



UDC 543.4:539.2

## CLOUD POINT EXTRACTION PRECONCENTRATION AND SPECTROPHOTOMETRIC DETERMINATION OF MOLYBDENUM(VI) USING 7,8-DIHYDROXY-2,4-DIPHENYLBENZOPYRYLIUM PERCHLORATE

Kyrylo V. Snihur, Olena M. Zhukovetska, Olena M. Guzenko, Tatiana M. Shcherbakova, Anhelina V. Demchuk, Denys V. Snigur\*

*Odesa I. I. Mechnikov National University, Zmienka Vsevoloda str. 2, Odesa, 65082, Ukraine*

*Received 2 March 2026; accepted 6 May 2026; available online 20 June 2026*

### Abstract

In this work, the conditions for cloud point extraction preconcentration of Mo(VI) in the form of a complex with perchlorate of 7,8-dihydroxy-2,4-diphenylbenzopyrylium into the micellar phase of the nonionic surfactant Triton X-100 were investigated and optimized. It was established that the addition of sodium salicylate to the system at pH 1.7 and a Triton X-100 concentration of 0.5 vol.% induces phase separation and micellar phase formation at room temperature, which simplifies the extraction procedure and avoids additional heating. Under the selected conditions, effective preconcentration of the analyte and stable spectrophotometric response were achieved. Based on these results, a spectrophotometric procedure was proposed for the determination of Mo(VI) after cloud point extraction. The calibration plot was linear in the concentration range of 8–320 µg/L. The limits of detection and quantification were 2.4 and 8.0 µg/L, respectively. The developed method was successfully applied to model solutions and a biologically active supplement, and the relative standard deviation did not exceed 5.0 %.

*Keywords:* cloud point extraction; initiators; spectrophotometry; Molybdenum(VI); optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma.

## МІЦЕЛЯРНО-ЕКСТРАКЦІЙНЕ КОНЦЕНТРУВАННЯ ТА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ МОЛІБДЕНУ(VI) З ПЕРХЛОРАТОМ 7,8-ДИГІДРОКСИ-2,4-ДИФЕНІЛБЕНЗОПІРИЛІУ

Кирило В. Снігур, Олена М. Жуковецька, Олена М. Гузенко, Тетяна М. Щербакова, Ангеліна В. Демчук, Денис В. Снігур

*Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, вул. Змієнка Всеволода, 2, Одеса, 65082, Україна*

### Анотація

У даній роботі вивчені та оптимізовані умови міцелярно-екстракційного концентрування Мо(VI) в вигляді комплексу з перхлоратом 7,8-дигідрокси-2,4-дифенілбензопірилію в міцелярну фазу нейоногенного ПАВ Тритон X-100. Показано, що введення в систему натрій саліцилату за рН 1.7 та концентрації Тритон X-100 0.5 об.% приводить до ініціювання утворення міцелярної фази за кімнатної температури. Розроблена методика спектрофотометричного визначення Мо(VI) після його міцелярно-екстракційного концентрування. Градувальний графік лінійний в інтервалі концентрацій 17–160 мкг/л, а межі виявлення та визначення відповідно дорівнюють 5.2 та 17 мкг/л. Запропонована методика апробована під час аналізу модельних розчинів та біологічно-активної добавки, а відносно стандартне відхилення не перевищує 5.0 %.

*Ключові слова:* міцелярна екстракція; ініціатори; спектрофотометрія; Молибден(VI); оптико-емісійна спектроскопія з індуктивно-зв'язаною плазмою.

\*Corresponding author: e-mail: [270892denis@gmail.com](mailto:270892denis@gmail.com)

© 2026 Oles Honchar Dnipro National University;

doi: 10.15421/jchemtech.v34i2.358415

## Вступ

Значна кількість органічних сполук, які містять у ароматичному кільці дві віцинальні гідроксильні групи, наприклад, 4-нітрокатехол, пірокатехін тощо, можуть бути використані в якості аналітичних реагентів для спектрофотометричного визначення Мо(VI) [1–3]. До таких реагентів можна віднести 6,7- та 7,8-дигідроксибензопірилієві солі. В наших попередніх дослідженнях були вивчені можливості використання ряду 2,4-заміщених похідних 6,7-дигідроксибензопірилію для спектрофотометричного (екстракційно-спектрофотометричного, твердофазно-спектрофотометричного) визначення Мо(VI) [4–5]. Також для спектрофотометричного визначення Мо(VI) запропоновані 2,4-заміщені похідні 7,8-дигідроксибензопірилію [6]. Аналітичні форми на основі комплексних сполук з похідними 6,7- та 7,8-дигідроксибензопірилію електронейтральні, а отже придатні для розробки комбінованих спектроскопічних і зокрема екстракційно-спектрофотометричних методик аналізу.

