонентных смесях

Количественный анализ двухкомпонентных модельных смесей антибиотиков (Cefur-Ceftx, Cef-Ceftx, Cef-Cefur) проводили с помощью массива из трех модифицированных полианилином и наночастицами CuO сенсоров с разными составами мембран (ЭАК: $\text{Ag}(\text{Cefur})_2\text{TДА}$, $\text{Ag}(\text{Ceftx})_2\text{TДА}$, $\text{Ag}(\text{Cef})_2\text{TДА}$).

На рис. 5 представлены предсказанные значения концентраций цефуросима в двухкомпонентных смесях. По оси ординат отложены измеряемые концентрации антибиотиков $\text{pC}_{\text{теор}}$, по оси абсцисс соответствующие им предсказанные концентрации $\text{pC}_{\text{пред}}$.

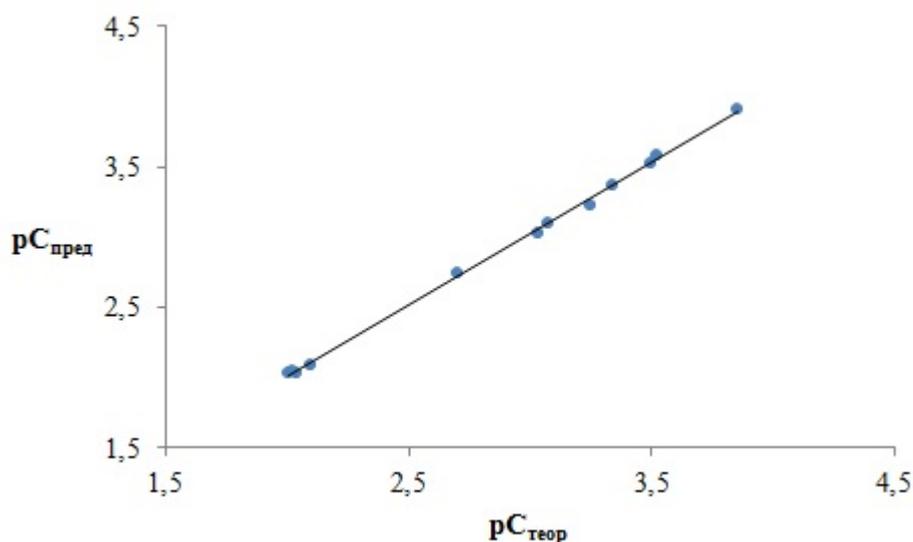


Рис. 5. Предсказанные значения для цефуроксима в двухкомпонентных контрольных смесях.

В табл. 7 приведены результаты одновременного определения цефуроксима и цефазолина, цефазолина и цефотаксима, цефуроксима и цефотаксима в двухкомпонентных модельных смесях с помощью метода ИНС.

Таблица 7 – Результаты отдельного определения некоторых β-лактамовых антибиотиков в двухкомпонентных модельных смесях с помощью массивов сенсоров и метода ИНС ($n = 3$, $P = 0,95$).

Введено, мкг/мл		Найдено, $m \pm \Delta m$, мкг/мл					
1	2	3	4	5	6	7	8
Cef	Cefur	Cef	D, %	S_r	Cefur	D, %	S_r
3,63	3,18	$3,5 \pm 0,2$	3,6	0,01	$2,8 \pm 0,4$	2,1	0,05
6,36	4,88	$6,1 \pm 0,4$	4,1	0,02	$4,5 \pm 0,5$	7,8	0,03
9,53	9,75	$9,9 \pm 0,6$	3,9	0,02	$10,1 \pm 0,7$	3,4	0,01
1,59	21,20	$1,4 \pm 0,3$	11,9	0,06	$19,4 \pm 1,9$	8,5	0,04
90,80	97,52	$94,7 \pm 5,3$	4,3	0,02	$99,8 \pm 3,2$	2,3	0,01
107,83	103,88	$101,8 \pm 7,6$	5,6	0,03	$100,1 \pm 5,9$	3,6	0,02
Cef	Ceftx	Cef	D, %	S_r	Ceftx	D, %	S_r
3,63	3,41	$3,4 \pm 0,3$	6,3	0,03	$3,1 \pm 0,4$	9,0	0,04
6,36	5,23	$6,9 \pm 0,6$	10,0	0,03	$4,8 \pm 0,5$	8,2	0,04
9,53	10,47	$9,2 \pm 0,3$	3,5	0,02	$10,2 \pm 0,3$	2,6	0,01
1,59	22,75	$1,4 \pm 0,2$	11,8	0,05	$24,1 \pm 2,0$	5,9	0,02

