

УДК 543

Д. В. Снігур, А. В. ДемчукОдеський національний університет імені І. І. Мечникова,
вул. Змієнка Всеволода, 2, м. Одеса, 65082, Україна; e-mail: snigur@onu.edu.ua**ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ ТА ЗАСТОСУВАННЯ
МІЦЕЛЯРНО-ЕКСТРАКЦІЙНОГО КОНЦЕНТРУВАННЯ
(ОГЛЯД)**

Робота присвячена огляду сучасного стану та особливостей аналітичного застосування міцелярно-екстракційного концентрування. Із залученням наукометричних підходів, як інструменту кількісної оцінки динаміки розвитку наукових досліджень, проаналізовано тенденції та основні напрямки розвитку міцелярно-екстракційного концентрування протягом 2010–2024 років. Узагальнено дані щодо вибраних прикладів аналітичного застосування міцелярно-екстракційного концентрування в хімічному аналізі (2018–2024), розглянуто їх принципи, переваги та недоліки.

Ключові слова: міцелярна екстракція, міцелоутворення, поверхнево-активні речовини, методи аналізу, супрамолекулярні розчинники.

ВСТУП

Екстракція, на відміну від інших методів розділення та концентрування, відрізняється простотою виконання та різноманітністю підходів. Найбільш поширеною є рідинно-рідинна екстракція та її модифікації. Втім, такі системи мають недоліки, зокрема, використання легкозаймистих і токсичних органічних сполук. В останні роки, рідинна екстракція розвивається із врахуванням принципів «зеленої хімії», які включають в себе уникнення використання токсичних органічних розчинників або, принаймні, зменшення їх використання до мінімуму. В свою чергу, це призвело до відокремлення мікроекстракційних технік: дисперсійної рідинно-рідинної екстракції, краплинної рідинної мікроекстракції, мікроекстракції з ультразвуковим або вортекс-диспергуванням, тощо. З іншого боку, активно впроваджуються альтернативні класичним розчинникам супрамолекулярні екстрагенти: розчинники з регульованою гідрофільністю, глибоко евтектичні розчинники, іонні рідини, міцелли поверхнево-активних речовин (ПАР) тощо. Оцінці аналітичних можливостей та перспектив розвитку таких методів присвячено низку оглядових статей [1–3]. Додаткову інформацію можна отримати при залученні наукометричних підходів для оцінки можливостей, особливостей та тенденцій розвитку аналітичного міцелярно-екстракційного концентрування. [4–6].

Таким чином, мета роботи полягає у наукометричній оцінці тенденцій та перспектив використання міцелярно-екстракційного концентрування в хімічному аналізі.

Аналітична міцелярна екстракція: класичні та сучасні підходи

Міцелярна екстракція запропонована Ватанабе і Танакою [7] як перспективний, екологічно привабливий метод екстракції. Вона ґрунтується на властивості міцелярних розчинів нейонних ПАР до утворення нової фази при досягненні

певної критичної температури, відомої як температура помутніння (cloud point temperature). Використання катіонних та аніонних ПАР для утворення міцелярних фаз є менш поширеним. Міцелярна екстракція застосовується для попереднього концентрування як неорганічних, так і органічних аналітів, і легко поєднується з різними спектроскопічними [3, 8] та хроматографічними [8] методами детектування аналітичного сигналу.

Окрім переваг міцелярної екстракції потрібно звернути увагу на деякі недоліки методу, які не стільки обмежують її використання, скільки окреслюють напрямки її подальшого розвитку.

В першу чергу потрібно відмітити необхідність термічного ініціювання утворення міцелярної фази, що суттєво обмежує коло аналітів, які можуть бути зконцентровані методом міцелярної екстракції [9]. До того ж, потрібно брати до уваги той факт, що вміст великої кількості ПАР в отриманій міцелярній фазі ускладнює її використання для прямого вимірювання аналітичного сигналу, а при розведенні концентрату зменшується чутливість відповідної комбінованої аналітичної методики.

Останні дослідження спрямовані на використання мікрооб'ємів розчинів ПАР. Для цього висококонцентрований розчин ПАР вводять до зразка, що дозволяє досягти критичної концентрації міцелоутворення [10–12].

Низька спорідненість полярних аналітів до екстракційних фаз на основі типових нейногенних ПАР спонукає до синтезу нових ПАР і супрамолекулярних систем на їх основі для підвищення ефективності процесу попереднього концентрування цільових аналітів. Наприклад, відомим є підхід, заснований на одержанні псевдонейонних ПАР шляхом взаємодії катіонних та аніонних ПАР [13–15].

До того ж у 2018 році був представлений підхід, який отримав назву інверсійного міцелярно-екстракційного концентрування. На відміну від класичної методології міцелярної екстракції, водна фаза є екстрагентом гідрофільних аналітів, тоді як міцелярна фаза використовувалась для видалення матриці зразка [16]. Запропоновано техніку міцелярної екстракції з реекстракцією. Аналіти вилучаються міцелярною фазою, на першому етапі процесу розділення, а потім реекстрагуються у водний розчин на наступному. На другому етапі зазвичай використовують кислоти, такі як соляна кислота, азотна кислота тощо [17]. Міцелярна екстракція з реекстракцією позбавлена потенційного впливу матриці [18–19].

Змішані міцелярні середовища також ефективно використовуються в методах міцелярної екстракції за рахунок синергетичної дії йонних і нейонних ПАР, що сприяє покращенню ефективності вилучення заряджених аналітів. [20]. В якості ПАР використовують бромід (хлорид) цетилтриметиламонію [21–24], додецилсульфат натрію [24–25] і бромід (хлорид) цетилпіридинію [26] та інші. Для того, щоб нейтралізувати заряд аналіту, зробити його гідрофобним використовують ПАР з протилежним зарядом.

Додатково спрощуються підходи до детектування аналіту в міцелярно-збагаченій фазі. Наприклад, для визначення вмісту фенілаланіну [27] та різних барвників [28] запропоновано поєднати міцелярну екстракцію з детектуванням кольорометричних функцій за допомогою офісного сканера.

Цікаво відмітити, що при відповідному виборі реагентів і експериментальних параметрів відкривається можливість відділення концентрату без центрифугування [29–31]. Зазначимо, що на сьогоднішній день такий підхід не знайшов широкого застосування, про що свідчить відсутність інших досліджень. На нашу думку це обумовлено тривалістю розділення фаз. Можна виділити підходи до низькотемпературної міцелярної екстракції, які ґрунтуються на ініціюванні утворення міцелярної фази шляхом утворення «in situ» ароматичних карбонових кислот. У досліджуваній розчин, який містить неіоногенну ПАВ Тритон Х-100, цільовий аналіт або гідрофобний хелат та натрієву або амонійну сіль ароматичної карбонової кислоти (бензойної, саліцилової тощо) додають розчин мінеральної кислоти. Внаслідок останнього в розчині утворюється вільна ароматична карбонова кислота, яка сприяє дегідратації ПАВ та ініціює утворення міцелярної фази, а також виступає компонентом відповідної буферної системи, котра підтримує потрібну кислотність середовища [2]. Вдосконаленою модифікацією традиційної міцелярної екстракції є прискорена синергетична міцелярна екстракція (rapidly synergistic cloud point extraction), яка була запропонована Веном із співробітниками [1, 2]. В цій модифікації міцелярної екстракції в якості синергетичних реагентів виступають деякі спирти (н-октанол, н-пентанол, тощо), що дозволяє знизити температуру помутніння неіоногенної ПАВ та реалізувати стадію попереднього концентрування при кімнатній температурі без нагрівання. Механізм дії синергетичних реагентів не описаний та не обговорюється. Методи міцелярної екстракції з інтенсифікацією (або ініціацією) утворення міцелярної фази за рахунок висолювання, дії ультразвукового або мікрохвильового випромінювання останні роки є менш поширеними ніж на початку 2000-х років [2].

Аналіз тенденцій використання аналітичного міцелярно-екстракційного концентрування

Під час аналізу даних використовували базу даних Scopus за період з 2010 по 2024 рік, здійснювали пошук інформації щодо застосування міцелярно-екстракційного концентрування, удосконалення процесу утворення міцелярної фази, інтеграції з методами детектування аналітичного сигналу. Для цього використовували ключові слова, такі як «cloud point extraction», «micellar extraction», «surfactant-mediation extraction» та інші.

На основі аналізу даних, що знаходяться в базі даних Scopus, було побудовано графік, що відображає кількість публікацій у наукових журналах, які містять ключові слова «міцелярна екстракція (cloud point extraction)» (рис. 1а), а також відповідну логістичну криву (рис. 1б).

Аналіз даних, представлених на рис. 1а, свідчить про зростання інтересу до розвитку міцелярної екстракції щороку. Важливо зауважити, що більше висновків можна зробити, використовуючи логістичну криву, зображену на рис. 1б. Логістична крива не досягає плато, що свідчить про активний розвиток даного методу аналітичного концентрування. Детальний аналіз публікацій (Таблиця) дозволив виявити основні типи аналізованих зразків та методів детектування аналітичного сигналу для неорганічних і органічних аналітів (рис. 2. та рис. 3).

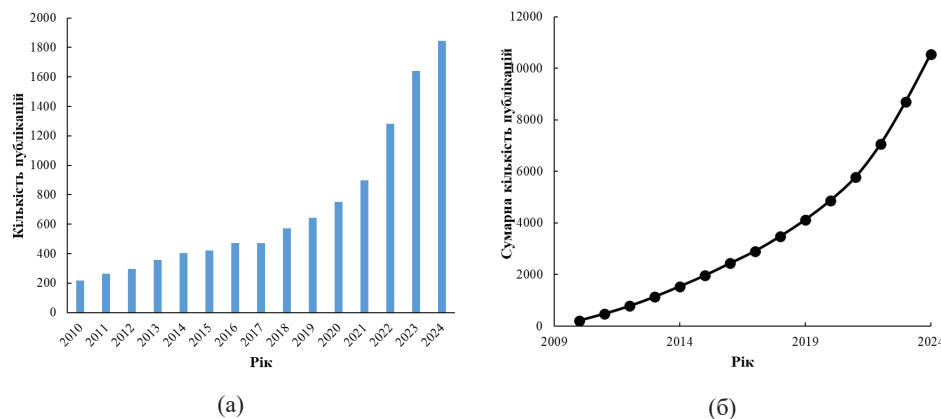


Рис. 1. Кількість публікацій з аналітичного міцелярно-екстракційного концентрування (а) та відповідна логістична крива (б): на основі інформації з бази даних Scopus станом на грудень 2024.

Fig. 1. Number of publications on analytical cloud point extraction (a) and corresponding logistic curve (b): based on information from the Scopus; accessed December 2024.

Аналіз рис. 2 вказує на те, що для неорганічних аналітів найбільш використовуваними є спектроскопічні методи, зокрема атомно-абсорбційна спектроскопія та спектрофотометрія, у той час як хроматографічні та електрохімічні методи використовуються менше.

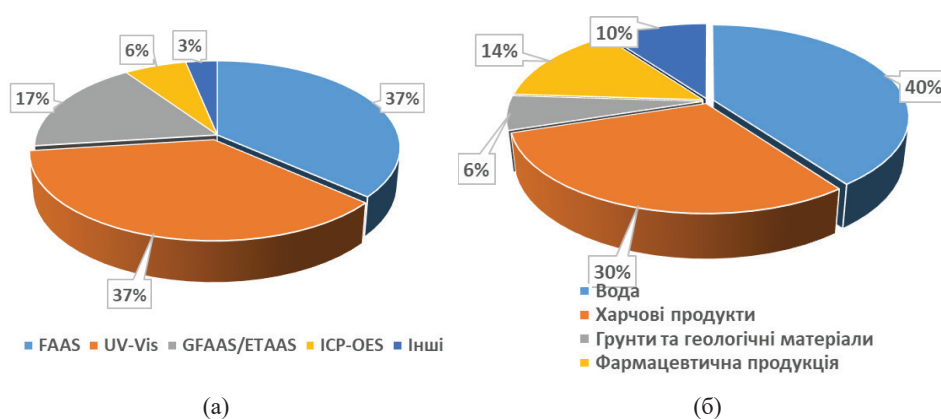


Рис. 2. Методи детектування аналітичного сигналу у випадку міцелярно-екстракційного концентрування неорганічних аналітів (а) та найпоширеніші об'єкти аналізу (б).

Fig. 2. Methods for detecting the analytical signal in the case of cloud point extraction of inorganic analytes (a) and the most common objects of analysis (b).

