

- Федерация); заявитель и патентообладатель Рязанский государственный медицинский университет им. акад. И.П. Павлова. – № 94017472/04; заявл. 13.05.1994; опубл. 10.10.1996, Бюл. № 20.
3. Дюсебаева М. А. Синтез, превращения и биологическая активность модифицированных производных гидразида, тиосемикарбазида пиперидилуксусной кислоты: автореф. дис... канд. хим. наук: 02.00.03 / М. А. Дюсебаева. – Алматы, 2008. – 21 с.
 4. Douglas A. Comparative joint actions of semicarbazide and thiosemicarbazide on induction of malformations and osteolathyrism in mixtures with benzoic hydrazide / A. Douglas, Ph. D. Dawson // *Teratogenesis, Cancerogenesis, Mutagenesis*. – 2005. – V. 13. – Is. 1. – P. 23–33.
 5. Іванець Л. М. Дослідження впливу О,О-дифеніл-*N*-фенілкарбамотіоїлфосфорогідразидотіоату на фізіологічну активність озимої пшениці / Л. М. Іванець, М. В. Чорна // *Вісник Донецького університету. Серія А. Природничі науки*. – 2011. – № 1. – С. 87–90.
 6. Янчук М. І. Кінетика реакцій гідрозидів О,О-діарилтіофосфорних кислот з фенілізотіоціанатом в бензолі / М. І. Янчук, Л. М. Іванець // *Наук. записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія: Хімія*. – 2003. – № 7. – С. 42–44.
 7. Бодров В. П. Дослідження каталітичного впливу електронодонорних розчинників на реакцію утворення тісемикарбазиду при взаємодії гідрозиду О,О-дифенілтіофосфорної кислоти з фенілізотіоціанатом в бензолному розчині / В. П. Бодров, Л. М. Іванець, М. І. Янчук // *Вісник Донецького університету. Серія А. Природничі науки*. – 2005. – № 1. – С. 275–279.
 8. Янчук Н. И. Кинетика реакции гидразида дифенилфосфиновой кислоты с фенилизотиоцианатом в присутствии бензопиридинов / Н. И. Янчук // *Журн. общей химии*. – 1986. – Т. 56. – Вып. 4. – С. 813–817.
 9. Янчук Н. И. Влияние структуры третичных алифатических аминов на их каталитические свойства в реакции гидразида дифенилфосфиновой кислоты с фенилизотиоцианатом / Н. И. Янчук // *Журн. общей химии*. – 1991. – Т. 61. – Вып. 4. – С. 879–885.
 10. Perrin D. D. Dissociation Constants of Organic Bases in Aqueous Solution / D. D. Perrin. – London, 1965. – 148 p.
 11. Коппель И. А. Параметры общей основности растворителей / И. А. Коппель, А. И. Паю. // *Реакц. способн. орган. соедин.* – 1974. – Т. 11. – Вып. 1. – С. 121–139.
 12. Stewart J. J. Optimization of parameters for semiempirical methods IV: extension of MNDO, AM 1, and PM 3 to more main group elements / J. J. Stewart // *J. Comput. Chem.* – 1989. – V. 10, N. 2. – P. 209.
 13. Янчук Н. И. Кинетика реакции гидразида дифенилфосфиновой кислоты с фенилизотиоцианатом в присутствии бензопиридинов / Н. И. Янчук // *Журн. общей химии*. – 1986. – Т. 56. – Вып. 4. – С. 813–817.
 14. Янчук Н. И. Влияние структуры третичных алифатических аминов на их каталитические свойства в реакции гидразида дифенилфосфиновой кислоты с фенилизотиоцианатом / Н. И. Янчук // *Журн. общей химии*. – 1991. – Т. 61. – Вып. 4. – С. 879–885.
 15. Янчук Н. И. Сопоставление каталитической активности пиридинов и *N*-пиридиноксидов с их основностью / Н. И. Янчук, Л. Н. Иванец // *Журн. общей химии*. – 2002. – Т. 72. – Вып. 9. – С. 1542–1545.
 16. Гордон А. Спутник химика / А. Гордон, Р. Форд. – М.: Мир, 1976. – 541 с.
 17. Доерфель К. Статистика в аналитической химии / К. Доерфель. – М.: Мир, 1969. – 248 с.

Поступило до редакції 26.04.2011 р.