Серед сучасних методів розділення і концентрування, які відповідають вимогам «зеленої» аналітичної хімії, на увагу заслуговує міцелярна екстракція (СРЕ) фазами нейногенних поверхнево-активних речовин (ПАР). Використання СРЕ сприяє спрощенню пробопідготовки, дозволяє повністю виключити або принаймні суттєво зменшити використання токсичних органічних розчинників [7–9]. Відомим є підхід до колориметричного визначення Мо(VI) після міцелярно-екстракційного вилучення його комплексу з фенілфлуороном [10]. Враховуючи на те, що для проведення СРЕ необхідно забезпечити переведення цільового аналіту в екстракційно-активну форму, зазвичай в інтенсивно забарвлену комплексну сполуку, спектрофотометрія вважається ефективним методом детектування аналітичного сигналу. Головним недоліком СРЕ є термічне ініціювання фазоутворення, що суттєво збільшує час аналізу та обмежує коло аналітів і матриць. У роботах [11–13] описані різні способи інтенсифікації фазоутворення в міцелярних розчинах ПАР, які включають дію ультразвукового або мікрохвильового опромінення. На нашу думку, недооціненими залишаються підходи до хімічного ініціювання СРЕ. В якості ініціаторів СРЕ можуть використовуватись різні гідротропні

добавки, наприклад, фенол або солі ароматичних карбонових кислот чи амінів [14–20].

Отже, метою даної роботи є вивчення умов утворення міцелярної фази, екстракції комплексу перхлорату 7,8-дигідрокси-2,4-дифенілбензопірилію (7,8-ДФДОХ) з Молибденом(VI) та встановленні аналітичних характеристик комбінованої екстракційно-спектрофотометричної методики його визначення.

## Експериментальна частина

Спектри світлопоглинання в інтервалі довжин хвиль 300–600 нм реєстрували за допомогою спектрофотометру Specord UV VIS (Carl Zeiss Jena, Німеччина) в кварцових кюветах з товщиною поглинаючого шару 1 см. Величини рН досліджуваних розчинів контролювали рН-метром рН-150 зі скляним комбінованим електродом ЕСК-106-03.

Реагент 7,8-ДФДОХ синтезували за методикою [21], яка була модифікована за аналогією способів одержання інших структуроподібних лігандів [5; 6] та полягає в конденсації еквімолярних кількостей пірогалолу та 1,3-дикетону: в 10 мл крижаної оцтової кислоти розчиняли 1 ммоль пірогалолу та 1 ммоль 1,3-дифенілпропандіону-1,3 (добензоїлметан), додавали 2 мл хлорної кислоти та кип'ятили зі зворотнім холодильником протягом 35–40 хв. Колбу щільно закорковували і поміщали на декілька годин у лід, а утворений осад відфільтровували і промивали крижаною оцтовою кислотою. Очистку реагенту проводили перекристалізацію з 40 %-го водного розчину етанолу, підкисленого хлорною кислотою. Продукт висушували на повітрі.

Вихідний розчин 7,8-ДФДОХ з концентрацією  $1 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup> готували розчиненням точної наважки реагенту в етанолі. Вихідний  $1 \cdot 10^{-2}$  моль/дм<sup>3</sup> розчин Мо(VI) готували розчиненням відповідної наважки  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  в гарячій дистильованій воді та після охолодження стандартизовували титриметрично [22]. Розчин ініціатору СРЕ натрій саліцилату (NaSal) із концентрацією 1 моль/дм<sup>3</sup> готували розчиненням відповідної наважки в воді. Розчин Тритону X-100 із концентрацією 10 об.% готували розведенням комерційного препарату ПАР дистильованою водою. Розчини з меншими концентраціями готували

розведенням вихідних безпосередньо перед застосуванням. Всі використані в даній роботі реактиви мали кваліфікацію не нижче х. ч.