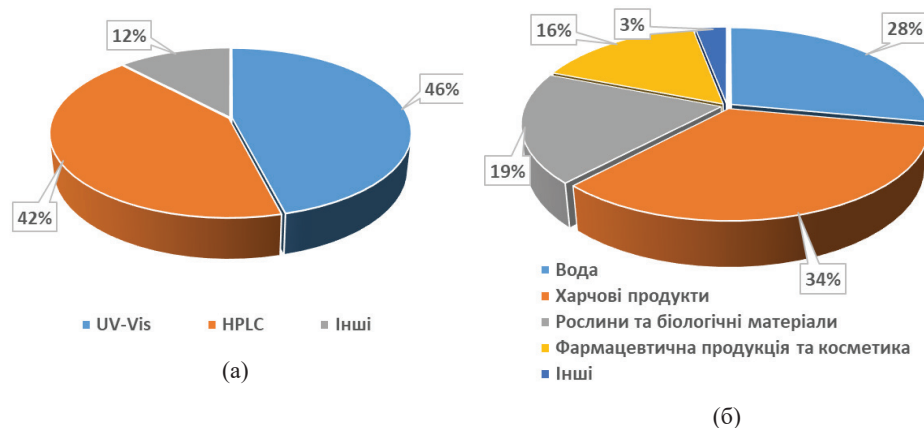


Рис. 3. Методи детектування аналітичного сигналу у випадку міцелярно-екстракційного концентрування органічних аналітів (а) та найпоширеніші об'єкти аналізу (б).

Fig. 3. Methods for detecting the analytical signal in the case of cloud point extraction of organic analytes (a) and the most common objects of analysis (b).

Щодо органічних аналітів (рис. 3.а), хроматографічні методи, особливо ВЕРХ та спектрофотометрія, є більш поширеними. У розрізі об'єктів аналізу (рис. 2б, рис. 3б), можна зауважити, що для обох груп аналітів найчастіше аналізуються зразки харчових продуктів та вод різних категорій. Геологічні та біологічні матеріали, а також фармацевтична продукція рідше використовуються для аналізу. Для фармацевтичної продукції це можна пояснити відносною простотою матриць та відсутністю необхідності концентрування слідових кількостей аналітів чи їх вилучення.

FAAS – атомно-абсорбційна спектроскопія з атомізацією в полум'ї, ETAAS – електротермічна атомно-абсорбційна спектроскопія, HPLC – вискоєфективна рідинна хроматографія, HR-CS-GF-AAS – атомно-абсорбційна спектроскопія високої роздільної здатності з джерелом безперервного випромінювання з графітовою пічкою, ICP-MS – мас-спектрометрія з індуктивно зв'язаною плазмою, SERS – підсилена поверхнею раманівська спектроскопія, ICP-OES – оптична емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою, HGAAS – атомно-абсорбційна спектроскопія з генерацією гідридів, DRIFT – спектроскопія інфрачервоного дифузного відбиття, HGAFS – атомна флуоресцентна спектрометрія з генерацією гідридів.

ВИСНОВКИ

В цілому можна зазначити, що міцелярна екстракція є перспективним підходом до концентрування і розділення речовин в аналізі, а її основними перевагами є висока ефективність вилучення, екологічна привабливість ("зеленість"), економічність, можливість поєднання з широким спектром методів детектування аналітичного сигналу та придатність для визначення слідових кількостей аналітів

Таблиця 1

Вибрані приклади застосування аналітичної міцелярної екстракції

Table 1

Selected examples of analytical cloud point extraction applications

Аналіт	Об'єкт аналізу	Метод аналізу	Діапазон лінійності	LOD	RSD, %	PF/EF	Літ.
Zn(II), Cd(II)	Харчові продукти	UV-Vis; FAAS	0.25–700; 0.25–400 ppm	0.035; 0.042ppm	1.2; 2.1	250; 180	[18]
V(V)	Вода, капуста, морква, м'ята, томат.	ICP-OES	0.4–750.0 нг/л	0.12 нг/л	2.5	49.5	[30]
Cu(II)	Проби води, фізіологічний розчин	UV-Vis	4.5–254 нг/мл	1.34 нг/мл	-	-	[31]
Fe(II), Fe(III)	Зразки навколишнього середовища	FAAS	-	1.22 мкг/л	4.2	-	[32]
Fe(II), Fe(III)	Пиво	FAAS	5.0–112 мкг/л	0.8; 1.0 мкг/л	2.0–2.6	-	[33]
Pb(II)	Водні розчини	FAAS	7.5 нг/л–3.5 мкг/л	5.27 нг/л	1.6	30	[34]
Cr(VI), Cr(III)	Сироватка крові	GFAAS	-	0.02 мкг/л	2.6	83.5	[35]
Hg(II)	Питна вода, прісна вода	UV-Vis	10–1000 мкг/л	1.65 мкг/л	1.85	-	[36]
Формальдегід	Пиво	HPLC	172–385 нг/л	0.7 нг/л	4.2–5.5	-	[37]
Pb(II)	Вода	FAAS	-	4.3 мкг/л	-	39	[38]
Cd(II)	Рис, ламінарії, водорості.	FAAS	-	0.90 нг/л	4.2	-	[39]
Естрогени	Сеча людини	HPLC	5–1000 нг/мл	0.1–0.2 нг/мл	2.36–5.27	-	[40]
Cd(II)	Іранський рис, вода	FAAS	1–100 нг/л	0.44 нг/л	0.99	20	[41]
Pb(II)	Тютюн, вода	FAAS	-	1.9 нг/мл	1.0	50	[42]
Нітриди	М'ясні продукти, річкова вода	UV-Vis	8–120 нг/л	6.0 нг/л	3.40	-	[43]
Бензімідазольні антигелімінтики	Зразки води та молока	HPLC	0.1–100 мкг/л	0.005–0.1 мкг/л	2.0 та 7.0	164	[44]

Аналіт	Об'єкт аналізу	Метод аналізу	Діапазон лінійності	LOD	RSD, %	RF/EF	Літ.
Cu(II), Hg(II)	Річна, водопровідна та мінеральна вода	ICP-OES	5–120 та 10–100 нг/л відповідно	0.48 та 1.1 нг/л відповідно	1.8 та 3.2 відповідно	82.7; 51.3 відповідно	[45]
Mn(VII)	Зразки ґрунту, овочів, м'яса	UV-Vis	0.2–3 нг/л	0.086 нг/л	1.07	200	[46]
Cd(II), Ni(II), Zn(II)	Прісна вода, розчини для гемодіалізу, зразки тунцю	FAAS	5.0–80; 2.5–160; 5.0–80 нг/л відповідно	0.37; 2.6; 2.3 нг/л відповідно	-	40–43	[47]
Cu(II)	Продукти харчування, вода, біологічні зразки	UV-Vis	4.0–115 нг/л	1.20 нг/л	-	125	[48]
Малахітовий зелений	Вода	SERS	0.5–35.0 мкг/л 2.5–40.0 мкг/л	0.10 мкг/л 0.7 мкг/л	2.0–2.5 1.9–3.2	-	[49]
Se(IV)	Рис	GFAAS	-	0.08 мкг/л	2.1	82	[50]
Ag(I)	Вода, витяги з лейкопластирів	ETAAS	-	2 нг/л	-	242	[51]
Cr(VI), Cr(III)	Вода, вино, пиво	ETAAS	5–100 нг/л	2 нг/л	-	-	[52]
Sb(III), Sb(V)	Плазма та сироватка крові, напої	FAAS	1–250; 10–400 мкг/л	0.25; 5.15 мкг/л	0.24–2.35	76.3; 48.3	[53]
Mn(II)	Вода, харчові продукти	UV-Vis	5.0–200 нг/л	0.80 нг/л	1.35	50	[54]
Бісфенол А, бісфенол АФ, тетрабромбісфенол	Вода	HPLC	0.05–25 мг/л	0.71–0.98 мкг/л	1.6–4.7	-	[55]
Пропілгалат, третинний бутилгідрокінон, гідроксинанізол бутірат, гідроксиголуен бутірат	Тонер, молочко для обличчя.	HPLC	1–1000 мкг/л	1.4–8.5 нг/л	<4.8	-	[56]
Pd(II), Ag(I), Au(III)	Вода, геологічні проби	ETAAS	0–125; 0–50; 0–100 мкг/л відповідно	0.12; 0.08; 0.30 мкг/л відповідно	3.4; 4.7; 2.2 відповідно	52; 46; 56 відповідно	[57]

Аналіт	Об'єкт аналізу	Метод аналізу	Діапазон лінійності	LOD	RSD, %	PF/EF	Літ.
As(V)	Джерельна вода, напої, рис	UV-Vis	4–450 мкг/л	1.14 мкг/л	-	65	[58]
5-гідроксиметилфурфурол	Мед, кислі напої	UV-Vis	6.5–275 мкг/л	1.96 мкг/л	2.10–3.65	-	[59]
Адреналін	Сеча людини	FLD	0.01–500 нмоль/л	0.003 нмоль/л	-	-	[60]
Cr(III), Cr(VI)	Вода	FAAS	0–200.0; 0–100.0 мкг/л відповідно	3.2; 1.1 мкг/л відповідно	3.7–5.8; 3.0–5.5	5	[61]
Sb(III)	Річкова, дощова, колодзяна вода, протилейш-маніозний препарат	UV-Vis	5–50 мкг/л	1.8 мкг/л	-	-	[62]
U(VI), V(V)	Зразки води	UV-Vis	0.1–0.75; 0.05–0.6 мкг/л	17.03; 5.51 мкг/л відповідно	6.48; 2.43 відповідно	11.81 15.0	[63]
Кармін	Зразки харчових продуктів	UV-Vis	0.04–5.0 мкг/л	0.012 мкг/л	4.8	-	[64]
Cd(II)	Сеча та кров людини	GFAAS	0.15–200 мкг/л	0.04 мкг/л	1.85–2.08	61	[65]
Ga(III), In(II), Tl(III)	Рідкокристалічні дисплеї, зразки осаду	FAAS	6–150; 2–150; 2–100 нг/л відповідно	3.50; 1.25; 0.92 мкг/л відповідно	1.55; 1.40; 1.82	50	[66]
Ag(I), Cd(II), Ni(II)	Вода	ETAAS	10–150; 5–100; 10–200 мкг/л відповідно	0.27–1.12 мкг/л	<2.5 відповідно	41–58	[67]
Діамантовий бланкетний FCF; жовтий захід FCF	Харчові продукти	UV-Vis	16.0–1300; 25.0–1300 нг/л відповідно	3.0; 6.0 нг/л відповідно	4.57	-	[68]
Ag(I), Cd(II)	Сушені горіхи та овочі	FAAS	0.08–90; 3–250 мкг/л відповідно	0.02; 0.9 мкг/л відповідно	<3.6	-	[69]
Mo(VI), V(V)	Молоко, овочі та продукти харчування	FAAS	3–340; 5–250 мкг/л відповідно	0.86; 1.55 мкг/л відповідно	<3.5	145; 115 відповідно	[70]

Аналіт	Об'єкт аналізу	Метод аналізу	Діапазон лінійності	LOD	RSD, %	RF/EF	Літ.
Sb(III), Sn(IV)	Продукти харчування, напої	FAAS	0.1–140; 0.1–225 мкг/л відповідно	0.03; 0.03 мкг/л відповідно	2.3–5.2; 2.6–5.4	-	[71]
Sb(III), Se(IV)	Природні води, напої, харчові продукти.	HGAAS	12–250; 8–300 нг/л відповідно	3.60; 2.45 нг/л відповідно	5.3	120; 155 відповідно	[72]
Th(IV)	Вода, ґрунт	UV-Vis	5.0–100 нг/л	1.40 нг/л	-	-	[73]
Малахітовий зелений, кристалічний фіолетовий, родамін В	Вода	UV-Vis	0.06–0.60; 0.10–0.80; 0.03–0.30 мкг/л відповідно	2.2–5.1 мкг/л	-	29.26; 85.47; 28.36	[74]
Co(II), Ni(II)	Вода, харчові продукти	FAAS	5.0–100; 5.0–150 нг/л відповідно	1.4; 1.0 нг/л відповідно	1.90–2.50; 2.10–2.30	100; 100 відповідно	[75]
Метиленовий блакитний	Вода	UV-Vis	2.0–350 мкг/л	0.65 мкг/л	1.05; 1.65	100.0	[76]
Ni(II)	Вода, харчові продукти	FAAS	2–200 мкг/л	0.6 мкг/л	-	-	[77]
Cr(VI)	Харчові продукти	DRIFT	1–100 мкг/л	1.22 мкг/л	-	-	[78]
Cd(II)	Вода	FAAS	59–69 мкг/г	1.5 мкг/л	-	25	[79]
Алюра червоний, Кармуазін	Харчові продукти	UV-Vis	0.06–2.0; 0.05–1.5 мкг/мл відповідно	0.016; 0.015 мкг/мл	3.5; 2.8 відповідно	-	[80]
Клоназепам	Фармацевтичні препарати	UV-Vis	0.3–25 мкг/мл	0.11 мкг/мл	2.5	-	[81]
Cr(III), Cr(VI)	Штучні екстракти слини, нохальний потіон	ETAAS	-	0.04 мкг/л	<5	60	[82]
Fe(III)	Сеча	FAAS	0.25–3.0 мкг/л	0.25 мкг/л	3.071	-	[83]
сульфадіазин	Вода, сеча, молоко, фармацевтичні препарати	UV-Vis	10–800 мкг/л	2.8 мкг/л	4.7	-	[84]