А. Г. Ахметшин

Тернопільський національний педагогічний університет ім. Володимира Гнатюка

УДК 543.257.1/2:543.3+ 65.012.2.001.5

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПРЕЗЕНТАЦІЇ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДАНИХ В ЙОНОСЕЛЕКТИВНІЙ ПОТЕНЦІОМЕТРІЇ ПРИ ЧОТИРЬОХЧИННИКОВОМУ ПЛАНУВАННІ В СИСТЕМІ З ЧОТИРЬОХ ЕЛЕКТРОДІВ

Головною проблемою при роботі з йоноселективними електродами, незважаючи на назву, є їх невелика селективність. Це особливо справедливо для електродів, які використовують для визначення катіонів лужних та лужноземельних металів. Щодо переваг застосування цих електродів, існує багато інформації в періодичній літературі і спеціальних монографіях [1-3]. Селективність намагаються підвищити створенням нових електродних систем на основі природних йонофорів, краун-ефірів, криптантів та інших електродноактивних речовин [3]. Оригінальний спосіб покращення селективності запропонував Віртанен [4] для аналізу трьоханіонної суміші за допомогою системи із трьох електродів і багаточинникового планування експерименту.

В серії наших робіт ми дослідили складніші чотирьохкомпонентні системи в різних варіаціях [5-15] з обробкою результатів за відомими методами [16, 17]. Математична обробка результатів аналізу такої системи при чотирьохчинниковому плануванні дає рівняння регресії, коефіцієнти яких дозволяють оцінювати селективність електродів та міжчинникову взаємодію, або взаємний вплив катіонів на величину електродного потенціалу досліджуваного електрода, і зв'язаного з ним параметру оптимізації – показника

концентрації потенціалвизначального йону. Але цей метод має суттєвий недолік: складність порівняння селективності різних електродів, оцінювання впливу окремих катіонів системи (чинників) та міжчинникової взаємодії. Відповіді на ці питання дуже точно дають рівняння регресії, але внаслідок повної відсутності наочності та складності процесу відповідних розрахунків виникають незручності при демонстрації результатів. В даній роботі був зроблений детальний аналіз 3-х способів графічної презентації результатів 4-х чинникового планування експерименту на 2-х рівнях в 4-катіонній 4-х електродній системі. Для демонстрації цих способів були використані результати роботи [5]. Досліджувана система містила катіони H^+ , Na^+ , K^+ і Ca^{2+} . Були використані такі електроди:

1. Водневий скляний електрод ЕСЛ-54-11.
2. Натрієвий скляний електрод з твердим внутрішнім контактом, шифр 110.
3. Калієвий плівковий електрод з твердим внутрішнім контактом, шифр 201.
4. Кальцієвий плівковий електрод з твердим внутрішнім контактом, шифр 206.

Як показали результати використаної роботи, ці електроди, за винятком першого, не відрізняються високою селективністю і саме тому зручні для аналізу графічних способів демонстрації результатів дослідження даної системи. Водневий електрод, а також електрод порівняння ЕВЛ-1М4, входять до складу комплекту рН-метра-мілівольтметра рН-150 виробництва ВО «Вимірювач» м. Гомель. Решта електродів виготовлена НТК «Потенціал» при державному університеті м. Санкт-Петербург.

При вимірюванні ЕРС електрод порівняння занурювали в окрему склянку з розчином 0,1 М $MgSO_4$, що сполучали з коміркою, яка досліджувалася, за допомогою електролітичного містка (2% агар-агару, 0,1 М $MgSO_4$). Для приготування розчинів користувалися попередньо дейонізованою дистильованою водою. Склад розчинів подано в табл. 1. Задача утримання сталою йонної сили розчинів не ставилася з двох причин. По-перше, характер впливу концентрацій йонів на роботу електродів не повинен сильно відрізнятися від впливу активностей, але теоретичний розрахунок величин активностей при зміні концентрацій йонів був зроблений. По друге, введення ще одного електроліту для створення сталої йонної сили лише ускладнює проблему, тому що вимагає введення п'ятого компоненту (катіона) в систему, вплив якого потрібно вивчати окремо. Перед дослідженням приготовлених розчинів були побудовані калібровані криві в координатах E електрода – pC відповідного катіона, за допомогою яких визначали pC катіона в досліджуваних розчинах методом прямої потенціометрії без корекції на присутність сторонніх йонів. В подальшому цю величину будемо називати електродною функцією і позначати Y_H (Y_{Na} , Y_K , Y_{Ca}). Вимірювали електродний потенціал кожного з 4-х електродів, що занурювали в кожний приготовлений за планом розчин. При повному чинниковому плануванні для визначення впливової взаємодії чотирьох катіонів необхідно приготувати 2^4 (16) розчинів. Склад розчинів за планом і результати визначення електродної функції представлені в табл. 1. Нижчому рівню концентрацій відповідають вищі значення їх показників.

