ISSN 2078-5615. Вісник Львівського університету. Серія хімічна. 2022. Випуск 63. С. 207–216
Visnyk of the Lviv University. Series Chemistry. 2022. Issue 63. P. 207–216

УДК 543.421+546.47+547.651

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ІОНІВ КАДМІЮ(II) З НОВИМ ТІАЗОЛІЛАЗО РЕАГЕНТОМ

О. Федишин*, П. Ридчук, І. Пацай, О. Тимошук

Львівський національний університет імені Івана Франка,
вул. Кирила і Мефодія, 6, 79005 Львів, Україна
e-mail: orest.fedyshyn@lnu.edu.ua

Уперше досліджено спектральні характеристики системи Cd(II)-1-[5-(4-метилбензил)-1,3-тіазол-2іл)]азонафтален-2-ол (MBnTAN) у толуенових розчинах. З'ясовано оптимальні умови взаємодії MBnTAN з кадмієм, а саме: кислотність середовища (сполука утворюється при pH = 11,0); співвідношення компонентів комплексної сполуки кадмій:реагент становить 1:2; максимум світлопоглинання комплексу Cd-MBnTAN при λ = 588 та 610 нм. Ефективний молярний коефіцієнт світлопоглинання становить $1{,}05\times10^4$ л×моль$^{-1}$×см$^{-1}$. Розроблено чутливу спектрофотометричну методику визначення Cd(II) з використанням MBnTAN з нижньою межею виявлення 0,5 мкмоль/л. та межами лінійної залежності оптичної густини від концентрації 2,4–12,0 мкмоль/л. Розроблену методику визначення Cd(II) перевірено на модельних розчинах.

Ключові слова: кадмій(II), екстракція, спектрофотометрія, азобарвники.

DOI: https:/doi.org/10.30970/vch.6301.207

1. Вступ

Кадмій є одним з найбільш токсичних елементів серед важких металів, а отже отруєння кадмієм у людей викликає серйозні проблеми зі здоров'ям [1, 2]. Міжнародне агентство з дослідження раку класифікує кадмій як канцероген навіть у низьких концентраціях у людей [3]. Кадмій трапляється у природному середовищі в його неорганічній формі, зокрема люди, які працюють у різних галузях промисловості, таких як металообробка, акумулятори, гальванічне покриття, та ті, хто піддається впливу тютюнових виробів, головно, страждають від шкідливого впливу кадмію [4, 5]. За даними вчених-харчовиків, добовий допустимий рівень кадмію, що надходить з різних джерел, таких як їжа, вода, повітря тощо, становить 1,0–1,2 мкг/г маси тіла людини [6]. З усіх цих причин визначення кадмію в екологічних пробах має велике значення для здоров'я населення та навколишнього середовища.

Різні аналітичні методи, включаючи високоефективну рідинну хроматографію (ВЕРХ) [7], полуменеву атомну абсорбцію [8], мас-спектрометрію з індуктивно зв'язаною плазмою [9], електротермічну атомно-абсорбційну спектрометрію [10], атомно-абсорбційну спектрометрію з графітовою піччю [11], диференціальну полярну спектрометрію [12] використано для визначення кадмію в різних екологічних пробах. Ці методи мають певні недоліки, включаючи високу вартість, потребу в досвідченому персоналі, потребу в лабораторії та надмірне використання розчинників [13,14].

© Федишин О., Ридчук П., Пацай І., Тимошук О., 2022

Спектрофотометричні методи характеризуються невисокою вартістю обладнання, експресністю визначення, що дає хороші передумови для використання методу спектрофотометрії у цій праці.

