



УКРАЇНА

(19) UA (11) 12567 (13) U
(51) МПК (2006)
G01N 27/30

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СКЛАД МЕМБРАНИ ІОНОСЕЛЕКТИВНОГО ЕЛЕКТРОДА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ АКТИВНОСТІ ІОНІВ МІДІ (II)

1

2

(21) u200507857

(22) 08.08.2005

(24) 15.02.2006

(46) 15.02.2006, Бюл. № 2, 2006 р.

(72) Тітова Наталія Юріївна, Щербаков Сергій Васильович

(73) ФІЗИКО-ХІМІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМ. О.В. БОГАТСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Склад мембрани іоноселективного електрода для визначення активності міді (II), що містить криптант, тетрафенілборат лужного металу, полівінілхлорид та дидецилфталат, який **відрізняється**

тим, що як криптант він містить 1, 3, 12, 14-тетрааза-6, 9, 17, 20, 25-пентаоксабіцикло [12, 8, 5] гептакозан-2, 13-дитіон, а як тетрафенілборат лужного металу - тетрафенілборат натрію при наступному співвідношенні вказаних компонентів, ваг. %:

1, 3, 12, 14-тетрааза-6, 9, 17, 20, 25-пентаоксабіцикло [12, 8, 5] гептакозан-2, 13-дитіон	2,5-4,3
тетрафенілборат натрію	0,2-0,4
полівінілхлорид	31,0-33,0
дидецилфталат	62,3-66,3.

Корисна модель відноситься до електрохімії, зокрема до складу мембрани іоноселективного електрода (ICE) на основі макроциклічної сполуки для визначення активності катіонів Cu^{2+} в багатокомпонентних водних розчинах, і може знайти застосування в аналітичній хімії при визначенні активності Cu^{2+} в фізіологічних і технологічних розчинах.

Відоме Cu^{2+} селективний ліганд -ХВДВДТС (оксіліленбис(N,N-дісубутілдітіокарбамат) ($\text{C}_{26}\text{H}_{44}\text{N}_2\text{S}_4$), який застосовується у складі полівінілхлоридної (ПВХ) мембрани Cu^{2+} -ICE, випускається фірмою Fluka, як Cu^{2+} - іонофор. Він має низьку межу визначення активності Cu^{2+} та високу $\text{Cu}^{2+}/\text{Me}^{n+}$ селективність – 10^{-2} - 10^{-3} до інших катіонів металів [див. Kamata S. Murata H., Kubo Y. Bhale A. Analyst, v. 114, p. 1029-1034, 1989].

Також відомо склад мембрани Cu^{2+} ПВХ - ICE, який містить 5, 7, 12, 14 - тетраметилдібензо [b, j] - 1, 4, 8, 11 - тетраазаціклотетрадекан, який має високу Cu^{2+} селективність до катіонів металів IA та IIA груп та 3d-металів [див. Gupta V.K., Prasod R, Kimura A. у J. Appl. Electrochem, v. 33, № 5, p. 381-386, 2003].

Найбільш близьким до заявленого є склад мембрани іоноселективного електрода для визначення активності іонів міді (II), який містить такі

компоненти, (вага, %):

3, 15-диметил - 1,3,15 17 –тетрааза - 6, 9, 12, 20, 23, 28 - гексаоксабіцикло [15. 8. 5] триаконтан - 2, 16 - діон	2,2
тетрафенілборат калію (ТФБ К)	0,4
полівінілхлорид (ПВХ)	32,5
дидецилфталат (ДДФ)	64,9

[див. Щербаков С.В. Синтез, структура и свойства криптантов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата химических наук. Одесса, 1989, с. 63].

Коефіцієнти потенціометричної селективності Cu^{2+} - ПВХ мембрани складають: $\lg k_{\text{Cu,M}}$: Fe^{3+} 2,5; Ni^{2+} - 0,85; Zn^{2+} - 1,8; Co^{2+} - 1,41; Mn^{2+} - 2,87; Li^{+} - 1,38; Na^{+} - 1,35; K^{+} - 1,48; Cs^{+} - 1,55; Rb^{+} - 2,00; N_4^{+} - 1,48; Mg^{2+} - 2,3; Ca^{2+} - 2,27; Sr^{2+} - 2,42; Ba^{2+} - 2,50.

