

УДК 543.422.3:(546.47+546.48+546.49+546.81)

ЕКСТРАКЦІЙНО-ФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ОБ'ЄКТАХ ДОВКІЛЛЯ

Сухарева О.Ю., Сухарев С.М., Бабич В.С.

Ужгородський національний університет, 88000, м. Ужгород, вул. Підгірна, 46

Сполуки важких металів, зокрема Цинку(II), Кадмію(II), Меркурію(II) та Плюмбуму(II), володіють високою токсичністю та рухливістю в навколишньому природному середовищі, тому їх відносять до одних із найбільш небезпечних екополютантів [1-3]. Крім того, сполуки важких металів (ВМ) мають високу здатність до біокумуляції, а з огляду на численні джерела їх надходження в природне середовище, контроль їх вмісту в об'єктах довкілля є завжди актуальним [4].

Для контролю вмісту зазначених ВМ в об'єктах довкілля широко використовують методи атомно-абсорбційної спектроскопії [5-8], вольтамперометричні методи [9-11], спектрофотометричні [12-15] та інші методи аналізу. При цьому слід зазначити, що свою актуальність не втрачають спектрофотометричні методи, які за рахунок модифікації (реагенти іммобілізовані на активних поверхнях, полімерні аналітичні реагенти, тощо) широко використовуються в сучасному аналізі [16-21].

В роботі [22] нами показано, що для екстракційно-фотометричного визначення сполук ВМ ефективними реагентами є тіопохідні 1,2,4-триазолів та симетричні ціанінові барвники, похідні 1,3,3-триметил-3Н-індолінію. В роботах [23,24] нами показано, що 4-аліл(вініл)-тіопохідні 1,2,4-триазолів можуть бути полімеризовані, а одержані полімерні реагенти можна використати для концентрування та визначення сполук ВМ. Але перш за все, необхідно дослідити умови утворення іонних асоціатів (ІА) досліджуваних ВМ з цими реагентами та симетричними ціаніновими барвниками.

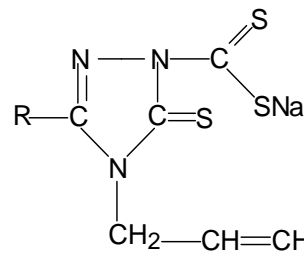
В роботі [25] нами показано, що тіопохідні 1,2,4-триазолу з іонами двовалентних металів утворюють комплекси

різного типу і складу. Комплекси типу $[MeL_3]^-$ утворюють лише деякі катіони двозарядних металів, а іони $Zn(II)$ таких комплексів не утворюють. Тому подальші дослідження комплексоутворення іонів Цинку(II) не проводились.

Метою даної роботи є вивчення умов утворення та екстракції іонних асоціатів $Cd(II)$, $Hg(II)$ та $Pb(II)$ з реагентами 3-феніл(піридил)-5-тіоксо-4-аліл-4,5-дигідро-1Н-1,2,4-триазол-1-карбодитіонату натрію та симетричними ціаніновими барвниками.

Експериментальна частина

Як реагенти використані тіопохідні 1,2,4-триазолів загальної формули:

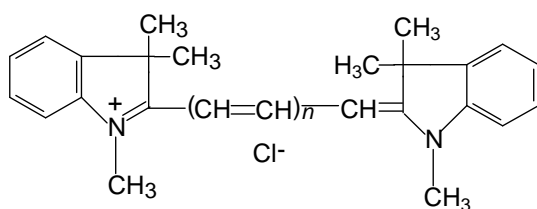


де $R = C_6H_5$ – 3-феніл-5-тіоксо-4-аліл-4,5-дигідро-1Н-1,2,4-триазол-1-карбодитіонат натрію (**ФАТК**); NC_5H_4 – 3-піридил-5-тіоксо-4-аліл-4,5-дигідро-1Н-1,2,4-триазол-1-карбодитіонат натрію (**ПАТК**).

Для дослідження готували розчини реагентів в диметилформаміді (ДМФА) концентрацією 0,02-0,001 моль/дм³, шляхом розчинення точної їх наважки в розчиннику.

Вихідні (0,1 моль/дм³) стандартні розчини іонів металів готували розчиненням їх нітратів з наступною стандартизацією [26]. Робочі стандартні розчини металів (0,001 моль/дм³) готували відповідним розведенням вихідних перед дослідженням.

