

УДК: 543.55:544.6.076.32 – 39.61

ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ІОНОСЕЛЕКТИВНИХ ЕЛЕКТРОДІВ, ОБЕРНЕНИХ ДО АЛКІЛДИМЕТИЛБЕНЗИЛАМОНІЙ ХЛОРИДУ ТА ДОДЕЦИЛ ДИПРОПІЛЕН ТРИАМІНУ

Ніколаєва Т.Г., студентка, Луганська О.В., к.х.н., доцент

*Запорізький національний університет
Україна, 69600, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66*

tanyfe4ka@rambler.ru

Показана можливість створення поверхнево-активних речовин – іоноселективних електродів з внутрішнім розчином – плівкових з мембранним покриттям. Розроблені іоноселективні електроди, обернені до алкілдиметилбензиламоній хлориду та додецилдипропілен триаміну. Вивчені електрохімічні характеристики розроблених іоноселективних електродів показали кращі результати для електродоактивних речовин на основі аніону молібдофосфатної кислоти.

Ключові слова: електрохімічні характеристики, іоноселективні електроди, алкілдиметилбензиламоній хлорид, додецил дипропілен триамін, електродоактивна речовина, молібдофосфатна кислота, натрій тетрафенілборат.

ЕЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ИОНОСЕЛЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ, ОБРАЩЕННЫХ К АЛКИЛДИМЕТИЛБЕНЗИЛАММОНИЙ ХЛОРИДУ И ДОДЕЦИЛ ДИПРОПИЛЕН ТРИАМИНУ

Николаева Т.Г., Луганская О.В.

Запорожский национальный университет, Украина, 69600, г. Запорожье, ул. Жуковського, 66

Показана возможность создания поверхностно-активных веществ – ионоселективных электродов с внутренним раствором – пленочных с мембранным покрытием. Разработаны ионоселективные электроды, обращенные к алкілдиметилбензиламоний хлориду и додецил дипропілен триаміну. Изученные электрохимические характеристики разработанных ионоселективных электродов показали лучшие результаты для электродоактивных веществ на основе аниона молибдофосфорной кислоты.

Ключевые слова: электрохимические характеристики, ионоселективные электроды, алкілдиметилбензиламоний хлорид, додецил дипропілен триамін, електродоактивне вещество, молибдофосфатная кислота, натрий тетрафенілборат.

ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF ION-SELECTIVE ELECTRODES TURNED TO ALKYLDIMETHYLBENZYLAMMONIUM CHLORIDE AND DODECYL DIPROPYLENE TRIAMINE

Nicolaeva N.G., Luganska O.V.

Zaporizhzhya national university, Ukraine, 69600, Zaporizhzhya, Zhukovskogo Street 66.

INTRODUCTION

Surface-active substances (surfactants) are the main components that pollute the hydrosphere. Available standardized methods for determining surfactant due to the low sensitivity and high complexity practically acceptable to objects such as natural and waste water [1].

Surfactants are widely used in consumer products like, e.g., laundry detergents, cleaning, and dishwashing agents, and personal care products [2,3].

Because of their widespread use and their properties that allow facile transport between on-miscible phases (oil/water and water/biological membranes) these surfactants may be found anywhere in the environment. Although they are not classified as highly toxic substances, some of their metabolites are more toxic than the parent compounds.

Therefore, there is an increasing need for a fast and accurate analytical method to determine their presence.

Application of ion-selective electrodes (ISE) is one of the modern trends of analytical chemistry. Selectivity, detection speed allow their use in chemical technology, medicine, biology, the study of the environment and other areas. The main advantage of the ISE is suitable for continuous automatic control.

Nowadays ISE with liquid membranes plasticized found great use in potentiometric titration and ionometry in general to determine the various anions and cations.

ISE membranes based on plasticized polyvinyl chloride and charged with neutral ionophores are widely used as tools for chemical analysis. [4]

Lately, especially rapidly developing research on the use of ion-selective electrodes for the determination of various organic compounds [5].

Express control requirements, sufficient sensitivity currently meets potentiometric method using ion-selective electrodes [6,7].

Topical research is the effect of the nature of the electroactive substance (EAS) on the electrode properties which will improve the characteristics of the electrodes and to predict their importance in the development of new substances.

MATERIALS AND METHODS

The object research involved the surfactant (Fig. 1.2) which are designed for the analysis of ion-selective electrodes with polyvinylchloride membranes (PVC), plasticized dibutyl phthalate (DBP) and turned to the cation alkyldimethylbenzylammonium chloride (CS) and nonionic surfactant (NS) dodecyl dipropylene triamine.

As electroactive substance for CS-ISE have been used sparingly soluble in water, but well soluble in a solvent the membrane – dibutyl phthalate synthesized cation ion associates with alkyldimethylbenzylammonium chloride anions molybdato-phosphoric acid (MPA) and sodium tetraphenylborate (TPB).

For CS ion associates were obtained by adding dropwise 30 cm³ TFB 0.1M solution in 20 cm³ of 0,1 M CS slowly while stirring with a glass rod, the resulting precipitates were filtered and dried and then used as EAS.