Тіазолілазо барвники є чутливими та селективними хромогенними реагентами. З іншого боку, вони є цікавими комплексоутворювачами і становлять найбільшу групу органічних реагентів, які використовують у спектрофотометричному аналізі [15, 16], твердофазній екстракції [17, 18] та рідинній хроматографії [19]. Таке використання пояснюють тим, що ці реагенти відрізняються хромофорною азогрупою (-N=N-), що пропонує широкий спектр кольорів. Застосування в спектрофотометрії залежить від забарвлених сполук, які утворюються внаслідок реакції реагентів з більшістю металів, зокрема, з деякими перехідними металами часто утворюються стабільні хелатні комплекси [20]. Їх використовують у методах екстракції завдяки кращій розчинності в органічних розчинниках, порівняно з водними розчинами. Деякі з тіазолілазо барвників також були особливо корисними в комплексометричних титруваннях як індикатори.

У цій статті розглянуто взаємодію 1-[5-(4-метилбензил)-1,3-тіазол-2іл)]азонафтален-2-олу з іонами Cd(II) та можливість спектрофотометричного визначення іонів металу у модельних розчинах.

2. Матеріали та методика експерименту

Виміри світлопоглинання проводили за допомогою спектрофотометра ULAB 108 UV у кюветах з l = 1,0 см (λ від 350 до 750 нм із кроком сканування 2 нм). Розчином порівняння слугував розчинник – толуен.

Комбінований скляний електрод іономіра AI 123 використовували для контролю кислотності середовища і вимірів. Потрібне значення pH середовища підводили за допомогою: 1,0 та 0,1 моль/л HCl; 2,0 та 0,1 моль/л NaOH.

Точну наважку метилпохідного MBnTAN масою 0,0216 г помістили у хімічний стакан та розчинили у невеликих порціях толуену. Готовий розчин перенесли у колбу на 250 мл та довели до позначки толуеном, перемішали. Концентрація робочого розчину – 2,4 $\cdot 10^{-4}$моль/л. Цей реагент синтезовано азосполученням 2-Аміно-5-(4-R-бензил)-1,3-тіазол із 2-нафтолом у присутності натрій нітриту в середовищі натрій гідроксиду та натрій карбонату при 3 °C. Попередньо MBnTAN перекристалізовували з етилового спирту.

Вихідний розчин металу був приготований розчиненням його солі – $Cd(NO_3)_2$ (кваліфікації “ч.д.а.”) – у дистильованій воді. Стандартизували розчин металу комплексонометрично.

Розчини іонів металів для дослідження селективності (Ca(II), Ba(II), Al(III), Mn(II), Fe(III), Co(II), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Pb(II)) приготовлено шляхом розчинення точної наважки солі відповідного металу кваліфікації “х.ч.” та “ч.д.а.” в 1 М хлоридній кислоті.

Вихідні розчини HCl (0,50 моль/л) та NaOH (0,50 моль) використовували як концентрати для приготування стандартних розчинів.

Толуен використовували для екстракції.

Методика спектрофотометричного визначення Cd(II) з 1-[5-(4-метилбензил)-1,3-тіазол-2іл)]азонафтален-2-олом: у хімічну склянку вносять досліджуваний зразок, який містить кадмій у межах 6,72–33,6 мкг, підводять кислотність середовища, яке дорівнює pH = 11,0, за допомогою NaOH з використанням pH-метра та кількісно переносять у ділильну лійку, додають 10,0 мл толуенового розчину MBnTAN та екстрагують. Екстракт кількісно переносять у мірну колбу на 25,0 мл. Доливають до мітки чистим толуеном та додають безводний натрій сульфат для усунення води. Фотометрування розчину проводять навпроти толуену при λ = 610 нм. Визначення кадмію проводять за допомогою градуйованого графіка.

3. Результати досліджень та їх обговорення

За наявності іонів Cd(II) на спектрі поглинання MBnTAN простежується зменшення максимуму при 490 нм та поява нового роздвоєного максимуму при 550 та 610 нм (рис. 1), що може свідчити про утворення комплексної сполуки.