90,80	104,65	87,9±3,1	3,2	0,01	103,1±2,2	1,5	0,01
107,83	111,48	110,2±2,5	2,2	0,02	114,7±3,4	2,8	0,01
Cefur	Ceftx	Cefur	D, %	S _r	Ceftx	D, %	S _r
3,39	3,41	3,2±0,3	5,6	0,02	3,3±0,2	3,2	0,03
5,94	5,23	6,4±0,6	7,7	0,03	4,9±0,4	6,3	0,01
8,90	10,47	8,5±0,5	4,5	0,02	10,8±0,6	3,1	0,02
1,48	22,75	1,3±0,2	12,2	0,06	20,9±2,0	8,1	0,05
84,80	104,65	87,6±3,0	3,3	0,01	109,8±5,4	4,9	0,03
100,70	111,48	96,5±4,4	4,2	0,02	108,1±4,1	3,0	0,02

На рис. 6 представлена диаграмма, иллюстрирующая пример раздельного определения β-лактамовых антибиотиков в двухкомпонентных модельных смесях.

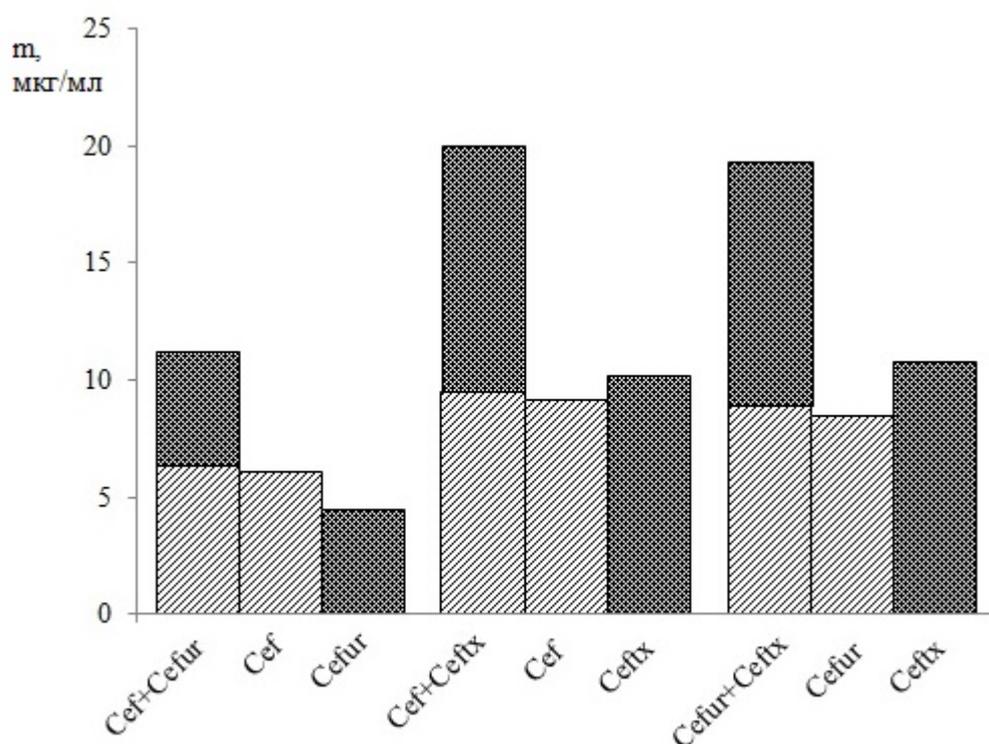


Рис.6. Результаты раздельного определения β-лактамовых антибиотиков в двухкомпонентных модельных смесях с использованием мультисенсорной системы «электронный язык».

Таким образом, мультисенсорный подход вместе с математической обработкой аналитических сигналов позволяет проводить раздельное определение β-лактамовых антибиотиков в двухкомпонентных смесях при совместном присутствии.

ВЫВОДЫ

1. Проведено сравнительное исследование электроаналитических свойств немодифицированных и модифицированных твердоконтактных сенсоров в водных растворах некоторых цефалоспориновых антибиотиков. Показано, что модифицирование поверхности мембран приближает крутизну электродных функций к нернстовским значениям для однозарядных ионов исследуемых антибиотиков; сокращается время отклика, уменьшается предел обнаружения антибиотиков, а интервалы линейности электродных функций одинаковы для исследуемых сенсоров.
2. Показано, что исследуемые сенсоры могут быть применены для определения основного вещества в лекарственных препаратах «Зиннат» и «Цефалексин», а также в модельных водных растворах и ротовой жидкости с внесенными добавками антибиотиков.
3. На основании коэффициентов потенциометрической селективности и параметров перекрестной чувствительности сенсоров на основе различных электродноактивных компонентов показано их применение для создания мультисенсорных систем типа «электронный язык».
4. Созданы массивы слабоселективных потенциометрических сенсоров для количественного анализа двухкомпонентных модельных смесей цефалоспориновых антибиотиков (цефазолин, цефуроксим, цефотаксим). Для обработки аналитических сигналов использован метод искусственных нейронных сетей (относительная погрешность определения не превышает 13%).