For NS-ISE electroactive substances – barium cation ion associates with dodecyl dipropylene triamine and TFB anions and MPA synthesized in example procedure [13].

The resulting ion associates were selected to determine the best electrochemical characteristics of electrodes and apply this ion associate in the development of ISE for analytical control.

Plasticized polyvinylchloride membrane was synthesized by standard methods [14]. To the beaker were added 1,38 cm³ of a plasticizer dibutyl phthalate, 0,48 g of PVC powder and stirred them for 3-5 minutes, magnetic stirrer was then added 4,5 cm³ cyclohexanone; dissolving under heating was performed to 60 °C. After cooling, the resulting solution was weighed portion 0,12 g of EAP, dissolving it under stirring to a homogeneous state and absence of air bubbles. The resulting solution was poured into a Petri dish 50 mm in diameter.

Optimum composition of the membrane composition for the determination of CS and NS: EAS – 6%, DBP – 70%, PVC – 24%.

Dependence of the electrode potential on the concentration of CS, NS was investigated in solutions with concentrations of 10⁻⁶ – 10⁻² M. The inner solution film electrode - 1 • 10⁻⁴ M solution of CS or NS. All solutions were prepared using distilled water.

RESULTS AND DISCUSSION

Basic electrode characteristics defining the detection limit of the ion range linearity of the response, the drift potential, while reliable operation of ISE. These factors affect the nature of the plasticizer; nature EAS; pH of the sample solution [15].

In order to create the best electrode electrochemical characteristics are required to study the influence of the nature of the EAP on the electrode function. For this purpose membranes were synthesized, where the EAS used alkyldimethylbenzylammonium chloride ion associates and MPA, alkyldimethylbenzylammonium chloride, and TPB and barium ion associates with dodecyl dipropylene triamine MPA barium dodecyl dipropylene triamine and TPB. Constructed calibration curves are investigated membranes (Fig. 6-9).

ISE developed electrochemical characteristics are shown in Tab. 1, 2.

The data show that the best electrochemical performance set for electrodes with ionic associates based on MPA: ISE have a greater range of linearity of the response of the electrode function, below the limit of detection and a greater angle. Therefore, the development of solid-state electrodes used ionic associates based anion MPA.

CONCLUSIONS

1. ISE have been developed turned to cation alkyldimethylbenzylammonium chloride, by utilizing as electroactive ionic association substance alkyldimethylbenzylammonium chloride – MPA and alkyldimethylbenzylammonium chloride – TPB.
2. ISE have been developed turned to NS dodecyl dipropylene triamine, using as a substance electroactive barium ion associates with dodecyl dipropylene triamine – MPA and barium dodecyl dipropylene triamine – TPB.
3. The electrochemical characteristics of the developed ISE showed the best results for the EAS – based anion molybdato-phosphoric acid.

ВСТУП

Поверхнево-активні речовини (ПАР) відносяться до основних компонентів, які забруднюють гідросферу. Наявні уніфіковані методи визначення ПАР через малу чутливість і велику трудомісткість практично не прийнятні до таких об'єктів, як природні та стічні води [1].

Поверхнево-активні речовини широко використовуються в споживчих товарах: миючих засобах для очищення та миття посуду, агентах і засобах особистої гігієни [2,3].

Через їх широке використання та їх властивості, які дозволяють поспішний транспорт між фазами, що не змішуються (масло/вода і вода/біологічні мембрани), даючи їм широку і дуже важливу роль в різних біотехнологічних процесах. Ці ПАР можуть бути знайдені в будь-якому місці навколишнього середовища. Хоча вони не класифікуються як високотоксичні речовини, деякі з їх метаболітів більш токсичні, ніж вихідні сполуки.

Таким чином, існує зростаюча потреба у швидкому та точному аналітичному контролі, щоб визначити їх присутність.

Застосування іоноселективних електродів (ISE) є одним із сучасних напрямків аналітичної хімії. Вибірковість, швидкість визначення дозволяють їх використовувати в хімічній технології, медицині, біології, при вивченні об'єктів навколишнього середовища та інших областях. Головною перевагою ISE є придатність для безперервного автоматичного контролю.

В наш час ISE з рідинними пластифікованими мембранами знайшли велике застосування в потенціометричному титруванні та іонометрії, загалом для визначення різних аніонів та катіонів.

ISE з мембранами на основі пластифікованого полівінілхлориду з нейтральними і зарядженими іонофорами широко використовуються як інструменти хімічного аналізу [4].

Останнім часом особливо інтенсивно розвиваються дослідження по застосуванню іоноселективних електродів для визначення різноманітних органічних сполук [5].

Вимогам експрес-контролю, достатньої чутливості в даний час відповідає потенціометричний метод із застосуванням іоноселективних електродів [6,7].

