

## Аналитическая химия

УДК 541.134

DOI 10.26456/vtchem2025.1.7

### Ион-селективные электроды на основе производных гетерополикислот для определения витамина В1 и их аналитическое применение

Г.И. Мантров, М.А. Феофанова, Т.В. Крюков, Ф.Г. Мантров

ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», г. Тверь

Описана конструкция и электроаналитические характеристики ионселективного электрода (ИСЭ) для количественного определения тиамин (витамин В1). В качестве электродноактивных соединений в ИСЭ были использованы ионные ассоциаты тиамин с фосфорновольфрамовой (ФВК), фосфорномолибденовой (ФМК) и кремний вольфрамовой кислотами (КВК). Проведено потенциометрическое определение тиамин (витамин В1) в фармацевтических препаратах.

**Ключевые слова:** электрод, потенциометрия, мембрана, электродная функция.

Тиамин (витамин В1; старое название – аневрин) – органическое гетероциклическое соединение, водорастворимый витамин, отвечающий формуле  $C_{12}H_{17}N_4OS$ . Бесцветное кристаллическое вещество, хорошо растворимое в воде, нерастворимое в спирте (есть и жирорастворимый аналог витамина В1 (тиамин) – бенфотиамин). Тиамин играет важную роль в процессах метаболизма углеводов, жиров и белков.

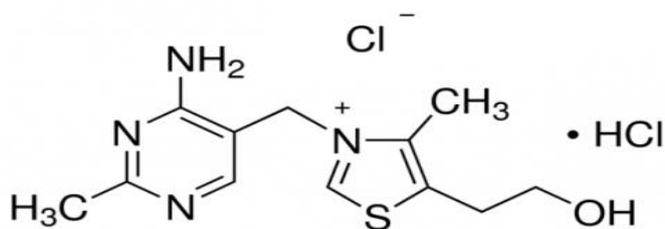


Рис. 1.

Структурная формула тиамин гидрохлорида

Витамин В1 необходим для нормального роста и развития и помогает поддерживать надлежащую работу сердца, нервной и пищеварительной систем. Тиамин, являясь водорастворимым

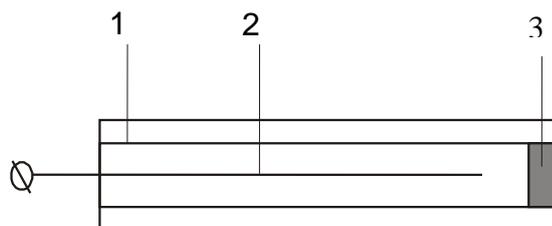
соединением, не запасается в организме и не обладает отравляющими свойствами. [1].

Для качественного и количественного анализа и определения многих лекарственных веществ описано использование таких методов как: УФ-спектроскопия [2], микробиологического [3], вольтамперометрического [4, 5]. Эти методы требуют значительного времени для подготовки пробы к анализу, а также использования дорогостоящего оборудования. В настоящее время для количественного определения многих лекарственных веществ предложены надёжные ионоселективные электроды (ИСЭ), которые наряду со значительным упрощением аналитической процедуры позволяют получить достаточно высокую чувствительность и низкую погрешность измерений. Для ряда препаратов, таких как: лизин, пиридоксин, никотиновая кислота, были проведены их потенциометрические определения, основанные на оценке Донановского потенциала, а также созданы и изучены ИСЭ на основе ионных ассоциатов с гетерополикислотами [9, 10]. В связи с вышеизложенным целью нашей работы явилось создание ИСЭ с откликом на витамин В1 и изучение его потенциометрических характеристик.

#### ***Экспериментальная часть***

Использовали тиамин фармакопейной чистоты. Для синтеза электродактивного вещества применяли гетеро-поликислоты (ФВК, ФМК, КВК) квалификации ч.д.а. Наличие в молекуле тиамина третичных атомов азота позволяет перевести их в малорастворимые ионные ассоциаты с гетеро-поликислотой путем осаждения из водных растворов. Образовавшиеся осадки ионных ассоциатов промывали до нейтральной реакции среды раствора над осадком, отделяли центрифугированием и высушивали при комнатной температуре. Согласно результатам квантовомеханического моделирования (пакет Jaguar программного обеспечения Maestro) и учитывая стерический фактор, а также природу тиамина можно предположить, что гетерополикислота и тиамина гидрохлорид ассоциируются в соотношении 1 : 1.