Для оптимізації умов проведення міцелярної екстракції у поліпропіленових пробірках змішували розчини Мо(VI) та 7,8-ДФДОХ з концентрацією в інтервалі  $1 \cdot 10^{-6}$ – $1 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup>, варіюючи рН середовища, вміст нейногенної ПАР Тритону Х-100 (0–1.5 об.%), концентрацію NaSal (ініціатору міцелярної екстракції) в інтервалі 0–0.15 моль/дм<sup>3</sup>. Для інтенсифікації відділення міцелярної фази використовували центрифугування, варіюючи час (2–20 хв) та швидкість (1000–2500 об./хв). У дослідженні використовували стандартну схему однофакторного експерименту: кожен фактор (рН, концентрацію Тритону Х-100, натрій саліцилату та 7,8-ДФДОХ) варіювали по черзі за сталих значень інших параметрів. Водну фазу видаляли декантацією, а в'язку міцелярну фазу, яка є непридатною для прямих фотометричних вимірювань, розбавляли. В якості розбавлювачів міцелярної фази використовували органічні розчинники: метанол, етанол, ізопропанол, ДМФА, ДМСО, тетрагідрофуран та їхні суміші.

Для побудови градувального графіку в центрифужні пробірки вносили аліквоти стандартного розчину Мо(VI) так, щоб з урахуванням розведення (30 см<sup>3</sup>) його концентрація знаходилася в інтервалі 8–320 мкг/дм<sup>3</sup>, додають 1.5 см<sup>3</sup> Тритону Х-100 з концентрацією 10 об.%, 0.75 см<sup>3</sup>  $1.0 \cdot 10^{-3}$  моль/дм<sup>3</sup> розчину 7,8-ДФДОХ, потім вносять 1 см<sup>3</sup> розчину NaSal (1 моль/дм<sup>3</sup>) та додають 0.5 моль/дм<sup>3</sup> розчин сульфатної кислоти до рН 1.7 для ініціювання утворення міцелярної фази. Додають дистильовану воду до загального об'єму 30 см<sup>3</sup>. Для відділення міцелярної фази пробірки центрифугують 10 хв за швидкості 2000 об./хв. Водну фазу відокремлюють декантацією, а міцелярну фазу розбавляють ізопропіловим спиртом. Вимірюють оптичну густину за 650 нм в кюветі з товщиною поглинаючого шару 1 см.

Для визначення Мо(VI) методом оптико-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ICP-OES) використовували спектрометр Optima 2100DV (Perkin-Elmer, США) із кварцовим пальником. Вимірювання аналітичного сигналу проводили за таких операційних параметрів спектрометру: потужність плазми 1300 Вт, витрати аргону (подача проби – 0.8 л/хв, допоміжний потік – 0.2 л/хв, плазмоутворюю-

ючий потік – 15 л/хв), аксіальне спостереження плазми, швидкість введення аналізованого розчину – 1.5 мл/хв, час розпилення досліджуваного розчину – 45 с, аналітична лінія Мо 317.03 нм.

### Обговорення результатів

Реагент 7,8-ДФДОХ у водних розчинах, аналогічно до інших структуроподібних реагентів, у кислому середовищі (рН 2.0–2.5) утворює з Мо(VI) інтенсивно забарвлену ( $\epsilon = 6 \cdot 10^3$  л·моль<sup>-1</sup>·см<sup>-1</sup>) комплексну сполуку зі стехіометрією 1:2, яка характеризується максимумом світлопоглинання за 630–640 нм. За умови використання міцелярних та водно-органічних розчинів, максимум світлопоглинання аналітичної форми батохромно зміщується до 650 нм, що обумовлено явищами сольватохромії та узгоджується з поведінкою похідних 6,7-дигідроксибензопірилію [6].

Досліджений вплив низки визначальних параметрів на утворення міцелярної фази Тритону Х-100 та вилучення нею аналітичної форми (рис. 1).

