

УДК 543.33:543.22:546.62+546.723

Сухарева Т.С., студ.; Сухарева О.Ю., к.х.н., доц.;
Онисько М.Ю., к.х.н., доц.; Базель Я.Р., д.х.н., проф.

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ Al(III) ТА Fe(III) У ПИТНИХ ВОДАХ

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46;
e-mail: depchem@univ.uzhgorod.ua; sukhareva71@mail.ru

Пересічний дорослий громадянин України щороку споживає біля 800 дм³ питної води (2,2 дм³/добу) [1], тому якість цієї води безпосередньо визначає стан здоров'я населення. В більшості випадків джерелом питної води в Україні слугує центральний водогін, у який подається річкова вода після відповідної водопідготовки. Сполуки алюмінію і феруму є поширеними у природних водах, причому в залежності від умов формування складу води вони можуть перебувати у різних формах [2-4]. Крім того, джерелом Al(III) у воді водогону є процес коагуляції, який є обов'язковою стадією водопідготовки, а джерелом Fe(III) – процес корозії труб в умовах надлишку хлору. З огляду на токсичність Al(III) та Fe(III) [5-7], нормування їх вмісту у водопровідній питній воді здійснюється на рівні: $\leq 0,5$ мг/дм³ (Al) та $0,3$ мг/дм³ (Fe) згідно ГОСТ 2874-82 [8], $\leq 0,2$ мг/дм³ (Al) та $0,2$ мг/дм³ (Fe) згідно ДСанПіН 2.2.4-171-10 [9], $\leq 0,2$ мг/дм³ (Al) чи $0,5$ мг/дм³ (при обробці води реагентами, що містять алюміній) та $0,3$ мг/дм³ (Fe) згідно ДСанПіН № 383 [10]. У проекті ДСТУ «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості» нормування вмісту зазначених компонентів здійснюється на рівні $\leq 0,2$ мг/дм³ ($0,5$ за дозволом головного державного санітарного лікаря) (Al) та $0,2$ мг/дм³ (Fe). Слід зазначити, що токсичність Fe(III) по відношенню до людини є вищою, ніж Fe(II) [6], тому виникає необхідність визначення саме Fe(III).

Для контролю вмісту Al(III) та Fe(загальний) у питній воді використовуються переважно спектрофотометричні методи з

використанням органічних реагентів [11-14], проте ці методики є достатньо трудоемними і часто недостатньо чутливими. Запропоновано ряд альтернативних методик спектрофотометричного визначення Al(III) і Fe(III) у водах [15-20], які дозволяють вирішувати окремі завдання, проте пошук нових простих у використанні та ефективних методик спектрофотометричного визначення Al(III) та Fe(III) є актуальним. Ефективними аналітичними формами для визначення цих компонентів виявились йонні асоціати (ЙА) металів з органічними похідними гідразину та поліметиновими барвниками [19, 20]. Суттєвим їх недоліком є визначення Al(III) та Fe(III) у слаболужному середовищі, що сприяє окисленню Fe(II) до Fe(III), а також використання екстракції. Перспективним в цьому плані є пошук нових реагентів, які б дозволяли визначати Al(III) і Fe(III) спектрофотометричним методом у кислому середовищі без застосування екстракції.

Метою даної роботи є вивчення взаємодії Al(III) і Fe(III) з натрієвою сіллю 3,5-динітробензоїлгідразоном піровиноградної кислоти та барвником астрафлосином FF (АФ), а також розробка та апробація методик спектрофотометричного визначення Al(III) та Fe(III) у питній воді.

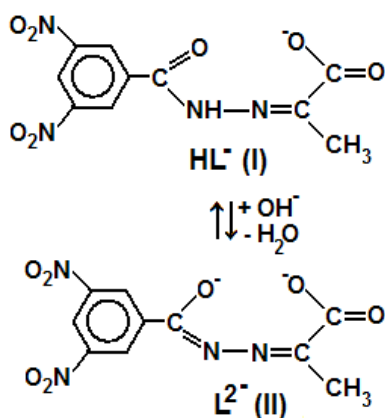
Експериментальна частина

Натрієва сіль 3,5-динітробензоїлгідразону піровиноградної кислоти (ДБПВ) синтезована реакцією конденсації відповідного гідразиду та натрію піровинограднокислого у водно-етанольному середовищі. Реагент синтезований, очищений

та ідентифікований на кафедрі органічної хімії к.х.н., доц. Онисько М.Ю.

