

УДК 543.068.8: 546.56+546.74+546.47

Т. Є. Кеда

ТЕСТ-МЕТОДИ ВИЗНАЧЕННЯ Cu(II), Ni(II) І Zn(II) У ВОДАХ І ҐРУНТАХ

Розглянуто дані літератури щодо тест-методів визначення купруму(II), нікелю(II) і цинку(II) у водах і ґрунтах, як простих у виконанні та доступних для більшості науково-дослідних та контрольних лабораторій. Основну увагу приділено тест-методам, що поєднують сорбційне відокремлення і концентрування іонів металів сорбентами, модифікованими органічними реагентами. Такі готові аналітичні форми, завдяки утворенню інтенсивно забарвлених комплексних сполук на поверхні, є також найбільш перспективними для створення візуальних стандартних тест-шкал і можуть застосовуватись для експрес-аналізу не лише в умовах стаціонарної лабораторії, але й у „польових умовах”, що є незамінним для екомоніторингу. Кращими для модифікації матрицями завдяки хімічній і механічній стійкості, відсутності власного поглинання, низькій вартості і комерційній доступності є кремнезemi. Для візуального тест-визначення Cu(II), Zn(II) і Ni(II) у водах і ґрунтах запропоновані твердофазні реагенти на основі іммобілізованих на кремнеземах органічних реагентах, зокрема 1-(2-тіазолілазо)-2-нафтолу, 1-(4-адамантил-2-тіазолілазо)-2-нафтолу, 4-(2-піридилазо)-2-нафтолу, дитизону, ксиленолового оранжевого, фенантроліну і їхніх комплексних сполук. Методики з їх використанням характеризуються задовільною вибірковістю і високою чутливістю.

Ключові слова: купрум(II), нікель(II), цинк(II), візуальний тест-метод, кремнезему, модифіковані сорбенти.

Вступ

Купрум, Цинк і Нікель – життєво необхідні хімічні елементи, мікрокількості яких забезпечують нормальні фізіологічні процеси. Купрум необхідний для процесу кровотворення, дихання клітин, Цинк і Нікель є незамінними металокомпонентами ферментних систем. Водночас їхнє надмірне споживання створює значну небезпеку для здоров'я людей: чинить загальну токсичну дію та може спричинити низку захворювань [1–3]. Ці елементи є пріоритетними антропогенними забруднювачами навколишнього середовища. Тому інформація про вміст Cu(II), Zn(II) і Ni(II) у природних об'єктах, зокрема ґрунтах і водах, і надійний аналітичний контроль необхідні для вирішення питань охорони навколишнього середовища і безпеки людської життєдіяльності. Гранично допустимі концентрації (ГДК) цих елементів у водах наведено у табл. 1.

Таблиця 1

Гранично допустимі концентрації Cu(II), Ni(II) та Zn(II) у водах

Елемент	Норматив, мг/л	
	Токсикологічний для питної води (ВООЗ) [4]	Санітарно-токсикологічний для водних об'єктів господарсько-питного і культурно-побутового призначення [5]
Купрум	2	1
Цинк	3*	1.0**
Нікель	0.07	0.1

Примітка. * – рівень безпечної для людини концентрації у воді; ** – загальносанітарний показник.

Купрум, Цинк і Нікель у природних об'єктах визначають переважно спектроскопічними методами [4, 6, 7]. Метод атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) є стандартним (ІСО 11885) для визначення розчинних і нерозчинних форм Cu(II), Zn(II) і Ni(II), а також їхньої загальної кількості у питній, природній та стічних водах [6]. Однак безпосереднє застосування спектроскопічних методів з індуктивно-зв'язаною плазмою для аналізу природних об'єктів, зокрема природних вод, обмежене можливим матричним і міжелементним впливом. Наприклад, у методі мас-спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою (МС-ІЗП) Кальцій утворює оксиди з тією ж масою, що і ^{58}Ni (^{42}CaO), ^{60}Ni (^{44}CaO) [7]. Висока вартість обладнання і обслуговування методів АЕС-ІЗП і МС-ІЗП суттєво обмежують їхню доступність для більшості контрольно-аналітичних і дослідних лабораторій.