Склад даної мембрани вибраний найближчим аналогом.

Найближчий аналог і заявлена корисна модель мають такі спільні компоненти:

криптант;
тетрафенілборат лужного металу;
полівінілхлорид;
дидецилфталат.

Але, описана мембрана має низьку селективність визначення іонів Cu^{2+} в присутності іонів Ni^{2+} , Co^{2+} Cs^{+} а також малу селективність по відношен-

(19) UA (11) 12567 (13) U

ню до інших катіонів лужних і перехідних металів. Для проведення аналізу катіонів Cu^{2+} такою мембраною треба попередньо вилучати катіони Fe^{3+} з аналізуємої проби.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити склад мембрани, в якому шляхом заміни криптана і тетрафенілбората лужного металу, а також іншого співвідношення компонентів забезпечити розширення діапазону вимірюваних концентрацій і підвищення селективності визначення іонів Cu^{2+} в присутності катіонів лужних і перехідних металів, зокрема для Fe^{3+} , Ni^{2+} , Co^{2+} і Cs^+ .

Поставлена задача вирішена в складі мембрани іоноселективного електрода для визначення активності іонів міді (II), що містить криптан, тетрафенілборат лужного металу, полівінілхлорид і дидецилфталат тим, що як криптан, вона містить 1, 3, 12, 14 - тетрааза - 6, 9, 17, 20, 25 - пентаоксабіцикло [12. 8.5] гептакозан - 2, 13 - дітін (I), а як тетрафенілборат лужного металу - тетрафенілборат натрію при наступному співвідношенні вказаних компонентів (вага, %):

1, 3, 12, 14 - тетрааза - 6, 9, 17, 20, 25 - пентаоксабіцикло [12. 8. 5] гептакозан-2, 13 - дітін	2,5-4,3
тетрафенілборат натрію	0,2-0,4
полівінілхлорид	31,0-33,0
дидецилфталат	62,3-66,3.

Новим в корисній моделі, яка заявляється, є те, що речовина, яка використовується як електродноактивний ліганд, проявляє у даному складі мембрани раніше невідому Cu^{2+} - селективність і використовується як Cu^{2+} - ліганд для мембрани Cu^{2+} - ICE.

Авторами корисної моделі, яка заявляється, встановлено, що криптан (I) володіє найкращою Cu (II) - селективністю в наступному складі ПВХ мембрани (ЕАС - 4,2, ТФБ Na - 0,2 ПВХ - 31,9, ДДФ - 63,7 вага, %) порівняно з другими криптанами з карбамідними і тіокарбамідними групами аналогічного складу.

Метод синтезу криптану (I) вперше розроблен у Фізико-хімічному інституті ім. О.В.Богатського НАН України. Чистота, індивідуальності та фізико-хімічні властивості цієї сполуки перевірені методами фізико-хімічного аналізу [див. Лук'яненко Н.Г. и др. Журнал органической химии, 1986, т. 22, с. 1769].

Використовування в якості пластифікатору ПВХ мембрани на основі криптана (I) для Cu^{2+} - ICE 2-нітрофеніл-октілового етеру, який широко вживається для ПВХ мембран ICE недоцільно. Такі мембрани не володіють оборотністю до вмісту катіонів Cu^{2+} у водному розчині.

Застосування для пластифікованих (ПВХ) мембран з криптаном (I) пластифікатору біс (1-дідецилноніл) адипата - можливо (табл. 1, 2 приклад 5). В цьому випадку також спостерігається висока Cu^{2+} селективність ПВХ мембрани з криптаном (I), яка по ряду катіонів (Co^{2+} , Mn^{2+} , Ni^{2+} , Zn^{2+}) перевершує катіонну селективність Cu^{2+} - ICE за найближчим аналогом, але поступається по величинах $k_{\text{Cu,M}}$ і межі виявлення Cu (II).

Розроблений склад ПВХ мембрани Cu^{2+} - ICE перевершує по величині катіонної селективності для катіонів Cs^+ та Rb^+ .