Аналіт	Об'єкт аналізу	Метод аналізу	Діапазон лінійності	LOD	RSD, %	RF/EF	Літ.
Кармуазін	Харчові продукти	UV-Vis	0.05–5.0 мкг/мл	7.2 мкг/л	5.0	-	[85]
As(III), As(V)	Природна вода	ICP-OES	2.0–50.0 нг/л	0.72 нг/л	3.5	-	[86]
Ag(I)	Вода	FAAS	1–500 нг/л	0.3 нг/л	3.6	33	[87]
Zn(II), Co(II), Ni(II)	Овочі, харчові продукти	FAAS	2–120; 2–220; 2–180 мкг/кг відповідно	0.5; 0.6; 0.6 мкг/кг	<3.1 відповідно	-	[29]
Ni(II)	Вода	ETAAS	0.1–5.5 нг/мл	0.031 нг/л	2.1	200	[88]
Пестициди	Вода	HPLC	0.005–0.7 мкг/л	0.0003–0.002 мкг/л	1.92–4.54	20–333	[89]
Mo(VI)	Вода, шипшина, фарм. препарати	UV-Vis	0.16–1.8 мкг/л	0.05 мкг/л	2.6–4.8	-	[90]
Ni(II), Co(II)	Молоко	FAAS	2–160; 3–180 мкг/л відповідно	0.56; 0.78 мкг/л відповідно	1.8–3.6; 2.2–3.8	53.9; 48.6	[91]
Pb(II)	Стічна вода	FAAS	7–250 нг/мл	5.0 нг/мл	1.9	50	[92]
Hg(II)	Вода	UV-Vis	0.25–3 мкг/мл	0.02 мкг/мл	1.6	20	[93]
Gd(III)	Сеча, вода, руда.	ICP-OES	0.1–200 мкг/л	0.03 мкг/л	2.6	49.2	[94]
Алкілфеноли	Вода	HPLC	0.6–200 мкг/л	0.17–0.39 мкг/л	<4.98	-	[95]
Cu(II)	Напої	UV-Vis	2–300 мкг/л	0.6 мкг/л	2.5–3.9	-	[96]
V(V), V(IV)	Рослинні олії, оцет	UV-Vis	2–180; 1–40 мкг/л	0.53; 0.26 мкг/л	-	-	[97]
Hg(II), CH ₃ Hg	Вода, прісноводна риба	ETAAS	0.40–15.0 мкг/л	0.23 мкг/л	4.85	17.8	[98]
Ag(I)	Гриби, овочі	UV-Vis	10–350; 4–160 мкг/л	4.28; 1.21 мкг/л	<5.1	70	[99]
Бета-каротин	Фруктові соки	UV-Vis	0.04–10 мг/мл	0.01 мг/мл	-	-	[100]

Аналіт	Об'єкт аналізу	Метод аналізу	Діапазон лінійності	LOD	RSD, %	PF/EF	Літ.
Th(IV)	Вода	UV-Vis	10.0–100.0 нг/мл	0.77 нг/мл	-	-	[101]
Метилпарагін	Мед	Voltammetry	0.1–2.0 ммоль/л	0.006 ммоль/л	-	6.1	[102]
Фосфати	Вода	UV-Vis	1.58–63 мкг/л	0.47 мкг/л	3.5–4.8	-	[103]
Te(IV), Te(VI)	Зразки води, ґрунту та донних відкладень	ETAAS	-	1.1; 1.7 нг/л	3.9; 5.0 нг/л	87	[104]
Cr(VI)	Органічне добриво	UV-Vis; FAAS	1.50–250; 1.85–1000 мкг/л	0.41; 0.55 мкг/г	-	5; 10	[105]
Монотерпенові глікозиди	Квіти <i>Raeonia suffruticosa</i>	HPLC	0.1–100 нг/мл	0.1 нг/мл	-	-	[106]
Фенольні кислоти	Кульбаба	HPLC	0.15–26.2 мг/л	0.005–0.008 мг/л	1.3–1.6	-	[107]
Полярні феноли	Вода	HPLC	0.25–250 мкг/л	0.061 мкг/л	1.7	7.7	[108]
V(V)	Озерна вода, відпрацьовані каталізатори	UV-Vis	2.6–510 нг/мл	0.8 нг/мл	-	10.4	[109]
Fe(III)	Вода, фрукти	UV-Vis	0.5–500 мкг/л	0.15 мкг/л	1.3	-	[110]
Ag(I)	Вода	UV-Vis	0.1–100 мкг/л	0.050 мкг/л	0.2–3.9	200	[111]
Co(II)	Дошова вода, вітамін B12, розчини для інфузій, сталь, стоматологічний сплав	UV-Vis	5.4–189 нг/мл	1.64 нг/мл	2.4–27	-	[112]
Fe(III)	Овочі, фрукти	UV-Vis	0.1–1.0 мг/л	0.03 мг/л	0.9–2.3	-	[113]
Міллаципран	Фармацевтичні препарати	UV-Vis	0.2–4.0 мкг/мл	0.06 мкг/мл	1.70	30	[114]
Тетрацикліни	Молоко, яйце, мед, внутрішні органи курки	HPLC-UV	2.63–1000 нг/мл	1.06–3.19 нг/мл	< 10	-	[115]
Каптоприл	Фармацевтичні препарати	UV-Vis	1–12 мкг/мл	0.051 мкг/л	0.076–0.18	-	[116]

різної природи. Аналіз тенденцій розвитку підходів до міцелярно-екстракційного концентрування свідчить про зростаючий інтерес до їх використання в аналізі, а вдосконалення методу спрямоване на підвищення селективності, зниження меж виявлення та розширення асортименту використовуваних поверхнево-активних речовин.

Проведено наукометричне дослідження щодо використання міцелярно-екстракційного концентрування в аналітичній практиці та показано, що найбільш поширеними є системи з неймогенними поверхнево-активними речовинами. Відзначено, що одним з недоліків методу залишається необхідність тривалого нагрівання розчинів, що суттєво обмежує коло аналітів та окреслено шляхи подолання цього недоліку: хімічно-ініційована низькотемпературна міцелярна екстракція, синергетична міцелярна екстракція тощо.

Таким чином, можна констатувати, що підходи до міцелярно-екстракційного концентрування активно модифікуються та модернізуються, що сприяє покращенню аналітичних характеристик сучасних комбінованих методів аналізу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Mortada W.* Recent developments and applications of cloud point extraction: a critical review // *Microchem. J.* – 2020. – Vol. 57. – An 105055. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105055>
2. *Snigur D., Azooz E., Zhukovetska O., Guzenko O., Mortada W.* Recent innovations in cloud point extraction towards a more efficient and environmentally friendly procedure // *Trends Anal. Chem.* – 2023. – Vol. 164. – An 117113. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117113>
3. *Campillo N., Gavazov K., Vicas P., Hagarova I., Andruch V.* Liquid-phase microextraction // *Appl. Spectrosc. Rev.* – 2020. – Vol. 55, N11. – P. 307–326. <https://doi.org/10.1080/05704928.2019.1604537>
4. *Налимов В. В.* Наукометрия: изучение развития науки как информационного процесса. М.: Наука, 1966. – 192 с.
5. *Чеботарёв А.Н., Снигур Д.В., Бевзюк Е.В., Ефимова И. С.* Анализ тенденций развития метода химической цветометрии // *Методы и объекты химического анализа.* – 2014. – Т. 9, № 1. – С. 4–11.
6. *Золотов Ю.А.* Наукометрические исследования // *Журн. аналит. химии.* – 2003 – Т.58, № 10. – С. 1013.
7. *Watanabe H., Tanaka H.* A Non-ionic surfactant as a new solvent for liquid-liquid extraction of zinc(II) with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol // *Talanta.* – 1978. – Vol. 25, N10. – P. 585–589. [https://doi.org/10.1016/0039-9140\(78\)80151-9](https://doi.org/10.1016/0039-9140(78)80151-9)
8. *Azooz E.A., Moslim J.R., Jawad S.K.* Cloud point extraction methodology for separation, extraction and preconcentration of Mn(VII) coupled with spectroscopy for determination in different samples // *Biochem. Cell. Arch.* – 2020. – Vol. 20, N1. – P. 2641–2648.
9. *Azooz E.A., Shabaa G.J., Badder Al-Muhanna E.H., Al-Mulla E.A.J., Mortada W.I.* Displacement cloud point extraction procedure for preconcentration of iron(III) in water and fruit samples prior to spectrophotometric determination // *Bull. Chem. Soc. Ethiop.* – 2023. – Vol. 37, N1 – P. 1–10. <https://doi.org/10.4314/BCSE.V37I1.1>
10. *Arya S., Kaimal A.M., Chib M., Sonawane S.K., Show P.L.* Novel, energy efficient and green cloud point extraction: technology and applications in food processing // *J. Food Sci. Technol.* – 2019. – Vol. 56. – P. 524–534. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3546-7>
11. *Torrent L., Iglesias M., Hidalgo M., Marguí E.* Determination of silver nanoparticles in complex aqueous matrices by total reflection X-ray fluorescence spectrometry combined with cloud point extraction // *J. Anal. At. Spectrom.* – 2018. – Vol. 33, N3. – P. 383–394. <https://doi.org/10.1039/C7JA00335H>
12. *Kaykhaili M., Ghasemi E.* Micro-cloud point extraction for preconcentration of Aspirin in commercial tablets prior to spectrophotometric determination // *J. Anal. Chem.* – 2016. – Vol. 71, N8. – P. 844–848. <https://doi.org/10.1134/S1061934816080074>
13. *Kumar K.R., Shyamala P.* Catanionic mixed micellar cloud point extraction of metal ions in coal fly ash samples and their determination by CS-ETAAS // *J. Environ. Chem. Eng.* – 2019. – Vol. 7, N3. – An 103119. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103119>

14. Zengin H., Gürkan R. Novel amide- and imide-co-polymers modified with sulfathiazole as efficient chelator for selective extraction, pre-concentration and determination of trace inorganic antimony (as Sb(III)) from edible vegetable oils by ultrasound assisted-cloud point extraction coupled to micro-volume UV-spectrophotometry // *J. Food Compos. Anal.*– 2023. – Vol. 115. – An 104931. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104931>
15. Sohaimi N.M., Saleh N.M., Ariffin M.M., Beh S.Y., Ahmad R. An environmentally friendly method for extraction of parabens in various samples using low viscosity and low cloud point temperature surfactant // *Malaysian J. Anal. Sci.*– 2018. – Vol. 22, N3. – P. 365–374. <https://doi.org/10.17576/mjas-2018-2203-01>
16. Asman S., Abas N.A. Triton X-100/ β -cyclodextrin cloud point extraction for removal of phenol using different of sodium salts as inducing phase separation agent // *Asian J. Chem.*– 2018. – Vol. 30, N6. – P. 1299–1305. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2018.21228>
17. Yu J., Huang J., Long F., Ma A., Pan J. “Inverse” cloud point extraction coupled with large volume injection ion-pair chromatography: a green route integrating extraction, challenging sample cleanup and on-column concentration into fast simple operation // *Talanta.*– 2018. – Vol. 190. – P. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.07.074>
18. Wannas F.A., Azooz E.A., Ridha R.K., Jawad S.K. Separation and micro determination of zinc(II) and cadmium(II) in food samples using cloud point extraction method // *Iraqi J. Sci.*– 2023. – Vol. 64, N3. – P. 1046–1061. <https://doi.org/10.24996/ijcs.2023.64.3.2>
19. Xie M., Hao X., Jiang X., Liu W., Liu T., Zheng H., Wang M. Ultrasound-assisted dual-cloud point extraction with high-performance liquid chromatography hydride-generation atomic fluorescence spectrometry for mercury speciation analysis in environmental water and soil samples // *J. Separ. Sci.*– 2021. – Vol. 44, N12. – P. 2457–2464. <https://doi.org/10.1002/jssc.202100088>
20. Jawad S.K., Kadhum M.U., Azooz E.A. Separation and spectrophotometric determination of iron(III) and mercury(II) via cloud point extraction with new azo-derivative // *Eurasian J. Anal. Chem.*–2018. – Vol. 13. – Anem48. <https://doi.org/10.29333/ejac/94973>
21. Pacheco-Fernandez I., Gonzalez-Martín R., e Silva F.A., Freire M.G., Pino V. Insights into coacervative and dispersive liquid-phase microextraction strategies with hydrophilic media – A review // *Anal. Chim. Acta.*–2021. – Vol. 1143. –P. 225–249. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2020.08.022>
22. Mortada W., Kenawy I., El-Gamal G., Moalla S. A micro mixed micelle-mediated preconcentration procedure for spectrophotometric determination of uranium in real and synthetic samples // *J. Radioanal. Nucl. Chem.*– 2017. – Vol. 313, N1. – P. 69–77. <https://doi.org/10.1007/s10967-017-5281-3>
23. Elnagar M.M., Hashem M.A., Hassanien M.M., Ismail M.A. pH-controlled mixed micelle cloud point extraction for selective removal of trace levels of iron from titanium concentrates // *Sep. Purif. Technol.*– 2021. – Vol. 265. – An 118534. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118534>
24. Saha A., Neogy S., Rao D.R.M., Deb S.B., Saxena M.K., Tomar B.S. Colorimetric and visual determination of ultratrace uranium concentrations based on the aggregation of amidoxime functionalized gold nanoparticles // *Microchim. Acta.*– 2019. – Vol. 186. – An 183. <https://doi.org/10.1007/s00604-019-3292-1>
25. Blanchet-Chouinard G., Larivière D. Determination of Pb in environmental samples after cloud point extraction using crown ether // *Talanta.*– 2018. – Vol. 179. – P. 300. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.11.015>
26. Biata N.R., Mashile G.P., Ramontja J., Mketi N., Nomngongo P.N. Application of ultrasound-assisted cloud point extraction for preconcentration of antimony, tin and thallium in food and water samples prior to ICP-OES determination // *J. Food Compos. Anal.*– 2019. – Vol. 76. – P. 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.004>
27. Melnyk A., Namiesnik J., Wolska L. Theory and recent applications of coacervate-based extraction techniques // *TrAC, Trends Anal. Chem.*– 2015. – Vol. 71. – P. 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.03.013>
28. Shokrollahi A., Refahi M. Development of cloud point extraction-scanometry, for the preconcentration and determination of colorless species: application for the determination of phenylalanine // *Quim. Nova.*– 2019. – Vol. 42, N1. – P. 36–41. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170303>
29. Altunay N., Elik A., Bulutlu C., Gürkan R. Application of simple, fast and eco-friendly ultrasound-assisted-cloud point extraction for pre-concentration of zinc, nickel and cobalt from foods and vegetables prior to their flame atomic absorption spectrometric determinations // *Int. J. Environ. Anal. Chem.*– 2018. – Vol. 98, N7. – P. 655–675. <https://doi.org/10.1080/03067319.2018.1487063>
30. Mortada W.I., El-Defrawy M.M., Erfan E., El-Asmy H.A. Cloud point extraction coupled with back-extraction for speciation of inorganic vanadium in water and determination of total vanadium in food samples by ICP-OES // *J. Food Compos. Anal.*– 2022. – Vol. 108. – An 104445. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104445>
31. Racheva P.V., Milcheva N.P., Genc F., Gavazov K. B. A centrifuge-less cloud point extraction-spectrophotometric determination of copper(II) using 6-hexyl-4-(2-thiazolylazo) resorcinol // *Spectrochim. Acta A.*– 2021. – Vol. 262. –An120106. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.120106>