В роботі використовували симетричні ціанінові барвники (ЦБ) загальної формули:



де $n=1$ – хлорид 1,3,3-триметил-2-[(E)-3-(1,3,3-триметил-2,3-дигідроген-1H-2-індолініліден)-1-пропеніл]-3H-індолю (ДІК, комерційна назва реагенту – астрафлосин FF); $n=2$ – хлорид 1,3,3-триметил-2-[(1E,3E)-5-(1,3,3-триметил-2,3-дигідроген-1H-2-індолініліден)-1,3-пентадієніл]-3H-індолю (ДІДК).

Використовували водні (для ДІК) та водно-етанольні (для ДІДК) 0,001 М розчини барвників, які одержані шляхом розчинення їх точної наважки.

Всі реагенти, які використовувалися в процесі дослідження мали кваліфікацію не нижче “ч.д.а.”. Необхідну кислотність середовища створювали 1 М ацетатним буферним розчином. Кислотність розчинів контролювали рН-метром “ОР-211/1”. Оптичні густини розчинів вимірювали на фотоелектроколориметрі КФК-3, а спектри світлопоглинання – на спектрофотометрі “Specord M-40”.

Результати та їх обговорення

Попередні дослідження показали, що в нейтральному та слаболужному середовищі іони Cd(II), Hg(II) і Pb(II) утворюють з досліджуваними реагентами забарвлені ІА, які добре вилучаються неполярними органічними розчинниками.

Для знаходження оптимальних умов утворення та екстракції ІА іонів важких металів з реагентами (ФАТК та ПАТК) та основними барвниками (ДІК та ДІДК) було вивчено вплив різних факторів на ефективність вилучення ІА металів.

Вивчення впливу кислотності середовища на ефективність вилучення ІА важких металів показало, що в нейтральному та слаболужному середовищі утворені ІА металів добре вилучаються толуеном, але оптимальні межі рН для вилучення ІА залежать від природи металу (табл.1). Крім

того, ступінь вилучення ІА металів з ПАТК є нижчим, ніж ІА металів з ФАТК, що, очевидно, зумовлено меншою гідрофільністю останнього. Для прикладу, на рис. 1 представлено вплив рН розчину на ефективність вилучення ІА металів з ФАТК та ДІК (рис. 1), а на рис. 2 – вплив рН розчину на ефективність вилучення ІА Меркурію(II) з ФАТК (ПАТК) та ДІК.

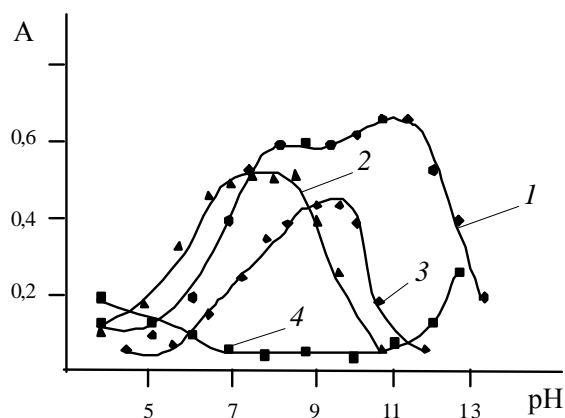


Рис. 1. Вплив рН розчинів на оптичну густину толуєних екстрактів ІА металів: $C_{Hg}=C_{Cd}=C_{Pb}=2 \times 10^{-5}$ М; $C_{ФАТК}=4 \times 10^{-4}$ М; $C_{ДІК}=1 \times 10^{-4}$ М; $l=0,5$ см; КФК-3 ($\lambda=540$ нм); $C_{ДМФА}=6$ Об.%; час екстр. – 60 сек. 1 – ІА Hg(II), 2 – ІА Cd(II), 3 – ІА Pb(II), 4 – контрольний дослід

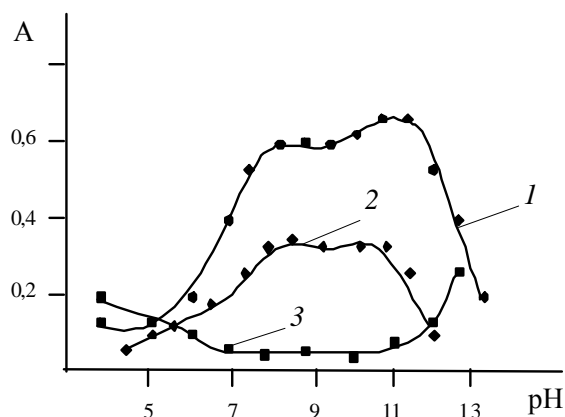


Рис. 2. Вплив рН розчинів на оптичну густину толуєних екстрактів ІА Меркурію: $C_{Hg}=2 \times 10^{-5}$ М; $C_{ФАТК}=C_{ПАТК}=4 \times 10^{-4}$ М; $C_{ДІК}=1 \times 10^{-4}$ М; $l=0,5$ см; КФК-3 ($\lambda=540$ нм); $C_{ДМФА}=6$ Об.%; час екстр. – 60 сек. 1 – ІА Hg(II) з ФАТК та ДІК, 2 – ІА Hg(II) з ПАТК та ДІК, 3 – контрольні дослід