Актуальним є дослідження впливу природи електроактивної речовини (ЕАР) на електродні властивості, урахування яких дозволить покращити характеристики електродів і прогнозувати їх значення при розробці для нових речовин.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Переважає більшість методів визначення гетероциклічних сполук в наш час є вельми дорогим і не завжди доступним. Існує потреба в розробці простіших і доступніших методів визначення гетероциклічних сполук, наприклад, електрохімічних – іонометричних. Простота і доступність апаратури, експресність аналізу сприяють впровадженню цих методів в

різноманітній області хімії, медицини, біології. Крім того, представляє інтерес вивчення процесів, що протікають на кордоні розподілу рідина / рідина. З одного боку, це можливість моделювання процесів, що протікають в ІСЕ з рідинними мембранами. З іншого боку, інформація про ці процеси дозволяє конструювати нове покоління електрохімічних сенсорів [8].

Розробка будь-якої іонометричної методики починається з визначення потенційного складу аналізованої проби. Перш за все, слід володіти інформацією про можливий діапазон концентрацій визначуваної речовини, наявність супутніх домішок, кислотну реакцію середовища проби.

Другий етап розробки методики полягає у виборі електроду, який дозволив би проводити іонометричні виміри у вибраному діапазоні концентрацій у присутності тих, що заважають аналізу домішок.

Третій етап розробки іонометричної методики полягає у виборі методу аналізу. При виборі методу аналізу треба маги на увазі, що пряма потенціометрія приваблива, головним чином, нескладною процедурою аналізу, метод добавок – надійністю результатів, а титриметрія – їх точністю.

На четвертому етапі розраховується склад розчину, регулюючого іонну силу і кислотність середовища, маскуючого впливу компонентів, що заважають [9].

Метод градуювального графіка є найпростішим іонометричним методом аналізу. Градуювальний графік – графічне зображення залежності потенціалу ІСЕ від концентрації. Так як відгук електроду являє собою логарифмічну функцію концентрації, залежність потенціалу від логарифма концентрації лінійна [10].

Процедура аналізу складається з 2-х етапів і включає градуювання ІСЕ відносно електроду порівняння і проведення вимірів в пробах.

Градуювання полягає у вимірі потенціалу ІСЕ в стандартних розчинах з відомим вмістом визначуваного іона. За результатами вимірів будується графік. У іонометрії прийнято виражати концентрацію іонів через величину рХ, яка дорівнює:

$$pX = -\lg a \quad (1)$$

Тому з рівняння Нернста виходить, що закономірність зміни потенціалу має наступний вигляд:

$$E = B - SpX \quad (2)$$

де E – різниця потенціалів між ІСЕ і електродом порівняння;

S – нахил електродної функції;

B – константа.

Ця закономірність називається електродною функцією. У координатах E від рХ градуювання електродів має вигляд прямої, нахил якої наближається до величини 59,2 мВ (для температури 25 °С) для однозарядних іонів. Для двохзарядних іонів нахил дорівнює 29,6 мВ.

Якщо отримана з градування величина нахилу істотно відрізняється від очікуваної, то це говорить про неблагополучний хід вимірів [11].

Аналіз полягає у вимірі потенціалу ІСЕ в пробі й обчислення вмісту визначуваного компонента за градувальним графіком. Оскільки градувальний графік є прямою, то зробити розрахунки за знайденим потенціалом нескладно [12].

Об'єктом дослідження були ПАР (рис. 1,2) для аналізу яких розроблені іоноселективні електроди з полівінілхлоридними мембранами (ПВХ), пластифікованими дибутилфталатом (ДФБ) та оберненими до катіону алкілдиметилбензиламоній хлориду (КПАР) та неіоногенної ПАР (НПАР) додецил дипропілен триаміну.

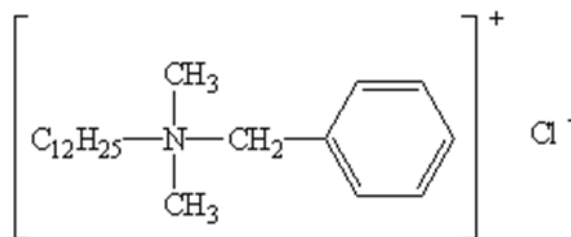


Рис.1 Алкілдиметилбензиламоній хлорид

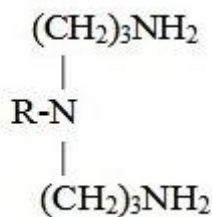


Рис.2 Додецил дипропілен триамін, де R - алкільний ланцюг, в основному C₁₂

В якості електродоактивної речовини для катіонного ПАР-ІСЕ були використані малорозчинні у воді, але добре розчинні в мембранному розчиннику – дибутилфталаті, синтезовані іонні асоціати катіону алкілдиметилбензиламоній хлориду з аніонами молібдофосфатної кислоти (МФК) та натрій тетрафенілборату (ТФБ).

Для КПАР іонні асоціати були отримані при додаванні по краплях 30 см³ 0,1 М ТФБ у 20 см³ розчину 0,1 М КПАР повільно помішуючи скляною паличкою, отримані осадки були відфільтровані та висушені, а потім використані в якості ЕАР.

Для НПАР-ІСЕ електродоактивні речовини – іонні асоціати катіону барію з додецил дипропілен триаміном та аніонами ТФБ та МФК синтезували за прикладом методики [13].