Як видно з рис. 1а, оптимальне рН становить 1.7, а незначний зсув у кисішу область порівняно з водними розчинами можна пояснити впливом ПАР та відповідною зміною кислотно-основних властивостей 7,8-ДФДОХ. Максимальне вилучення аналітичної форми спостерігається за вмісту в системі 0.5 об.% Тритону Х-100 (рис. 1б). Зменшення світлопоглинання за зменшення та збільшення вмісту ПАР можна пояснити в першому випадку недостатньою ємністю утворюваної міцелярної фази відносно молібденового комплексу, а в другому випадку – збільшенням об'єму екстракційної фази та, як наслідок, зменшенням концентрації аналіту. Як видно з рис. 1в, без введення в систему ініціатора міцелярна екстракція за кімнатної температури не відбувається. Найбільш ефективно вилучення аналітичної форми відбувається за умови введення  $0.033$  моль/дм<sup>3</sup> NaSal. Ініціюючу дію NaSal можна пояснити наступним чином. Відомо, що утворення міцелярної фази відбувається за підвищення температури за рахунок руйнування водневих зв'язків між молекулами води та атомами Оксигену молекул нейногенних ПАР і, як наслідок, їх дегідратації та різкого зменшення розчинності. В даному випадку аналогічний ефект досягається введенням значної

кількості саліцилової кислоти, яка утворюється в результаті реакції між NaSal та сульфатною кислотою. Для повного

зв'язування Mo(VI) в забарвлений комплекс потрібно вводити  $2.5 \cdot 10^{-5}$  моль/дм<sup>3</sup> реагенту 7,8-ДФДОХ (рис. 1г).