З рис. 1 видно, що оптимальні межі рН для екстракції ІА металів є різними, проте загальні закономірності є подібними. Початок екстракції ІА металів в середовищі близькому до нейтрального можна пояснити утворенням комплексів складу $[MeL_3]^-$, який з катіоном барвника утворює ІА [22, 25]. В лужному середовищі проходить, очевидно, гідроліз комплексів металів. Крім того, при $pH > 11,5$ проходить зростання оптичної густини контрольного дослідження, що зумовлено утворенням асоціату між аніоном ліганду та катіоном барвника.

Дані рис. 2 свідчать, що ефективність вилучення ІА Меркурію(II) з ФАТК і ДІК є більшою, ніж ІА Меркурію(II) з ПАТК і ДІК. Це можна пояснити, як вже зазначалося, більшою гідрофільністю реагенту ПАТК.

Вивчено вплив концентрації реагентів на ефективність вилучення ІА важких металів і показано, що для ефективного зв'язування іонів металів в комплекс необхідний 10-кратний молярний надлишок реагентів ФАТК та ПАТК по відношенню до концентрації металів, а також 3-кратний молярний надлишок ДІК і 7-кратний молярний надлишок ДІДК.

Дослідження впливу тривалості екстракції на ефективність вилучення толуеном ІА металів з досліджуваними реагентами показало, що рівновага екстракційних процесів досягається протягом 60-100 секунд для всіх екстракційних систем.

Як екстрагенти вивчені бензен та його гомологи, естери ацетатної кислоти, тощо. Найбільш ефективними виявились бензен та толуен, тому в подальших дослідженнях використовували толуен з огляду на його меншу токсичність [27].

В роботі [22] нами показано, що додавання до подібних екстракційних систем донорно-активних водорозчинних органічних розчинників, зокрема ДМФА, зумовлює різноманітні ефекти, які пов'язані з процесами сольватації та пересольватації ІА металів. Як правило, додавання до екстракційних систем ДМФА призводить до пригнічення екстракції контрольного дослідження, що і спостерігається в даних екстракційних системах. Проте, при високих концентраціях ДМФА пригнічується і

екстракція ІА металів. Результати досліджень представлені в табл. 1.

Як приклад, на рис. 3 показано вплив концентрації ДМФА на оптичну густину толуенних екстрактів ІА важких металів з ФАТК та ДІК.

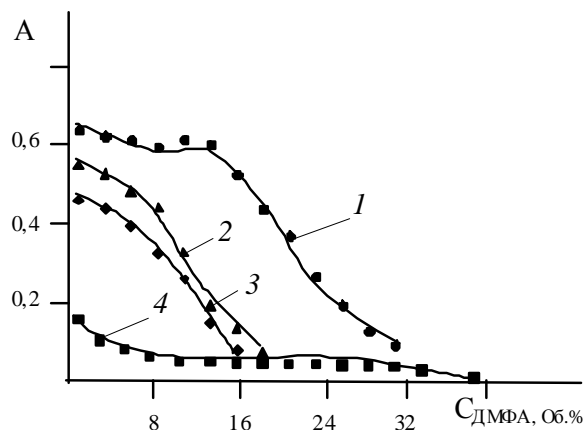


Рис. 3. Вплив концентрації ДМФА на оптичну густину толуенних екстрактів ІА важких металів з ФАТК та ДІК:

$C_{Hg}=C_{Cd}=C_{Pb}=2 \times 10^{-5}$ М; $C_{ФАТК}=4 \times 10^{-4}$ М;
 $C_{ДІК}=1 \times 10^{-4}$ М; $l=0,5$ см; КФК-3 ($\lambda=540$ нм);
 час екстракції – 60 сек.
 1 – ІА Нg(II), 2 – ІА Сd(II), 3 – ІА Рb(II),
 4 – контрольний дослід

Дані рис. 3 свідчать, що варіюванням концентрації ДМФА можна досягти вибіркової вилучення ІА Меркурію, в присутності сполук Кадмію та Плюмбуму.