Таблиця 1

Матриця планування (pC) і результати визначення електродної функції(Y)

№ п/п	Показники концентрацій (pC)				Y елемент-селективних електродів			
	H^+	Na^+	K^+	Ca^{2+}	H	Na	K	Ca
1	6.64	4	4	4	6.68	4.149	3.06	4.11
2	4	4	4	4	4.16	3.314	2.86	3.79
3	6.64	2	4	4	6.58	2.102	2.556	4.06
4	4	2	4	4	4.16	2.035	2.44	3.83
5	6.64	4	2	4	6.49	2.941	1.86	4.14
6	4	4	2	4	4.09	2.267	1.788	3.91
7	6.64	2	2	4	6.47	2.016	1.698	4.22
8	4	2	2	4	4.09	1.898	1.66	3.96
9	6.64	4	4	2	6.51	4.016	2.192	2.24
10	4	4	4	2	4.09	2.843	2.152	2.08
11	6.64	2	4	2	6.51	2.094	2.16	2.32
12	4	2	4	2	4.11	2.031	2.128	2.17
13	6.64	4	2	2	6.39	2.871	1.464	2.31
14	4	4	2	2	4.12	2.294	1.444	2.19
15	6.64	2	2	2	6.4	2.012	1.42	2.3
16	4	2	2	2	4.05	1.82	1.4	2.24

За відомою методикою [16] для кожного електрода складено рівняння регресії за результатами визначення Y . В представлених рівняннях індекс 1 належить до водневого чинника, 2 – до натрієвого, 3 – до калієвого і 4 – до кальцієвого.

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 5.304 + 1.2x_1 + 0.012x_2 + 0.046x_3 + 0.032x_4 + 0.002x_1 \cdot x_2 + 0.021x_1 \cdot x_3 + 0.02x_1 \cdot x_4 - 0.002x_2 \cdot x_3 + \\
 & 0.007x_2 \cdot x_4 + 0.013x_3 \cdot x_4 + 0.013x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0.009x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0.008x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0.004x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0.001x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \\
 Y_2 &= 2.544 + 0.231x_1 + 0.543x_2 + 0.279x_3 + 0.046x_4 + 0.176x_1 \cdot x_2 + 0.036x_1 \cdot x_3 - 0.019x_1 \cdot x_4 + 0.215x_2 \cdot x_3 + \\
 & 0.035x_2 \cdot x_4 + 0.031x_3 \cdot x_4 + 0.059x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0.011x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0.039x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0.022x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0.032x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \\
 Y_3 &= 2.018 + 0.034x_1 + 0.085x_2 + 0.426x_3 + 0.223x_4 + 0.008x_1 \cdot x_2 + 0.015x_1 \cdot x_3 + 0.02x_1 \cdot x_4 + 0.038x_2 \cdot x_3 + \\
 & 0.067x_2 \cdot x_4 + 0.063x_3 \cdot x_4 + 0.004x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0.007x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0.042x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0.011x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0.002x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 \\
 Y_4 &= 3.117 + 0.096x_1 - 0.021x_2 - 0.042x_3 + 0.866x_4 + 0.008x_1 \cdot x_2 + 0.012x_1 \cdot x_3 + 0.034x_1 \cdot x_4 + 0.001x_2 \cdot x_3 + \\
 & 0.006x_2 \cdot x_4 - 0.013x_3 \cdot x_4 + 0.004x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0.001x_1 \cdot x_2 \cdot x_4 + 0.017x_2 \cdot x_3 \cdot x_4 - 0.004x_1 \cdot x_3 \cdot x_4 + 0.011x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \cdot x_4
 \end{aligned}$$

В даній роботі рівняння регресії необхідні для порівняння з графічними способами презентації результатів експерименту. В кожному рівнянні x – це безрозмірна кодова величина, що використовується замість показника концентрації і визначається так:

$$x = \frac{2 \cdot (pC - \bar{pC})}{pC_+ - pC_-}$$

де $\bar{pC} = (pC_+ + pC_-)/2$. На вищому рівні показника концентрацій ($pC = pC_+$) x має величину +1, а на нижчому ($pC = pC_-$) $x = -1$.

Перший спосіб графічної презентації результатів планування експерименту полягає в зображенні залежності електродної функції від положення зразків в матриці планування. Такий спосіб використовували в роботі [5]. В даній роботі для графічної презентації матриця трансформована таким чином, що зразки з вищою концентрацією йонів, вплив яких досліджується, знаходяться в кінці плану, або план поділений на 2 рівних частини: перша – з нижчими концентраціями досліджуваного йону, друга – з його вищими концентраціями (рис. 1). Дотримання цієї вимоги можливе при певній послідовності зразків в плані, яка визначається катіоном і не залежить від електрода. Представлена вона в табл. 2.