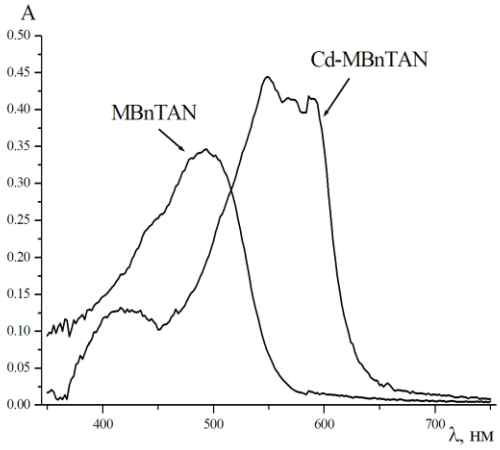

Рис. 1. Спектри поглинання толуенових екстрактів MBnTAN за відсутності та за наявності іонів Cd(II) (C_{MBnTAN}=2,4·10^{-5} M, $C_{Cd(II)}$=1,0·10^{-5} M, pH=12,0, l=1,0 см)
Fig. 1. Absorption spectra of toluene extracts MBnTAN in the absence and presence of Cd(II) ions (C_{MBnTAN}=2.4·10^{-5} M, $C_{Cd(II)}$=1.0·10^{-5} M, pH=12.0, l = 1.0 cm)

Дослідження впливу кислотності середовища на толуенові розчини MBnTAN показали, що цей розчин не змінює форми існування у широких межах кислотності середовища.

Визначення оптимального значення pH для утворення комплексної сполуки Cd–MBnTAN проводили з різними речовинами (кальцій гідроксид, натрій тетраборат, аміак). Результати дослідження показали, що у середовищі кальцій гідроксиду комплексна сполука практично не утворюється, за наявності натрій тетраборату простежується невеликий максимум поглинання за 588 нм. Дослідження впливу аміаку показало, що комплексна сполука утворюється за pH = 10,0 та вище, за нижчих значень кислотності середовища комплексна сполука не утворюється (рис. 2).

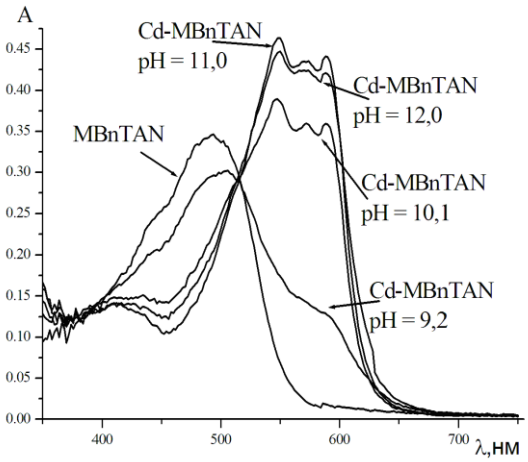

Рис. 2. Спектри поглинання толуенових екстрактів MBnTAN за наявності іонів Cd(II) в середовищі натрій гідроксиду (C_{MBnTAN}=2,4·10^{-5} М, $C_{Cd(II)}$=1,0·10^{-5} М, l=1,0 см)
Fig. 2. Absorption spectra of toluene extracts MBnTAN in the presence of Cd(II) ions in sodium hydroxide (C_{MBnTAN}=2.4·10^{-5} M, $C_{Cd(II)}$=1.0·10^{-5} M, l=1.0 cm)

Визначення складу комплексу проводили за допомогою методу зсуву рівноваги (методу насичення) за фіксованої концентрації MBnTAN (C_{MBnTAN}=2,4·10^{-5} М), оскільки іони Cd^{2+} екстрагуються безпосередньо в толуеновий розчин реагенту. Співвідношення $C(Cd^{2+})/C(MBnTAN)$ визначали в межах від 0,1 до 5. Оптичну густину вимірювали при 610 нм, залежність оптичної густини від співвідношення реагентів подано на рис. 3.