Атомно-абсорбційна спектроскопія (ААС) – найбільш вживаний метод визначення Купруму, Цинку та Нікелю. ААС з атомізацією у полум'ї є стандартним (ІСО 8288) для визначення Cu(II), Ni(II) і Zn(II) у воді. Проте цей метод непридатний для аналізу поза межами лабораторії, що потребує попередньої консервації проб води при їхньому відборі. Через низький вміст елементів для концентрування застосовують рідинну екстракцію токсичними органічними розчинниками.

Аналітичні лабораторії віддають перевагу спектрофотометричним (СФ) методам, які при невисокій вартості обладнання забезпечують добру відтворюваність результатів. Для СФ визначення Cu(II), Ni(II) і Zn(II) запропоновано низку методик з використанням органічних реагентів, що у своєму складі містять N,S-, N,O-, N- і S-донорні атоми. Більшість методик СФ визначення характеризуються незадовільними показниками вибіркості та чутливості.

Безпосереднє визначення мікроконцентрацій іонів важких металів у природних об'єктах за допомогою розглянутих методів не завжди можливе без попереднього концентрування. Традиційна рідинна екстракція – зазвичай довготривалий і трудомісткий метод, що потребує використання токсичних органічних розчинників. Екобезпечною альтернативою рідинній екстракції є твердофазна екстракція (ТФЕ). До того ж сорбційні методи зменшують собівартість і час пробопідготовки, характеризуються високими коефіцієнтами концентрування, дають змогу позбутися впливу матриці і вибірково визначати елементи в об'єктах різного типу [8–13]. З метою переведення визначуваної речовини у фазу сорбента застосовують різні способи [8], а саме: а) визначуваний іон поглинають сорбентом, а потім «проявляють», оброблюючи реагентом, що утворює з сорбатом забарвлену комплексну сполуку; б) визначуваний іон спочатку переводять у комплексну сполуку шляхом взаємодії з органічним реагентом, а потім вилучають сорбентом; в) визначуваний іон вилучають сорбентом, модифікованим відповідним органічним реагентом. Утворення на поверхні сорбентів забарвлених комплексів дає змогу проводити визначення досліджуваної речовини також візуальним тест-методом (ВТ) як за умов стаціонарної лабораторії, так і безпосередньо на місці відбору проб без залучення висококваліфікованого персоналу [9, 12, 14].

Метою даної роботи було проведення аналізу даних літератури щодо існуючих тест-методів визначення мікрокількостей купруму(II), нікелю(II) і цинку(II) у природних об'єктах, зокрема водах і ґрунтах, з огляду на їхню чутливість і вибірковість, зручність застосування для екоаналітичного контролю.

Сорбенти

Для візуального визначення Cu(II), Zn(II) і Ni(II) використовують целюлозний папір, текстиль, пінополіуретан (ППУ), наповнені поліакрилнітрильні волокна (ПАНВ), кремнеземні порошки. До недоліків індикаторних паперів слід віднести неоднорідність матеріалу (беззольного фільтрувального паперу з бавовняного пуху). Це призводить до неоднорідності концентрацій іммобілізованих реагентів на тест-стрічках, і, як наслідок, погіршується відтворюваність визначення. Також до недоліків індикаторних паперів слід віднести можливість механічного руйнування паперу та його деструкцію з часом при дії кислот або лугів при зберіганні тест-засобів [15, 16]. Текстильні носії або ПАНВ з іммобілізованими на них реагентами мають короткий термін зберігання внаслідок руйнування реагентів на поверхні. Тому використовують переважно немодифіковані матеріали, на яких сорбують визначуваний елемент, а в подальшому обробляють реагентом, що збільшує час аналізу [17, 18].