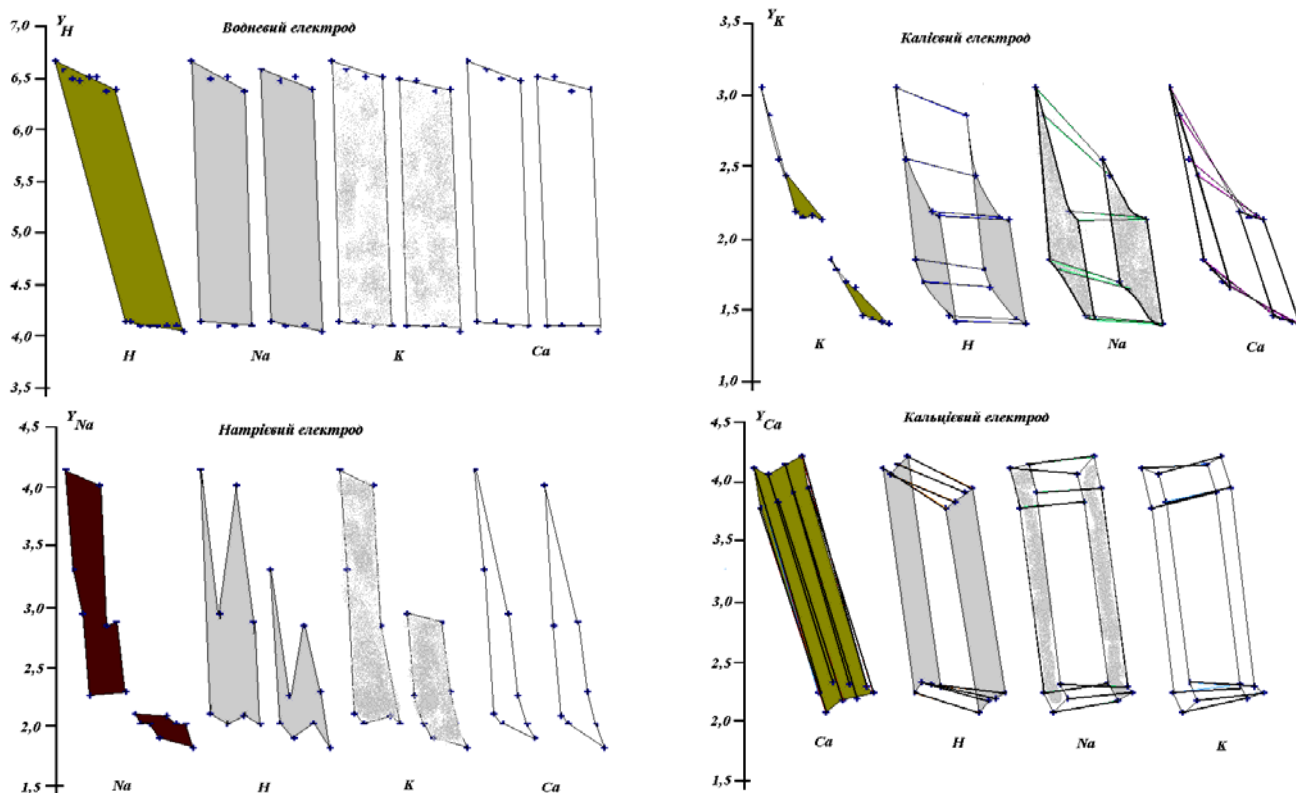


Рис. 1. Вплив йонів на відгук (Y) йоноселективних електродів залежно від положення зразків в матриці планування

Для кожного електрода однойменний йон буде потенціалвизначальним, а всі інші катіони системи – сторонніми йонами. Вплив кожного йону на відгук досліджуваного електрода на рис. 1 представлений чотирма групами з 16 експериментальних точок (за кількістю зразків в матриці планування). Кожна група розкриває вплив певного катіону на електродну функцію. Кожну групу точок можна поділити на 2 підгрупи – з меншою (на початку) і з більшою (в кінці) концентрацією даного йону. Дані для потенціалвизначального йону знаходяться на початку послідовності груп, що характеризують відповідну електродну систему. Якщо з'єднати точки даної підгрупи по периметру, отримуємо багатокутник, форма якого залежить від характеру впливу на електродну функцію сторонніх йонів. Багатокутники підгруп одного стороннього йону подібні за формою, але відрізняються розмірами. Якщо усереднювати дані і проводити, де це можливо, через ряд точок, що змінюються в одному напрямку, відрізки прямих, ми отримаємо трапеції. Ці трапеції наближаються за формою до паралелограмів при відсутності великого впливу інших йонів. Це ми спостерігаємо при вивченні впливу йонів на відгук водневого і кальцієвого електродів. В цих двох випадках ділити першу групу точок, що характеризує вплив потенціалвизначальних йонів, немає сенсу. Тому в цих послідовностях на початку є тільки один паралелограм. Якщо багатокутники даної групи результатів відрізняються горизонталом розміщення, цей йон впливає на роботу досліджуваного електрода системи. При зниженні рівня точок, що відповідають вищим концентраціям даного йону, він з певним коефіцієнтом відповідності діє як потенціалвизначальний йон. В рівняннях регресії ці коефіцієнти визначаються коефіцієнтами при кодових величинах x або їх добутках. Чим більше різниця в рівнях горизонтального розміщення подібних багатокутників, тим більше вплив даного катіону.