Методами повторюваної екстракції та аналізу водної фази на залишковий вміст металів визначено ступінь вилучення металів у вигляді їх ІА. Результати дослідження представлені в табл.1.

В оптимальних умовах утворення та екстракції ІА металів з ФАТК(ПАТК) та ціаніновими барвниками (ДІК, ДІДК) записані спектри світлопоглинання їх толуенних екстрактів, побудовані калібрувальні графіки для визначення металів, розраховані хіміко-аналітичні характеристики ІА Меркурію(II), Кадмію(II) та Плюмбуму(II) з досліджуваними реагентами. Результати дослідження представлені в табл.1.

Досліджено вплив сторонніх іонів на утворення та вилучення ІА важких металів з досліджуваними реагентами.

Таблиця 1. Умови утворення та хіміко-аналітичні характеристики ІА Меркурію(II), Кадмію(II) та Плюмбуму(II) з ФАТК(ПАТК) та ДІК(ДІДК)

Іонний асоціат	pH_{opt}	$C_{DMFA, Об. \%}$	$\lambda_{погл.}, нм$	$\epsilon \times 10^4$	ГГ, мг/дм ³	МВВ, мг/дм ³	R, %
[Hg(ФАТК) ₃]ДІК	7,8-11,9	8-18	561	8,7	до 10,2	0,007	94,2
[Hg(ФАТК) ₃]ДІДК	7,9-11,0	6-10	676	8,1	до 6,6	0,013	89,7
[Hg(ПАТК) ₃]ДІК	8,0-11,2	4-12	561	5,3	до 8,1	0,012	57,5
[Hg(ПАТК) ₃]ДІДК	8,2-11,0	4-8	676	4,8	до 6,0	0,021	52,1
[Cd(ФАТК) ₃]ДІК	7,1-8,9	4-8	561	7,3	до 5,6	0,005	90,3
[Cd(ФАТК) ₃]ДІДК	7,3-8,6	4-6	676	7,6	до 5,2	0,011	87,5
[Cd(ПАТК) ₃]ДІК	7,3-8,7	4-6	561	5,1	до 5,6	0,009	59,6
[Cd(ПАТК) ₃]ДІДК	7,5-8,5	4-6	676	5,0	до 5,2	0,015	53,2
[Pb(ФАТК) ₃]ДІК	8,8-10,4	4-6	561	6,7	до 10,4	0,010	83,4
[Pb(ФАТК) ₃]ДІДК	9,0-10,1	4-6	676	6,3	до 7,1	0,018	81,6
[Pb(ПАТК) ₃]ДІК	9,0-10,0	4-6	561	4,8	до 10,4	0,015	54,3
[Pb(ПАТК) ₃]ДІДК	9,1-9,8	4-6	676	5,1	до 7,1	0,025	50,8

Примітка. Екстрагент – толуен; ГГ – лінійність калібрувального графіка; МВВ – межа визначуваних вмістів (за 3S-критерієм); R – ступінь вилучення толуеном.

Аналіз даних табл. 1 показує, що найкращими хіміко-аналітичними характеристиками володіє ІА Hg(II) з ФАТК та ДІК, проте екстракційні системи Cd-ФАТК-ДІК та Pb-ФАТК-ДІК також можуть бути використані для визначення цих металів. Вибірковість реакцій утворення та екстракції ІА Меркурію(II), Кадмію(II) та Плюмбуму(II) з ФАТК(ПАТК) та ДІК(ДІДК) аналогічна з іншими реагентами цього класу [22]. Висока селективність реакцій утворення ІА металів досягається особливістю утворення комплексів тіопохідних 1,2,4-триазолу з катіонами двовалентних металів [25]. Визначенню Hg(II), Cd(II) та Pb(II) у вигляді їх ІА з досліджуваними реагентами заважають лише рівні кількості Au(I,III) та 10-кратні кількості Ag(I). Якщо визначення Hg(II) з ФАТК та ДІК проводити при 18 Об.% ДМФА, не заважають Cd(II) та Pb(II). Усунути взаємний вплив іонів Cd(II) та Pb(II), при їх визначенні, неможливо.

З практичних міркувань доцільно проводити маскування заважаючих іонів.

Зокрема, додавання до досліджуваних розчинів ЕДТА на будь-якій стадії процесу усуває вплив Cd(II) та Pb(II), а також інших конкуруючих катіонів, що дозволяє ефективно проводити визначення Меркурію. Усунути вплив Au(I,III) та Ag(I) при визначенні Меркурію неможливо. Додавання до досліджуваного розчину аскорбінової кислоти (до введення в систему ФАТК) усуває вплив Hg(II), Au(I,III) та Ag(I), тому можливе визначення Cd(II) та Pb(II).

