

УДК 543.215

М. М. Більченко, О. Ю. Опанасенко

## ВИЗНАЧЕННЯ КІЛЬКІСНОГО ВМІСТУ СОЛЕЙ МЕТОДОМ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО ТИТРУВАННЯ

Сумський державний педагогічний університет імені А.С. Макаренка

*В статті розглядаються результати дослідження можливості застосування методу потенціометричного титрування для визначення вмісту йонів у водно-солевих розчинах з використанням реакцій йонного обміну.*

**Ключові слова:** потенціометричне титрування, реакції йонного обміну, кислотно-основна взаємодія.

**Вступ.** Потенціометричне титрування ґрунтується на визначенні точки еквівалентності хімічної реакції за даними потенціометричних вимірювань. Поблизу цієї точки відбувається різка зміна потенціалу індикаторного електрода, що спостерігається лише в тому разі, якщо хоча б один з учасників реакції титрування бере участь в електродному процесі, впливає на величину потенціалу індикаторного електрода [1].

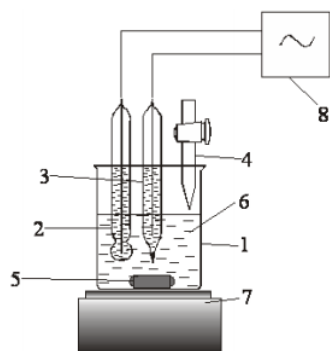
Для визначення концентрації йонів у водних розчинах використовують сучасні та класичні інструментальні методи аналізу, які в певному концентраційному інтервалі характеризуються достатньою чутливістю та точністю визначень [2]. Проте, залишаються актуальними пошук та розробка нових методик визначення катіон-аніонного складу водних розчинів.

**Результати та їх обговорення.** Аналітичним сигналом потенціометричних вимірювань є електрорушійна сила гальванічного елемента, що складається із індикаторного електрода, потенціал якого залежить від активності досліджуваних йонів у розчині та електрода порівняння, відносно якого вимірюють потенціал індикаторного електрода. Найбільшого поширення в потенціометричному вимірюванні рН, як електрода порівняння набув хлорсрібний електрод, а як індикаторний – скляний електрод з водневою функцією [3].

При визначенні катіон-аніонного складу водних розчинів ми використовували установку, яка зображена на рис. 1.

Апробацію методики визначення кількісного вмісту солей у водних розчинах методом потенціометричного титрування провели на модельних розчинах солей  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  та  $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

Точку еквівалентності реакції титрування визначали за кривою титрування, яку будують в координатах  $E(pH) - V_T$  в інтегральній або в диференціальній формі  $\Delta pH / \Delta V - V_T$ .



**Рис. 1.** Схема установки для потенціометричного титрування: 1 – стакан для титрування; 2 – індикаторний електрод; 3 – електрод порівняння; 4 – бюретка; 5 – перемішувач; 6 – досліджуваній розчин; 7 – магнітна мішалка; 8 – рН-метр-мілівольтметр.

### Потенціометричне титрування розчину $\text{ZnSO}_4$ .

Для визначення концентрації  $\text{Zn}^{2+}$  у водних розчинах використовували реакцію йонного обміну:  $\text{Zn}^{2+} + 2\text{OH}^- \rightarrow \text{Zn}(\text{OH})_2$ , внаслідок якої утворюється  $\text{Zn}(\text{OH})_2$  – цинк гідроксид, який при подальшому титруванні, у лужному середовищі, переходить у комплексний йон  $[\text{Zn}(\text{OH})_4]^{2-}$ . Наведена реакція характеризується високою швидкістю взаємодії і є практично необоротною.

Під час реакції відбувається зміна концентрації йонів  $\text{OH}^-$  і відповідно рН розчину, що є обґрунтуванням для застосування потенціометричних вимірювань із використанням скляного електроду.