Таблиця 2

Послідовність зразків в плані для графічної презентації (I-й спосіб) результатів експерименту (числа – номери зразків в табл. 1)

H ⁺	1	3	5	7	9	11	13	15	2	4	6	8	10	12	14	16
Na ⁺	1	2	5	6	9	10	13	14	3	4	7	8	11	12	15	16
K ⁺	1	2	3	4	9	10	11	12	5	6	7	8	13	14	15	16
Ca ²⁺	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Для кожного електрода однойменний йон буде потенціалвизначальним, а всі інші катіони системи – сторонніми йонами. Вплив кожного йону на відгук досліджуваного електрода на рис. 1 представлений чотирма групами з 16 експериментальних точок (за кількістю зразків в матриці планування). Кожна група розкриває вплив певного катіону на електродну функцію. Кожну групу точок можна поділити на 2 підгрупи – з меншою (на початку) і з більшою (в кінці) концентрацією даного йону. Дані для потенціалвизначального йону знаходяться на початку послідовності груп, що характеризують відповідну електродну систему. Якщо з'єднати точки даної підгрупи по периметру, отримуємо багатокутник, форма якого залежить від характеру впливу на електродну функцію сторонніх йонів. Багатокутники підгруп одного стороннього йону подібні за формою, але відрізняються розмірами. Якщо усереднювати дані і проводити, де це можливо, через ряд точок, що змінюються в одному напрямку, відрізки прямих, ми отримаємо трапеції. Ці трапеції наближаються за формою до паралелограмів при відсутності великого впливу інших йонів. Це ми спостерігаємо при вивченні впливу йонів на відгук водневого і кальцієвого електродів. В цих двох випадках ділити першу групу точок, що характеризує вплив потенціалвизначальних йонів, немає сенсу. Тому в цих послідовностях на початку є тільки один паралелограм. Якщо багатокутники даної групи результатів відрізняються горизонталом розміщення, цей йон впливає на роботу досліджуваного електрода системи. При зниженні рівня точок, що відповідають вищим концентраціям даного йону, він з певним коефіцієнтом відповідності діє як потенціалвизначальний йон. В рівняннях регресії ці коефіцієнти визначаються коефіцієнтами при кодових величинах x або їх добутках. Чим більше різниця в рівнях горизонтального розміщення подібних багатокутників, тим більше вплив даного катіону.

З представлених даних можна побачити, що найменшою селективністю тут характеризується натрієвий та калієвий електроди. На роботу натрієвого електрода (крім йонів Na⁺) найбільше впливає зміна концентрації йонів H⁺ і йонів K⁺, тоді як на роботу калієвого електрода більший вплив спостерігається з боку йонів Ca²⁺, менший вплив йонів Na⁺ і значно слабше впливають йони H⁺, що можна пояснити наступним чином. В йонному обміні, що відбувається між поверхнею скляної кульки електрода і розчином не можуть не приймати участі йони H⁺ та K⁺, як більш рухливі йони структури скла. Йони кальцію разом з Оксигеном і Силіцієм утворюють жорсткий каркас скляної мембрани. Якоюсь мірою це зв'язано з різною розчинністю відповідних силікатів. Вплив йонів на роботу калієвого електрода також не важко пояснити. Найбільш ймовірно використання в якості електродноактивної речовини цього електрода природного йонофору, наприклад, валіноміцину. В першу чергу спорідненість цієї речовини до йонів буде визначатися відповідністю між розмірами порожнини в її структурі і розміром даного йону. Радіус йонів Ca²⁺ менше

відрізняється від радіуса йонів K^+ , ніж це властиво йонам Na^+ . Крім того, заряд йонів кальцію ймовірно сприяє його фіксації в мембрані калієвого електрода.

Якщо з'єднати відповідні точки подібних багатокутників, отримаємо залежності, що показують, як зростання концентрації даного йону, для якого і маємо цю сукупність точок і ліній, впливає на електродну функцію в даній системі. Такий вплив показаний на прикладі калієвого, як менш селективного, і кальцієвого електрода, як відносно селективного. Із даних рис. 1 видно, що відрізки, які показують вплив зростання концентрації йонів H^+ , є практично горизонтальними. Це свідчить про їх незначний вплив, або про його повну відсутність на роботу калієвого електрода. Йони натрію впливають сильніше, але їм створюють сильну конкуренцію йони кальцію. Лінії, що показують цей вплив при одночасному зростанні концентрації Ca^{2+} , не просто зменшують нахил, а змінюють його напрямком. Тобто спостерігаємо явище антагонізму при взаємодії йонів. При цьому зменшується і інтенсивність впливу йонів Ca^{2+} . Лінії, що його характеризують, перетинаються між собою як на верхньому рівні концентрацій йонів калію, так і на його нижньому рівні. В останньому випадку утворюється навіть якась точка перетину цих ліній. Характер описаних закономірностей однаковий на обох концентраційних рівнях йонів калію, але він послаблюється при їх більших концентраціях.