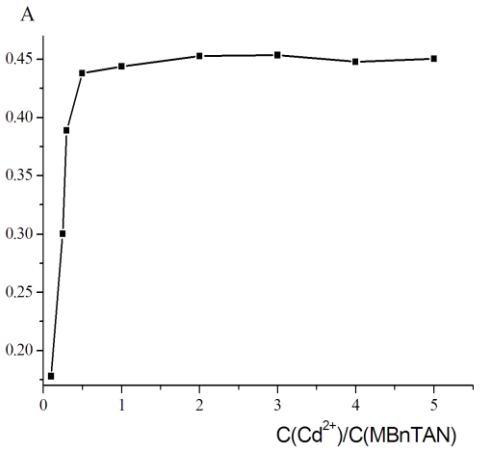

Рис. 3. Залежність оптичної густини від співвідношення реагентів (C_{MBnTAN}=2,4·10^{-5} М. pH=11,0, l=1,0 см, λ=610 нм)
Fig. 3. Dependence of optical density on the ratio of reagents (C_{MBnTAN}=2.4·10^{-5} M, pH=11.0, l=1.0 cm, λ=610 nm)

Одержана крива насичення засвідчує, що склад комплексу становить 1:2. Розраховано ефективний молярний коефіцієнт світлопоглинання – його величина становить $1{,}05 \cdot 10^4$ л·моль$^{-1}$·см$^{-1}$.

Для підтвердження одержаних результатів використано метод ізомолярних серій. Для цього приготовано серію розчинів, у яких змінювалася концентрація як металлу, так і реагента, проте залишалась фіксованою загальна концентрація ($C_{(заг)}= 2{,}4 \cdot 10^{-5}$ М).

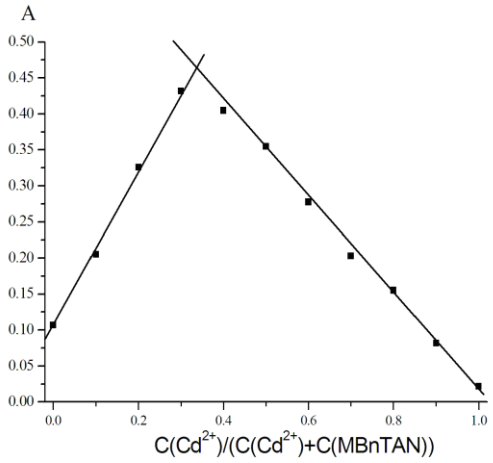

Рис. 4. Визначення складу комплексу Cd-MBnTAN методом ізомолярних серій ($C_{(заг)}= 2{,}4 \cdot 10^{-5}$ М, pH=11,0, l=1,0 см, λ = 610 нм)
Fig. 4. Determination of the composition of the Cd-MBnTAN complex by the method of isomolar series ($C_{(total)}=2.4 \cdot 10^{-5}$ M, pH=11.0, l=1.0 cm, λ=610 nm)

Метод ізомолярних серій підтвердив результати методу зсуву рівноваги, тобто на один іон кадмію припадає дві молекули реагента. На підставі проведених досліджень запропоновано гіпотетичну формулу комплексної сполуки (рис. 5).

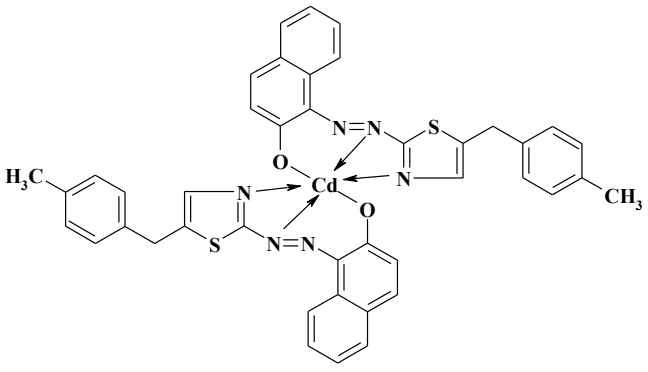

Рис. 5. Гіпотетична формула комплексної сполуки Cd – MBnTAN (1:2)
Fig. 5. Hypothetical formula of the complex compound Cd – MBnTAN (1: 2)

Значення оптичної густини прямолінійно залежить від кількості кадмію у системі (рис. 6).