32. Duran C., Özdes D., Çelenk Kaya E., Kantekin H., Numan Bulut V., Tüfekçi M. Optimization of a new cloud point extraction procedure for the selective determination of trace amounts of total iron in some environmental samples // Turk. J. Chem.– 2012. – Vol. 36, N3. – P. 445–456. <https://doi.org/10.3906/kim-1108-10>
33. Filik H., Giray D. Cloud point extraction for speciation of iron in beer samples by spectrophotometry // Food Chem.– 2011. – Vol. 130, N1. – P. 209–213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.008>
34. Mohammadi S. Z., Shamspur T., Afzali D., Taher M. A., Baghelani Y. M. Applicability of cloud point extraction for the separation trace amount of lead ion in environmental and biological samples prior to determination by flame atomic absorption spectrometry // Arabian J. Chem.– 2016. – Vol. 9, Supl. 1. – P. S610-S615. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.07.003>
35. Suna M., Wub. Q. Cloud point extraction combined with graphite furnace atomic absorption spectrometry for speciation of Cr(III) in human serum samples // J. Pharm. Biomed. Anal.– 2012. – Vol. 60. – P. 14–18. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.10.034>
36. Ulusoy H. I., Gürkan R., Ulusoy S. Cloud point extraction and spectrophotometric determination of mercury species at trace levels in environmental samples // Talanta.– 2012. – Vol. 88. – P. 516–523. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.11.026>
37. Wanga T., Gao X., Tong J., Chen L. Determination of formaldehyde in beer based on cloud point extraction using 2,4-dinitrophenylhydrazine as derivative reagent // Food Chem.– 2011. – Vol. 131, N4 – P. 1577–1582. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.021>
38. Wen X., Deng Q., Ji S., Yang S., Peng L. Design of rapidly synergistic cloud point extraction of ultra-trace lead combined with flame atomic absorption spectrometry determination // Microchem. J.– 2012. – Vol. 100. – P. 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2011.08.005>
39. Xiang G., Wena S., Wub X., Jiang X., He L., Liu Y. Selective cloud point extraction for the determination of cadmium in food samples by flame atomic absorption spectrometry // Food Chem.– 2012. – Vol. 132. – P. 532–536. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.053>
40. Zou Y., Li Y., Jin H., Tang H., Zou D., Liu M., Yang Y. Determination of estrogens in human urine by high-performance liquid chromatography/diode array detection with ultrasound-assisted cloud-point extraction // Anal. Biochem.– 2012. – Vol. 421, N2. – P. 378–384. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2011.10.007>
41. Golbedaghi R., Jafari S., Yafian M. R., Azadbakht R., Salehzadeh S., Jaleh B. Determination of cadmium(II) ion by atomic absorption spectrometry after cloud point extraction // J. Iranian Chem. Soc.– 2012. – Vol. 9, N3. – P. 251–256. <https://doi.org/10.1007/s13738-011-0018-7>
42. Soylak M., Yilmaz E., Ghaedi M., Montazerzohori M., Sheibani M. Cloud Point Extraction and Flame Atomic Absorption Spectrometry Determination of Lead(II) in Environmental and Food Samples // J. AOAC Int.– 2011. – Vol. 95, N6. – P. 1797–1802. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.10-370>
43. Pourreza N., Fat'hi M. R., Hatami A. Indirect cloud point extraction and spectrophotometric determination of nitrite in water and meat products // Microchem. J.– 2012. – Vol. 104. – P. 22–25. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.03.026>
44. Santaladchaiyakit Y., Srijaranai S. A simplified ultrasound-assisted cloud-point extraction method coupled with high performance liquid chromatography for residue analysis of benzimidazole anthelmintics in water and milk samples // Anal. Methods.– 2012. – N11. – P. 3864–3873. <https://doi.org/10.1039/c2ay25569c>
45. Shoaee H., Roshdi M., Khanlarzadeh N., Beiraghi A. Simultaneous preconcentration of copper and mercury in water samples by cloud point extraction and their determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry // Spectrochim. Acta A.– 2012. – Vol. 98. – P. 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.08.027>
46. Khammas Z. A. A., Jawad S. K., Ali I. R. A New Approach for Extraction and Determination of Manganese in Environmental Samples Using Cloud-Point Extraction Coupled with Spectrophotometry // Chem. Sci. Trans.– 2014. – Vol. 3, N1. – P. 255–267.
47. Galbeiro R., Garcia S., Gaubeur I. A green and efficient procedure for the preconcentration and determination of cadmium, nickel and zinc from freshwater, hemodialysis solutions and tuna fish samples by cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometry // J. Trace Elem. Med. Biol.– 2013. – Vol. 28, N2. – P. 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2013.12.004>
48. Gouda A. A., Amin A. S. Cloud-point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace quantities of copper in food, water and biological samples // Spectrochim. Acta A.– 2013. – Vol. 120. – P. 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.09.146>
49. Jin Y., Ma P., Liang F., Gao D., Wang X. Determination of malachite green in environmental water using cloud point extraction coupled with surface-enhanced Raman scattering // Anal. Methods.– 2013. – N5. – P. 5609–5614. <https://doi.org/10.1039/c3ay41128a>

50. Sun M., Liu G., Wuc Q. Speciation of organic and inorganic selenium in selenium-enriched rice by graphite furnace atomic absorption spectrometry after cloud point extraction // *Food Chem.*– 2013. – Vol. 141, N1. – P. 66–71. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.002>
51. López-García I., Vicente-Martínez Y., Hernández-Córdoba M. Speciation of silver nanoparticles and Ag(I) species using cloud point extraction followed by electrothermal atomic absorption spectrometry // *Spectrochim. Acta B.*– 2014. – Vol. 101. – P. 93–97. <http://doi.org/10.1016/j.sab.2014.07.017>
52. López-García I., Vicente-Martínez Y., Hernández-Córdoba M. Non-chromatographic speciation of chromium at sub-ppb levels using cloud point extraction in the presence of unmodified silver nanoparticles // *Talanta.*– 2015. – Vol. 132. – P. 23–28. <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.08.036>
53. Altunay N., Gurkan R. A new cloud point extraction procedure for determination of inorganic antimony species in beverages and biological samples by flame atomic absorption spectrometry // *Food Chem.*– 2014. – Vol. 175. – P. 507–515. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.012>
54. Gouda A.A. Cloud point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace amount of manganese(II) in water and food samples // *Spectrochim. Acta A.*– 2014. – Vol. 131. – P. 138–144. <http://doi.org/10.1016/j.saa.2014.04.075>
55. Li Y., Yang C., Ninga J., Yang Y. Cloud point extraction for the determination of bisphenol A, bisphenol AF and tetrabromobisphenol A in river water samples by high-performance liquid chromatography // *Anal. Methods.*– 2014. – N10. – P. 3285–3290. <https://doi.org/10.1039/c3ay42191k>
56. Liu C., Wang J., Yang Y. High-performance liquid chromatography determination of antioxidants in cosmetics after cloud point extraction using dodecylpolyoxyethylene ether // *Anal. Methods.*– 2014. – N15. – P. 6038–6043. <https://doi.org/10.1039/c4ay01007h>
57. Mortada W.I., Hassanien M.M., El-Asmy A.A. Cloud point extraction of some precious metals using Triton X-114 and a thioamide derivative with a salting-out effect // *Egypt. J. Basic Appl. Sci.*– 2014. – Vol. 1, N3–4. – P. 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2014.07.001>
58. Gürkan R., Kir U., Altunay N. Development of a simple, sensitive and inexpensive ion-pairing cloud point extraction approach for the determination of trace inorganic arsenic species in spring water, beverage and rice samples by UV–Vis spectrophotometry // *Food Chem.*– 2015. – Vol. 180. – P. 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.142>
59. Gürkan R., Altunay N. Quantification of 5-hydroxymethylfurfural in honey samples and acidic beverages using spectrophotometry coupled with ultrasonic assisted cloud point extraction // *J. Food Composition Anal.*– 2015. – Vol. 42. – P. 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.012>
60. Davletbaeva P., Falkova M., Safonova E., Moskvina L., Bulatov A. Flow method based on cloud point extraction for fluorometric determination of epinephrine in human urine // *Anal. Chim. Acta.*– 2016. – Vol. 911. – P. 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.12.045>
61. Diniz K.M., Tarley C.R.T. Speciation Analysis of Chromium in Water Samples Through Sequential Combination of Dispersive Magnetic Solid Phase Extraction Using Mesoporous Amino-Functionalized Fe₃O₄/SiO₂ Nanoparticles and Cloud Point Extraction // *Microchem. J.*– 2015. – Vol. 123. – P. 185–195. <http://doi.org/10.1016/j.microc.2015.06.011>
62. Frizzarin R.M., Portugal L.A., Estela J.M., Rocha F.R.P., Cerdà V. On-line lab-in-syringe cloud point extraction for the spectrophotometric determination of antimony // *Talanta.*– 2016. – Vol. 148. – P. 694–699. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.04.076>
63. Ghasemi E., Kaykhali M. Developing a New Micro Cloud Point Extraction Method for Simultaneous Preconcentration and Spectrophotometric Determination of Uranium and Vanadium in Brine // *Anal. Sci.*– 2015. – Vol. 31. – P. 407–411. <https://doi.org/10.2116/analsci.31.407>
64. Heydari R., Hosseini M., Zarabi S. A simple method for determination of carmine in food samples based on cloud point extraction and spectrophotometric detection // *Spectrochim. Acta A.*– 2015. – Vol. 150. – P. 786–791. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.06.032>
65. Mortada W.I., Hassanien M.M., Donia A.F., Shokeir A.A. Application of Cloud Point Extraction for Cadmium in Biological Samples of Occupationally Exposed Workers: Relation Between Cadmium Exposure and Renal Lesion // *Biol. Trace Elem. Res.*– 2015. – Vol. 168, N2 – P. 303–310. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0365-9>
66. Mortada W.I., Kenawy I.M., Hassanien M.M. A cloud point extraction procedure for gallium, indium and thallium determination in liquid crystal display and sediment samples // *Anal. Methods.*– 2015. – N5. – P. 2114–2120. <https://doi.org/10.1039/c4ay02926g>
67. Khan N., Kazi T.G., Tuzen M. Development of novel simultaneous single step and multistep cloud point extraction method for silver, cadmium and nickel in water samples // *J. Ind. Eng. Chem.*– 2015. – Vol. 35. – P. 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.12.022>