Концентрації елементів визначають візуально за зміною забарвлення твердофазного реагенту, порівнюючи з кольоровою тест-шкалою, або за довжиною забарвленої зони тест-стрічок. У табл. 2–4 наведено характеристики методик тест-визначення Cu(II), Zn(II) і Ni(II) у природних об'єктах, зокрема ґрунтах і водах. Видно, що кращою чутливістю характеризуються методики із використанням модифікованих кремнеземів [20–30].

Методики ВТ визначення купруму(II)

З табл. 2 видно, що серед методик тест-визначення Cu(II) найменшу межу виявлення (МВ) (0.01 мг/л) забезпечує методика, що базується на реакції заміщення Pb(II) у комплексній сполуці з діетилдитіокарбаматом (Pb(ДДТК)₂) на Cu(II) на сорбенті сілохром С-80 [28]. Однак одержання готової тест-форми довготривале: сорбент модифікують шляхом імпрегнування хлороформного екстракту Pb(ДДТК)₂ і висушують впродовж 1–2 діб.

Таблиця 2

Характеристики методик тест-визначення Cu(II) у природних об'єктах

Носій / модифікатор (проявник)	Діапазон визначуваних концентрацій (МВ), мг/л	Зміна забарвлення	Час аналізу, хв	Об'єкт	Літ-ра
Целюлоза / Pb(ДДТК) ₂	0.1 – 50*	–	15	Не вказано	[16]
Віскозний текстиль / Pb(ДДТК) ₂	0.05 – 10*	–	5	Не вказано	[16]
ПАНВ-КУ-2 / (Na-ДДТК)	(0.05)	Світло-жовтий – коричневий	20	Річкова, водогінна вода	[17]
Ксерогель / ксиленоловий оранжевий	(0.7)	Жовтий – пурпурно-червоний	20	Вода	[26]
Силохром С-80 / (з проявкою Pb(ДДТК) ₂)	0.01 – 0.1	Не вказано	15	Водогінна, морська вода	[28]
Silpearl / 1-(2-тіазолілазо)-2-нафтол	0.065 – 1.3	Світло-рожевий – фіолетовий	15	Водогінна, річкова вода	[20]
Силікагель / цинк(II) дитизонат	(0.013)	Сіро-синій – червоно-коричневий	5	Ґрунт, вода	[23]
Силікагель / 1-(4-адамантил-2-тіазолілазо)-2-нафтол	0.050 – 0.75	Помаранчевий – червоно-коричневий	5	Вода, біологічні рідини	[24]

Примітка: * – за довжиною забарвленої зони

На відміну від імпрегнування [28] або ковалентного прищеплення [27], спосіб одержання модифікованих кремнеземів шляхом адсорбції реагентів і комплексів з розчинів характеризується меншою тривалістю та трудомісткістю операцій модифікації і регенерації, а отже, і меншою собівартістю [6, 8, 20–25, 29]. Так, твердофазний реагент на основі іммобілізованого на мезопористому силікагелі цинк(II) дитизонату характеризується легкістю одержання (час сорбції 5 хв), стійкістю модифікатора при зберіганні і у високомінералізованих розчинах, задовільною вибірковістю [23]. Чутливість розробленої ВТ методики визначення Cu(II) у ґрунтах із його застосуванням у 10 разів вища, ніж стандартної атомно-абсорбційної методики.

Методики ВТ визначення цинку(II)

Найбільш чутливою є методика визначення Zn(II) (табл. 3) з використанням ксиленолового оранжевого, іммобілізованого на високодисперсному кремнеземі у вигляді комплексної сполуки з Fe(III) [21]. Методика придатна для ВТ цинку в питних водах в діапазоні концентрацій 13–130 мкг/л. Визначенню не заважають макро- і основні мікрокомпоненти води при їх вмісті на рівні ГДК; заважаючий вплив Fe(III) усувають введенням NaF; Pb(II) маскують CH₃COO⁻.

Високою контрастністю характеризується твердофазна реакція з утворенням різнолігандної комплексної сполуки Zn(II) у присутності бромфенолового синього з іммобілізованим на поверхні силікагелю фенантроліном [22]. Визначенню Zn(II) заважає Cd(II). Методику застосовано для ВТ визначення Zn(II) у ґрунті.