Одержані іонні асоціати були вибрані, щоб визначити кращі електрохімічні характеристики електродів та застосовувати даний іонний асоціат при розробці ІСЕ для аналітичного контролю.

Пластифіковані полівінілхлоридні мембрани синтезували за стандартною методикою [14]. У стакан вносили 1,38 см³ пластифікатору дибутилфталату, 0,48 г порошку ПВХ і перемішували їх упродовж 3–5 хв. магнітною мішалкою, потім додавали 4,5 см³ циклогексанону; розчинення проводили при нагріванні до 60°C. Після охолодження в

одержаний розчин вносили наважку 0,12 г ЕАР, розчиняючи її при перемішуванні до гомогенного стану та відсутності бульбашок повітря. Одержаний розчин виливали у чашку Петрі діаметром 50 мм.

Оптимальний склад мембранної композиції для визначення КПАР та НПАР: ЕАР – 6%, ДБФ – 70%, ПВХ – 24%.

Конструювання ІСЕ та їх підготовка до роботи. Плівковий електрод (рис. 3а) виготовлено у вигляді трубки (1) у ПВХ (діаметр 10 мм), до торця якої приклеєно мембрану (2). В якості клею використана невелика кількість мембранної маси, залишена за час синтезу. Всередину трубки заливали $1 \cdot 10^{-3}$ М КПАР, НПАР (3) й занурювали хлоросрібний напівелемент (4) як внутрішній електрод порівняння.

Для виготовлення твердоконтактного електроду з мембранним покриттям (рис. 3б) до сталевого струмовідводу (1) приварювали срібний дріт (2) діаметром 0,6 мм і завдовжки 15 – 20 мм. Спай захищали від контакту з визначуваним розчином скляною трубкою (3) та ізолювали епоксидною смолою (4). Після висушування епоксидної смоли на дріт наносили мембранне покриття (5), 5-6 разів, занурюючи її в свіже виготовлену мембранну композицію. Кожний шар мембрани просушували протягом 30 хвилин. Цю операцію повторювали, поки на дроті не утворилося рівномірне мембранне покриття завтовшки 1 мм. Потім мембрани висушували на повітрі протягом доби.

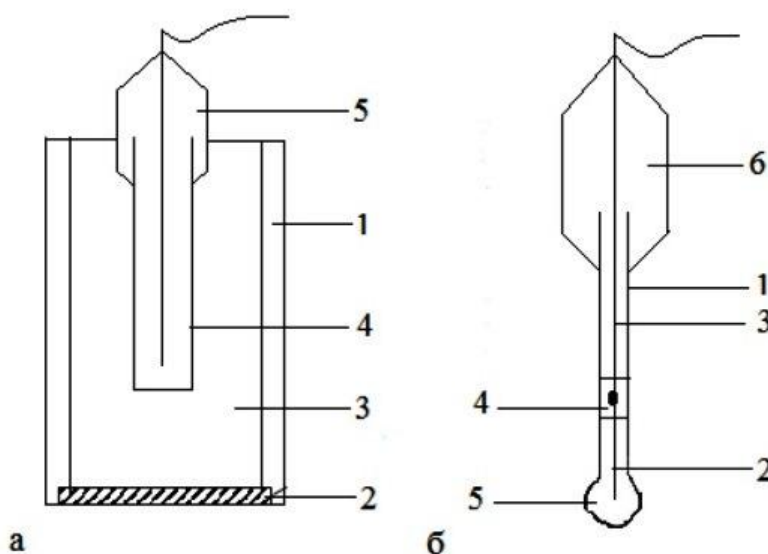


Рис. 3 Схеми електродів а – схема плівкового електроду; б – схема твердоконтактного електроду

Перед застосуванням ІСЕ вимочували в розчинах КПАР, НПАР з концентрацією, що відповідає середині діапазону визначуваних вмістів ($1 \cdot 10^{-4}$ М).

Для прямих потенціометричних досліджень використовували іономер рН-150 М (похибка вимірювання ± 1 мВ) і гальванічну систему. Схему електрохімічного кола для вимірювання ЕРС плівкового електроду показано на рис. 4, твердоконтактного – на рис.5.