68. Heydari R., Hosseini M., Alimoradi M., Zarabi S. A Simple Method for Simultaneous Spectrophotometric Determination of Brilliant Blue FCF and Sunset Yellow FCF in Food Samples after Cloud Point Extraction // *Agric. Food Sci., Chem.*– 2016. – Vol. 38, N3. – P. 438–445.
69. Gürkan R., Altunay N., Yıldırım E. Combination of Ultrasonic-Assisted Cloud Point Extraction with Flame AAS for Preconcentration and Determination of Trace Amounts of Silver and Cadmium in Dried Nut and Vegetable Samples // *Food Anal. Methods.*– 2016. – Vol. 9, N11. – P. 3218–3229. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0505-7>
70. Gürkan R., Korkmaz S., Altunay N. Preconcentration and determination of vanadium and molybdenum in milk, vegetables and foodstuffs by ultrasonic-thermostatic-assisted cloud point extraction coupled to flame atomic absorption spectrometry // *Talanta.*– 2016. – Vol. 155. – P. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.012>
71. Altunay N., Gürkan R., Yıldırım E. A New Ultrasound Assisted-Cloud Point Extraction Method for the Determination of Trace Levels of Tin and Antimony in Food and Beverages by Flame Atomic Absorption Spectrometry // *Food Anal. Methods.*– 2016. – Vol. 9, N10. – P. 2960–2971. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0487-5>
72. Altunay N., Gürkan R. Separation/preconcentration of ultra-trace levels of inorganic Sb and Se from different sample matrices by charge transfer sensitized ion-pairing using ultrasonic-assisted cloud point extraction prior to their speciation and determination by hydride generation AAS // *Talanta.*– 2016. – Vol. 159. – P. 344–355. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.06.054>
73. El-Hay S. S. A., Gouda A. A. Determination of thorium(IV) in real samples by spectrophotometry after micelle-mediated cloud point extraction // *J. Radioanal. Nucl., Chem.*– 2016. – Vol. 310, N1. – P. 191–200. <https://doi.org/10.1007/s10967-016-4780-y>
74. Ghasemi E., Kaykhaii M. Application of Micro-cloud point extraction for spectrophotometric determination of Malachite green, Crystal violet and Rhodamine B in aqueous samples // *Spectrochim. Acta A.*– 2016. – Vol. 164. – P. 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.04.001>
75. Gouda A.A., Summan A. M., Amin A. H. Development of cloud-point extraction method for preconcentration of trace quantities of cobalt and nickel in water and food samples // *RSC Adv.*– 2016. – N6. – P. 94048–94057. <https://doi.org/10.1039/c6ra20900a>
76. Nekouei F., Kargarzadeh H., Nekouei S., Keshtpour F., Makhlof A. S.H. Efficient method for determination of methylene blue dye in water samples based on a combined dispersive solid phase and cloud point extraction using Cu(OH)₂ nanoflakes: central composite design optimization // *Anal. Bioanal. Chem.*– 2017. – Vol. 409, N4. – P. 1079–1092. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-0026-7>
77. Rahnama R., Najafi M. The use of rapidly synergistic cloud point extraction for the separation and preconcentration of trace amounts of Ni(II) ions from food and water samples coupling with flame atomic absorption spectrometry determination // *Environ. Monit. Assess.*– 2016. – Vol. 188, N3. – An 150. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5146-1>
78. Tiwari S., Deb M.K., Sen B.K. Cloud point extraction and diffuse reflectance-Fourier transform infrared spectroscopic determination of chromium(VI): a probe to adulteration in food stuffs // *Food Chem.*– 2017. – Vol. 221. – P. 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.034>
79. Sürme Y., Bişgin A. T., Uçan M., Narin İ. Cloud Point Extraction and Flame Atomic Absorption Spectrometric Determination of Cd(II) in Industrial and Environmental Samples // *J. Anal. Chem.*– 2018. – Vol. 73, N2. – P. 140–144. <https://doi.org/10.1134/S1061934818020120>
80. Amraei A., Niazi A., Alimoradi M., Hosseini M. Cloud Point Extraction and Simultaneous Spectrophotometric Determination of Allura Red and Carmoisine Using Wavelet Orthogonal Signal Correction–Partial Least Squares Method // *J. Anal. Chem.*– 2019. – Vol. 74, N2. – P. 93–99. <https://doi.org/10.1134/S1061934819020023>
81. Abdullah H. H. Cloud-point extraction and spectrophotometric determination of clonazepam in pharmaceutical dosage forms // *Bull. Chem. Soc. Ethiopia.*– 2017. – Vol. 31, N3. – P. 373–382. <https://doi.org/10.4314/bcse.v31i3.2>
82. Akhtar A., Kazi T. G., Afridi H. I., Khan M., Bilal M., Khan N. Application of modified cloud point extraction method for the chromium speciation in artificial saliva extracts of different snuff products // *J. Ind. Eng. Chem.*– 2018. – Vol. 59. – P. 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.10.038>
83. Khudhair A.F., Hassan M.K. Cloud Point Extraction and Determination of Trace Iron(III) in Urine Samples by Spectrophotometry and Flame Atomic Absorption Spectrometry // *Asian J. Chem.*– 2017. – Vol. 29, N12. – P. 2725–2733. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2017.20848>
84. Kazemi E., Dadfarnia S., Shabani A.M.H., Fattahi M.R., Khodaveisi J. Indirect spectrophotometric determination of sulfadiazine based on localized surface plasmon resonance peak of silver nanoparticles after cloud point extraction // *Spectrochim. Acta A.*– 2017. – Vol. 187. – P. 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.06.023>

85. Karatepe A., Akalin Ç., Soylak M. Spectrophotometric determination of carmoisine after cloud point extraction using Triton X-114 // *Turk. J. Chem.*– 2017. – Vol. 41, N2. – P. 256–262. <https://doi.org/10.3906/kim-1606-45>
86. Wena S., Zhu X. Speciation of inorganic arsenic(III) and arsenic(V) by a facile dual-cloud point extraction coupled with inductively plasma-optical emission spectrometry // *Talanta.*– 2018. – Vol. 181. – P. 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.12.083>
87. Yang X., Jia Z., Yang X., Li G., Liao X. Cloud point extraction-flame atomic absorption spectrometry for pre-concentration and determination of trace amounts of silver ions in water samples // *Saudi J. Biol. Sci.*– 2017. – Vol. 24, N3. – P. 589–594. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.01.030>
88. Han Q., Huo Y., Yang L., Yang X., He Y., Wu J. Determination of Trace Nickel in Water Samples by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry after Mixed Micelle-Mediated Cloud Point Extraction // *Mol.*– 2018. – Vol. 23, N10. – An 2597. <https://doi.org/10.3390/molecules23102597>
89. Kachangoon R., Vichapong J., Burakham R., Santaladchaiyakit Y., Srijaranai S. Ultrasonically Modified Amended-Cloud Point Extraction for Simultaneous Pre-Concentration of Neonicotinoid Insecticide Residues // *Mol.*– 2018. – Vol. 23, N5. – An 1165. <https://doi.org/10.3390/molecules23051165>
90. Snigur D., Chebotarev A., Dubovyiy V., Barbalat D., Bevziuk K. Salicylic acid assisted cloud point extraction at room temperature: Application for preconcentration and spectrophotometric determination of molybdenum(VI) // *Microchem. J.*– 2018. – Vol. 142. – P. 273–278. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.07.010>
91. Temel N.K., Sertakan K., Gürkan R. Preconcentration and Determination of Trace Nickel and Cobalt in Milk-Based Samples by Ultrasound-Assisted Cloud Point Extraction Coupled with Flame Atomic Absorption Spectrometry // *Biol. Trace Elem. Res.*– 2018. – Vol. 186, N2. – P. 597–607. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1337-7>
92. Kamel A.H., Amr A.E.E., Al-Omar M.A., Elsayed E.A. Pre-Concentration Based on Cloud Point Extraction for Ultra-Trace Monitoring of Lead (II) Using Flame Atomic Absorption Spectrometry // *Appl. Sci.*– 2019. – Vol. 9, N22. – An 4752. <https://doi.org/10.3390/app9224752>
93. Beiraghi A., Shirkhani A.R., Halimehjani A.Z. Separation, Preconcentration and determination of Hg(II) Ion in Water Samples by Cloud Point Extraction Technique Coupled with UV–VIS Spectrophotometry using a New Complexing Agent // *Int. J. New Chem.*– 2019. – Vol. 6, N3. – P. 163–177. <https://doi.org/10.22034/ijnc.2019.35367>
94. Khalifa M.E., Mortada W.I., El-defrawy M.M., Awad A.A. Selective separation of gadolinium from a series of f-block elements by cloud point extraction and its application for analysis of real samples // *Microchem. J.*– 2019. – Vol. 151. – An 104214. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104214>
95. Luo X., Hong J., Zheng H., Qin J., Wang M., Yang B. A rapid synergistic cloud point extraction for nine alkylphenols in water using high performance liquid chromatography and fluorescence detection // *J. Chromatogr. A.*– 2020. – Vol. 1611. – An 460606. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460606>
96. Temela N.K., Gürkan R. Application of Ultrasound-Assisted Cloud-Point Extraction and Spectrophotometry for Preconcentration and Determination of Trace Amounts of Copper(II) in Beverages // *J. Anal. Chem.*– 2019. – Vol. 74, N12. – P. 1174–1183. <https://doi.org/10.1134/S1061934819120128>
97. Temela N.K., Kuş B., Gürkan R. A new ion-pair ultrasound assisted-cloud point extraction approach for determination of trace V(V) and V(IV) in edible vegetal oils and vinegar by spectrophotometry // *Microchem. J.*– 2019. – Vol. 150. – An 104139. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104139>
98. Thongsaw A., Sananmuang R., Udnan Y., Ross G. M., Chaiyasith W. C. Dual-cloud point extraction for speciation of mercury in water and fish samples by electrothermal atomic absorption spectrometry // *Spectrochim. Acta B.*– 2019. – Vol. 160. – An 105685. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2019.105685>
99. Zengin H.B. Use of new polymeric composites for preconcentration of trace Ag⁺ ions from the selected mushroom/vegetables by ultrasound-assisted cloud-point extraction coupled to microvolume UV–Vis spectrophotometry // *Int. J. Environ. Anal. Chem.*– 2019. – Vol. 101, N14. – P. 1–25. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1691186>
100. Safdarian M., Hashemi P., Ghiasvand A. A fast and simple method for determination of β-carotene in commercial fruit juice by cloud point extraction-cold column trapping combined with UV–Vis spectrophotometry // *Food Chem.*– 2021. – Vol. 343. – An 128481. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128481>
101. Akl Z.F., Hegazy M.A. Selective cloud point extraction of thorium (IV) using tetraazonium based ionic liquid // *Egypt J. Env. Chem. Eng.*– 2020. – Vol. 8, N5. – An 104185. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104185>
102. de Sousa P.A.R., Squizzato A.L., Munoz R.A.A., Coelho L.M., de Meloc E.I., da Silva R.A.B. Cloud-point extraction associated with voltammetry: preconcentration and elimination of the sample matrix for trace determination of methyl parathion in honey // *Anal. Methods.*– 2020. – Vol. 48. – P. 5801–5814. <https://doi.org/10.1039/d0ay02057e>

103. Snigur D., Chebotarev A., Bulat K., Duboviy V. Fast room temperature cloud point extraction procedure for spectrophotometric determination of phosphate in water samples // *Anal. Biochem.*– 2020. – Vol. 597. – An 113671. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2020.113671>
104. Llaver M., Wuilloud R. G. Studying the effect of an ionic liquid on cloud point extraction technique for highly efficient preconcentration and speciation analysis of tellurium in water, soil and sediment samples // *Talanta.*– 2020. – Vol. 212. – An 120802. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120802>
105. de Sá I. P., de Souza G. B., de Araujo Nogueira A. R. Chromium speciation in organic fertilizer by cloud point extraction and optimization through experimental Doehlert design as support for legislative aspects // *Microchem. J.*– 2021. – Vol. 160, Part A. – An 105618. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105618>
106. Wang Q. f., Zhao Y. Q., Sun J. B., Zhou J. Simultaneous separation and determination of five monoterpene glycosides in *Paonia suffruticosa* flower samples by ultra-high-performance liquid chromatography with a novel reinforced cloud point extraction based on ionic liquid // *Microchem. J.*– 2021. – Vol. 168. – An 106457. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106457>
107. Ji Y., Wu L., Lv R., Wang H., Song S., Cao M. Facile Cloud Point Extraction for the Separation and Determination of Phenolic Acids from *Dandelion* // *ACS Omega.*– 2021. – Vol. 6, N20. – P. 13508–13515. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01768>
108. Liu W., Xie M., Hao X., Xu Q., Jiang X., Liu T., Wang M. Rapid synergistic cloud point extraction for simultaneous determination of five polar phenols in environmental water samples via high performance liquid chromatography with fluorescence detection // *Microchem. J.*– 2021. – Vol. 164. – An 105963. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.105963>
109. Milcheva N. P., Genç F., Racheva P. V., Delchev V. B., Andruch V., Gavazov K. B. An environmentally friendly cloud point extraction–spectrophotometric determination of trace vanadium using a novel reagent // *J. Mol. Liq.*– 2021. – Vol. 334. – An 116086. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116086>
110. Azooz E. A., Shabaa G. J., Al-Muhamma E. H. B., Al-Mulla E. A. J., Mortada W. I. Displacement cloud point extraction procedure for preconcentration of iron(III) in water and fruit samples prior to spectrophotometric determination // *Bull. Chem. Soc. Ethiopia.*– 2022. – Vol. 37, N1. – P. 1–10. <https://doi.org/10.4314/bcse.v37i1.1>
111. Azooz E. A., Shabaa G. J., Al-Mulla E. A. J. Methodology for Preconcentration and Determination of Silver in Aqueous Samples using Cloud Point Extraction // *Brazil. J. Anal. Chem.*– 2022. – Vol. 9, N35. – P. 39–48. <http://doi.org/10.30744/brjac.2179–3425.AR-61–2021>
112. Gavazov K. B., Racheva P. V., Milcheva N. P., Divarova V. V., Kiradzhiyska D. D., Genç F., Saravanska A. D. Use of a Hydrophobic Azo Dye for the Centrifuge-Less Cloud Point Extraction–Spectrophotometric Determination of Cobalt // *Mol.*– 2022. – Vol. 27, N15. – An 4725. <https://doi.org/10.3390/molecules27154725>
113. Supharoek S., Weerasuk B., Siringkhawut W., Ponhong K. G. K. Ultrasound-Assisted One-Pot Cloud Point Extraction for Iron Determination Using Natural Chelating Ligands from *Dipterocarpus intricatus* Dyer Fruit // *Mol.*– 2022. – Vol. 27, N17. – An 5697. <https://doi.org/10.3390/molecules27175697>
114. Garoub M. M., Gouda A. A., ElSheikh R., Fawzy E., ElToukhi W. E. Utilization of cloud point extraction for enhancement the efficiency of spectrophotometric estimation of milnacipran HCl as anti-depression drug in dosage forms and application to its tablets uniformity testing // *J. Umm Al-Qura University Appl. Sci.*– 2022. – Vol. 9, N1. – P. 29–39. <https://doi.org/10.1007/s43994-022-00012-7>
115. Phomai K., Supharoek S., Vichapong J., Grudpan K., Ponhong K. One-pot co-extraction of dispersive solid phase extraction employing iron-tannic nanoparticles assisted cloud point extraction for the determination of tetracyclines by high-performance liquid chromatography // *Talanta.*– 2023. – Vol. 252. – An 123852. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123852>
116. Hamad M. W., Aljuraissy A. M., Al-Samarray S. Y. Novel Method for Determination of Captopril in Pharmaceutical Formulations by Cloud – Point Extraction // *HIV Nursing.*– 2023. – Vol. 23, N2. – P. 1202–1207.