Таблиця 3

Характеристика методик тест-визначення Zn(II) у природних об'єктах

Носій / модифікатор (проявник)	Діапазон визначуваних концентрацій (МВ), мг/л	Зміна забарвлення	Час аналізу, хв	Об'єкт	Літ-ра
Целюлозний папір / хром(III) дитизонат	0.05 – 500**	Коричнево-зелений – червоно-малиновий	10–15	Вода, ґрунти	[15]
Текстиль з вінілпіридиневими групами / (дитизон)	0.1 – 1	Жовтогарячий – малиновий	5–7	Річкова, колодязна вода	[18]
Silpearl / 1-(2-тіазолілазо)-2-нафтол	0.065 – 1.3	Жовтогарячий – фіолетовий	15	Водогінна, річкова вода,	[20]
Silpearl / ЧАС+ксиленоловий оранжевий	0.013 – 0.130	Жовтий – червоний	5	Питна вода	[21]
Силікагель / 1,10-фенантролін (бромфеноловий синій*)	0.016 – 0.13	Білий – фіолетовий	5	Ґрунти	[22]
Силікагель / 1-(4-адамантил-2-тіазолілазо)-2-нафтол	0.2 – 1.0	Помаранчевий – фіолетовий	5	Вода, біологічні рідини	[24]

Примітка: ** – реагент у розчині

Методики ВТ визначення нікелю(II)

Для вибіркового ВТ визначення Нікелю (табл. 4) запропоновано використання волокнистих матеріалів, що наповнені катіонітом КУ-2 [17]. Сорбцію нікелю(II) на диски носіїв проводять із слабкоокислих розчинів (рН = 4–6) у динамічному режимі; в подальшому диски обробляють розчином диметилглюксиму. МВ Нікелю у такий спосіб на рівні ГДК для питної води.

Таблиця 4

Характеристика методик тест-визначення Ni(II) у водах

Носій / модифікатор	Зміна забарвлення	МВ, мг/л	Не заважають визначенню (кратні кількості)	Час аналізу, хв	Літ-ра
ПАН-КУ-2 з проявкою диметилглюксимом	Світло-жовтий – червоний	0.1	Zn(II), Cd(II) (100), Fe(III), Mn(II), Co(II) (5)	10	[17]
ППУ / рубеановоднева кислота	Не вказано	0.02	Co(II) (0,2), Cu(II), Zn(II), Pb(II) (5), Fe(III) (10), Cd(II), Mn(II) (50),	10	[19]
Силікагель / 1-(4-адамантил-2-тіазолілазо)-2-нафтол	Помаранчевий – бузковий	0.050	Co(II), Cu(II), Zn(II) (5), Fe(III) (50),	15	[24]
Silpearl / цинку(II) 4-(2-піридилазо)-2-нафтолат	Жовтий – червоно-фіолетовий	0.003	Co(II) (3), Cu(II)(+S ₂ O ₃ ²⁻)	20	[29]

З табл. 4 видно, що найнижча межа виявлення у методики ВТ визначення Ni(II) з іммобілізованою на силікагелі комплексною сполукою цинку(II) з 4-(2-піридилазо)-2-нафтолом [29]. Поступається їй чутливістю, однак переважає за вибірковістю і стійкістю модифікатора, як при зберіганні, так і у високомінералізованих розчинах, методика з використанням твердофазного гетеролазореагенту – 1-(4-адамантил-2-тіазолілазо)-2-нафтолу [24].

Висновки

Аналіз даних літератури показав, що для визначення Cu(II), Ni(II) та Zn(II) у водах і ґрунтах науково-дослідні та контрольні лабораторії можуть використовувати різноманітні інструментальні чи тест-методи визначення. Застосування більшості методів через низькі концентрації металів і матричні впливи можливе лише після попереднього концентрування.