Методами зсуву рівноваг, ізомольарних серій, молярних відношень та методом Асмуса [28] встановлено співвідношення компонентів ІА металів з досліджуваними реагентами Me:ФАТК(ПАТК):ДІК(ДІДК), яке складає 1:3:1 незалежно від іону металу та ціанінового барвника. Тому імовірний склад ІА металів [Me(ФАТК)₃]^{ЦБ⁺} [22].

Результати проведеного дослідження показують, що нові аналітичні форми для визначення Меркурію(II), Кадмію(II) та Плюмбуму(II) на основі використання ФАТК та ДІК є ефективними і можуть бути

придатними для розробки нових методик екстракційно-фотометричного визначення цих металів. Актуальним є розробка методик сумарного визначення важких металів в об'єктах довкілля, а також методик визначення сполук Меркурію.

На основі екстракційних систем Hg-ФАТК-ДІК, Cd-ФАТК-ДІК та Pb-ФАТК-ДІК нами розроблені нові методики екстракційно-фотометричного визначення суми важких металів в природних водах та рухомих форм в ґрунтах, а також визначення Меркурію в цих об'єктах.

Методика визначення сумарного вмісту важких металів в річкових водах.

10,0 см³ досліджуваної води переносять в ділильну лійку, додають 1,0 см³ 0,01 М розчину ФАТК (в ДМФА), 0,3 см³ ДМФА, 0,5 см³ 0,001 М водного розчину ДІК і, до об'єму 15,0 см³ доводять 1М ацетатним буферним розчином (рН=8,5-9,0). Приливають 5,0 см³ толуену, екстрагують протягом 2-х хвилин і, після розшарування фаз, вимірюють оптичну густину толуенних екстрактів при $\lambda=560$ нм в кюветах з $\lambda = 0,5$ см відносно екстракту контрольного дослідження.

Сумарний вміст важких металів (ммоль/дм³) визначають за калібрувальним графіком. Можливе візуальне порівняння інтенсивності забарвлення екстрактів із наперед побудованою стандартною шкалою. Результати дослідження представлені в табл.2.

Методика визначення Меркурію(II) в річкових водах.

20,0 см³ досліджуваної води переносять в ділильну лійку, додають 2,0 см³ 0,05 М розчину трилону Б, 1,0 см³ 0,01 М розчину ФАТК (в ДМФА), 1,5 см³ ДМФА, 0,5 см³ 0,001 М водного розчину ДІК і, до об'єму 30,0 см³ доводять 1М ацетатним буферним розчином (рН=10,0). Приливають 5,0 см³ толуену, екстрагують протягом 2-х хвилин і, після розшарування фаз, вимірюють оптичну густину толуенних екстрактів при $\lambda=560$ нм в кюветах з $\lambda = 0,5$ см відносно екстракту контрольного дослідження.

Вміст сполук Меркурію(II) (мг/дм³) у водах знаходять за калібрувальним графіком, який побудований з використанням

стандартного розчину Hg(II) в аналогічних умовах. Результати дослідження представлені в табл.2.

Методика визначення сумарного вмісту рухомих форм важких металів в ґрунтах.

20,0 г повітряно-сухого ґрунту обробляють 50,0 см³ 0,01 М розчину сульфатної кислоти, і, після настоювання протягом п'яти хвилин при перемішуванні, шляхом фільтрування крізь паперовий фільтр (синя смужка) одержують фільтрат.

5,0 см³ одержаного фільтрату переносять в ділильну лійку, додають 1,0 см³ 0,01 М розчину ФАТК (в ДМФА), 0,5 см³ 0,001 М водного розчину ДІК і, до об'єму 10,0 см³ доводять 1М ацетатним буферним розчином (рН=8,5-9,0). Приливають 5,0 см³ толуену, екстрагують протягом 2-х хвилин і, після розшарування фаз, вимірюють оптичну густину толуенних екстрактів при $\lambda=560$ нм в кюветах з $\lambda = 0,5$ см відносно екстракту контрольного дослідження.

Сумарний вміст рухомих форм важких металів (ммоль/дм³) визначають за калібрувальним графіком. Результати дослідження представлені в табл.3.

Методика визначення рухомих форм Меркурію(II) в ґрунтах.