Полученный таким образом ЭАВ использовали для изготовления ионоселективных мембран по методике, описанной ранее [6]. Состав использованных ионоселективных мембран (% по массе): 5 – ЭАВ, 40 – ПВХ, 55 – ДОФ. Для изготовления ИСЭ в цилиндрический корпус из ПВХ помещали токоотвод, который имел гибкий металлический вывод для присоединения к иономеру. (рис. 2)



Р и с . 2. Схема ИСЭ

1– корпус из ПВХ, 2– токоотвод, 3– ионоселективная мембрана

Для определения электродных характеристик, изготовленных ИСЭ использовался иономер И-130 и электрохимическая ячейка, изображённая на схеме.

Схема электрохимической ячейки



### Результаты и их обсуждения

Электродная функция ИСЭ представлена на рис. 3.

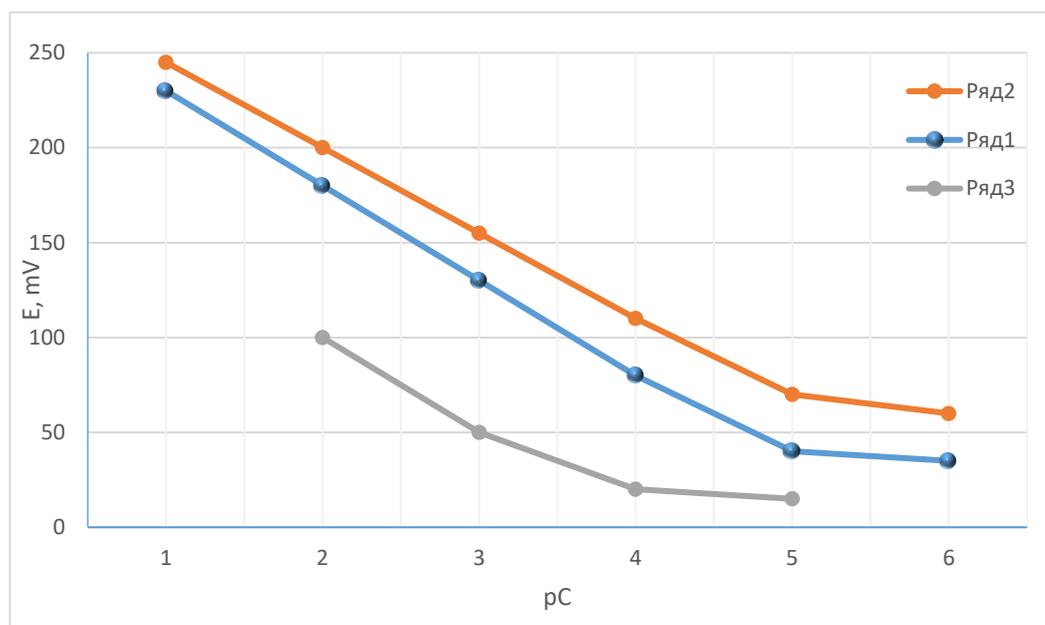


Рис. 3. Зависимость потенциала ИСЭ (E) от концентрации (pC) водного раствора тиамин. (1- ЭАВ на основе ФВК; 2- ЭАВ на основе ФМК; 3- ЭАВ на основе КВК)

Из представленных результатов видно, что в интервале pC 1–5 (1–4) экспериментальные точки описываются уравнением прямой. Линейный участок электродной функции наряду с близкой к нернстовской величине её крутизны свидетельствует о возможности практического использования ИСЭ для определения тиамин. Основные метрологические характеристики ИСЭ представлены в табл. 1.

Таблица 1  
Основные метрологические характеристики ИСЭ для определения тиамин

ЭАВ на $\text{ос}_0$	Диапазон линейности pC	Крутизна электродной функции, мВ/pC	Рабочий диапазон pH	Время отклика, с
ФВК	1-5	47,0	3,0 – 5,0	6
ФМК	1-5	51,0	4,0 – 6	5
КВК	2-4	40,0	4,0 – 6	8

Из приведенных данных видно, что электрод, где в качестве ЭАВ был использован ионный ассоциат тиамин с ФМК имеет лучшие характеристики по сравнению с другими электродами. Снижение

показателей для ИСЭ в ряду ФМК, ФВК и КВК связано, по-видимому, с различной растворимостью соответствующих ионных ассоциатов.

Известно, что во многих биологических жидкостях могут присутствовать в значительных количествах катионы биометаллов, которые могут исказить отклик ИСЭ. Поэтому мы определили коэффициенты селективности ИСЭ к некоторым катионам методом смешанных растворов [7]. Коэффициенты селективности представлены в табл. 2, из которой видно, что  $\text{Na}^+$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  практически не влияют на работу ИСЭ.