Вигідним є поєднання сорбційного відокремлення і концентрування модифікованими сорбентами з одночасним детектуванням у фазі сорбенту спектроскопічними методами. Такі аналітичні форми, завдяки утворенню інтенсивно забарвлених комплексних сполук на поверхні, є також найбільш перспективними і для створення візуальних тестів для експрес-аналізу не лише в умовах стаціонарної лабораторії, але й у „польових умовах”, що є незамінним для екомоніторингу. Серед матриць завдяки ряду переваг вигідно вирізняються модифіковані кремнеземи.

Твердофазні реагенти на основі іммобілізованих на кремнеземах органічних реагентів, зокрема 1-(4-адамантил-2-тіазолілазо)-2-нафтолу, 4-(2-піридилазо)-2-нафтолу, дитизону, ксиленолового оранжевого, фенантроліну і їхніх комплексних сполук, виявились ефективними для ВТ визначення Cu(II), Zn(II) і Ni(II) у водах і ґрунтах.

Список використаної літератури

1. WHO (2003) Zinc in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/17) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.who.int/water_sanitation_health
2. WHO (2005) Nickel in drinking-water. Background document for development of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/05.08/55). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.who.int/water_sanitation_health
3. WHO (2003) Copper in drinking-water. Background document for preparation of WHO Guidelines for drinking-water quality. Geneva, World Health Organization (WHO/SDE/WSH/03.04/88). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.who.int/water_sanitation_health
4. Guidelines for drinking-water quality, 2nd ed. Vol. 2. Health criteria and other supporting information. World Health Organization, Geneva, 1996. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.who.int/water_sanitation_health
5. Лурье Ю. Ю. Аналитическая химия промышленных сточных вод / Ю. Ю. Лурье. – М.: Химия. – 1984. – 448 с.
6. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам: энциклопедический справочник / [авт.-сост. Фомин Г. С.]. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Протектор. – 2000. – 848 с.
7. Komjarova I. Comparison of liquid-liquid extraction, solid-phase extraction and co-precipitation preconcentration methods for the determination of cadmium, copper, nickel, lead and zinc in seawater / I. Komjarova, R. Blust // Anal. Chim. Acta. – 2006. – Vol. 576. – P. 221–228.
8. Запорожец О. А. Имобилизованные аналитические реагенты. Обзор / О. А. Запорожец, О. М. Гавер, В. В. Сухан // Успехи химии. – 1997. – Т. 66, № 7. – С. 702–712.
9. Саввин С. Б. Сорбционно-спектроскопические и тест-методы определения ионов металлов на твердой фазе ионообменных материалов / С. Б. Саввин, В. П. Дедкова, О. П. Швоева // Успехи химии. – 2000. – Т. 69, № 3. – С. 203–217.
10. Camel V. Solid phase extraction of trace elements. Review / V. Camel // Spectrochim. Acta, Part B. – 2003. – Vol. 58. – P.1177–1233.