Фільтрат одержують за методикою, яка описана вище. 5,0 см³ одержаного фільтрату переносять в ділильну лійку, додають 1,0 см³ 0,05 М розчину трилону Б, 1,0 см³ 0,01 М розчину ФАТК (в ДМФА), 0,5 см³ ДМФА, 0,5 см³ 0,001 М водного розчину ДІК і, до об'єму 10,0 см³ доводять 1М ацетатним буферним розчином (рН=10,0). Приливають 5,0 см³ толуену, екстрагують протягом 2-х хвилин і, після розшарування фаз, вимірюють оптичну густину толуенних екстрактів при $\lambda=560$ нм в кюветах з $\lambda = 0,5$ см відносно екстракту контрольного дослідження.

Вміст рухомих форм Меркурію(II) (мг/кг) у ґрунтах знаходять за калібрувальним графіком. Результати дослідження представлені в табл.3.

Аналіз результатів даних табл. 2-3 свідчать про те, що запропоновані методики мають задовільні метрологічні характеристики, є експресними і простими у виконанні.

Таблиця 2. Результати визначення сумарного вмісту важких металів та Меркурію(II) в природних водах (n=6; P=0,95)

Проба води	Σ металів		Hg^{2+}	
	введено металів, ммоль/дм ³	знайдено металів, ммоль/дм ³ / S_r	введено $Hg(II)$, мкг/дм ³	знайдено $Hg(II)$, мкг/дм ³ / S_r
№ 1. Річка Латориця (м. Свалява)	– 0,001	0,0001 / 0,071 0,0011 / 0,053	– 1,0	0,05 / 0,079 1,04 / 0,056
№ 2. Річка Латориця (м. Мукачево)	– 0,001	0,0002 / 0,065 0,0012 / 0,055	– 1,0	0,07 / 0,073 1,06 / 0,055
№ 3. Річка Уж (сmt Перечин)	– 0,001	0,0001 / 0,074 0,0011 / 0,057	– 1,0	Не знайдено 1,01 / 0,059
№ 4. Річка Уж (м. Ужгород)	– 0,001	0,0003 / 0,063 0,0013 / 0,048	– 1,0	0,03 / 0,081 1,04 / 0,058
№ 5. Озеро сmt Середне	– 0,001	0,0003 / 0,061 0,0013 / 0,045	– 1,0	0,02 / 0,085 1,03 / 0,058
№ 6. Колодязь (с. Мужієво)	– 0,001	0,0024 / 0,042 0,0035 / 0,037	– 1,0	0,73 / 0,065 1,75 / 0,053

Примітка. Орієнтовна допустима концентрація $\Sigma Me = 0,001$ ммоль/дм³; ГДК_В для Меркурію – 0,0005 мг/дм³ (сан.-токс.); ГДК_{ВР} для Меркурію – 0,0001 мг/дм³ (токс.)

Таблиця 3. Результати визначення сумарного вмісту рухомих форм важких металів та Меркурію(II) в ґрунтах (n=6; P=0,95)

Проба ґрунту	Σ металів		Hg^{2+}	
	введено металів, ммоль/кг	знайдено металів, ммоль/кг / S_r	введено $Hg(II)$, мг/кг	знайдено $Hg(II)$, мг/кг / S_r
№ 1. Ґрунти НПП «Зачарований край»	– 0,005	0,0005 / 0,065 0,0054 / 0,046	– 2,0	Не знайдено 2,02 / 0,048
№ 2. Ґрунти НПП «Ужанський»	– 0,005	0,0007 / 0,062 0,0058 / 0,045	– 2,0	0,04 / 0,081 2,03 / 0,051
№ 3. Ґрунти Карпатського біосферного заповідника (Рахівський район)	– 0,005	0,0004 / 0,067 0,0054 / 0,049	– 2,0	Не знайдено 1,98 / 0,050
№ 4. Ґрунти сmt Великий Березний	– 0,005	0,0009 / 0,054 0,0058 / 0,042	– 2,0	0,09 / 0,073 2,07 / 0,051
№ 5. Ґрунти с. Вишково	– 0,005	0,0012 / 0,052 0,0063 / 0,041	– 2,0	0,24 / 0,065 2,26 / 0,045

Примітка. Всі ґрунти відібрані в межах Закарпаття. ГДК_Г для Меркурію – 2,1 мг/кг.

Слід зазначити, що у зразках № 1-5 досліджуваних вод, вміст сполук важких металів не перевищує встановлені нормативи, а в зразку № 6 (колодязна вода, яка відібрана в с. Мужієво) спостерігається перевищення допустимого вмісту загальної суми важких металів та сполук Меркурію(II) над відповідними нормами (див. табл. 2). Це, очевидно, пов'язано з міграцією сполук важких металів у водоносні горизонти з шламів відходів виробництва золота.