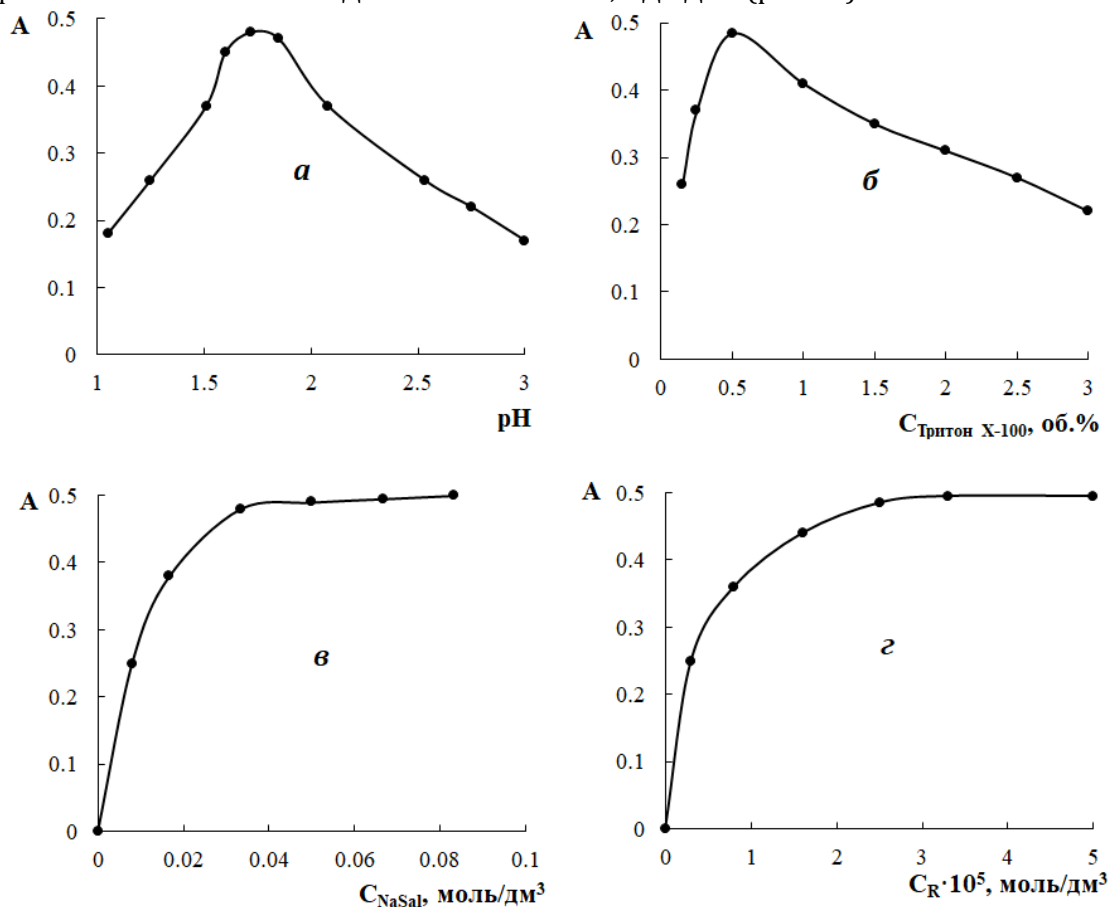


Рис. 1. Вплив різних факторів на міцелярно-екстракційне концентрування  $1.0 \mu\text{моль/дм}^3$  Mo(VI): а) рН; б) концентрація Тритону X-100; в) концентрація натрій саліцилату; г) концентрація 7,8-ДФДОХ;  $l = 1 \text{ см}$ ,  $\lambda = 650 \text{ нм}$ .

Fig. 1. The influence of various factors on the cloud point extraction of  $1.0 \mu\text{mol/dm}^3$  Mo(VI): а) pH; б) concentration of Triton X-100; в) concentration of ammonium benzoate; г) reagent concentration;  $l = 1 \text{ cm}$ ,  $\lambda = 650 \text{ nm}$ .

Досліджена селективність запропонованого методу. Встановлено, що йони лужних та лужноземельних металів не впливають на визначення Mo(VI) за запропонованою методикою. Наступні йони не впливають на визначення Mo(VI) з 7,8-ДФДОХ у таких молярних співвідношеннях: 1 : 1200 ( $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ), 1 : 700 ( $\text{SO}_4^{2-}$ , F, Br, Cl,  $\text{PO}_4^{3-}$ ), 1:400 ( $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ) 1 : 100 ( $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ). Визначенню заважають  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  і  $\text{Cr}^{3+}$ , які можуть бути замасковані фторидом натрію,

винною кислотою або попередньо видалені зі зразка.

В оптимальних умовах побудовано градувальний графік для спектрофотометричного визначення Mo(VI) після його попереднього міцелярно-екстракційного концентрування в вигляді комплексу з 7,8-ДФДОХ, а аналітичні характеристики розробленої методики узагальнені в табл. 1.

#### Аналітичні характеристики розробленої методики

Таблиця 1

Table 1

Analytical characteristics of the developed method	
Рівняння регресії	$A = 0.0043 C_{\text{Mo(VI)}} + 0.058$
$R^2$	0,9987
Лінійність, мкг/дм <sup>3</sup>	8-320
Межа виявлення, LOD ( $3\sigma_b/b$ ), мкг/дм <sup>3</sup>	2.4
Межа визначення, LOQ ( $10\sigma_b/b$ ), мкг/дм <sup>3</sup>	8

Як видно з табл. 1, розроблена методика лінійна в широкому інтервалі концентрацій та характеризується низькою межею виявлення – 2.4 мкг/дм<sup>3</sup>. Методику апробовано під час аналізу модельного розчину та біологічно активної добавки, а результати визначення Мо(VI) узагальнені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати визначення Мо(VI) у модельному розчині та дієтичній добавці (n = 3; P = 0,95)

Table 2

The results of the determination of Mo(VI) in the model solution and dietary supplement (n = 3; P = 0.95)

Об'єкт аналізу	Знайдено пропонуваним методом	RSD, %	Знайдено ICP-OES	RSD, %
Модельний розчин	150±8.4 мкг/дм <sup>3</sup>	4.5	152±9.2 мкг/дм <sup>3</sup>	4.9
Водопровідна вода	10.2±0.6 мкг/дм <sup>3</sup>	4.8	10.4±0.7 мкг/дм <sup>3</sup>	5.1
Дієтична добавка*	50.8±2.7 мкг/таблетка	5.0	50.6±2.6 мкг/таблетка	4.9

\*Заявлено виробником 50 мкг/таблетка

Як видно з табл. 2, результати визначення Мо(VI) з 7,8-ДФДОХ після міцелярно-екстракційного концентрування узгоджуються із результатами, одержаними методом ICP-OES, що свідчить про їх правильність, а відносна похибка визначення за розробленою методикою не перевищує 5.0 %. В цілому за своїми аналітичними характеристиками розроблена методика не поступається існуючим аналогам [23–25].