Стаття надійшла до редакції 07.03.2025

D. V. Snigur, A. V. Demchuk

Odesa I. I. Mechnikov National University,
2 Zmiienska Vsevoloda St, Odesa, 65082, Ukraine; e-mail: snigur@onu.edu.ua

TRENDS IN DEVELOPMENT AND APPLICATION OF CLOUD POINT EXTRACTION (REVIEW)

The work is dedicated to the review of trends in the development and peculiarities of analytical application of micellar extraction concentration: the features of using scientometric approaches as a tool for quantitative assessment of development trends are studied, the trends in the development of micellar extraction concentration are analyzed scientometrically, data on examples of analytical application of micellar extraction concentration in chemical analysis are summarized, principles, advantages, disadvantages and application of innovative extraction approaches at the cloud point, which are less known within the specified period (2018–2024) are considered.

Cloud point extraction is a promising approach to preconcentration in analysis, and its main advantages are high extraction efficiency, environmental attractiveness, cost-effectiveness, the possibility of coupling with a wide range of detecting methods and is suitable for determination trace amounts of various analytes. Analysis of trends in the development of approaches to cloud point extraction indicates a growing interest in their use in analysis, and the improvement of the method is aimed at increasing selectivity, reducing detection limits and expanding the range of surfactants used. A scientometric study was conducted on the use of cloud point extraction in analytical practice and it was shown that systems with nonionic surfactants are the most common. It is noted that one of the disadvantages of the method is the need for prolonged heating of solutions, which significantly limits the range of analytes, and ways to overcome this disadvantage are outlined: ultrasonic cloud point extraction, chemically initiated cloud point extraction, synergistic cloud point extraction, etc. Thus, it can be stated that approaches to cloud point extraction preconcentration are actively modified and modernized, which contributes to improving the analytical characteristics of modern combined methods of analysis.

Keywords: cloud point extraction, micellization, surfactants, analytical methods, supramolecular solvents.

REFERENCES

1. Mortada W. *Recent developments and applications of cloud point extraction: a critical review*. Microchem. J., 2020, vol. 57, an 105055. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105055>.
2. Snigur D., Azooz E., Zhukovetska O., Guzenko O., Mortada W. *Recent innovations in cloud point extraction towards a more efficient and environmentally friendly procedure*. Trends Anal. Chem., 2023, vol. 164, an 117113. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117113>
3. Campillo N., Gavazov K., Vicas P., Hagarova I., Andruch V. *Liquid-phase microextraction*. Appl. Spectrosc. Rev., 2020, vol. 55, no 11, pp. 307–326. <https://doi.org/10.1080/05704928.2019.1604537>
4. Nalimov V.V. *Naukometriya: izuchenie razvitiya nauki kak informatsionnogo protsesssa*. Налимов В.В. [Scientometrics: the study of the development of science as an information process] Moscow, Nauka, 1966, 192 p. (in Russian).
5. Chebotarjov A.N., Snigur D.V., Bevzjuk E.V., Efimova I.S. *Analiz tendencij razvitiya metoda himicheskoj cvetometrii*. [The trends analysis of chemical chromativity method evaluation], Metody i ob'ekty himicheskogo analiza, 2014, vol. 9, no 1, pp. 4–11. (in Russian).
6. Zolotov Yu.A. *Naukometricheskie issledovaniya*. [Scientometric research] Zhurn. analit. himii, 2003, vol. 58, no 10, pp. 1013. (in Russian).
7. Watanabe H., Tanaka H. *A Non-ionic surfactant as a new solvent for liquid-liquid extraction of zinc(II) with 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol*. Talanta, 1978, vol. 25, pp. 585–589. [https://doi.org/10.1016/0039-9140\(78\)80151-9](https://doi.org/10.1016/0039-9140(78)80151-9)

8. Azooz E.A., Moslim J.R., Jawad S.K. *Cloud point extraction methodology for separation, extraction and preconcentration of Mn(VII) coupled with spectroscopy for determination in different samples*. Biochem. Cell. Arch., 2020, vol. 20, no 1, pp. 2641–2648.
9. Azooz E.A., Shabaa G.J., Badder Al-Muhanna E.H., Al-Mulla E.A.J., Mortada W.I. *Displacement cloud point extraction procedure for preconcentration of iron(III) in water and fruit samples prior to spectrophotometric determination*. Bull. Chem. Soc. Ethiop., 2023, vol. 37, no 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.4314/BCSE.V37I1.1>
10. Arya S., Kaimal A.M., Chib M., Sonawane S.K., Show L. *Novel, energy efficient and green cloud point extraction: technology and applications in food processing*. J. Food Sci. Technol., 2019, vol. 56, pp. 524–534. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3546-7>
11. Torrent L., Iglesias M., Hidalgo M., Marguá E. *Determination of silver nanoparticles in complex aqueous matrices by total reflection X-ray fluorescence spectrometry combined with cloud point extraction*. J. Anal. At. Spectrom., 2018, vol. 33, no 3, pp. 383–394. <https://doi.org/10.1039/C7JA00335H>
12. Kaykhani M., Ghasemi E. *Micro-cloud point extraction for preconcentration of Aspirin in commercial tablets prior to spectrophotometric determination*. J. Anal. Chem., 2016, vol. 71, no 8, pp. 844–848. <https://doi.org/10.1134/S1061934816080074>
13. Kumar K.R., Shyamala P. *Catanionic mixed micellar cloud point extraction of metal ions in coal fly ash samples and their determination by CS-ETAAS*. J. Environ. Chem. Eng., 2019, vol. 7, no 3, an 103119. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103119>
14. Zengin H., Gürkan R. *Novel amide-and imide-co-polymers modified with sulfathiazole as efficient chelator for selective extraction, pre-concentration and determination of trace inorganic antimony (as Sb (III)) from edible vegetable oils by ultrasound assisted-cloud point extraction coupled to micro-volume UV-spectrophotometry*. J. Food Compos. Anal., 2023, vol. 115, an104931. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104931>
15. Sohaimi N.M., Saleh N.M., Ariffin M.M., Beh S.Y., Ahmad R. *An environmentally friendly method for extraction of parabens in various samples using low viscosity and low cloud point temperature surfactant*. Malaysian. J. Anal. Sci., 2018, vol. 22, no 3, pp. 365–374. <https://doi.org/10.17576/mjas-2018-2203-01>
16. Asman S., Abas N.A. *Triton X-100/ β -cyclodextrin cloud point extraction for removal of phenol using different of sodium salts as inducing phase separation agent*. Asian J. Chem., 2018, vol. 30, no 6, pp. 1299–1305. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2018.21228>
17. Yu J., Huang J., Long F., Ma A., Pan J. *“Inverse” cloud point extraction coupled with large volume injection ion-pair chromatography: a green route integrating extraction, challenging sample cleanup and on-column concentration into fast simple operation*. Talanta, 2018, vol. 190, pp. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2018.07.074>
18. Wannas F.A., Azooz E.A., Ridha R.K., Jawad S.K. *Separation and micro determination of zinc(II) and cadmium(II) in food samples using cloud point extraction method*. Iraqi J. Sci., 2023, vol. 64, no 3, pp. 1046–1061. <https://doi.org/10.24996/ijjs.2023.64.3.2>
19. Xie M., Hao X., Jiang X., Liu W., Liu T., Zheng H., Wang M. *Ultrasound-assisted dual-cloud point extraction with high-performance liquid -chromatography hydride generation atomic fluorescence spectrometry for mercury speciation analysis in environmental water and soil samples*. J. Separ. Sci., 2021, vol. 44, no 12, pp. 2457–2464. <https://doi.org/10.1002/jssc.202100088>
20. Jawad S.K., Kadhium M.U., Azooz E.A. *Separation and spectrophotometric determination of iron (III) and mercury (II) via cloud point extraction with new azo-derivative*. Eurasian J. Anal. Chem., 2018, vol. 13, no 5, em48. <https://doi.org/10.29333/ejac/9497>
21. Pacheco-Fernandez I., Gonzalez-Martín R., e Silva F.A., Freire M.G., Pino V. *Insights into coacervative and dispersive liquid-phase microextraction strategies with hydrophilic media – A review*. Anal. Chim. Acta, 2021, vol. 1143, pp. 225–249. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2020.08.022>
22. Mortada W., Kenawy I., El-Gamal G., Moalla S. *A micro mixed micelle-mediated preconcentration procedure for spectrophotometric determination of uranium in real and synthetic samples*. J. Radioanal. Nucl. Chem., 2017, vol. 313, no 1, pp. 69–77. <https://doi.org/10.1007/s10967-017-5281-3>
23. Elnagar M.M., Hashem M.A., Hassanien M.M., Ismail M.A. *pH-controlled mixed micelle cloud point extraction for selective removal of trace levels of iron from titanium concentrates*. Sep. Purif. Technol., 2021, vol. 265, an 118534. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2021.118534>
24. Saha A., Neogy S., Rao D.R.M., Deb S.B., Saxena M.K., Tomar B.S. *Colorimetric and visual determination of ultratrace uranium concentrations based on the aggregation of amidoxime functionalized gold nanoparticles*. Microchim. Acta, 2019, vol. 186, pp. 183. <https://doi.org/10.1007/s00604-019-3292-1>
25. Blanchet-Chouinard G., Larivière D. *Determination of Pb in environmental samples after cloud point extraction using crown ether*. Talanta, 2018, vol. 179, pp. 300. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.11.015>