ДБПВ являє собою кристалічний порошок жовтуватого кольору, розчинний у воді ($t_{\text{топл}} = 265 \pm 1^\circ\text{C}$). Для реагенту характерна амідогідразонна – гідразон- α -оксиазонова таутомерія, яка супроводжується дисоціацією реагенту згідно схеми 1:

Схема 1



Спектрофотометричним методом та потенціометричним титруванням досліджено процес таутомерії. Встановлено, що для ДБПВ величина $pK_a = 7,53$

Таким чином, ДБПВ може виступати як тридентатний ліганд (ONO) в ролі одно- (HL^-) та двохосновної (L^{2-}) кислоти. З огляду на величину pK_a реагенту ДБПВ, у кислому середовищі він буде проявляти амідогідразонову (HL^-) таутомерну форму, а в лужному – гідразон- α -оксиазонову (L^{2-}), що узгоджується з даними для подібних реагентів [19, 21].

Використані $0,020\text{--}0,001$ моль/дм³ водні розчини ДБПВ, які одержані розчиненням точної наважки реагенту. $0,001$ моль/дм³ водний розчин комерційного реагенту астрафлосин FF (хлоридна сіль), одержаний розчиненням точної наважки реагенту.

Вихідні стандартні розчини металів ($0,1$ моль/дм³) одержані розчиненням сульфатів Al(III) і Fe(III) у воді з підкисленням сульфатною кислотою до $\text{pH} \approx 1$. Стандартизацію розчинів проводили комплексометрично [22]. Розчини металів менших концентрацій одержували відповідним розведенням вихідного стандартного розчину водою безпосередньо перед дослідженням.

Кислотність середовища, яку створювали ацетатно-амонійним буферним розчином (1 моль/дм³), контролювали за допомогою рН-метра «ОР-211/1» з використанням мікрокомірки. Всі використані у роботі реагенти мали кваліфікацію не нижче «ч.д.а.».

Оптичну густину вимірювали на фотоелектроколориметрі КФК-3, спектри світлопоглинання реєстрували на спектрофотометрі «Specord M-40».

Результати та їх обговорення

Вивчення взаємодії Al(III) і Fe(III) з ДБПВ та АФ показало, що утворення ЙА металів супроводжується батохромним зсувом максимуму світлопоглинання водних розчинів сполук відносно розчину АФ, причому утворення ЙА спостерігається у межах слабкисле-слаболужне середовище. На рис. 1 представлено вплив кислотності середовища на оптичну густину водних розчинів ЙА Al(III) і Fe(III) з ДБПВ та АФ.

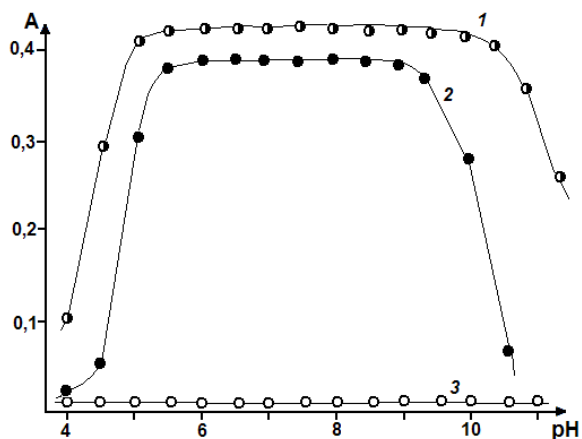


Рис. 1. Вплив рН водних розчинів на оптичну густину ЙА Al(III) і Fe(III) з ДБПВ та АФ: $C_{\text{Al(III)}} = C_{\text{Fe(III)}} = 1 \times 10^{-5}$; $C_{\text{ДБПВ}} = 2 \times 10^{-4}$; $C_{\text{АФ}} = 3 \times 10^{-5}$ моль/дм³; $l = 0,5$ см; $\lambda = 583$ нм; 1 – ЙА Fe(III) ; 2 – ЙА Al(III) ; 3 – контрольний дослід.