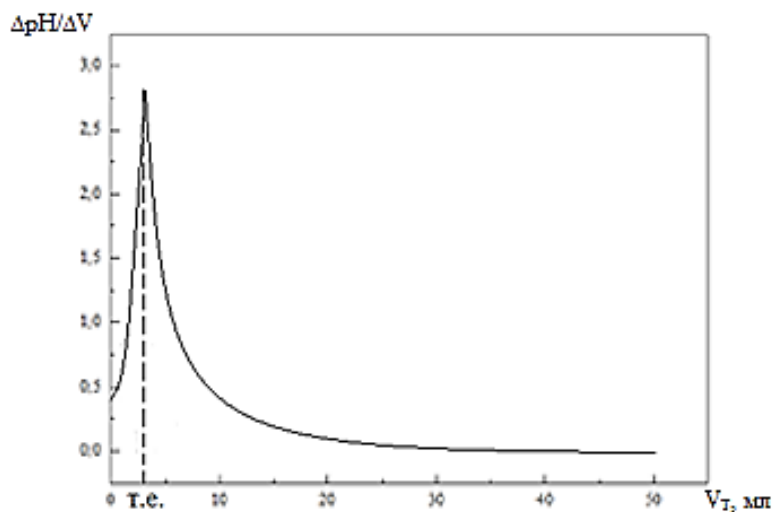
Потенціометричне титрування розчину  $\text{ZnSO}_4$  проводили за методиками із використанням скляного та хлоридсрібного електродів.

За результатами потенціометричного титрування диференціальна крива титрування (рис.2). За диференціальною кривою титрування знаходимо, що  $V_T(\text{NaOH}) = 5,5$  мл.

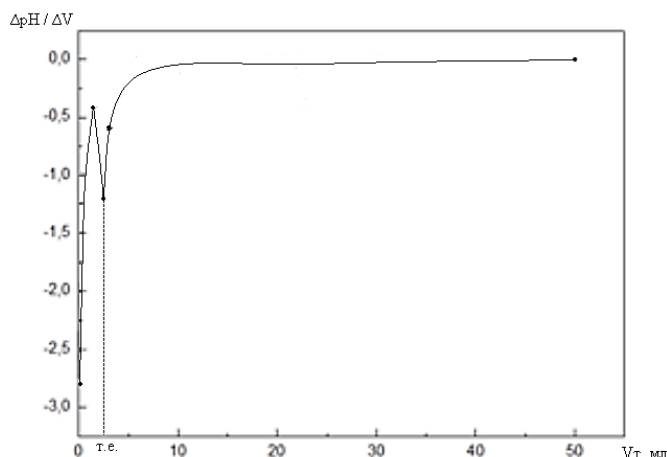
За рівнянням закону еквівалентів обчислюємо концентрацію  $\text{ZnSO}_4$ :

$$c(\text{ZnSO}_4) = \frac{0,1 \cdot 5,5}{50} = 0,011 \text{ н.}$$

Відхилення концентрації складає:  $\Delta = 0,011 - 0,01 = 0,001 \text{ н.}$  Відносна похибка визначення дорівнює:  $\delta = \frac{0,001}{0,1} \cdot 100\% = 1\%$ . Наведений приклад свідчить про відносно високу точність визначення.



**Рис. 2.** Крива потенціометричного титрування  $\text{ZnSO}_4$ , 0,01 н., розчином  $\text{NaOH}$ , 0,1 н.



**Рис. 3.** Крива потенціометричного титрування  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , 0,01н. хлоридною кислотою  $\text{HCl}$ , 0,1н.

### Потенціометричне титрування розчину $\text{CH}_3\text{COONa}$ .

Для визначення концентрації  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  у водних розчинах використовували реакцію йонного обміну:



Наведена реакція характеризується високою швидкістю взаємодії і є практично необоротною.