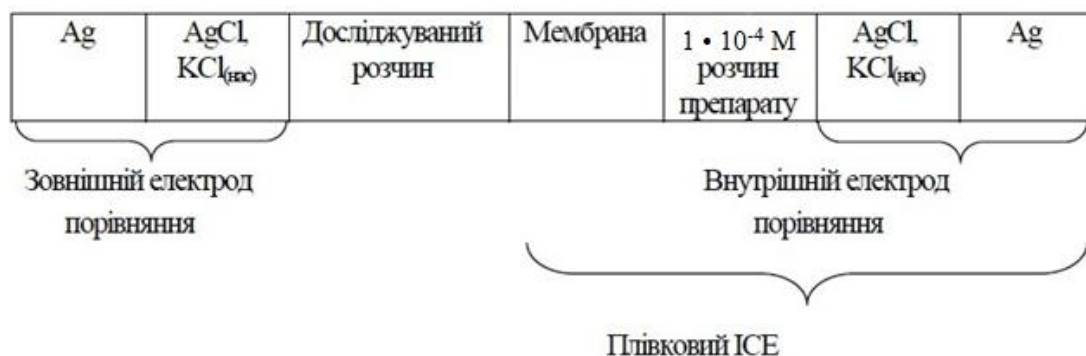


Рис. 4 Схема електрохімічного кола для вимірювання ЕРС плівкового електроду

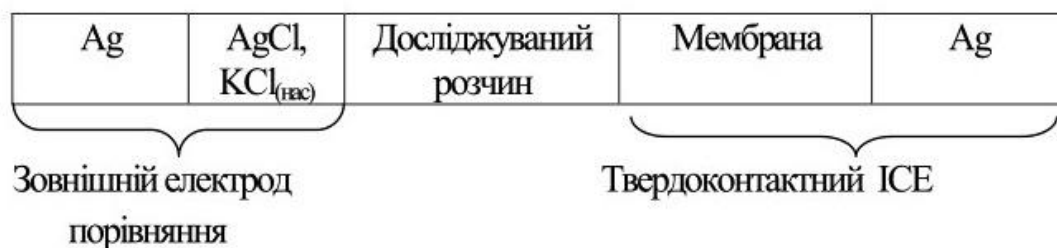


Рис. 5 Схема електрохімічного кола для вимірювання ЕРС твердоконтактного електроду

Залежність потенціалу електроду від концентрації КПАР, НПАР досліджували у розчинах із концентраціями 10^{-6} – 10^{-2} М. Внутрішній розчин плівкового електроду – $1 \cdot 10^{-4}$ М розчин КПАР або НПАР. Всі розчини готували з використанням дистильованої води.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Основні електродні характеристики: межа виявлення визначаючого іона, діапазон лінійності відклику, дрейф потенціалу, час надійної роботи ІСЕ. На ці чинники впливають: природа пластифікатору; природа ЕАР; рН розчину, який аналізується [15].

Для того щоб створити електрод з найкращими електрохімічними характеристиками потрібно вивчити вплив природи ЕАР на електродну функцію. Для цього синтезовані мембрани, де в якості ЕАР використані іонні асоціати алкілдиметилбензиламоній хлориду та молібдофосфатної кислоти, алкілдиметилбензиламоній хлориду та тетрафенілборату, а також іонні асоціати барію з додецил дипропілен триаміном та молібдофосфатною кислотою, барію з додецил дипропілен триаміну та тетрафенілборатом. Побудовано калібрувальні криві досліджувальних мембран (рис. 6-9).

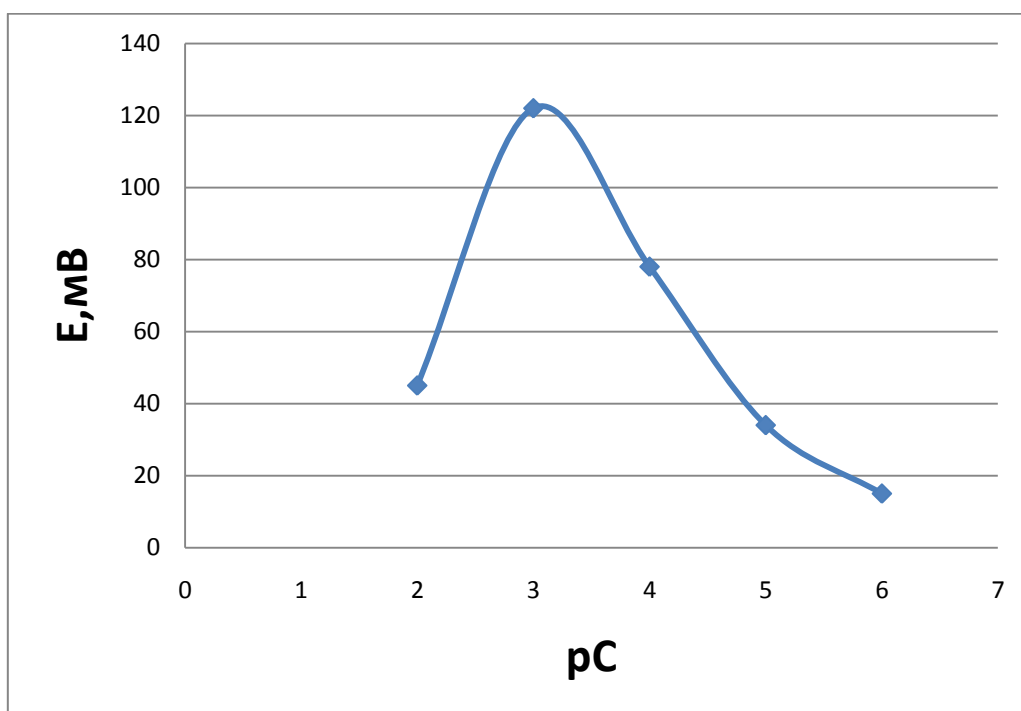


Рис. 6 Електродна функція ІСЕ, оберненого до катіону алкілдиметилбензиламоній хлориду (ЕАР іонний асоціат алкілдиметилбензиламоній хлориду та молібдофосфатної кислоти)