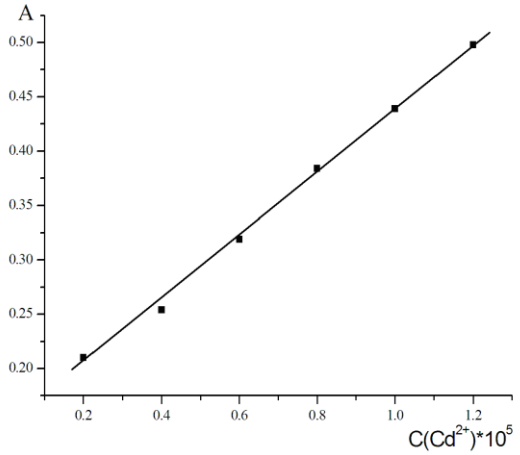

Рис. 6. Градуювальний графік спектрофотометричного визначення Cd(II) з MBnTAN ($C_{Cd(II)}$=(0,2÷1,2)·10^{-5} M, C_{MBnTAN}=5,0·10^{-5} M, pH=11,0, λ=610 нм, l=1,0 см)
Fig. 6. Calibration graph of spectrophotometric determination of Cd (II) with MBnTAN ($C_{Cd(II)}$=(0.2÷1.2)·10^{-5} M, C_{MBnTAN}=5.0·10^{-5} M, pH=11.0, λ=610 nm, l=1.0 cm)

Метрологічні характеристики спектрофотометричного визначення кадмію з MBnTAN наведено в табл. 1. Варто відмітити, що запропонована методика характеризується високою чутливістю визначення та широким інтервалом визначуваних концентрацій.

Таблиця 1

Метрологічні характеристики спектрофотометричного визначення Cd(II) з MBnTAN ($C_{Cd(II)}$=(0,2÷1,2)·10^{-5} M, C_{MBnTAN}=5,0·10^{-5} M, pH=11,0, λ=610 нм)

Table 1

Metrological characteristics of spectrophotometric determination of Cd (II) with MBnTAN ($C_{Cd(II)}$=(0.2÷1.2)·10^{-5} M, C_{MBnTAN}=5.0·10^{-5} M, pH=11,0, λ=610 nm)

Межі лінійної залежності, мкмоль/л	2,4–12,0
Рівняння градуйованого графіка	ΔA = 0,145 + 0,0150·C, мкмоль/л
Коефіцієнт кореляції, R	0,9985
Нижня межа визначення $C_н$, мкмоль/л	0,5

Селективність спектрофотометричного визначення кадмію з використанням MBnTAN досліджували, визначаючи мінімальну молярну концентрацію введеного стороннього іона, що призводить до відхилення аналітичного сигналу більш ніж на 5 %.

Щоб дослідити вибірковость спектрофотометричного визначення, обрано концентрацію іонів Cd^{2+}, яка дорівнює 7,2 мкмоль/л, що відповідає середньому значенню межі лінійності градуйованого графіка. Результати надано у вигляді кратного молярного співвідношення між іонами стороннього елемента та іонами кадмію (табл. 2). Визначення вибірковості проводили для іонів, що можуть бути в промислових або природних об’єктах.