Це забезпечує можливість використання розробленого складу мембрани Cu^{2+} - ICE для визначення активності Cu^{2+} в розчинах, які містять порівнянні з Cu^{2+} або перевищуючі їх кількості вказаних катіонів металів.

Вимірювання мембранного потенціалу (E_m) проводили в електрохімічному ланцюзі з використанням Ag, AgCl електродів.

Ag, AgCl | 0,1 M CuCl_2 0,001 M || ПВХ мембрана || 0,1 M M^nCl_n 0,001 M AgCl, Ag
трис-НCl pH 3,5 трис-НCl pH 3,5

Мембранний потенціал реєстрували рН-метром ОР 211/1 в режимі мілівольметра. Катіонну селективність мембрани Cu^{2+} - ICE розраховували на основі результатів вимірювань, які проводили методом роздільно вимірюваних розчинів по відомій формулі [див. Б.П.Никольский и др. Ионоселективные электроды. Л., 1980, с.43].

На фіг. показана електродна функція Cu^{2+} - ICE - мембрани, яка є калібрувальним графіком для Cu^{2+} - ПВХ - ICE.

Перед кожним вимірюванням електрод промивали бідистильованою водою, краплі води на його поверхні вилучали за допомогою фільтрувального паперу.

Приготування розчинів солей перехідних, лужних, лужноземельних металів проводили наступним образом.

Зважування наважок солей (хлоридів лужних, лужноземельних і перехідних металів) проводили на глянсовій кальці (лабораторні ваги ВЛР-200). Допустима похибка зважування складала $\pm 0,5\text{мг}$ при $20 \pm 1^\circ\text{C}$. Число вимірювань кожного значення одної наважки - 3 рази. Приготування серії розчинів CuCl_2 з молярною концентрацією від 10^{-1} до 10^{-7} M виробляли шляхом розчинення 134,5мг CuCl_2 (хч) в 10мл буферного розчину трис-НCl з pH 3,5 і подальшим 10-кратним послідовним розбавленням відповідних розчинів тим же буферним розчином з контролюванням pH.

Початковий буферний розчин 10^{-2}M готували розведенням 121мг трис (гідроксиметіл) - амінометану (хч) в 100мл бідистильованої води, доведенням до необхідного pH титруванням 0,1M розчином HCl і подальшим розбавленням деіонізованою водою до 10^{-3}M . Приготування всіх розчинів хлоридів перехідних металів проводили на буферному розчині трис- HCl, 10^{-3}M , pH 3.5.

Приготування розчинів хлоридів лужних і лужноземельних металів здійснювали розчиненням наважок солей відповідних катіонів металів бідистильованою водою.

Для розведення розчинів використовували піпетки на 1мл (ціна розподілу - 0,01мл при 20°C), похибка відбору розчину $\pm 0,01\text{мл}$ і на 5мл (ціна розподілу 0,1мл) похибка відбору розчину $\pm 0,01\text{мл}$ при 20°C .

Бідистильовану воду одержували на установці «Steuergerat purator-bi» (Німеччина), деіонізовану воду - на лабораторній установці очищення води.

Приклад 1. Приготовляли мембрану іоноселективного електрода для визначення активності міді (II), як описане вище, при наступних кількостях компонентів ПВХ мембрани ICE: 20мг електродоактивної сполуки (ЕАС) - 1,3, 12, 14 - тетрааза - 6, 9, 17, 20, 25 - пентаоксабіцикло [12. 8. 5] гептакозан - 2, 13 - дітін, 1мг тетрафенілбората натрію, 149мг