Серед досліджених ґрунтів (див. табл. 3), найбільший вміст суми рухомих форм

важких металів та сполук Меркурію(II) спостерігається в ґрунтах, які відібрані в районі с. Вишково (Хустський район). Це, очевидно, зумовлено тим, що в цьому районі спостерігається високий природний вміст кіноварі та інших мінералів важких металів.

Вміст рухомих форм важких металів та Меркурію(II) в ґрунтах заповідних територій (зразки № 1-3) є невисоким, що свідчить про відсутність природних аномалій вмісту важких металів в ґрунтах та антропогенного забруднення цих територій.

Висновки

Показана можливість екстракційно-фотометричного визначення сумарного вмісту деяких важких металів (Hg, Cd, Pb) та роздільного визначення сполук Меркурію(II) в об'єктах довкілля з використанням 3-феніл-5-тіоксо-4-аліл-4,5-дигідро-1Н-1,2,4-триазол-1-карбодитіонат натрію та ціанінового барвника хлориду 1,3,3-триметил-2-[(Е)-3-(1,3,3-триметил-2,3-дигідроген-1Н-2-індолініліден)-1-пропеніл]-3Н-індолю. На основі проведених досліджень утворення та екстракції іонних асоціатів металів із досліджуваними реагентами розроблені методики визначення вмісту важких металів в природних водах та ґрунтах.

Література

1. Вредные химические вещества. Неорганические соединения элементов I-IV групп / Под ред. В.А.Филова – Л.: Химия, 1988. – 512 с.
2. Водяницкий Ю.Н. Изучение тяжелых металлов в почвах. – М.: Изд-во Почв. Ин-та, 2005. – 110 с.
3. Мажайский Ю.А., Гусева Т.М. Тяжелые металлы в экосистемах малых рек. – М.: Изд-во МГУ, 2001. – 139 с.
4. Gnerre R., Accornero A. Concentrazioni di metalli pesanti (Cr, Zn, Cu, Pb, Ni, As, Cd, e Hg) nei sedimenti dello di Vaine (Francia) // Ann. Fac. sci. e tecnol. – 2004. – P. 7-16.
5. Применение атомно-абсорбционной спектроскопии с электротермической атомизацией для определения тяжелых металлов в водных объектах / Г.В. Маврин, С.В. Дворяк, М.П. Соколов, М.Н. Мифтахов // Проектирование и исследование технических систем. Межвузовский научный сборник. – 2004. – № 4. – С. 124-130.
6. Кичигин О.В. Методики экспрессного определения тяжелых металлов в природных, промышленных, питьевых и технологических водах // Безопас. жизнедеят-сти. – 2004. – № 12. – С. 39-43.
7. Трофимчук А.К., Латаева А.В., Чуенко А.В. Сорбционно-атомно-абсорбционное определение свинца в высокоминерализованных водах // Укр. хим. журн. – 2009. – 75, N 9/10. – С. 120-123.
8. Андросова Н.В., Усанова Ю.С. Атомно-абсорбционное определение тяжелых металлов в почвах с использованием электротермического атомизатора // Вестн. экол., лесоведения и ландшафтоведения. – 2006. – № 7. – С. 160-162.
9. Трубачева Л. В., Купцова Н. В. Определение содержания подвижных форм тяжелых металлов (кадмия, свинца и меди) в почвах методом инверсионной вольтамперометрии // Вестн. Удм. ун-та. – 2008. – № 2. – С. 112-118.
10. Выдра Ф., Штулик К., Юлакова Э. Инверсионная вольтамперометрия. – М.: Мир, 1980. – 278 с.
11. Стожко Н.Ю., Колядина Л.И. Электрохимическая пробоподготовка для вольтамперометрического определения ионов тяжелых металлов в вине // Журн. аналит. химии. – 2005. – 60, № 10. – С. 1015-1022.
12. Роева Н.Н., Саввин С.Б. Органические реагенты для спектрофотометрического определения ртути // Журн. аналит. химии. – 1992. – 47, № 10-11. – С. 1750-1764.
13. Королева М. В. Селективное определение малых содержаний цинка(II), кадмия(II) и ртути(II) экстракционно-фотометрическим и химико-биологическим методами.- Нижний Новгород: Нижегород. гос. ун-т, 2005.— 23 с.
14. Сорбционно-фотометрическое и тест-определение свинца в объектах окружающей среды / Р.К. Чернова, Л.М. Козлова, Е.М. Спиридонова, Л.В. Бурмистрова // Журн. аналит. химии. – 2006. – 61, № 8. – С. 824-830.
15. Сорбционно-фотометрическое определение ртути (II) в природных водах / М.А. Бабуев, Н.Н. Басаргин, С.А. Ахмедов, Ю.Г. Розовский // Завод. лабор. – 2006. – № 12. – С. 12-14.
16. Дедкова В.П., Швоева О.П., Саввин С.Б. Сорбция анионных комплексов металлов и цветные реакции с органическими реагентами на твердой фазе волокнистого наполненного сорбента // Журн. аналит. химии. – 2003. – 58, № 7. – С. 700.
17. Дедкова В.П., Швоева О.П., Саввин С.Б. Тест-метод определения ртути(2+) дитизионом на твердой фазе волокнистого анионообменника // Журн. аналит. химии. – 2004. – 59, № 4. – С. 429-433.
18. Концентрирование и определение следов тяжелых металлов полимерными хелатообразующими сорбентами в анализе природных и сточных вод / Н.Н. Басаргин, Э.Р. Оскотская, Г.И. Карпушина, В.Г. Сенчаков, Ю.Г. Розовский // Журн. аналит. химии. – 2003. – 58, № 7. – С. 694-695.
19. Сорбционно-спектрофотометрическое и тест-определение цинка(2+) в виде разнолигандного комплекса с 1,10-фенантролином и бромфеноловым синим / О.А. Запорожец, Л.С. Иванько, Л.В. Быкова, Н.А. Мостовая // Журн. аналит. химии. – 2004. – 59, № 1. – С. 29-34.