Таблиця 2

Максимально допустимі концентраційні надлишки іонів металів для спектрофотометричного визначення Cd(II) з MBnTAN ($C_{Cd(II)}$=7,2·10^{-6} М, C_{MBnTAN}=5,0·10^{-5} М, pH=11,0, λ=610 нм)

Table 2

The maximum allowable concentration of excess metal ions for spectrophotometric determination of Cd(II) with MBnTAN ($C_{Cd(II)}$=7.2·10^{-6} M, C_{MBnTAN}=5.0·10^{-5} M, pH=11.0, λ=610 nm)

Іон	$C(Me^{n+})/C(Cd(II))$	Іон	$C(Me^{n+})/C(Cd(II))$
Ca(II), Ba(II)	>100	Cu(II)	2
Al(III)	25	Co(II)	2
Fe(III)	25	Zn(II)	1
Pb(II)	25	Rh(III)	>25
Cr(III)	25	Ru(IV)	>25
Mn(II)	10	Pd(II)	>25
Ni(II)	5	Ir(IV)	>25

Перевірку правильності спектрофотометричної методики визначення кадмію з використанням MBnTAN виконано з використанням модельних розчинів (табл. 3).

Таблиця 3

Спектрофотометричне визначення Cd(II) з MBnTAN у модельних розчинах (C_{MBnTAN}=5,0·10^{-5} М, pH=11,0, λ=610 нм, n=3; P=0,95)

Table 3

Spectrophotometric determination of Cd(II) with MBnTAN in model solutions (C_{MBnTAN}=5.0·10^{-5} M, pH=11.0, λ=610 nm, n=3; P=0.95)

Модельний розчин	Введено Cd(II), мкг	Знайдено Cd(II), мкг	$x_{сер.} \pm S \cdot t_\alpha/\sqrt{n}$, мкг	S_r, %
25 мкг Pb(II) 100 мкг Ca(II) 100 мкг Ba(II) 25 мкг Al(III)	12,0	12,2	12,4 ± 1,0	3,6
		12,8		
		12,2		

4. Висновки

Досліджено вплив кислотності середовища на спектрофотометричні характеристики системи Cd(II) – MBnTAN, з'ясовано, що комплексна сполука утворюється лише у лужному середовищі при pH>10,0, оптимальне pH становить 11,0. Методами зсуву рівноваги та ізомолярних серій було встановлено що склад комплексу становить 1:2. Запроновано гіпотетичну формулу комплексної сполуки. Розроблено спектрофотометричну методику визначення Cd(II) з використанням MBnTAN з межею виявлення 0,5 мкмоль/л та межами лінійної залежності оптичної густини від концентрації 2,4–12,0 мкмоль/л. Досліджено вибірковість спектрофотометричного визначення кадмію з використанням MBnTAN. Розроблену методику визначення Cd(II) перевірено на модельному розчині.