полівінілхлорида С-70 і 300мг дидецилфталата і 6мл циклогексанона. Через 5 днів одержали ПВХ мембрану для Cu^{2+} -ІСЕ. Електродні характеристики і коефіцієнти селективності показані в табл. 1 і 3. Результати свідчать, що склад мембрани, які заявляється, перевищує по величині $k_{\text{Cu},M}$ на 2 порядки ті ж величини для найближчому аналогу для катіонів Co^{2+} , Mn^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , Fe^{3+} і на 0,5-2 порядки для катіонів Cs^+ , Ni^{2+} , Na^+ , Rb^+ , NH_4^+ . Тобто, заявленим складом мембрани можна проводити визначення активності Cu^{2+} у присутності 10000-кратного надлишку катіонів Co^{2+} , Mn^{2+} , Cd^{2+} , Zn^{2+} , 1000-кратного надлишку Cs^+ , 100-кратного надлишку NH_4^+ і Rb^+ 500 - кратного надлишку катіонів Ca^{2+} , Sr^{2+} , 50-кратного надлишку катіонів Ni^{2+} , K^+ , Li^+ , Ba^{2+} , Mg^{2+} і 10 кратного надлишку Fe^{3+} , Al^{3+} у вимірюваній пробі.

Приклад 2. Приготовляли мембрану для Cu^{2+} -ІСЕ, як наведено в Прикладі 1.

Компоненти для мембрани брали в таких кількостях:

ЕАС	- 24мг тетрафенілборат натрію
	- 0,5мг
	полівінілхлорид
	- 149,5мг
	дидецилфталат
	- 300мг
	циклогексанон
	- 6мл,

показники властивості мембрани наведені в таблиці 1.

Приклад 3. Приготовляли мембрану для Cu^{2+} -ІСЕ, як наведено в Прикладі 1. Компоненти для мембрани брали в таких кількостях:

ЕАС	- 10мг
тетрафенілборат натрію	- 2мг
Полівінілхлорид	- 150мг
Дидецилфталат	- 300 г
циклогексанон	- 6мл,

показники властивості мембрани наведені в таблиці 1.

Приклад 4. Приготовляли мембрану для Cu^{2+} -ІСЕ, як наведено в Прикладі 1.

Компоненти для мембрани брали в таких кількостях:

ЕАС	- 10мг
тетрафенілборат натрію	- 1мг
полівінілхлорид	- 150мг
Дидецилфталат	- 300мг
циклогексанон	- 6мл,

показники властивості мембрани наведені в таблиці 1.

Приклад 5. Приготовляли мембрану для Cu^{2+} -ІСЕ, як наведено в Прикладі 1.

Компоненти для мембрани брали в таких кількостях:

ВАС	- 6мг
тетрафенілборат натрію	- 0,5мг
полівінілхлорид	- 149,5мг
біс(1-дідецилноніл)адипат	- 300мг
циклогексанон	- 6мл,

показники властивості мембрани наведені в таблиці 1.

Приклад 6. Приготовляли мембрану для Cu^{2+} -ІСЕ, як наведено в Прикладі 1.

Компоненти для мембрани брали в таких кількостях:

ЕАС	- 10мг
тетрафенілборат натрію	- 0,5мг
полівінілхлорид	- 149,5мг
дидецилфталат	- 300мг
циклогексанон	- 6мл,

показники властивості мембрани наведені в таблиці 1.

Приклад 7 ілюструє склад мембрани по найближчому аналогу. Характеристики мембрани наведені в таблиці 1.

В таблиці 1 приведені динамічні характеристики Cu^{2+} -ІСЕ з ПВХ мембранами різних складів

Як полімеру зв'язувальну речовину використовували полівінілхлорид низької молекулярної ваги.

В корисній моделі (приклад № 1), яка заявляється, межа визначення катіонів Cu^{2+} - у відсутності катіонів, які заважають, складає $7 \cdot 10^{-6}$ М. Час відгуку мембрани Cu^{2+} -ІСЕ у відповідь на концентрації Cu^{2+} , які змінюються, в розчині складає 5-20 с. Для мембрани розробленого складу також є характерним найменший дрейф потенціалу при проведенні вимірювань порівняно з іншими складами мембран для Cu^{2+} -ІСЕ (2,5 мВ). Тобто, по своїх динамічних характеристикам ПВХ мембрана для Cu^{2+} -ІСЕ складу 1 є найкращою серед вивчених.

В таблиці 2 приведені значення коефіцієнтів потенціометричної селективності ПВХ-мембран для Cu^{2+} -ІСЕ складів 1-6, які розраховані для катіонів перехідних металів.