Дані рис. 1 показують, що оптимальними межами рН середовища для спектрофотометричного визначення Fe(III) є рН 5,0–10,5, визначення Al(III) – рН 5,5–9,5. Можливе спектрофотометричне визначення Fe(III) у вигляді ЙА з ДБПВ і АФ в присутності Al(III) як у слабкислому, так і лужному середовищі, причому визначення

Fe(III) у слабкокислому середовищі є більш раціональним, з огляду на самовільне окислення Fe(II) у Fe(III) в лужному середовищі. Зростання оптичної густини ЙА Al(III) і Fe(III) з ДБПВ та АФ у слабкокислому середовищі пояснюється таутомерією ДБПВ з утворенням аніонних комплексів металів і, у свою чергу, ЙА металів [19-21]. Зниження оптичної густини розчинів ЙА металів з ДБПВ і АФ в лужному середовищі зумовлено, очевидно, гідролізом комплексів. До рН 12,5 барвник АФ у водному розчині знаходиться у однозарядній (реакційно здатній) формі ($pK_{\text{гідролізу}}=13,6$) [23, 24].

Обробка даних рис. 1 методом зсуву рівноваг [25] показала, що у слабкокислому середовищі проходить відщеплення двох протонів від ЙА металів з ДБПВ і АФ, у лужному – ступінчатий процес гідролізу. Відщеплення двох протонів від ЙА металів з урахуванням процесу таутомерії ДБПВ (схема 1) свідчить про молярне відношення компонентів Me(III):БГПВ = 1:2 у складі ЙА.

Прийнявши до уваги величини $pH_{50\%}$ утворення ЙА металів у слабкокислому середовищі ($pH_{50\%}(\text{Fe})\approx 4,3$; $pH_{50\%}(\text{Al})\approx 4,8$) видно, що комплексоутворення призводить до зсуву рівноваги процесу таутомерії ДБПВ ($pK_a=7,53$), причому стійкість комплексів металів впливає на зсув цієї рівноваги.

Вивчено вплив різних факторів на ефективність спектрофотометричного визначення Al(III) і Fe(III) у вигляді ЙА (вплив концентрації реагентів, стійкості забарвлення в часі, заважаючих компонентів та шляхів їх усунення, тощо), знайдено оптимальні умови. Встановлено, що забарвлення розвивається протягом 60 секунд і воно стійке до 15 хвилин. Після цього оптична густина розчинів ЙА металів знижується внаслідок розчинення сполук, як і у випадку [26].

На рис. 2 представлено фрагменти спектрів світлопоглинання розчинів ЙА Fe(III) з ДБПВ та АФ при різних концентраціях металу. Дані рисунку свідчать, що проходить батохромний зсув максимуму світлопоглинання водних розчинів ЙА металів з ДБПВ та АФ ($\lambda_{\text{max}}=583$ нм) відносно водного розчину барвника АФ ($\lambda_{\text{max}}=538$ нм; $\varepsilon=1,41\times 10^5$ моль \times л $^{-1}\times$ см $^{-1}$) [23, 24].

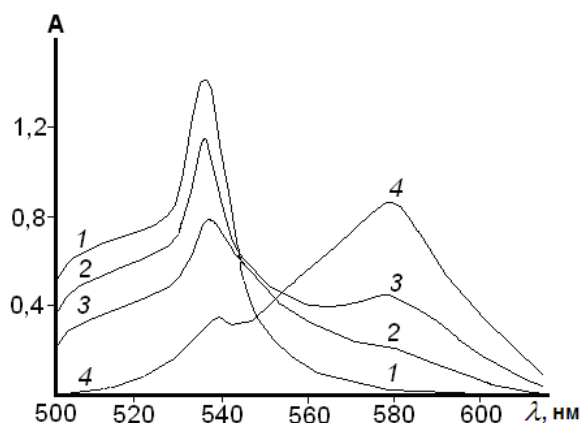


Рис. 2. Фрагменти спектрів світлопоглинання водних розчинів ЙА Fe(III) з ДБПВ та АФ при різних концентраціях Fe: 1 – 0; 2 – $0,5\times 10^{-5}$; 3 – $1,0\times 10^{-5}$; 4 – $2,0\times 10^{-5}$ моль/дм 3 ; $C_{\text{ДБПВ}}=2\times 10^{-4}$; $C_{\text{АФ}}=2\times 10^{-5}$ моль/дм 3 ; $l=0,5$ см.