1. *Shaikh R., Kazi T. G., Afridi H. I., Akhtar A., Baig J. A.* An environmental friendly enrichment method for microextraction of cadmium and lead in groundwater samples: Impact on biological sample of children // Chemosphere. 2019. Vol. 237. 124444. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.124444
2. *Sadeghi S., Sarrafi N.* A dispersive liquid–liquid microextraction based on a task-specific ionic liquid for enrichment of trace quantity of cadmium in water and food samples // J. Iran Chem. Soc. 2018. Vol. 15. P. 1913–1920. DOI: https://doi.org/10.1007/s13738-018-1388-x
3. *Deepali R., Anupama K.* Chitosan as a substrate for simultaneous surface imprinting of salicylic acid and cadmium // Carbohydr. Polym. 2018. Vol. 202. P. 334–344. DOI: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.08.129
4. *Mirzaei M., Pili H.B.* Potentiometric determination of cadmium using coated platinum and PVC membrane sensors based on N, N′-bis (salicylaldehyde) phenylenediamine (salophen) // J. Anal. Chem 2015. Vol. 70. P. 731–737. DOI: https://doi.org/10.1134/S1061934815060076
5. *Lochab A., Sharma R., Kumar S., Saxena R.* Recent advances in carbon based nanomaterials as electrochemical sensor for toxic metal ions in environmental applications // Mater. Today: Proc. 2021. Vol. 45, Part 3. P. 3741–3753. DOI: https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.01.271
6. *Payehghadr M., Hashemi S. E.* Solvent effect on complexation reactions // J. Incl. Phenom. Macrocycl. Chem. 2017. Vol. 89. P. 253–271 DOI: https://doi.org/10.1007/s10847-017-0759-8
7. *Thirumalai M., Naveen Kumar S., Prabhakaran D., Sivaraman N., Akhila Maheswari M.* Dynamically modified C18 silica monolithic column for the rapid determinations of lead, cadmium and mercury ions by reversed-phase high-performance liquid chromatography // J. Chromatogr.A. 2018. Vol. 1569. P. 62–69. DOI: https://doi.org/10.1016/j.chroma.2018.07.044
8. *Tu Y., Ju S., Wang P.* Flame atomic absorption spectrometric determination of copper, lead, and cadmium in Gastrodiae rhizoma samples after preconcentration using magnetic solid-phase extraction // Spec. Lett. 2016. Vol. 49. P. 249–256. DOI: https://doi:10.1080/00387010.2015.1134578
9. *Guo W., Shenghong H., Jian Z., Shesheng J., Wenjuan L., Hongfei Z.* Removal of spectral interferences and accuracy monitoring of trace cadmium in feeds by dynamic reaction cell inductively coupled plasma mass spectrometry // Microchemical J. 2011. Vol. 97, Iss. 2. P. 154–159. DOI: https://doi.org/10.1016/j.microc.2010.08.003
10. *Lopez-Garcia I., Vicente-Martinez Y., Hernandez-Cordoba M.* Determination of lead and cadmium using an ionic liquid and dispersive liquid–liquid microextraction followed by electrothermal atomic absorption spectrometry // Talanta. 2013. Vol. 110. P. 46–52. DOI: https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.02.015
11. *Behbahani M., Ghareh Hassanlou P., Amini M. M., Omidi F., Esrafili A., Farzadkia M., Bagheri A.* Application of solvent-assisted dispersive solid phase extraction as a new, fast, simple and reliable preconcentration and trace detection of lead and cadmium ions in fruit and water samples // Food Chem. 2015. Vol. 187. P. 82–88. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.061