Найнижчі величини $k_{\text{Cu},M}$ спостерігаються для ПВХ мембрани складу 1, за винятком Ni^{2+} . Для Fe^{3+} отримані величини одного порядку в межах погіршностей вимірювання. Для Cs^+ найменші величини $8 \cdot 10^{-4}$ спостерігаються тільки для заявленого складу мембрани ІСЕ.

При зменшенні кількості криптану менше 2,5% (вага) в складі мембрани спостерігається зниження Cu^{2+} -селективності в ряду катіонів 3d-металів в 1,5-300 разу, а також погіршуються динамічні характеристики ПВХ-мембрани (приклади 5, 6).

При збільшенні змісту криптану в мембрані понад 4,3% (приклад 3) також знижується селективність мембрани, межа виявлення Cu у відсутності катіонів, які заважають, при цьому не змінюється.

З зменшенням або збільшенням кількості полівінілхлориду в складі мембрани Cu^{2+} -ІСЕ: $31 < C_{\text{ПВХ}} < 33$ (вага, %), змінюються механічні та оптичні її властивості: пластичність, прозорість, адгезія.

В таблиці 3 приведені значення $k_{\text{Cu},M}$ для ПВХ мембрани складу, які заявляється, і ПВХ мембрани по найближчому аналогу. Для складу ПВХ мембрани Cu^{2+} -ІСЕ, яка заявляється, характерне перевищення селективності в 1,5-300 разі в ряду катіонів перехідних, лужних металів, а також перевищення межі виявлення Cu^{2+} - в чистих розчинах на 2 порядки величини, (мал. 1, табл. 1).

Таким чином, Cu^{2+} -ІСЕ з мембраною складу 1 на основі криптану 1 можна проводити визначення активності Cu^{2+} в широкому інтервалі p_{Cu} з межею виявлення Cu^{2+} в чистих розчинах $7 \cdot 10^{-6}$ М і високою селективністю виявлення Cu^{2+} в присутності інших катіонів металів, що заважають.

Таблиця 1

Електродні характеристики Cu^{2+} - ICE з ПВХ мембранами різного складу

№ п/п	Динамічні характеристики електроду	Склад мембрани Cu^{2+} - ICE						
		Номери прикладів						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Нахил (мВ/р Cu^{2+})	32,3±0,6	20,6±0,5	20,0±0,3	28,6±0,8	20,5±0,5	20,8±0,9	20,3±0,4
2	Межа виявлення р Cu^{2+} М	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$4,0 \cdot 10^{-4}$
3	Інтервал лінійності електродної функції	$10^{-1} \cdot 10^{-5}$	$10^{-1} \cdot 10^{-5}$	$10^{-1} \cdot 5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}$	$10^{-1} \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-2} \cdot 10^{-4}$	$10^{-1} \cdot 10^{-4}$
4	Час відгуку, с	5-20	25-75	10-20	20-30	20-80	10-20	35-80
5	Дрейф потенціалу мембрани мВ/8 ч	2,5±0,8	7,0±1,0	5,0±1,0	7,5±1,2	1,0±0,7	1,0±0,2	5,5±2,4
6	Час життя ПВХ МБ, міс	4-5	4-5	3-4	1-3	3-4	3-5	4-5
7	Гістерезис мВ	5	8	10	11	5	3	10

Таблиця 2

Катіонна селективність Cu^{2+} - ICE з ПВХ мембранами різного складу

№ п/п	Вимірюваний катіон	Склад мембрани Cu^{2+} - ICE						
		Номери прикладів						
		1	2	3	4	5	6	7
1	Cu^{2+}	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
2	Co^{2+}	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-1}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$	$1,9 \cdot 10^{-3}$
3	Mn^{2+}	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$7,1 \cdot 10^{-4}$	$5,8 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$
4	Ni^{2+}	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$	$2,8 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$5,9 \cdot 10^{-3}$	$5,9 \cdot 10^{-3}$
5	Cd^{2+}	$5,6 \cdot 10^{-5}$	$6,5 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-4}$	$6,7 \cdot 10^{-4}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$
6	Zn^{2+}	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$7,3 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$6,2 \cdot 10^{-4}$	$6,0 \cdot 10^{-5}$
7	Al^{2+}	$2,1 \cdot 10^{-1}$	2,5	1,0	$5,6 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$1,2 \cdot 10^{-1}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$
8	Fe^{3+}	$3,2 \cdot 10^{-1}$	1,5	4,6	$9,2 \cdot 10^{-1}$	2,47	$1,1 \cdot 10^{-1}$	$1,8 \cdot 10^{-1}$