Слід зазначити, що в умовах спектрофотометричного визначення Al(III) та Fe(III), світлопоглинання розчину барвника є мінімальним, але значний надлишок АФ є небажаним.

Визначено хіміко-аналітичні характеристики ЙА металів з ДБПВ і АФ:

- ЙА Al(III): $\lambda_{\text{max}}=582$ нм; $\varepsilon=7,6\times 10^4$ моль \times л $^{-1}\times$ см $^{-1}$; межа виявлення (3 δ -критерій) – 0,008 мг/дм 3 ; лінійність калібрувального графіку – до 1,1 мг/дм 3 ;

- ЙА Fe(III): $\lambda_{\text{max}}=583$ нм; $\varepsilon=8,4\times 10^4$ моль \times л $^{-1}\times$ см $^{-1}$; межа виявлення (3 δ -критерій) – 0,013 мг/дм 3 ; лінійність калібрувального графіку – до 2,3 мг/дм 3 .

Визначенню Al(III) та Fe(III) у вигляді ЙА з досліджуваними реагентами заважають Ga(III), In(III), РЗЕ(III), які утворюють аналогічні ЙА. При аналізі питних вод впливом цих компонентів можна нехтувати. Вплив інших металів, таких як Cu(II), Zn(II), Ni(II) відчутний при 200-кратних надлишках. Серед аніонів визначенню Al(III) та Fe(III) заважають 10-кратні кількості фторид-іонів, та 50-кратні – фосфатів. При визначенні Al(III) і Fe(III) у слаболужному середовищі, заважають Fe(II), Co(II) та Mn(II), які частково окислюють до тривалентного стану і утворюють аналогічні ЙА. Тому спектрофотометричне визначення Al(III) та Fe(III) у вигляді їх ЙА з ДБПВ і АФ доцільно

проводити у слабкокислому середовищі, причому можливе як сумарне визначення Al(III)+Fe(III) при рН 5,5-7,0, так і селективне Fe(III) – при рН 4,5-4,6. При визначенні Al(III) (при рН 5,5-6,0) вплив Fe(III) можна усунути тіосульфатом натрію.

З огляду на відносну вибірковість та прийнятні хіміко-аналітичні характеристики ЙА Al(III) та Fe(III) з ДБПВ і АФ, такі аналітичні форми придатні для ефективного спектрофотометричного їх визначення. Тому на їх основі розроблені нові методики визначення цих інгредієнтів у питних водах.

Методами зсуву рівноваг та ізомольних серій [25] встановлено мольне відношення компонентів ЙА металів, яке складає Al(III)/Fe(III):ДБПВ:АФ = 1:2:1. Таким чином склад досліджуваних ЙА аналогічний подібним ЙА [21] і можна припустити, що до складу ЙА металів реагент ДБПВ входить у гідрозон- α -оксиазинової формі, причому молекула ліганду є депротонованою.

Методика спектрофотометричного визначення суми Al(III)+Fe(III) у питних водах. Досліджувану воду центрифугують при високих обертах з метою видалення завислих речовин (за необхідністю). 4,0 см³ води переносять у градуйовані пробірки, додають 0,3 см³ водного розчину ДБПВ (0,01 моль/дм³), 0,1 см³ водного розчину АФ (0,001 моль/дм³), перемішують і до об'єму 5,0 см³ доводять буферним розчином (рН 5,5-6,0). Через 1 хв. вимірюють оптичну густину розчину при $\lambda_{max}=583$ нм у кюветі з $l=1,0$ см відносно розчину порівняння (готується аналогічно, у який додають 0,1 см³ насиченого розчину NaF). Сумарний вміст Al(III) та Fe(III) знаходять за калібрувальним графіком.