11. Золотов Ю. А. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов для целей химического анализа / Ю. А. Золотов, Г. И. Цизин, Е. И. Моросанова [и др.] // *Успехи химии*. – 2005. – Т. 74, № 1. – С. 41–66.
12. Вода. Индикаторные системы / [В. М. Островская, О. А. Запорожец, Г. К. Будников, Н. М. Чернавская], под ред. Ю. А. Арского. – М.: ВИНТИ РАН, ЭКОНИКС. – 2002. – 256 с.
13. Determination of Heavy Metals and Rare Earth Elements in Environmental Samples by ICP-MS after Solid Phase Preconcentration with Chelating Resin Fibers and Anion Exchanger Filters / K.-H. Lee, Y. Muraoka, M. Oshima [et. al] // *Analytical Sciences*. – 2004. – Vol. 20, № 1. – P. 183–189.
14. Золотов Ю. А. Химические тест-методы анализа / Ю. А. Золотов, В. М. Иванов, В. Г. Амелин. – М.: Едиториал УРСС. – 2002. – 304 с.
15. Амелин В. Г. Применение в тест-методах индикаторных бумаг, содержащих дитизонаты металлов / В. Г. Амелин // *Журн. аналит. химии*. – 1999. – Т. 54, № 7. – С. 753–757.
16. Амелин В. Г. Ткани из искусственных и натуральных волокон с иммобилизованными реагентами в химических тест-методах анализа / В. Г. Амелин, А. В. Третьяков // *Журн. аналит. химии*. – 2006. – Т. 61, № 4. – С. 430–435.
17. Дедкова В.П. Тест-метод определения Cu(II), Ni(II) и Cr(VI) из одной пробы / В. П. Дедкова, О. П. Швоева, С. Б. Саввин // *Журн. аналит. химии*. – 2001. – Т. 56, № 8. – С. 851–855.
18. Швоева О. П. Создание новых оптосенсоров для определения тяжелых металлов. Разработка оптосенсора на ионы цинка / О. П. Швоева, В. П. Дедкова, С. Б. Саввин // *Журн. аналит. химии*. – 1998. – Т. 53, № 11. – С. 1184–1188.
19. Атаманиченко Я. А. Тест-методы определения никеля (II) в питьевой воде / Я. А. Атаманиченко, Р. П. Панталер, А. Б. Бланк // *Методы и объекты химического анализа*. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 35–39.
20. Zaporozhets O. A. Determination of Cu(II) and Zn(II) using silica gel loaded with 1-(2-thiasolyazo)-2-naphthol / O. A. Zaporozhets, N. I. Petruniok, O. Bessarabova, V. V. Sukhan // *Talanta*. – 1999. – Vol. 49. – P. 899–906.
21. Запорожец О. А. Тест-определение свинца и цинка в воде с использованием иммобилизованного на кремнеземе ксиленолового оранжевого / О. А. Запорожец, Л. Е. Цюкало // *Журн. аналит. химии*. – 2004. – Т. 59, № 4. – С. 434–439.
22. Запорожец О. А. Сорбционно-спектрофотометрическое и тест-определение цинка (II) в виде разнолигандного комплекса с 1,10-фенантролином и бромфеноловым синим / О. А. Запорожец, Л. С. Иванько, Л. В. Быкова // *Журн. аналит. химии*. – 2004. – Т. 59, № 1. – С. 29–34.
23. Запорожец О. А. Сорбционно-спектроскопическое и тест-определение Cu(II) с помощью иммобилизованного на силикагеле дитизоната цинка / О. А. Запорожец, Т. Е. Кеда, И. М. Богославец // *Химия и технология воды*. – 2005. – Т. 22, № 6. – С. 549–557.
24. Zaporozhets Olga. Visual test determination of Cu, Zn and Ni ions using solid-phase 1-(4-adamantyl-2-thiasolyazo)-2-naphthol / Olga Zaporozhets, Tetiana Keda, Olena Maniak, Olena Iakovchuk, Lesia Kovalenko // 6th International Chemistry conference Toulouse-Kiev: posters. – Toulouse. – 2011. – P. 47.
25. Запорожець О. А. Твердофазно-спектрофотометричне визначення нікелю та цинку іммобілізованим дитизоном / О. А. Запорожець, Л. С. Зінько, Т. Є. Кеда, К. П. Левченко, І. В. Притика // *Методы и объекты химического анализа*. – 2007. – Т. 2, № 1. – С. 62–69.
26. Холин Ю. В. Органно-кремнеземные материалы с иммобилизованным ксиленоловым оранжевым и кальцеином: получение, физико-химические свойства, обнаружение ионов металлов / Ю. В. Холин, С. В. Корнеев, И. В. Христенко [и др.] // *Методы и объекты химического анализа*. – 2008. – Т. 3, № 1. – С. 64–74.
27. Тихомирова Т. И. Сорбционно-спектроскопическое определение меди, ртути и аминов с использованием химически модифицированных кремнеземов / Т. И. Тихомирова, М. В. Кузнецова, В. И. Фадеева [и др.] // *Журн. аналит. химии*. – 2000. – Т. 55, № 8. – С. 816–820.
28. Иванов В. М. Сорбционно-цветометрическое и тест-определение меди в водах / В. М. Иванов, Г. А. Кочелаяева // *Вестн. Моск. ун-та, серия 2 „Химия”*. – 2001. – Т. 42, № 2. – С. 103–105.
29. Запорожец О. А. Визуальный тест-метод для определения Ni(II) на основе иммобилизованного на кремнеземе 4-(2-пиридилазо)-2-нафтолата цинка / О. А. Запорожец, Н. И. Петрунук, Е. В. Калиниченко // *Химия и технология воды*. – 1999. – Т. 21, № 1. – С. 14–20.
30. Азарова Ж. М. Ксерогели, модифицированные 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолом и диметилглиоксимом. Индикаторные трубки для определения никеля / Ж. М. Азарова, Е. И. Моросанова, Ю. А. Золотов // *Журн. аналит. химии*. – 2000. – Т. 55, № 7. – С. 714–718.