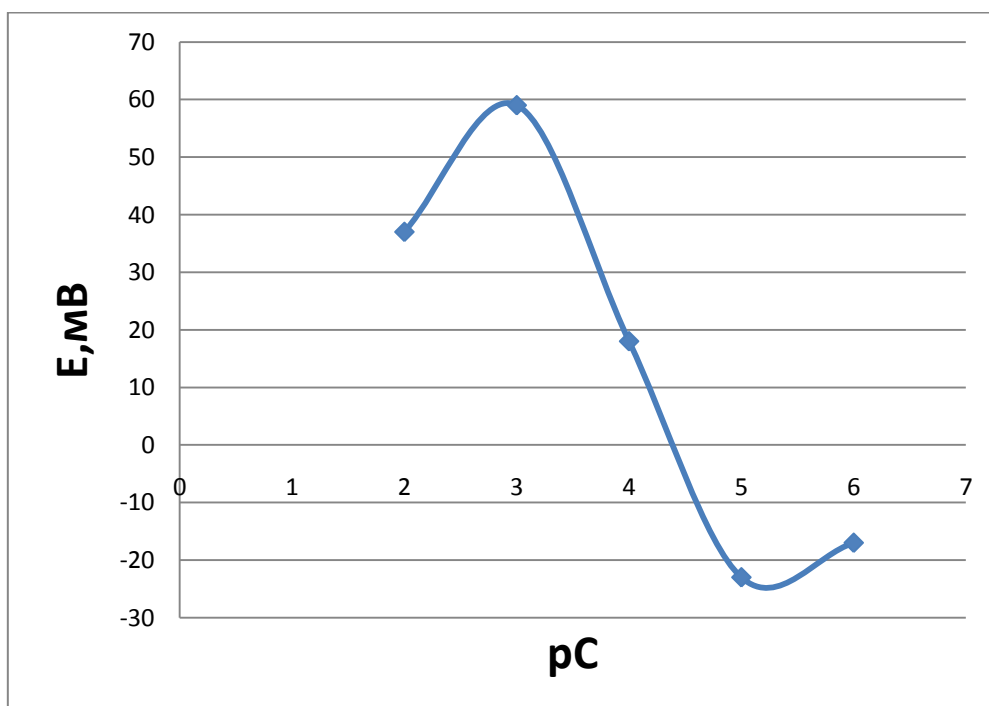


Рис. 7 Електродна функція ІСЕ, оберненого до катіону алкілдиметилбензиламоній хлориду (ЕАР іонний асоціат алкілдиметилбензиламоній хлориду та тетрафенілборату)

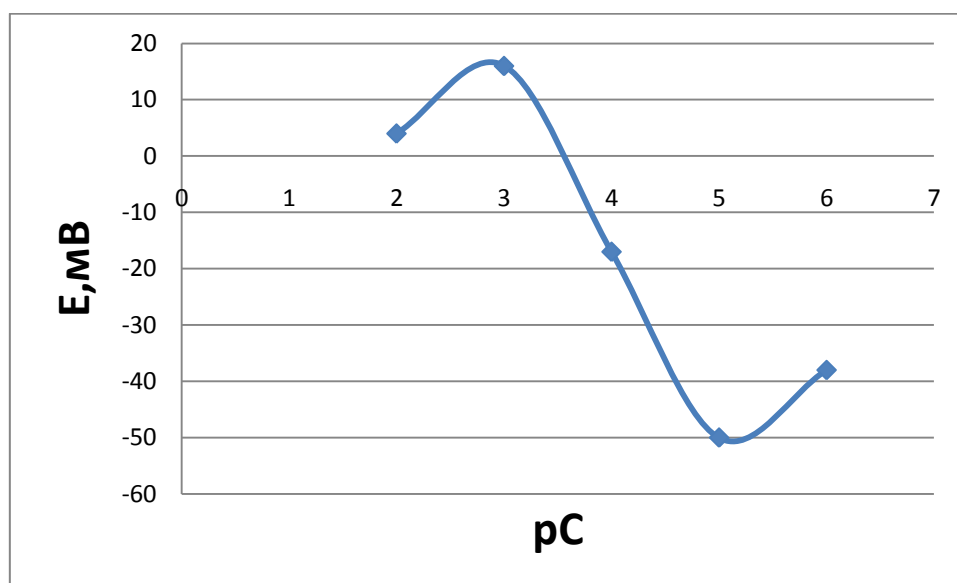


Рис. 8 Електродна функція ІСЕ, оберненого до неіоногенного ПАР додецил дипропілен триаміну (ЕАР іонний асоціат барію з додецил дипропілен триаміном та молібдофосфатною кислотою)