Таблица 2

Логарифмы коэффициентов селективности для ИСЭ с ионными ассоциатами тиамин с ФВК, КВК, ФМК

Мешающие ионы	$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{2+}$
ИСЭ(ФВК)	-2,2	-2,7	-3,0
ИСЭ(ФМК)	-2,5	-2,9	-3,4
ИСЭ(КМК)	-2,1	-2,4	-2,7

Для оценки возможности практического использования, изготовленного ИСЭ было проведено определение содержания тиамин в готовой лекарственной форме «Витамин В1» Solgar, 500 мг, таблетки» (Производство Solgar, США).

Все измерения проводились в среде буферного раствора  $\text{pH}=4,01$  (бифталат калия) методами прямой потенциометрии(ПП) и потенциометрического титрования(ПТ). В методе ПТ титрование тиамин проводили  $10^{-1}$  М раствором ФВК, который стандартизовали согласно [8]. Объем титранта в точке эквивалентности определяли методом второй производной, используя пакет Origin Pro. Содержание тиамин в лекарственном препарате рассчитывали по закону эквивалентов. Результаты представлены в табл. 3. Из нее видно, что взятые и найденные значения находятся в хорошем соответствии, а доверительный интервал имеет величину, обычную для методов прямой потенциометрии и потенциометрического титрования.

Таблица 3

Результаты определения содержания тиамин методом прямой потенциометрии и потенциометрическим титрованием в препарате «Витамин В1»

Взято, г	Найдено, г ПП	Найдено, г ПТ
<b>0,5</b>	0,47±0,03	0,49±0,01

### Список литературы

1. Б.Ф.Коровкин. Биологическая химия. – 1998
2. Государственная фармакопея Российской Федерации. 12-е изд. М.: Научный центр экспертизы средств медицинского применения, 2008.
3. Захаренко А.Г., Данюшенкова Н.М., Окулич В.К.//Иммунопатология, аллергология, инфектология. 2007. № 1. С. 42-47.
4. Ali K. Attia, Waheed M. Salem and Mona A. Mohamed// Acta Chimica Slovenica. October 2015, 62, p. 1-7
5. Mojtaba Hadi, Haniyeh Poorgholi, Hossein Mostaanzadeh// S. Afr. J. Chem., 2016, 69, 132-139
6. Холощенко Н.М., Рясенский С.С., Горелов И.П.//Хим.-фарм. журн. 2005. № 40(5). С. 54-56.
7. Корыта И., Штулик Й. Ионоселективные электроды. М.: Мир, 1989.
8. Богословский В. В., Якушина Е. В., Лозинская Л. А., Артемьев А. В.// АС СССР № 1 686 344 А1, опубл. 23.10.1991
9. Харитонов С. В., Зарембо В. И.//Химия и химическая технология. 2006. №49(1). С. 28-31

### Об авторах:

МАНТРОВ Геннадий Иванович – кандидат химических наук, доцент, кафедра неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170002, г. Тверь, Садовый пер., 35), e-mail: mantrov.gi@tversu.ru

ФЕОФАНОВА Марианна Александровна – кандидат химических наук, доцент, кафедра неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170002, г. Тверь, Садовый пер., 35), e-mail: feofanova.ma@tversu.ru

МАНТРОВ Федор Геннадьевич – учащийся 10 ХТ класса ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» Академическая гимназия имени П.П. Максимовича (170002, г. Тверь, Садовый пер., 35), e-mail: alf70@bk.ru

КРЮКОВ Тимофей Владимирович – ведущий инженер кафедры неорганической и аналитической химии ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет» (170002, г. Тверь, Садовый пер., 35), e-mail: p528491@yandex.ru

**Ion-selective electrodes based on heteropolyacid derivatives  
for the determination of vitamin B1  
and their analytical application**

**G.I. Mantrov, M.A. Feofanova, T.V. Kryukov, F.G. Mantrov**

*Tver State University, Tver*

The construction and electroanalytical characteristics of ion-selective electrode (ISE) for thiamine are described. Ion pair of thiamine with heteropoly acids were tested as electroactive materials for ionometric sensor controls. The ISE was used for direct potentiometry of thiamine.

**Keywords:** *ion-selective electrode, complexes, sensor, potentiometry*

Дата поступления в редакцию: 17.02.2025.

Дата принятия в печать: 20.02.2025.