На роботу кальцієвого електрода незначно впливають всі йони, але механізм їх впливу протилежний. Йони H^+ діють в тому ж напрямку, що і йони Ca^{2+} . Найбільш ймовірно пояснення цьому полягає в природі електродноактивної речовини мембрани кальцієвого електрода. Дуже часто при виготовленні цих електродів використовують важкорозчинні сполуки кальцію [10-11], розчинність яких зростає в присутності йонів H^+ , що викликає зростання концентрації йонів кальцію в приелектродному шарі. Йони Na^+ і K^+ при зростанні їх концентрації змінюють електродний потенціал кальцієвого електрода в напрямку протилежному дії потенціалвизначальних йонів (див. рис. 1). Вплив названих сторонніх йонів пояснюється зростанням йонної сили розчинів при зростанні концентрації цих чинників впливу. Відповідно активність йонів кальцію як наслідок зменшується.

Цей спосіб графічної презентації даних 4-х чинникового експерименту досить інформативний і потребує подальшого аналізу, але наочність деяких закономірних змін важко визначити і ще важче пояснити аудиторії. Характеристику впливу йонів тут можна дати тільки напівкількісну. Важко виявити міжйонну взаємодію, незважаючи на її проявлення в більш специфічній формі ніж при інших способах графічної презентації.

Наступний спосіб базується на презентації результатів за рівнями впливу чинників. Рівнями впливу називається кількість катіонів в розчині, які одночасно знаходяться при вищих концентраціях. В загальному випадку – це кількість чинників, характеристика яких одночасно змінена в визначеному плані напрямку. В досліджуваній системі присутні чотири катіони, вплив концентрацій (чинників) яких на електродну функцію (параметр оптимізації вивчається. Тому на схемі буде п'ять вертикальних ліній, розміщених на однаковій відстані одна від одної, з однаковим положенням нуля ординат, однаковим масштабом і напрямком зміни вектора ординати (електродної функції). Перша зліва лінія відповідає нульовому рівню впливу, тобто зразку, в якому концентрації всіх катіонів системи знаходяться на мінімумі. Номер кожної наступної лінії вказує відповідний рівень впливу. Значення електродної функції, що наносять на вісь впливу, залежать від плану експерименту (табл. 1). Номери відповідних зразків, що визначають точки на рівнях впливу, представлені в табл. 3.

Таблиця 3

Розподіл зразків за рівнями впливу для кожного електрода без поділу результатів залежно від концентрацій потенціалвизначального йону (2-й спосіб)

Рівні впливу				
0	1	2	3	4
1	2	4	8	16
	3	6	12	
	5	7	14	
	9	10	15	
		11		
		13		

Побудовані за цією схемою графічні залежності для кожного електрода представлені на рис. 2. Вплив будь-якого з катіонів системи на роботу цих електродів можна прослідкувати по лініях, що з'єднують точки, які знаходяться на сусідніх рівнях впливу і відносяться до підвищення концентрації даного йону. Тип ліній визначений на рис. 2 для кожного катіону системи і не змінюється при переході від одного електрода до наступного. Основні закономірності впливу йонів на електродні функції досліджуваних

електродів вже були визначені при аналізі першого способу графічної презентації даних експерименту. На даному рисунку вплив окремих йонів видимий більш помітно, а також краще видно, як змінюється цей вплив при переході від одного рівня до наступного. Для різних йонів чіткіше фіксується різниця в ступені впливу, який можна визначити за нахилом відповідних ліній до горизонталі. При уважному аналізі даних рисунка можна помітити, що ступінь впливу сторонніх йонів зменшується при зростанні концентрації потенціалвизначальних йонів. Побудувати таку залежність для окремого електрода значно простіше, ніж 4 різних сукупностей даних для кожного електрода в попередньому способі графічної презентації. Разом з тим, 2-й спосіб обтяжений великою кількістю ліній залежності, які іноді майже зливаються, коли селективність електродів мала. Тому краще розділити дані експерименту не тільки за рівнями впливу, яких, до речі, стане на 1 менше, але і за рівнями концентрацій потенціалвизначальних йонів. Значення електродної функції, що наносять на вісь впливу, залежать і від електрода і від плану експерименту (табл. 1). Номери відповідних зразків, що визначають точки на рівнях впливу, представлені в табл. 4.