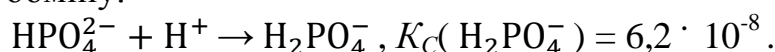
За результатами потенціометричного титрування побудована диференціальну крива титрування (рис. 3). За диференціальною кривою титрування знаходимо, що  $V_T(\text{NaOH}) = 2,5$  мл.

$$c(\text{CH}_3\text{COONa}) = \frac{0,1 \cdot 2,5}{50} = 0,005 \text{ н.}$$

Відхилення складає:  $\Delta = 0,005 - 0,01 = -0,005$ н. Відносна похибка визначення дорівнює:  $\delta = \frac{0,005}{0,01} \cdot 100\% = 5\%$

### Потенціометричне титрування розчину $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ .

Для визначення концентрації  $\text{HPO}_4^{2-}$  у водних розчинах використовували реакцію йонного обміну:

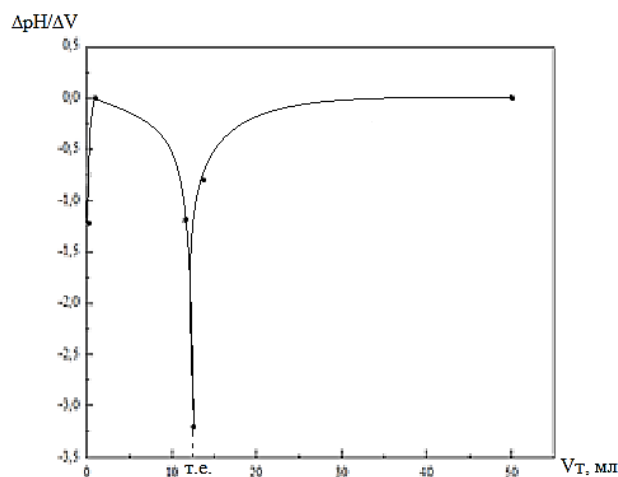


За диференціальною кривою титрування (рис. 4) знаходимо, що  $V_T(\text{HCl}) = 12,5$  мл.

$$c(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = \frac{0,1 \cdot 12,5}{50} = 0,025 \text{ н.}$$

Відхилення складає:  $\Delta = 0,025 - 0,02 = 0,005$ н. Відносна похибка визначення дорівнює:  $\delta = \frac{0,005}{0,02} \cdot 100\% = 25\%$ .

**Висновок.** Результати потенціометричного титрування розчинів солей  $\text{ZnSO}_4$ ,  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ,  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  доводять можливість визначення вмісту йонів у водно-сольових розчинах із використанням індикаторного скляного електроду, ґрунтуючись на реакціях йонного обміну. Велика похибка визначення вмісту аніонів обумовлена протолітичною рівновагою у розчинах солей багатоосновних кислот, що впливає на повноту перебігу наведених реакцій кислотно-основної взаємодії.



**Рис. 4.** Крива потенціометричного титрування  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 0,02н., розчином  $\text{HCl}$ , 0,1 н.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеевский Е.В. Аналитическая химия: Количественный анализ / Е. В. Алексеевский, Р. К. Гольц, А. П. Мусакин. – М. : Гостехиздат, 2001. – 642 с. 2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа : учеб. [для студ. вузов, обучающихся на химико-технол. спец.] – 2-е изд. – в 2-х кн. / В. П. Васильев. – М. : Дрофа, 2002. – Кн. 2. – 384 с. 3. Золотов Ю.А. Основы аналитической химии. В 2-х кн. / Ю.А. Золотов. – М. : Высшая школа, 2000. – Кн. 2. – 494 с. 4. Більченко М. М. Визначення вмісту катіонів металів методом потенціометричного титрування / М. М. Більченко, Т. П. Кучкова // Природничі науки. – Суми : СумДПУ імені А.С.Макаренка.

### РЕЗЮМЕ

**М. Н. Бильченко, А. Ю. Опанасенко.** Определение количественного содержания солей методом потенциометрического титрования.

*В статье рассматриваются результаты исследования возможности применения метода потенциометрического титрования для определения содержания ионов в водно-солевых растворах с использованием реакций ионного обмена.*

**Ключевые слова:** *потенциометрическое титрования, реакции ионного обмена, кислотно-основное взаимодействие.*

### SUMMARY

**M. M. Bilchenko, A. Y. Opanasenko.** Determination the number of salts content by the method potentiometric titration.

*In the article considers the results of the research of the application the method of potentiometric titration to determination of ions in aqueous salt solutions with the use of ionic exchange reactions.*

**Key words:** *potentiometric titration, ion exchange reactions.*