## Висновки

Таким чином, у даній роботі вивчені умови ініціювання міцелярної фази Тритону X-100,

яка придатна для аналітичного концентрування Мо(VI) у формі його комплексу з реагентом 7,8-ДФДОХ. Показано, що градувальний графік для спектрофотометричного визначення Мо(VI) після його міцелярно-екстракційного концентрування лінійний в інтервалі концентрацій 8–320 мкг/л. Запропоновану методику апробовано під час аналізу модельних розчинів та біологічно-активної добавки.

## References

- Tarafder, P. K., Mondal, R. K. (2011). A review on the complex forming ability of O-O' type ligands with transition metals: Introducing 2,3-dihydroxynaphthalene as a potential analytical reagent. *Reviews in Analytical Chemistry*, 30(2), 73–81. <https://doi.org/10.1515/REVAC.2011.016>
- Pyrzynska, K. (2007). Determination of molybdenum in environmental samples. *Analytica Chimica Acta*, 590(1), 40–48. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2007.03.013>
- Marczenko, Z., Balcerzak, M. (1998). *Spectrophotometric methods in inorganic analysis*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
- Zhukovetska, O. M., Guzenko, E. M., Chebotarev, A. N., Snigur, D. V. (2022). Solid-phase spectrophotometric determination of Mo(VI) using organopolymeric cation exchange resin KU-2-8 modified by 6,7-dihydroxy-2-phenyl-4-methylbenzopyrylium chloride. *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 17, 10–16. <http://dx.doi.org/10.17721/moca.2022.10-16>
- Snihur, K., Zhukovetska, O., Al-Muhanna, E. A., Guzenko, O., Azooz, E. A., Snigur, D. (2026). Mixed micelles assisted room-temperature cloud point extraction for preconcentration and spectrophotometric determination of Molybdenum(VI). *Talanta*, 298, 129011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.talanta.2025.129011>
- Chebotarev, O. M., Toporov, S. V., Snigur, D. V., Barbalat, D. O. (2021). Pohidni 6,7- ta 7,8-dygidroksybenzopyryliju: syntez, vlastyvoli ta analytychne zastosuвання (ogljad) [Derivatives of 6,7- and 7,8-dihydroxybenzopyrylium: synthesis, properties and analytical application (review)]. *Odesa National University Herald. Chemistry*, 26(2(78)), 73–88. [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2021.2\(78\).233829](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2021.2(78).233829)
- Nagalakshmi, K. V., Shyamala, P., Khan, Sk. A., Puranam, D. H. (2025). Cloud Point Extraction Method for Separation and Preconcentration of Molybdenum and Zirconium Using Mixture of Surfactants from Natural Waters and their Determination by Spectrophotometry. *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 19(3), 160–166. <http://dx.doi.org/10.17721/moca.2024.160-166>
- Divarova, V., Gajdošová, A., Racheva, P., Gavazov, K. (2025). An Ionic liquid-assisted mixed micelle-mediated centrifuge-less cloud point extraction spectrophotometric method for the determination of molybdenum (VI). *International Journal of Molecular*