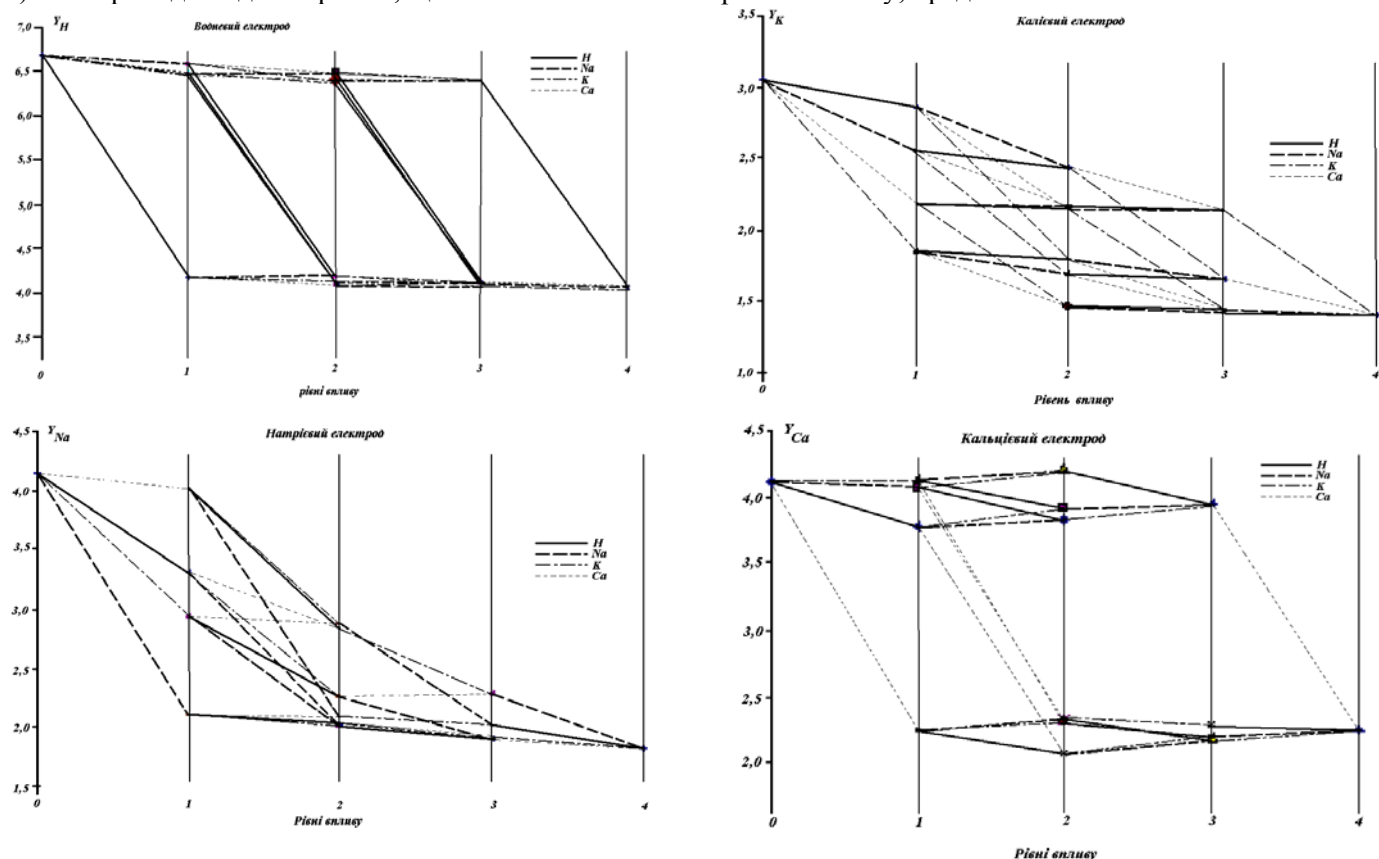


Рис. 2. Вплив йонів на відгук (Y) йоноселективних електродів залежно від рівня впливу без розділення результатів за рівнями концентрації потенціалвизначальних йонів

Таблиця 4

Розподіл зразків за рівнями впливу для кожного електрода з поділом результатів залежно від концентрацій потенціалвизначального йону (3-й спосіб)

Водневий електрод				Натрієвий електрод				Калієвий електрод				Кальцієвий електрод			
0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3	0	1	2	3
1	3	7	15	1	2	6	14	1	2	4	12	1	2	4	8
2	5	11	16	3	5	10	16	5	3	10	16	9	3	6	16
	9	13			9	13			9	11			5	7	
	4	8			4	8			6	8			10	12	
	6	12			7	12			7	14			11	14	
	10	14			11	15			13	15			13	15	