Одержано редакцією
Прийнято до публікації

03.12.2012
18.01.2013

Аннотация. Кедда Т. Е. Тест-методы определения Cu(II), Ni(II) и Zn(II) в водах и почвах. Рассмотрены данные литературы по тест-методам определения меди(II), никеля(II) и цинка(II) в водах и почвах, как простые в применении и доступные для большинства научно-исследовательских и контрольных лабораторий. Основное внимание уделено тест-методам, сочетающим сорбционное отделение и концентрирование ионов металлов сорбентами, модифицированными органическими реагентами. Такие аналитические формы, благодаря образованию интенсивно окрашенных комплексных соединений на поверхности, являются также наиболее перспективными для создания визуальных стандартных тест-шкал и могут применяться для экспресс-анализа не только в условиях стационарной лаборатории, но и в "полевых условиях", что является незаменимым для экомониторинга. Лучшими для модификации матрицами, благодаря химической и механической стойкости, отсутствию собственного поглощения, низкой стоимости и коммерческой доступности, являются кремнеземы. Для визуального тест-определения Cu(II), Zn(II) и Ni(II) в водах и почвах предложены твердофазные реагенты на основе иммобилизованных на кремнеземах органических реагентов, в том числе 1-(2-тиазолилазо)-2-нафтола, 1-(4-адамантил-2-тиазолилазо)-2-нафтола, 4-(2-пиридилазо)-2-нафтола, дитизона, ксиленолового оранжевого, фенантролина и их комплексных соединений. Методики с их использованием характеризуются удовлетворительной избирательностью и высокой чувствительностью.

Ключевые слова: купрум(II), никель(II), цинк(II), визуальный тест-метод, кремнеземы, модифицированные сорбенты

Summary. Keda T. Ye. Test methods of Cu(II), Ni(II) and Zn(II) determination in water and soils. The analysis of earlier reported test methods of copper(II), nickel(II) and zinc(II) determination in waters and soils was carried out as these methods are known to be simple and accessible for most research and quality control laboratories. Special attention was given to the test methods combining sorption separation and concentrating of the analyte using sorbents modified with organic reagents. Due to the intense coloured complexes formed on their surface these analytical forms are also promising for the creation of visual standard test scales and can be used for the rapid analysis "in the field" needed in environmental monitoring. The most convenient matrix for the modification is silica due to its chemical and mechanical stability, absence of its own absorption, low cost and commercial availability. Solid-phase reagents on the base of silica modified with organic reagents, in particular 1-(2-tiazolilazo)-2-naphthol, 1-(4-adamantyl-2-tiazolilazo)-2-naphthol, 4-(2-pyridylazo)-2-naphthol, dithizone, xylenol orange, phenanthroline and their complex compounds have been proposed for the visual test determination of Cu(II), Zn(II) and Ni(II) in water and soils. Such methods are rather selective and highly sensitive.

Key words: copper(II), nickel(II), zinc(II), visual test method, modified sorbents.