- Sciences*, 26(10), 4597.  
<https://doi.org/10.3390/ijms26104597>
- [9] Azooz, E. A., Abdellah, I. M., Eletmany, M. R., Zhukovetska, O., Snigur, D. (2025). Automatic microextraction methods for forensic drugs analysis: principles, recent trends, challenges, and applications. *Green Analytical Methods and Miniaturized Sample Preparation Techniques for Forensic Drug Analysis*, 421–456. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-13907-9.00017-6>
- [10] Kulichenko, S. A., Shcherbyna, M. H. (2012). Kolorimetrychne vyznachennia molibdenu v mitseliarnykh ekstraktakh kationnoi PAR [Colorimetric determination of molybdenum in micellar extracts of cationic surfactant]. *Methods and Objects of Chemical Analysis*, 7(1), 39–44.
- [11] Niu, S. Q., Jin, Q. Z., Fan, K. Y., Cao, J. (2026). Ultrasonic assisted micellar extraction and in situ cloud point enrichment of terpenoids in complex matrices using poloxamer as a novel surfactant. *Journal of Chromatography A*, 1777, 466949. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2026.466949>
- [12] Snigur, D., Zhukovetska, O., Demchuk, A., Chyzh, I., Azooz, E. A. (2026). Environment-friendly Solvents for Sustainable Extraction Processes. *Sustainable Analytical Chemistry: Methods, Materials, and Applications*, 103–140. <https://doi.org/10.1002/9781394333363.ch04>
- [13] Halko, R., Hagarová, I., Andruch, V. (2023). Innovative approaches in cloud-point extraction. *Journal of Chromatography A*, 1701, 464053. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2023.464053>
- [14] Doroshchuk, V. A., Gonta, N. A., Kulichenko, S. A. (2008). [Phenol-induced micellar extraction of aliphatic carboxylic acids by phases of nonionic surfactant Triton X-100]. *Ukrainskii Khimicheskii Zhurnal*, 74, 41–46. (In Ukrainian).
- [15] Duarte, L. de J. N., Bezerra Lopes, F. W., Araújo, E. A., Melo, R. P. F., Neto, E. L. de B., Canselier, J. P. (2024). Removing aromatic organic pollutants by cloud point extraction using biodegradable nonionic surfactants: equilibrium constants and diffusion kinetics. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 104(17), 5552–5573. <https://doi.org/10.1080/03067319.2022.2125314>
- [16] Hagarová, I., Urík, M. (2024). Cloud Point Extraction in Beverage Analysis: Innovations and Applications for Trace Elements. *Beverages*, 10(3), 67. <https://doi.org/10.3390/beverages10030067>
- [17] Sznec, B., Kupczyk, O., Czyrski, A. (2025). Cloud Point Extraction as an Environmentally Friendly Technique for Sample Preparation. *Processes*, 13(2), 430. <https://doi.org/10.3390/pr13020430>
- [18] Mandal, S., Lahiri, S. (2022). A review on extraction, preconcentration and speciation of metal ions by sustainable cloud point extraction. *Microchemical Journal*, 175, 107150. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.107150>
- [19] Chatzimitakos, T., Athanasiadis, V., Mantiniotou, M., Kalompatsios, D., Bozinou, E., Giovanoudis, I., Lalas, S. I. (2023). Exploring the Feasibility of Cloud-Point Extraction for Bioactive Compound Recovery from Food Byproducts: A Review. *Biomass*, 3(3), 306–322. <https://doi.org/10.3390/biomass3030019>
- [20] Snihur, K. V., Chyzh, I. V., Shevchenko, Ye. O., Virchenko, M. O., Guzenko, O. M., Snigur, D. V. (2025). [Low-temperature analytical micellar extraction. report 3: acid-base properties of the main initiators in organized media]. *Odesa National University Herald. Chemistry*, 30(2(90)), 101–106. (In Ukrainian). [https://doi.org/10.18524/2304-0947.2025.2\(90\).352384](https://doi.org/10.18524/2304-0947.2025.2(90).352384)
- [21] Busev, A. I. (1972). *Sintez novykh organicheskikh reagentov dlya neorganicheskogo analiza* [Synthesis of new organic reagents for inorganic analysis]. Izdatelstvo MGU.
- [22] Charlot, G. (1966). *Méthodes de la Chimie Analytique: Analyse Quantitative Minérale*. Masson.
- [23] Lešková, M., Sklenářová, H., Bazel, Y., Chocholouš, P., Solich, P., Andruch, V. (2012). A non-extractive sequential injection method for determination of molybdenum. *Talanta*, 96, 185–189. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.01.040>
- [24] Dimitrov, A. N., Lekova, V. D., Gavazov, K. B., Boyanov, B. S. (2007). Ternary complex of molybdenum(VI) with 4-nitrocatechol and tetrazolium blue chloride and its application to extraction-spectrophotometric analysis of ferrous metallurgy products. *Journal of Analytical Chemistry*, 62, 122–125. <https://doi.org/10.1134/s1061934807020049>
- [25] Shrivastava, K., Agrawal, K., Harmukh, N. (2008). Trace level determination of molybdenum in environmental and biological samples using surfactant-mediated liquid-liquid extraction. *Journal of Hazardous Materials*, 161, 325–329. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.03.092>