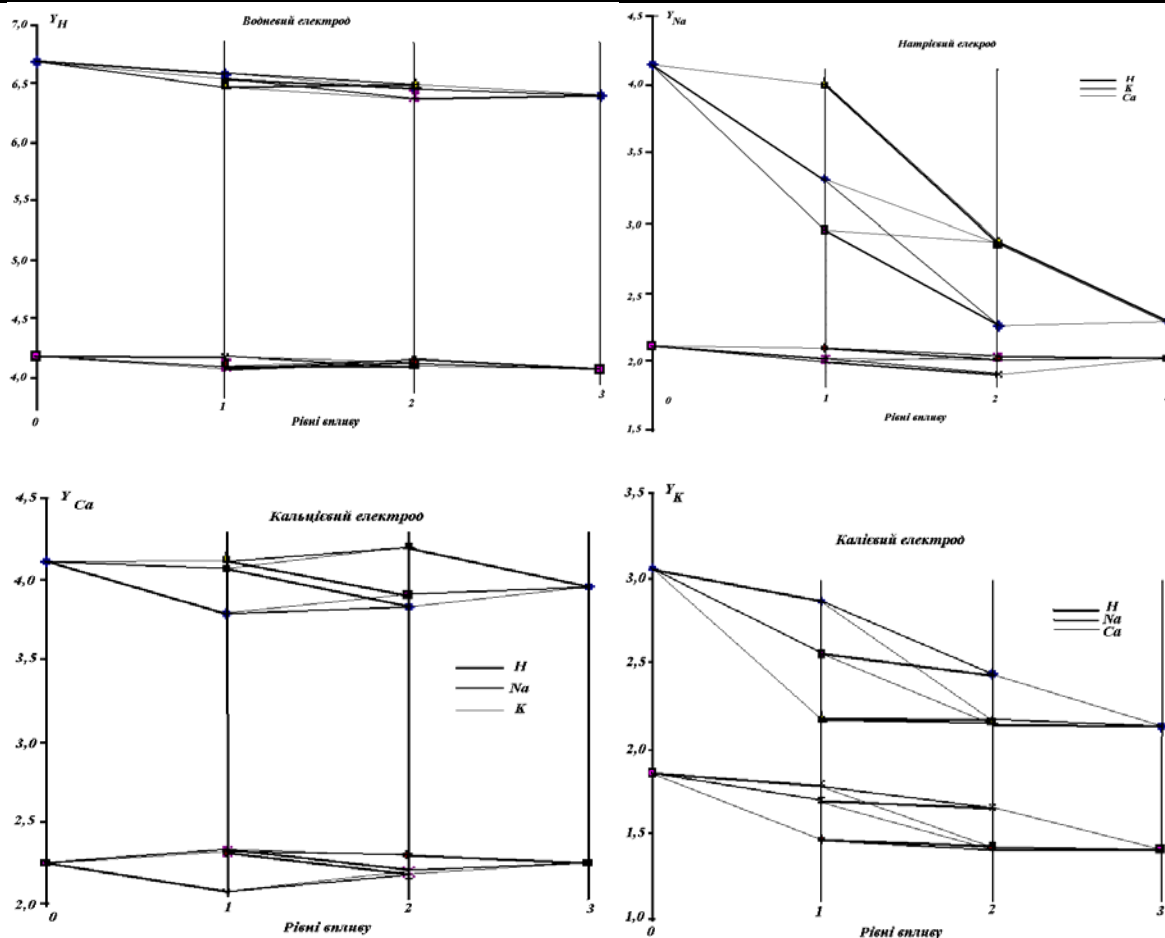


Рис. 3. Вплив йонів на відгук (Y) йоноселективних електродів залежно від рівня впливу з розділенням результатів за рівнями концентрації потенціалвизначальних йонів

При всіх перевагах попереднього способу графічної презентації результатів експерименту останній спосіб не має його недоліків: має меншу кількість рівнів впливу; меншу кількість ліній, що зв'язують точки на сусідніх рівнях впливу, а тому легше аналізувати отримані результати; чітко відокремлені одні від одних залежності, що показують вплив сторонніх йонів на електродну функцію при мінімальній і при максимальній концентраціях за планом потенціалвизначальних йонів.

Таким чином, нами проведений аналіз 3-х способів графічної презентації результатів 4-х чинникового планування експерименту в 4-х електродній системі на 2-х рівнях концентрацій в йоноселективній потенціометрії. Запропонований новий спосіб презентації даних експерименту за матрицею планування з виносом зразків, що містять максимальну концентрацію досліджуваного катіона в кінець плану.

РЕЗЮМЕ

Проведено аналіз трьох способів графічної презентації результатів чотирьохчинникового планування експерименту в чотирьохелектродній системі на двох рівнях концентрацій в йоноселективній потенціометрії. Показані переваги і недоліки кожного способу.

РЕЗЮМЕ

Выполнен анализ трех способов графической презентации результатов четырехфакторного эксперимента в четырехэлектродной системе на двух уровнях концентраций в ионоселективной потенциометрии. Показаны преимущества и недостатки каждого способа.

SUMMARY

Three methods of graphical representation of data of four-factorial design was analyzed. Their advantages and lacks were showed.

ЛИТЕРАТУРА

1. Камман К. Работа с ионоселективными электродами / К. Камман. – М.: Мир, 1980. – 284 с.
2. Лакшминараянаиах Н. Мембранные электроды / Н. Лакшминараянаиах. – Л.: Химия, 1979. – 358 с.
3. Морф В. Принципы работы ион-селективных электродов и мембранный транспорт / В. Морф. – М.: Мир, 1985. – 342 с.