Результати апробації методики представлені у табл. 1.

Методика спектрофотометричного визначення Fe(III) у питних водах.

Досліджувану воду центрифугують при високих обертах з метою видалення завислих речовин (за необхідністю). 4,0 см³ води переносять у градуйовані пробірки, додають 0,3 см³ водного розчину ДБПВ (0,01 моль/дм³), 0,1 см³ водного розчину АФ (0,001 моль/дм³), перемішують і до об'єму 5,0 см³ доводять буферним розчином (рН

4,5). Через 1 хв. вимірюють оптичну густину розчину при $\lambda_{max}=583$ нм у кюветі з $l=1,0$ см відносно розчину порівняння (готується аналогічно, у який додають 0,1 см³ насиченого розчину NaF). Вміст Fe(III) знаходять за калібрувальним графіком.

Результати апробації методики представлені у табл. 2.

Таблиця 1. Результати визначення суми Al(III)+Fe(III) у питних водах ($n=6$; $P=0,95$)

Зразок води	Знайдено Al(III)+Fe(III), $\times 10^{-3}$ ммоль/дм ³		Знайдено згідно [27]*, $\times 10^{-3}$ ммоль/дм ³	
	$\bar{X} \pm \varepsilon$	S_r	$\bar{X} \pm \varepsilon$	S_r
№ 1	3,9 \pm 0,2	0,05	3,8 \pm 0,2	0,06
№ 2	5,4 \pm 0,2	0,04	5,6 \pm 0,3	0,05
№ 3	2,2 \pm 0,1	0,06	2,4 \pm 0,2	0,07
№ 4	3,7 \pm 0,2	0,05	3,5 \pm 0,2	0,06
№ 5	4,8 \pm 0,2	0,04	4,7 \pm 0,3	0,06

Примітка. Зразки питної води № 1-5 – вода централізованого водогону м. Ужгорода (період відбору проб березень-жовтень 2013 року); * вміст Fe(II) контролювався спектрофотометрично з 1,10-фенантроліном згідно [14] без відновника.

Таблиця 2. Результати визначення Fe(III) у питних водах ($n=6$; $P=0,95$)

Зразок води	Знайдено Fe(III), мкг/дм ³	Знайдено $[\Sigma(\text{Fe})-\text{Fe}(\text{II})]$ за [14], мкг/дм ³	Знайдено Fe(III) за [27]*, мкг/дм ³
	$\bar{X} \pm \varepsilon / S_r$	$\bar{X} \pm \varepsilon / S_r$	$\bar{X} \pm \varepsilon / S_r$
№ 1	47 \pm 3 / 0,054	46 \pm 2 / 0,049	49 \pm 3 / 0,061
№ 2	92 \pm 4 / 0,041	95 \pm 4 / 0,043	89 \pm 5 / 0,052
№ 3	79 \pm 4 / 0,046	81 \pm 4 / 0,044	77 \pm 4 / 0,055
№ 4	63 \pm 3 / 0,051	65 \pm 3 / 0,048	62 \pm 4 / 0,059
№ 5	33 \pm 2 / 0,061	32 \pm 2 / 0,059	35 \pm 3 / 0,072

Примітка. Зразки питної води № 1-5 – аналогічно табл. 1; * вміст Fe(II) контролювався спектрофотометрично з 1,10-фенантроліном згідно [14] без відновника.

Методика спектрофотометричного визначення Al(III) у питних водах.

Досліджувану воду центрифугують при високих обертах з метою видалення завислих речовин (за необхідністю). 4,0 см³ води

переносять у градуйовані пробірки, додають 0,2 см³ водного розчину Na₂S₂O₃ (1 моль/дм³) перемішують і відстоюють протягом 2 хв. Додають 0,3 см³ водного розчину ДБПВ (0,01 моль/дм³), 0,1 см³ водного розчину АФ (0,001 моль/дм³), перемішують і до об'єму 5,0 см³ доводять буферним розчином (рН 5,5). Через 1 хв. вимірюють оптичну густину розчину при λ_{\max} =582 нм у кюветі з $l=1,0$ см відносно розчину порівняння (готується аналогічно, у який додають 0,1 см³ насиченого розчину NaF). Вміст Al(III) знаходять за калібрувальним графіком.