Таблиця 3

Коефіцієнти катіонної селективності Cu^{2+} - ICE з ПВХ мембраною заявляемого складу (I) і найближчому аналогу (4)

№п/п	Вимірюваний катіон	Криптант 4,2 ТФБ На 0,2 ПВХ 31,8 ДДФ 63,7	Криптант (найближчий аналог) 2,2 ТФБ К 0,4 ПВХ 32,5 ДДФ 64,9
1	Cu^{2+}	1,000	1,000
2	Co^{2+}	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$3,9 \cdot 10^{-2}$
3	Mn^{2+}	$2,1 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-3}$

4	Ni^{2+}	$2,1 \cdot 10^{-2}$	$1,7 \cdot 10^{-1}$
5	Cd^{2+}	$5,6 \cdot 10^{-5}$	$8,9 \cdot 10^{-1}$
6	Zn^{2+}	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$8,3 \cdot 10^{-2}$
7	Al^{2+}	$2,1 \cdot 10^{-1}$	-
8	Fe^{2+}	$3,2 \cdot 10^{-1}$	300,0
9	Ba^{2+}	$8,2 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-3}$
10	Sr^{2+}	$1,5 \cdot 10^{-3}$	$3,8 \cdot 10^{-3}$
11	Ca^{2+}	$1,4 \cdot 10^{-3}$	$5,4 \cdot 10^{-3}$
12	Mg^{2+}	$2,3 \cdot 10^{-2}$	$8,5 \cdot 10^{-3}$
13	Cs^{+}	$8,0 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-2}$
14	Rb^{+}	$3,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$
15	K^{+}	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$
16	Na^{+}	$6,0 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$
17	Li^{+}	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$4,2 \cdot 10^{-2}$
18	NH_4^{+}	$8,1 \cdot 10^{-3}$	$3,3 \cdot 10^{-2}$

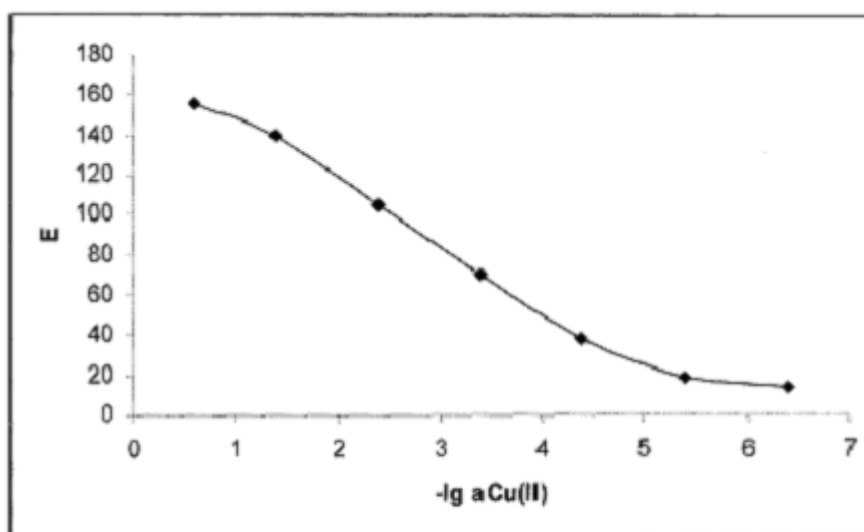


Fig. Калібрувальний графік Cu^{2+} – селективної ПВХ мембрани для Cu^{2+} ІСЕ.

1. Калібрувальний графік для складу мембрани по корисній моделі для Cu^{2+} ІСЕ (приклад 1, таблиця 1).