12. *Tokusoglu O., Aycan S., Akalin S., Kocak S., Ersoy N.* Simultaneous Differential Pulse Polarographic Determination of Cadmium, Lead, and Copper in Milk and Dairy Products // J. Agric. Food Chem. 2004. Vol. 52. P. 1795–1799. DOI: https://doi.org/10.1021/jf034860l
13. *Aglan R. F., Hamed M. M., Saleh H. M.* Selective and sensitive determination of Cd(II) ions in various samples using a novel modified carbon paste electrode. // J. Anal. Sci. Technol. 2019. Vol. 10. No 7. DOI: https://doi.org/10.1186/s40543-019-0166-4
14. *Isildak Ö., Özbek O., Gürdere, M. B.* Development of Chromium(III)-selective Potentiometric Sensor by Using Synthesized Pyrazole Derivative as an Ionophore in PVC Matrix and its Applications // J. Anal. Test. 2020. Vol. 4. P. 273–280. DOI: https://doi.org/10.1007/s41664-020-00147-8
15. *Fedyshyn O., Bazel' Y., Fizer M.* Spectroscopic and computational study of a new thiazolylazonaphthol dye 1-[(5–(3-nitrobenzyl)-1,3-thiazol–2-yl)diazenyl]naphthalen–2-ol // J. Mol. Liq. 2020. Vol. 304. 112713. DOI: https://doi.org/10.1016/j.molliq.2020.112713
16. *Tupys A. M., Tymoshuk O. S., Rydchuk P. V.* The Application of 1-(5-Benzylthiazol-2-yl)azonaphthalen-2-ol in Extraction-Photometric Analysis of the Main Soils Pollutants Content (Copper, Zinc, Cadmium and Lead) // Methods Objects Chem. Anal. 2015. Vol. 10, No. 2. P. 80–88. DOI: https://doi.org/10.17721/moca.2015.80-88
17. *Mohsen S., Hoidy W. H.* Spectrophotometric determination of cobalt(II) and lead(II) using (1,5-Dimethyl-2-phenyl-4-((2,3,4- trihydroxy phenyl)diazenyl)-1H-pyrazol-3(2H)-one) as organic reagent: using it as antimicrobial and antioxidants // Nano Biomed. Eng. 2020. Vol. 12, Iss. 2. P. 160–166. DOI: https://doi.org/10.5101/nbe.v12i2.p160-166
18. *Pyrzynska K., Kilian K.* On-line sorption-based systems for determination of cadmium with atomic spectrometry detectors // Water Res. 2007. Vol. 41, Iss. 13. P. 2839–2851. DOI: https://doi.org/10.1016/j.watres.2007.03.016
19. *Karthik Y., Meyyanathan S. N., Nageswara R. R.* Methods for the analysis of azo dyes employed in food industry – A review // Food Chem. 2016. Vol. 192. P. 813–824. DOI: https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.085
20. *Tupys A., Tymoshuk O., Rydchuk P.* Spectrophotometric investigation of Cu(II) ions interaction with 1-(5-benzylthiazol-2-yl)azonaphthalen-2-ol // Chem. Chem. Technol. Chem. 2016. Vol. 10, No. 1. P. 19–25.

SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF CADMIUM(II) WITH A NEW THIAZOLYLAZO REAGENT

O. Fedyshyn*, P. Rydchuk, I. Patsai, O. Tymoshuk

Ivan Franko National University of Lviv,
Kyryla i Mefodiya Str., 6, 79005 Lviv, Ukraine
e-mail: orest.fedyshyn@lnu.edu.ua

Controlling the content of heavy metals in environmental objects at the level of their maximum permissible concentrations is an important analytical task. The widely used physicochemical methods do not always provide a direct solution to this problem due to the influence of the matrix composition of the sample on the results of determinations, as well as low concentrations of the determined elements. Therefore, targeted synthesis and search for inexpensive and effective technologies for analytical control of heavy toxic metals is still relevant.

1,3-triazole derivatives such as 1-(2-thiazolylazo)-2-naphthol are available compounds. They are produced on an industrial scale. The weak basic and complexing properties of these compounds are due to the presence of a triazole ring in their structure.

Extraction is one of the most widespread methods for the isolation and separation of substances and is widely used in technology and analysis.

The spectral characteristics of the Cd(II)-1-[5-(4-methylbenzyl)-1,3-thiazol-2-yl)] azonaphthalen-2-ol (MBnTAN) system in toluene were studied for the first time. Optimal interaction conditions for 1-[5-(4-methylbenzyl)-1,3-thiazol-2-yl] azonaphthalen-2-ol with cadmium were established, namely: acidity of the medium (the compound is formed in an alkaline medium at pH = 11.0); the ratio of the components of the complex compound cadmium: reagent is 1:2; maximum light absorption of the Cd-MBnTAN complex at λ = 588 and 610 nm. The effective molar coefficient of light absorption is $1.05 \cdot 10^4$ $l \cdot mol^{-1} \cdot cm^{-1}$. A sensitive spectrophotometric method for the determination of Cd (II) using MBnTAN with a detection limit of 0.5 μmol/l has been developed and the limits of the linear dependence of the optical density on the concentration of 2.4 to 12.0 μmol/l. The developed method for determining Cd(II) was tested on model solutions.

Keywords: cadmium(II), extraction, spectrophotometry, azodyes.

Стаття надійшла до редколегії 01.11.2021
Прийнята до друку 10.06.2022