26. Biata N.R., Mashile G.P., Ramontja J., Mketo N., Nomngongo P.N. *Application of ultrasound-assisted cloud point extraction for preconcentration of antimony, tin and thallium in food and water samples prior to ICP-OES determination*. J. Food Compos. Anal., 2019, vol. 76, pp. 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2018.11.004>
27. Melnyk A., Namiesnik J., Wolska L. *Theory and recent applications of coacervate-based extraction techniques*. TrAC, Trends Anal. Chem., 2015, vol. 71, pp. 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2015.03.013>
28. Shokrollahi A., Refahi M. *Development of cloud point extraction-scanometry, for the preconcentration and determination of colorless species: application for the determination of phenylalanine*. Quim. Nova, 2019, vol. 42, no 1, pp. 36–41. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170303>
29. Altunay N., Elik A., Bulutlu C., Gürkan R. *Application of simple, fast and eco-friendly ultrasound-assisted-cloud point extraction for pre-concentration of zinc, nickel and cobalt from foods and vegetables prior to their flame atomic absorption spectrometric determinations*. Int. J. Environ. Anal. Chem., 2018, vol. 98, no 7, pp. 655–675. <https://doi.org/10.1080/03067319.2018.1487063>
30. Mortada W.I., El-Defrawy M.M., Erfan E., El-Asmy H.A. *Cloud point extraction coupled with back-extraction for speciation of inorganic vanadium in water and determination of total vanadium in food samples by ICP-OES*. J. Food Compos. Anal., 2022, vol. 108, an 104445. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104445>
31. Racheva P.V., Milcheva N.P., Genc F., Gavazov K. B. *A centrifuge-less cloud point extraction-spectrophotometric determination of copper(II) using 6-hexyl-4-(2-thiazolylazo)resorcinol*. Spectrochim. Acta A, 2021, vol. 262, an 120106. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2021.120106>
32. Duran C., Özdes D., Çelenk Kaya E., Kantekin H., Numan Bulut V., Tüfekçi M. *Optimization of a new cloud point extraction procedure for the selective determination of trace amounts of total iron in some environmental samples*. Turk J Chem, 2012, vol. 36, no 3, pp. 445–456. <https://doi.org/10.3906/kim-1108-10>
33. Filik H., Giray D. *Cloud point extraction for speciation of iron in beer samples by spectrophotometry*. Food Chem., 2011, vol. 130, no 1, pp. 209–213. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.008>
34. Mohammadi S.Z., Shamspur T., Afzali D., Taher M.A., Baghelani Y.M. *Applicability of cloud point extraction for the separation trace amount of lead ion in environmental and biological samples prior to determination by flame atomic absorption spectrometry*. Arabian J. Chem., 2016, vol. 9, suppl. 1, pp. 610–615. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2011.07.003>
35. Suna M., Wub. Q. *Cloud point extraction combined with graphite furnace atomic absorption spectrometry for speciation of Cr(III) in human serum samples*. J. Pharm. Biomed. Anal., 2012, vol. 60, pp. 14–18. <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2011.10.034>
36. Ulusoy H.I., Gürkan R., Ulusoy S. *Cloud point extraction and spectrophotometric determination of mercury species at trace levels in environmental samples*. Talanta, 2011, vol. 88, pp. 516–523. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2011.11.026>
37. Wanga T., Gao X., Tong J., Chen L. *Determination of formaldehyde in beer based on cloud point extraction using 2,4-dinitrophenylhydrazine as derivative reagent*. Food Chem., 2011, vol. 131, no 4, pp. 1577–1582. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.021>
38. Wen X., Deng Q., Ji S., Yang S., Peng L. *Design of rapidly synergistic cloud point extraction of ultra-trace lead combined with flame atomic absorption spectrometry determination*. Microchem. J., 2011, vol. 100, pp. 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2011.08.005>
39. Xiang G., Wena S., Wub X., Jiang X., He L., Liu Y. *Selective cloud point extraction for the determination of cadmium in food samples by flame atomic absorption spectrometry*. Food Chem., 2011, vol. 132, pp. 532–536. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.053>
40. Zou Y., Li Y., Jin H., Tang H., Zou D., Liu M., Yang Y. *Determination of estrogens in human urine by high-performance liquid chromatography/diode array detection with ultrasound-assisted cloud-point extraction*. Anal. Biochem., 2011, vol. 421, no 2, pp. 378–384. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2011.10.007>
41. Golbedaghi R., Jafari S., Yafthian M.R., Azadbakht R., Salehzadeh S., Jaleh B. *Determination of cadmium(II) ion by atomic absorption spectrometry after cloud point extraction*. J. Iranian Chem. Soc., 2012, vol. 9, no 3, pp. 251–256. <https://doi.org/10.1007/s13738-011-0018-7>
42. Soylak M., Yilmaz E., Ghaedi M., Montazerzohori M., Sheibani M. *Cloud Point Extraction and Flame Atomic Absorption Spectrometry Determination of Lead(II) in Environmental and Food Samples*. J. AOAC Int., 2011, vol. 95, no 6, pp. 1797–1802. <https://doi.org/10.5740/jaoacint.10-370>
43. Pourreza N., Fat'hi M. R., Hatami A. *Indirect cloud point extraction and spectrophotometric determination of nitrite in water and meat products*. Microchem. J., 2012, vol. 104, pp. 22–25. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2012.03.026>
44. Santaladchaiyakit Y., Srijaranai S. *A simplified ultrasound-assisted cloud-point extraction method coupled with high performance liquid chromatography for residue analysis of benzimidazole anthelmintics in water and milk samples*. Anal. Methods, 2012, no 11, pp. 3864–3873. <https://doi.org/10.1039/c2ay25569c>

45. Shoaee H., Roshdi M., Khanlarzadeh N., Beiraghi A. *Simultaneous preconcentration of copper and mercury in water samples by cloud point extraction and their determination by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry*. Spectrochim. Acta A., 2012, vol. 98, pp. 70–75. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2012.08.027>
46. Khammas Z. A. A., Jawad S. K., Ali I. R. *A New Approach for Extraction and Determination of Manganese in Environmental Samples Using Cloud-Point Extraction Coupled with Spectrophotometry*. Chem. Sci. Trans., 2014, vol. 3, no 1, pp. 255–267.
47. Galbeiro R., Garcia S., Gaubeur I. *A green and efficient procedure for the preconcentration and determination of cadmium, nickel and zinc from freshwater, hemodialysis solutions and tuna fish samples by cloud point extraction and flame atomic absorption spectrometry*. J. Trace Elem. Med., 2013, vol. 28, no 2, pp. 160–165. <https://doi.org/10.1016/j.jtemb.2013.12.004>
48. Gouda A.A., Amin A. S. *Cloud-point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace quantities of copper in food, water and biological samples*. Spectrochim. Acta A, 2013, vol. 120, pp. 88–96. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2013.09.146>
49. Jin Y., Ma P., Liang F., Gao D., Wang X. *Determination of malachite green in environmental water using cloud point extraction coupled with surface-enhanced Raman scattering*. Anal. Methods, 2013, no 5, an 5609. <https://doi.org/10.1039/c3ay41128a>
50. Sun M., Liu G., Wuc Q. *Speciation of organic and inorganic selenium in selenium-enriched rice by graphite furnace atomic absorption spectrometry after cloud point extraction*. Food Chem., 2013, vol. 141, no 1. pp. 66–71. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.03.002>
51. López-García I., Vicente-Martínez Y., Hernández-Córdoba M. *Speciation of silver nanoparticles and Ag(I) species using cloud point extraction followed by electrothermal atomic absorption spectrometry*. Spectrochim. Acta B. 2014, vol. 101, pp. 93–97. <http://doi.org/10.1016/j.sab.2014.07.017>
52. López-García I., Vicente-Martínez Y., Hernández-Córdoba M. *Non-chromatographic speciation of chromium at sub-ppb levels using cloud point extraction in the presence of unmodified silver nanoparticles*. Talanta, 2014, vol. 132, pp. 23–28. <http://doi.org/10.1016/j.talanta.2014.08.036>
53. Altunay N., Gurkan R. *A new cloud point extraction procedure for determination of inorganic antimony species in beverages and biological samples by flame atomic absorption spectrometry*. Food Chem., 2014, vol. 175, pp. 507–515. <http://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.012>
54. Gouda A. A. *Cloud point extraction, preconcentration and spectrophotometric determination of trace amount of manganese(II) in water and food samples*. Spectrochim. Acta A, 2014, vol. 131, pp. 138–144. <http://doi.org/10.1016/j.saa.2014.04.075>
55. Li Y., Yang C., Ninga J., Yang Y. *Cloud point extraction for the determination of bisphenol A, bisphenol AF and tetrabromobisphenol A in river water samples by high-performance liquid chromatography*. Anal. Methods, 2014, no 10, pp. 3285–3290. <https://doi.org/10.1039/c3ay42191k>
56. Liu C., Wang J., Yang Y. *High-performance liquid chromatography determination of antioxidants in cosmetics after cloud point extraction using dodecylpolyoxyethylene ether*. Anal. Methods, 2014, no 15, pp. 6038–6043. <https://doi.org/10.1039/c4ay01007h>
57. Mortada W.I., Hassanien M.M., El-Asmy A.A. *Cloud point extraction of some precious metals using Triton X-114 and a thioamide derivative with a salting-out effect*. Egypt J. Basic Appl. Sci. 2014, vol. 1, no 3–4, pp. 184–191. <https://doi.org/10.1016/j.ejbas.2014.07.001>
58. Gürkan R., Kır U., Altunay N. *Development of a simple, sensitive and inexpensive ion-pairing cloud point extraction approach for the determination of trace inorganic arsenic species in spring water, beverage and rice samples by UV-Vis spectrophotometry*. Food Chem., 2015, vol. 180, pp. 32–41. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.01.142>
59. Gürkan R., Altunay N. *Quantification of 5-hydroxymethylfurfural in honey samples and acidic beverages using spectrophotometry coupled with ultrasonicassisted cloud point extraction*. J. Food Composition Anal. 2015, vol. 42, pp. 141–151. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.012>
60. Davletbaeva P., Falkova M., Safonova E., Moskvina L., Bulatov A. *Flow method based on cloud point extraction for fluorometric determination of epinephrine in human urine*. Anal. Chim. Acta, 2015, vol. 911, pp. 69–74. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2015.12.045>
61. Diniz K.M., Tarley C.R.T. *Speciation Analysis of Chromium in Water Samples Through Sequential Combination of Dispersive Magnetic Solid Phase Extraction Using Mesoporous Amino-Functionalized Fe₃O₄/SiO₂ Nanoparticles and Cloud Point Extraction*. Microchem. J., 2015, vol. 123, pp. 185–195. <http://doi.org/10.1016/j.microc.2015.06.011>
62. Frizzarin R.M., Portugal L.A., Estela J.M., Rocha F.R.P., Cerdà V. *On-line lab-in-syringe cloud point extraction for the spectrophotometric determination of antimony*. Talanta, 2015, vol. 148, pp. 694–699. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.04.076>

63. Ghasemi E., Kaykhali M. *Developing a New Micro Cloud Point Extraction Method for Simultaneous Preconcentration and Spectrophotometric Determination of Uranium and Vanadium in Brine*. Anal. Sci., 2015, vol. 31, pp. 407–411. <https://doi.org/10.2116/analsci.31.407>
64. Heydari R., Hosseini M., Zarabi S. *A simple method for determination of carmine in food samples based on cloud point extraction and spectrophotometric detection*. Spectrochim. Acta A, 2015, vol. 150, pp. 786–791. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2015.06.032>
65. Mortada W.I., Hassanien M.M., Donia A.F., Shokeir A.A. *Application of Cloud Point Extraction for Cadmium in Biological Samples of Occupationally Exposed Workers: Relation Between Cadmium Exposure and Renal Lesion*. Biol. Trace Elem. Res., 2015, vol. 168, no 2, pp. 303–310. <https://doi.org/10.1007/s12011-015-0365-9>
66. Mortada W.I., Kenawy I.M., Hassanien M.M. *A cloud point extraction procedure for gallium, indium and thallium determination in liquid crystal display and sediment samples*. Anal. Methods, 2015, no 5, pp. 2114–2120. <https://doi.org/10.1039/c4ay02926g>
67. Khan N., Kazi T.G., Tuzen M. *Development of novel simultaneous single step and multistep cloud point extraction method for silver, cadmium and nickel in water samples*. J. Ind. Eng. Chem., 2015, vol. 35, pp. 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.12.022>
68. Heydari R., Hosseini M., Alimoradi M., Zarabi S. *A Simple Method for Simultaneous Spectrophotometric Determination of Brilliant Blue FCF and Sunset Yellow FCF in Food Samples after Cloud Point Extraction*. Agric. Food Sci., Chem., 2016, vol. 38, no 3, pp. 438–445.
69. Gürkan R., Altunay N., Yıldırım E. *Combination of Ultrasonic-Assisted Cloud Point Extraction with Flame AAS for Preconcentration and Determination of Trace Amounts of Silver and Cadmium in Dried Nut and Vegetable Samples*. Food. Anal. Methods, 2016, vol. 9, no 11, pp. 3218–3229. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0505-7>
70. Gürkan R., Korkmaz S., Altunay N. *Preconcentration and determination of vanadium and molybdenum in milk, vegetables and foodstuffs by ultrasonic-thermostatic-assisted cloud point extraction coupled to flame atomic absorption spectrometry*. Talanta, 2016, vol. 155, pp. 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.04.012>
71. Altunay N., Gürkan R., Yıldırım E. *A New Ultrasound Assisted-Cloud Point Extraction Method for the Determination of Trace Levels of Tin and Antimony in Food and Beverages by Flame Atomic Absorption Spectrometry*. Food Anal. Methods, 2016, vol. 9, pp. 2960–2971. <https://doi.org/10.1007/s12161-016-0487-5>
72. Altunay N., Gürkan R. *Separation/preconcentration of ultra-trace levels of inorganic Sb and Se from different sample matrices by charge transfer sensitized ion-pairing using ultrasonic-assisted cloud point extraction prior to their speciation and determination by hydride generation AAS*. Talanta, 2016, vol. 159, pp. 344–355. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2016.06.054>
73. El-Hay S.S.A., Gouda A.A. *Determination of thorium(IV) in real samples by spectrophotometry after micelle-mediated cloud point extraction*. J. Radioanal. Nucl. Chem., 2016, vol. 310, no 1, pp. 191–200. <https://doi.org/10.1007/s10967-016-4780-y>
74. Ghasemi E., Kaykhali M. *Application of Micro-cloud point extraction for spectrophotometric determination of Malachite green, Crystal violet and Rhodamine B in aqueous samples*. Spectrochim. Acta A, 2016, vol. 164, pp. 93–97. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2016.04.001>
75. Gouda A.A., Summan A.M., Amin A.H. *Development of cloud-point extraction method for preconcentration of trace quantities of cobalt and nickel in water and food samples*. RSC Adv., 2016, no 6, pp. 94048–94057. <https://doi.org/10.1039/c6ra20900a>
76. Nekouei F., Kargarzadeh H., Nekouei S., Keshtpour F., Makhlof A.S.H. *Efficient method for determination of methylene blue dye in water samples based on a combined dispersive solid phase and cloud point extraction using Cu(OH)₂ nanoflakes: central composite design optimization*. Anal Bioanal Chem., 2016, vol. 409, no 4, pp. 1079–1092. <https://doi.org/10.1007/s00216-016-0026-7>
77. Rahnema R., Najafi M. *The use of rapidly synergistic cloud point extraction for the separation and preconcentration of trace amounts of Ni(II) ions from food and water samples coupling with flame atomic absorption spectrometry determination*. Environ. Monit. Assess., 2016, vol. 188, no 3, an 150. <https://doi.org/10.1007/s10661-016-5146-1>
78. Tiwari S., Deb M.K., Sen B.K. *Cloud point extraction and diffuse reflectance-Fourier transform infrared spectroscopic determination of chromium(VI): a probe to adulteration in food stuffs*. Food Chem., 2017, vol. 221, pp. 47–53. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.10.034>
79. Sürme Y., Bişgin A.T., Uçan M., Narin İ. *Cloud Point Extraction and Flame Atomic Absorption Spectrometric Determination of Cd(II) in Industrial and Environmental Samples*. J. Anal. Chem., 2018, vol. 73, no 2, pp. 140–144. <https://doi.org/10.1134/S1061934818020120>
80. Amraei A., Niazi A., Alimoradi M., Hosseini M. *Cloud Point Extraction and Simultaneous Spectrophotometric Determination of Allura Red and Carmoisine Using Wavelet Orthogonal Signal Correction-Partial Least Squares Method*. J. Anal. Chem. 2019, vol. 74, no 2, pp. 93–99. <https://doi.org/10.1134/S1061934819020023>