Результати апробації методики представлені у табл. 3.

Таблиця 3. Результати визначення Al(III) у питних водах ($n=6$; $P=0,95$)

Зразок води	Знайдено Al(III), мкг/дм ³	Знайдено Al(III) за [11], мкг/дм ³	Знайдено Al(III) за [27]*, мкг/дм ³
	$\bar{X} \pm \varepsilon / S_r$	$\bar{X} \pm \varepsilon / S_r$	$\bar{X} \pm \varepsilon / S_r$
№ 1	84±5 / 0,055	82±4 / 0,051	87±6 / 0,065
№ 2	102±4 / 0,044	103±4 / 0,042	99±6 / 0,059
№ 3	23±1 / 0,059	25±2 / 0,072	22±2 / 0,081
№ 4	71±4 / 0,054	68±4 / 0,055	74±5 / 0,069
№ 5	113±4 / 0,037	116±4 / 0,035	111±6 / 0,056

Примітка. Зразки питної води № 1-5 – аналогічно табл. 1.

Дані табл. 1-3 показують, що пропонувані методики спектрофотометричного визначення Al(III) та Fe(III), а також суми Al(III)+Fe(III) дають надійні результати. Вони мають задовільні метрологічні характеристики і при цьому є простими у виконанні.

Висновки

Вивчено взаємодію Al(III) і Fe(III) з натрієвою сіллю 3,5-динітробензоїлгідразону піровиноградної кислоти та барвником астрафлосином FF з утворенням йонних асоціатів, придатних для спектрофотометричного визначення цих металів. Розроблено та апробовано нові методики спектрофотометричного визначення Al(III) та

Fe(III) у питних водах, які є простими у виконанні і мають задовільні метрологічні характеристики.

Список використаних джерел

1. Державні гігієнічні нормативи «Допустимі рівні вмісту радіонуклідів ¹³⁷Cs та ⁹⁰Sr у продуктах харчування та питній воді» (ДР-2006) // Затверджено Наказом МОЗ України від 03.05.2006 року № 256, зареєстрованого в Мінюсті України 17.07.2006 року за № 845/12719.
2. Линник П.М., Жежеря В.А., Линник Р.П., Зубенко И.Б. Особенности распределения металлов среди сосуществующих форм в воде р. Десны // Гидробиол. журн. – 2012. – т. 48, № 3. – С. 98-114.
3. Линник П.Н., Жежеря В.А. Особенности распределения алюминия среди сосуществующих форм в поверхностных водоемах разного типа // Гидробиол. журн. – 2009. – т. 45, № 6. – С. 92-109.
4. Линник П.Н., Жежеря В.А. Алюминий в поверхностных водах Украины: содержание, формы миграции, особенности распределения среди абиотических компонентов // Водные ресурсы. – 2013. – т. 40, № 2. – С. 165-178.
5. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп / Под ред. В.А.Филова – Л.: Химия, 1988. – 512 с.
6. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов V-VIII групп / Под ред. В.А.Филова – Л.: Химия, 1989. – 592 с.
7. Lee L.H., Lustigman B., Chu I.-Yu, Huey-Ling Jou. Effect of aluminum and pH on the growth of *Anacystis nidulans* // Bull. Environ. Contam Toxicol. – 1991. – т. 46, № 5. – Р. 720-726.
8. ГОСТ 2874-82. Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством. – М.: Изд-во стандартов, 1982. – 8 с.
9. ДСанПиН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до питної води, призначеної для споживання людиною» // Затверджено Наказом МОЗ України від 12.05.2010 року № 400, зареєстрованого в Мінюсті України 01.07.2010 року за № 452/17747.
10. ДСанПиН «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» // Затверджено Наказом МОЗ України від 23.12.96 року № 383, зареєстрованого в Мінюсті України 15.04.97 року за № 136/1940.
11. ГОСТ 18165-89. Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации алюминия. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 7 с.
12. ISO 10566:1994. Water quality. Determination of aluminium. Spectrometric method using pyrocatechol violet. – 5 p.

13. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы определения общего железа. – М.: Из-во стандартов, 1973. – 11 с.
14. ДСТУ ISO 6332-2003. Якість води. Визначення заліза. Спектрометричний метод із використанням 1,10-фенантроліну. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – IV, 7 с.
15. Савранский Л.И., Наджафова О.Ю. Спектрофотометрическое исследование комплексообразования Cu, Fe и Al с хромазуролом S в присутствии смеси катионного и неионогенного ПАВ // Журн.аналит.химии. – 1992. – т. 47, № 9. – С. 1613-1618.
16. Алиева Р.А., Алиева Ф.С., Чырагов Ф.М. Бис-(2,3,4-тригидроксифенилазо)бензидин как реагент для фотометрического определения алюминия // Журн. аналит. химии. – 2006. – т. 61, № 7. – С. 686-689.
17. Алиева Р.А., Пашаев Ф.Г., Гасанов А.Г., Махмудов К.Т. Квантово-химические расчеты таутомерных формаозпроизводных этилацетата и их применение для фотометрического определения железа(III) // Методы и объекты химического анализа. – 2008. – т. 3., № 2. – С. 167-174.
18. Korenaga T., Motomizu S., Toei K. Extraction-spectrophotometric determination of aluminium in river water with pyrocatechol violet and a Quaternary ammonium salt // Talanta. – 1980. – V. 27, № 1. – P. 33-38.
19. Сухарев С.Н., Чундак С.Ю. Экстракционно-фотометрическое определение алюминия в воде // Химия и технология воды. – 1996. – т. 18, № 5. – С. 486-491.
20. Савчин О.І., Чундак С.Ю., Студеняк Я.І. Комплексоутворення та екстракція d-елементів з саліциліденгідразами карбонових кислот. II. Екстракційно-фотометричне визначення феруму // Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія «Хімія». – 2000. – Вип. 5. – С. 61-65.
21. Сухарев С.М. Комплекси металів з органічними похідними гідразину в спектроскопічних методах аналізу природних і технічних об'єктів // Автореф. дис. на здобуття ... докт. хім. наук. 02.00.02. – Одеса: ФХІ НАНУ, 2012. – 37 с.
22. Шварценбах Г., Флашка Г. Комплексонометрическое титрование. – М.: Химия, 1970. – 360 с.
23. Балог Й.С., Киш П.П., Ищенко А.А. и др. Спектрофотометрическое изучение кислотно-основных свойств катионных цианиновых красителей // Журн. аналит. химии. – 1990. – т. 45, № 3. – С. 481-490.
24. Балог Й.С., Студеняк Я.И., Киш П.П. Состояние цианиновых красителей на основе 1,3,3-триметил-3Н-индолия в водных и водно-органических средах // Журн. аналит. химии. – 1993. – т.48, № 4. – С. 631-643.
25. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.
26. Сухарев С.М., Сухарева О.Ю. Спектрофотометричне та спектрофлуориметричне визначення галію // Науковий вісник Ужгородського ун-ту. Серія «Хімія». – 2011. – № 2 (26). – С. 54-59.
27. ISO 15586:2003. Water quality. Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace (01.10.2003). – 28 p.

Стаття надійшла до редакції: 21.05.2013

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF Al(III) AND Fe(III) IN DRINK WATERS

Sukhareva T.S., Sukhareva O.Yu., Onysko M.Yu., Bazel Ya.R.

The interaction of Al(III) and Fe(III) with sodium salt of 3,5-dinitrobenzoylhydrazones of pyrroacemic acid and astrafloksinum FF have been investigated for obtaining of ionic associates which are suitable for development of spectrophotometric determination of these metals. The new procedure of spectrophotometric determination of Al(III) and Fe(III) was developed and approved on the samples of drink water. The developed procedures are simple in implementation and have satisfactory metrology characteristics.