21. Сманова З.А. Сорбционно-фотометрическое определение ртути с помощью 1-(5-метил-2-пиридилазо)-5-диэтиламино фенола // Хим. пром-сть. – 2009. – № 4. – С. 207-210.
22. Розробка методик визначення вмісту важких металів (Hg, Cd, Pb) в об'єктах довкілля / О.Ю. Сухарева, С.М. Сухарев, М.В. Сливка, С.Ю. Чундак // Укр. хім. журн. – 2006. – 72, № 2. – С. 109-114.
23. Sukharev S.M., Sukhareva O.Yu., Chundak S.Yu. Polymerization of organic derivatives of hydrazine as a way of optimization of these reagents // International conference ANALYTICAL CHEMISTRY AND CHEMICAL ANALYSIS (AC&CA-05), devoted to 100 anniversary of Anatoly Babko / Book of abstracts: Kyiv – Ukraine. September 12-18, 2005. – P. 57.
24. Сухарев С.М., Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю. Комплексні сполуки металів з органічними похідними гідразину в моніторингу довкілля // Матеріали Сесії Наукової ради з проблем “Аналітична хімія” та Наукової конференції “Аналітичний контроль якості та безпеки продукції промислового виробництва і продовольчої сировини. Питання підготовки фахівців для випробувальних лабораторій”. – Одеса, 22-26 травня 2006 року. – Одеса: ФХІ ім. О.В.Богатського НАН України, 2006. – С. 75.
25. Чундак С.Ю., Сухарева О.Ю., Сухарев С.М. Особливості комплексоутворення тіопохідних 1,2,4-триазолу з двоохарядними катіонами металів // Тези доповіді XV Української конференції з неорганічної хімії. Київ 3-7 вересня, 2001. – К., 2001. – С. 186.
26. Коростелев П.П. Приготовление растворов для химико-аналитических работ. – М.: Из-во АН СССР, 1962. – 311 с.
27. Руководство по контролю вредных веществ в воздухе рабочей зоны / С.И. Муравьева, М.И. Буковский, Е.К. Прохорова и др. – М.: Химия, 1991. – 368 с.
28. Булатов М.И., Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. – Л.: Химия, 1986. – 432 с.

THE EXTRACTION-PHOTOMETRIC DETERMINATION OF SAME HEAVY METALS IN OBJECT OF INVERONMENTALS

Sukhareva O.Yu., Sukharev S.N., Babych V.S.

A possibility of extractive-photometric determination summary contents same heavy metals (Hg, Cd, Pb) and separate determination of mercury(II) in objects of environments with new reagents 3-phenyl-5-thiooxo-4-allyl-4,5-dihydro-1H-1,2,4-thiazol-1-carbodithionat sodium and cyanine dye of chloride 1,3,3-thrimethyl-2-[(E)-3-(1,3,3-thrimethyl-2,3-dihydro-1H-2-indoliniliden)-1-propenyl]-3H-indolily is has showed. A procedure of extraction-photometric determination of heavy metals in waters and soils has developed.