81. Abdullah H. H. *Cloud-point extraction and spectrophotometric determination of clonazepam in pharmaceutical dosage forms*. Bull. Chem. Soc. Ethiopia. 2017, vol. 31, no 3, pp.373–382. <https://doi.org/10.4314/bcse.v31i3.2>
82. Akhtar A., Kazi T. G., Afridi H. I., Khan M., Bilal M., Khan N. *Application of modified cloud point extraction method for the chromium speciation in artificial saliva extracts of different snuff products*. J. Ind. Eng. Chem., 2017, vol. 59, pp. 320–327. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2017.10.038>
83. Khudhair A. F., Hassan, M. K. *Cloud Point Extraction and Determination of Trace Iron(III) in Urine Samples by Spectrophotometry and Flame Atomic Absorption Spectrometry*. Asian J. Chem., 2017, vol. 29, no 12, pp. 2725–2733. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2017.20848>
84. Kazemi E., Dadfarnia S., Shabani A. M. H., Fattahi M. R., Khodaveisi J. *Indirect spectrophotometric determination of sulfadiazine based on localized surface plasmon resonance peak of silver nanoparticles after cloud point extraction*. Spectrochim. Acta A, 2017, vol. 187, pp. 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2017.06.023>
85. Karatepe A., Akalin Ç., Soylak M. *Spectrophotometric determination of carmoisine after cloud point extraction using Triton X-114*. Turk. J. Chem., 2017, vol. 41, no 2, pp. 256–262. <https://doi.org/10.3906/kim-1606-45>
86. Wena S., Zhu X. *Speciation of inorganic arsenic(III) and arsenic(V) by a facile dual-cloud point extraction coupled with inductively plasma-optical emission spectrometry*. Talanta, 2017, vol. 181, pp. 265–270. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2017.12.083>
87. Yang X., Jia Z., Yang X., Li G., Liao X. *Cloud point extraction-flame atomic absorption spectrometry for pre-concentration and determination of trace amounts of silver ions in water samples*. Saudi J. Biol. Sci., 2017, vol. 24, no 3, pp. 589–594. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2017.01.030>
88. Han Q., Huo Y., Yang L., Yang X., He Y., Wu J. *Determination of Trace Nickel in Water Samples by Graphite Furnace Atomic Absorption Spectrometry after Mixed Micelle-Mediated Cloud Point Extraction*. Mol., 2018, vol. 23, no 10, an 2597. <https://doi.org/10.3390/molecules23102597>
89. Kachangoon R., Vichapong J., Burakham R., Santaladchaiyakit Y., Srijaranai S. *Ultrasonically Modified Amended-Cloud Point Extraction for Simultaneous Pre-Concentration of Neonicotinoid Insecticide Residues*. Mol., 2018, vol. 23, no 5, an 1165. <https://doi.org/10.3390/molecules23051165>
90. Snigur D., Chebotarev A., Dubovyy V., Barbalat D., Bevziuk K. *Salicylic acid assisted cloud point extraction at room temperature: Application for preconcentration and spectrophotometric determination of molybdenum(VI)*. Microchem. J., 2018, vol. 142, pp. 273–278. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2018.07.010>
91. Temel N. K., Sertakan K., Gürkan R. *Preconcentration and Determination of Trace Nickel and Cobalt in Milk-Based Samples by Ultrasound-Assisted Cloud Point Extraction Coupled with Flame Atomic Absorption Spectrometry*. Biol. Trace Elem. Res., 2018, vol. 186, no 2, pp. 597–607. <https://doi.org/10.1007/s12011-018-1337-7>
92. Kamel A. H., Amr A. E. E., Al-Omar M. A., Elsayed E. A. *Pre-Concentration Based on Cloud Point Extraction for Ultra-Trace Monitoring of Lead (II) Using Flame Atomic Absorption Spectrometry*. Appl. Sci., 2019, vol. 9, no 22, an 4752. <https://doi.org/10.3390/app9224752>
93. Beiraghi A., Shirkhani A. R., Halimehjani A. Z. *Separation, Preconcentration and determination of Hg(II) Ion in Water Samples by Cloud Point Extraction Technique Coupled with UV-VIS Spectrophotometry using a New Complexing Agent* International. J. New Chem., 2019, vol. 6, no 3, pp. 163–177. <https://doi.org/10.22034/ijnc.2019.35367>
94. Khalifa M. E., Mortada W. I., El-defrawy M. M., Awad A. A. *Selective separation of gadolinium from a series of f-block elements by cloud point extraction and its application for analysis of real samples*. Microchem. J., 2019, vol. 151, an 104214. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104214>
95. Luo X., Hong J., Zheng H., Qin J., Wang M., Yang B. *A rapid synergistic cloud point extraction for nine alkylphenols in water using high performance liquid chromatography and fluorescence detection*. J. Chromatogr. A, 2019, vol. 1611, an 460606. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2019.460606>
96. Temela N. K., Gürkan R. *Application of Ultrasound-Assisted Cloud-Point Extraction and Spectrophotometry for Preconcentration and Determination of Trace Amounts of Copper(II) in Beverages*. J. Anal. Chem., 2019, vol. 74, no 12, pp. 1174–1183. <https://doi.org/10.1134/S1061934819120128>
97. Temela N. K., Kuş B., Gürkan R. *A new ion-pair ultrasound assisted-cloud point extraction approach for determination of trace V(V) and V(IV) in edible vegetal oils and vinegar by spectrophotometry*. Microchem. J., 2019, vol. 150, an 104139. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2019.104139>
98. Thongsaw A., Sananmuang R., Udnan Y., Ross G. M., Chaiyasith W. C. *Dual-cloud point extraction for speciation of mercury in water and fish samples by electrothermal atomic absorption spectrometry*. Spectrochim. Acta B, 2019, vol. 160, an 105685. <https://doi.org/10.1016/j.sab.2019.105685>
99. Zengin H. B. *Use of new polymeric composites for preconcentration of trace Ag⁺ ions from the selected mushroom/vegetables by ultrasound-assisted cloud-point extraction coupled to microvolume UV-Vis spectrophotometry*. Int. J. Environ. Anal. Chem. 2019, vol. 101, no 14, pp. 1–25. <https://doi.org/10.1080/03067319.2019.1691186>

100. Safdarian M., Hashemi P., Ghiasvand A. *A fast and simple method for determination of β -carotene in commercial fruit juice by cloud point extraction-cold column trapping combined with UV-Vis spectrophotometry*. Food Chem., 2020, pp. 343, an 128481. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128481>
101. Akl Z.F., Hegazy M.A. *Selective cloud point extraction of thorium (IV) using tetraazonium based ionic liquid*. Egypt J. Environ. Chem. Eng., 2020, vol. 8, no 5, an 104185. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104185>
102. de Sousa P.A.R., Squizzato A.L., Munoz R.A.A., Coelho L.M., de Meloc E.I., da Silva R.A.B. *Cloud-point extraction associated with voltammetry: preconcentration and elimination of the sample matrix for trace determination of methyl parathion in honey*. Anal. Methods, 2020, vol. 48, pp. 5801–5814. <https://doi.org/10.1039/d0ay02057e>
103. Snigur D., Chebotarev A., Bulat K., Duboviy V. *Fast room temperature cloud point extraction procedure for spectrophotometric determination of phosphate in water samples*. Anal. Biochem., 2020, vol. 597, an 113671. <https://doi.org/10.1016/j.ab.2020.113671>
104. Llaver M., Wuilloud R.G. *Studying the effect of an ionic liquid on cloud point extraction technique for highly efficient preconcentration and speciation analysis of tellurium in water, soil and sediment samples*. Talanta, 2020, vol. 212, an 120802. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2020.120802>
105. de Sá I.P., de Souza G.B., de Araujo Nogueira A.R. *Chromium speciation in organic fertilizer by cloud point extraction and optimization through experimental Doehlert design as support for legislative aspects*. Microchem. J., 2020, vol. 160, part A, an 105618. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105618>
106. Wang Q.f., Zhao Y.Q., Sun J.B., Zhou J. *Simultaneous separation and determination of five monoterpene glycosides in Paeonia suffruticosa flower samples by ultra-high-performance liquid chromatography with a novel reinforced cloud point extraction based on ionic liquid*. Microchem. J., 2021, vol. 168, an 106457. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.106457>
107. Ji Y., Wu L., Lv R., Wang H., Song S., Cao M. *Facile Cloud Point Extraction for the Separation and Determination of Phenolic Acids from Dandelion*. ACS Omega, 2021, vol. 6, no 20, pp. 13508–13515. <https://doi.org/10.1021/acsomega.1c01768>
108. Liu W., Xie M., Hao X., Xu Q., Jiang X., Liu T., Wang M. *Rapid synergistic cloud point extraction for simultaneous determination of five polar phenols in environmental water samples via high performance liquid chromatography with fluorescence detection*. Microchem. J., 2021, vol. 164, an 105963. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2021.105963>
109. Milcheva N.P., Genç F., Racheva P.V., Delchev V.B., Andrich V., Gavazov K.B. *An environmentally friendly cloud point extraction–spectrophotometric determination of trace vanadium using a novel reagent*. J. Mol. Liq., 2021, vol. 334, an 116086. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.116086>
110. Azooz E.A., Shabaa G.J., Al-Muhanna E.H.B., Al-Mulla E.A.J., Mortada W.I. *Displacement cloud point extraction procedure for preconcentration of iron(III) in water and fruit samples prior to spectrophotometric determination*. Bull. Chem. Soc. Ethiopia, 2022, vol. 37, no 1, pp. 1–10. <https://doi.org/10.4314/bcse.v37i1.1>
111. Azooz E.A., Shabaa G.J., Al-Mulla E.A.J. *Methodology for Preconcentration and Determination of Silver in Aqueous Samples using Cloud Point Extraction*. Brazil. J. Anal. Chem., 2022, vol. 9, no 35, pp. 39–48. <http://doi.org/10.30744/brjac.2179–3425.AR-61–2021>
112. Gavazov K.B., Racheva P.V., Milcheva N.P., Divarova V.V., Kiradzhyska D.D., Genç F., Saravanska A.D. *Use of a Hydrophobic Azo Dye for the Centrifuge-Less Cloud Point Extraction–Spectrophotometric Determination of Cobalt*. Mol., 2022, vol. 27, no 15, an 4725. <https://doi.org/10.3390/molecules27154725>
113. Supharoek S., Weerasuk B., Siriengkawut W., Ponghong K.G.K. *Ultrasound-Assisted One-Pot Cloud Point Extraction for Iron Determination Using Natural Chelating Ligands from Dipterocarpus intricatus Dyer Fruit*. Mol., 2022, vol. 27, no 17, an 5697. <https://doi.org/10.3390/molecules27175697>
114. Garoub M.M., Gouda A.A., ElSheikh R., Fawzy E., ElToukhi W.E. *Utilization of cloud point extraction for enhancement the efficiency of spectrophotometric estimation of milnacipran HCl as anti-depression drug in dosage forms and application to its tablets uniformity testing*. J. Umm Al-Qura University Appl. Sci., 2022, vol. 9, no 1, pp. 29–39. <https://doi.org/10.1007/s43994-022-00012-7>
115. Phomai K., Supharoek S., Vichapong J., Grudpan K., Ponghong K. *One-pot co-extraction of dispersive solid phase extraction employing iron-tannic nanoparticles assisted cloud point extraction for the determination of tetracyclines by high-performance liquid chromatography*. Talanta, 2022, vol. 252, an 123852. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2022.123852>
116. Hamad M.W., Aljuraisy A.M., Al-Samarray S.Y. *Novel Method for Determination of Captopril in Pharmaceutical Formulations by Cloud – Point Extraction*. HIV Nursing, 2023, vol. 23, no 2, pp. 1202–1207.