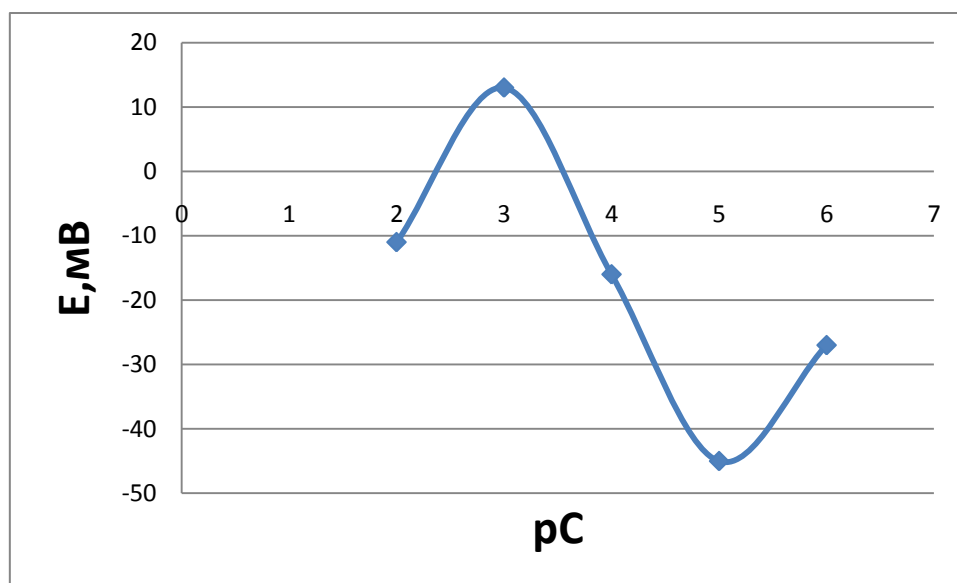


Рис. 9 Електродна функція ІСЕ, оберненого до неіоногенного ПАР додецил дипропілен триаміну (ЕАР іонний асоціат барію з додецил дипропілен триаміну та тетрафенілборатом)
Електрохімічні характеристики розроблених ІСЕ наведено в табл. 1, 2.

Табл. 1 Вплив природи ЕАР на електрохімічні характеристики ІСЕ, обернених до катіону алкілдиметилбензиламоній хлориду

ЕАР	S, мВ/рС	Лінійність електродної функції, моль/л	Межа виявлення, моль/л
КПАР-МФК	44	$5,0 \cdot 10^{-6} - 5,0 \cdot 10^{-4}$	$4,0 \cdot 10^{-6}$
КПАР-ТФБ	41	$2,0 \cdot 10^{-5} - 1,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$

Табл. 1 Вплив природи ЕАР на електрохімічні характеристики ІСЕ, обернених до неіоногенного ПАР додецил дипропілен триаміну

ЕАР	S, мВ/рС	Лінійність електродної функції, моль/л	Межа виявлення, моль/л
НПАР-МФК	33	$8,0 \cdot 10^{-6} - 1,0 \cdot 10^{-3}$	$6,3 \cdot 10^{-6}$
НПАР-ТФБ	29	$1,0 \cdot 10^{-5} - 8,0 \cdot 10^{-4}$	$8,0 \cdot 10^{-6}$

З наведених даних видно, що кращі електрохімічні характеристики встановлені для електродів з іонними асоціатами на основі МФК: ІСЕ мають більший діапазон лінійності відгуку електродної функції, нижчу межу виявлення та більший кут нахилу. Тому при розробці твердоконтактних електродів використані іонні асоціати на основі аніону МФК.

ВИСНОВКИ

1. Розроблені ІСЕ, обернені до катіону алкілдиметилбензиламоній хлориду, з використанням в якості електродоактивної речовини іонних асоціатів алкілдиметилбензиламоній хлориду та молібдофосфатної кислоти, а також алкілдиметилбензиламоній хлориду та тетрафенілборату.
2. Розроблені ІСЕ, обернені до неіоногенного ПАР додецил дипропілен триаміну, з використанням в якості електродоактивної речовини іонних асоціатів барію з додецил дипропілен триаміном та молібдофосфатною кислотою, барію з додецил дипропілен триаміну та тетрафенілборатом.
3. Вивчені електрохімічні характеристики розроблених ІСЕ показали кращі результати для ЕАР на основі аніону молібдофосфатної кислоти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лурье Ю.Ю. Унифицированные методы анализа вод / Юлей Юльевич Лурье. – М.: Химия, 1973. – 376 с.
2. Шварц А., Перри Дж. Поверхностноактивные вещества. Их химия и технические применения / А. Шварц, Дж. Перри – Москва, Издательство ИЛ, 1953. – 550 с.
3. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение Под науч. ред. Л. П. Зайченко. / К. Роберт Ланге – СПб.: Профессия. 2007. — 240 с.
4. Пешкова М.А. Новый потенциометрический метод исследования ассоциации электролитов в органических средах // Всеросс. Менделеевская школа -конференция. – Волгоград. – 2005. – С. 9.
5. Погребенник В.Д., Романюк А.В. Експериментальні Дослідження потенціалів іоноселективних електродів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – 2008. – № 608. – С. 69-73.

6. Болтromeюк В.В. Физическая и коллоидная химия. Общая химия / Виктор Васильевич Болтromeюк. – Гродно: Грод. гос. мед. ун-т, 2010. – 532 с.
7. Мидгли Д., Торренс К. Потенциометрический анализ воды / Д. Мидгли, К. Торренс – М.: Мир, 1980. — 519 с.
8. Белюстин А.А. Аналітична хімія. У 3-х томах, т 1. Методи ідентифікації і визначення речовин. / А.А. Белюстин. Гриф УМО по класичній університетській освіті: Academia, 2008. – 325 с.
9. Новый справочник химика и технолога. Аналитическая химия (часть I): СПб. науч. пр. – Санкт-Петербург: Профессионал, 2003. – 540 с.
10. Васильев В.П., Морозова Р.П., Кочергина Л.А. Аналитическая химия. Лабораторный практикум / В.П. Васильев, Р.П. Морозова, Л.А. Кочергина. – М.: Дрофа, 2004. – 416 с.
11. Takaya Sato, Gen Masuda, Kentaro Takagi. Ion selective electrodes // Electrochim. Acta. – 2004 – № 49. – 3603 p.
12. Буйновский А.С., Колпакова Н.А., Безрукова С.А. Влияние биологически активных веществ на определение йодид-ионов потенциометрическим методом // Известия Томского политехнического университета. – 2004. – № 1. – С. 89-92.
13. Milan Sak-Bosnar, Dubravka Madunic-Cacic etc. / Surfactant-selective electrode and its application for determination in real solutions. – Analytica Chimica Acta – 2007 – № 2 – p. 355-363.
14. Никольский Б.П., Матерова Е.А. Ионоселективные электроды / Б.П. Никольский, Е.А. Матерова. – Л.: Химия, 1980. – 240 с.
15. Луганська О.В. Електрохімічні та аналітичні характеристики іоноселективних електродів, оборотних до біологічно активних речовин: монографія / О.В. Луганська, Л.О. Омелянчик, Д.С. Коваленко – Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2011. – 226 с.

REFERENCES

1. Lurie Y.Y. Standardized methods for analysis of water / Julia Yul'evich Lurie. – Moscow: Chemistry, 1973. – 376 p.
2. Schwartz A., Perry J. Surfactants. Their chemistry and engineering applications / A. Schwartz, J. Perry – Moscow, IL Publisher, 1953. – 550 p.
3. Lange K.R. Surfactants: Synthesis, Properties, Analysis, under application of scientific. Ed. L.P. Zaychenko. / K. Robert Lange – St. Petersburg.: Profession. 2007. – 240.
4. Peshkova M.A. New potentiometric method for investigating the association of electrolytes in organic environments // Vseross. Mendeleevskaya school conference. – Volgograd. – 2005. – С. 9.
5. Pogrebennik V.D., Romaniuk A.V/ Experimental Research potential ion-selective electrodes // Herald of the National University "Lviv Polytechnic". - 2008. - № 608. - S. 69-73.
6. Boltromeyuk VV Physical and Colloid Chemistry. General Chemistry / Victor Vasilievich Boltromeyuk. – Grodno Grodno. Reg. honey. University, 2010. – 532 p.
7. Midgley D., Torrance K. Potentiometric analysis of water / D. Midgley, K. Torrance – M: World, 1980. – 519 p.
8. Belyustin A.A. Analytical Chemistry. In 3 volumes, 1 t. Methods of identification and determination of substances / A.A. Belyustin. Grief Association for classical university education: Academia, 2008. – 325 p.

9. The new handbook chemist and technologist. Analytical Chemistry (Part I): St. Petersburg. Sciences. Prospect – St. Petersburg: Profssional 2003. – 540 p.
10. Vasilev V.P., Morozova R.P., Kochergina LA Analytical chemistry. Laboratory workshop / V.P. Vasilev, R.P. Morozova, L.A. Kochergina. – M. Bustard, 2004. – 416 p.
11. Takaya Sato, Gen Masuda, Kentaro Takagi. Ion selective electrodes // Electrochim. Acta. – 2004 – № 49. – 3603 p.
12. Buynovskiy A.S., Kolpakov N.A., S.A. Bezrukov Effect of biologically active substances, the determination of iodide ions by potentiometric method // Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. – 2004. – № 1. – P. 89-92.
13. Milan Sak-Bosnar, Dubravka Madunic-Cacic etc. / Surfactant-selective electrode and its application for determination in real solutions. – Analytica Chimica Acta – 2007 – № 2 – p. 355-363.
14. B.P. Nikolsky, Materova E.A. Ion-selective electrodes / B.P. Nikolsky, E.A. Materova. – Leningrad: Khimiya, 1980. – 240.
15. Luganska O.V. Electrochemical and analytical characteristics of ion-selective electrodes reversible to biologically active substances: monograph / O.V. Luganska, L.A. Omelyanchik, D.S. Kovalenko – Zaporozhye: Zaporizhzhya National University, 2011. – 226.