

УДК 543.421

УЗГОДЖЕНІСТЬ РЕЗУЛЬТАТІВ АТОМНО-АБСОРБЦІЙНОГО ТА АТОМНО-ЕМІСІЙНОГО З ІНДУКТИВНО-ЗВ'ЯЗАНОЮ ПЛАЗМОЮ ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТІВ У ВОДАХ РІЗНОГО ПОХОДЖЕННЯ

О. І. Юрченко, Н. П. Титова, Мохаммад Саліх Хама Карі, Т. В. Черножук

Проведено визначення Cu, Zn, Pb, Mn в питній воді м. Харкова та Іраку методами атомно-абсорбційної спектрометрії та атомно-емісійної спектроскопії з індуктивно-зв'язаною плазмою. Здійснене співставлення результатів визначень, отриманих двома методами, за критерієм Стьюдента та критерієм Фішера. Показано, що результати можна вважати рівноточними, розходження середніх значень незначуще та виправдане випадковим розкидом.

Ключові слова: атомно-абсорбційна спектрометрія, атомно-емісійна спектроскопія з індуктивно-зв'язаною плазмою, аналіз, межа виявлення, вода, метрологічні характеристики.

Вступ

Метали в житті людини виконують важливу роль. З одного боку вони необхідні як конструкційні матеріали та створюють належні умови для нормального перебігу життя людини, а з іншого – більшість з них токсичні при підвищених, а деякі при вельми низьких концентраціях. Тому широке використання людиною металів або їх сполук, що проявляють токсичну дію та накопичуються в різних природних об'єктах, викликає тривогу, й, як наслідок, зростають вимоги служб аналітичного контролю до методів визначення елементів для вирішення проблеми захисту навколишнього середовища від токсичних забруднень.

Мігруючі антропогенні забруднення навколишнього середовища впливають на організм людей, тварин, рослин через воду, повітря й ґрунт. Зазвичай метали – токсиканти проникають в живий організм через воду та продукти харчування, тому дуже важливо, щоб їх вміст відповідав санітарно-епідеміологічним вимогам.

Відбір проб та їх пробопідготовку провели згідно роботи [1]. Очевидно, що лише на основі результатів аналізу можна зробити остаточний висновок про існування проблеми чи комплекс проблем, з якими прийдеться мати справу [2].

Методи відбору проб, консервування, транспортування та визначення біологічно-активних іонів-металів наведено в роботах [3-35].

Мета роботи – перевірка узгодженості результатів визначення металів у водах різного походження методами атомно-абсорбційної та атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою.

Експериментальна частина

Для аналізу використовували атомно-абсорбційний спектрометр С-115-М1, лампи з полимідним, цинковим, свинцевим, марганцевим катодами; та атомно-емісійний спектрометр з індуктивно-зв'язаною плазмою TRACE SKAN Advantage (США). Вода дистильована, ГОСТ 6709-72; кислота нітратна, ГОСТ 4461-75, х.ч. Посуд мірний, лабораторний, скляний: ГОСТ 1770-74 та ГОСТ 20292-74.

Стандартні зразки: Плюмбуму МСО 0525: 2003 (ДСЗУ 022.54-96), Купруму МСО 0520: 2003 (ДСЗУ 022.43-96), Цинку МСО 0522: 2003 (ДСЗУ 022.43-96), Мангану 0521: 2003 (ДСЗУ 022.45-96).

Градувальні розчини готували шляхом розбавлення стандартних зразків складу МСО. В аналізовані та градувальні розчини добавляли 0.2 мл Трилон X-100 ($w = 4\%$).

Результати та їх обговорення

Аналіз проб води з Іраку та м. Харкова проводили розпорошуючи їх в полум'я атомно-абсорбційного спектрометра. Концентрації визначуваних елементів знаходили за градувальним графіком (з урахуванням концентрування). Результати аналізів наведені в табл. 1-4.

Таблиця 1. Результати атомно-абсорбційного (ААС) та атомно-емісійного з індуктивно-зв'язаною плазмою (АЕС-ІЗП) визначення Cu ($C(\text{Cu}) \cdot 10^{-4}$, г/л) в питній воді Іраку та м. Харків ($n = 4, P = 0.95$).

Назва проб	ААС		АЕС-ІЗП	
	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r
річка Докан до фільтра	0.020 ± 0.001	0.01	0.023 ± 0.001	0.02
річка Докан після фільтра	0.012 ± 0.001	0.02	0.012 ± 0.001	0.02
Пантелеймонівський храм	0.010 ± 0.003	0.02	0.013 ± 0.001	0.02
Харківська № 1	0.010 ± 0.001	0.02	0.012 ± 0.001	0.02
Парк "Юність"	0.056 ± 0.002	0.01	0.060 ± 0.002	0.01
Завод харчових кислот	0.056 ± 0.002	0.01	0.060 ± 0.002	0.01

Таблиця 2. Результати атомно-абсорбційного та атомно-емісійного з індуктивно-зв'язаною плазмою визначення Zn ($C(\text{Zn}) \cdot 10^{-4}$, г/л) в питній воді Іраку та м. Харків ($n = 4, P = 0.95$).

Назва проб	ААС		АЕС-ІЗП	
	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r
річка Докан до фільтра	0.20 ± 0.01	0.01	0.18 ± 0.01	0.01
річка Докан після фільтра	0.12 ± 0.01	0.02	0.11 ± 0.01	0.01
Пантелеймонівський храм	0.012 ± 0.003	0.03	0.010 ± 0.002	0.01
Харківська № 1	0.012 ± 0.001	0.02	0.012 ± 0.004	0.02
Парк "Юність"	0.013 ± 0.002	0.02	0.011 ± 0.002	0.01
Завод харчових кислот	0.20 ± 0.01	0.01	0.21 ± 0.01	0.01

Таблиця 3. Результати атомно-абсорбційного та атомно-емісійного з індуктивно-зв'язаною плазмою визначення Pb ($C(\text{Pb}) \cdot 10^{-4}$, г/л) в питній воді Іраку та м. Харків ($n = 4, P = 0.95$).

Назва проб	ААС		АЕС-ІЗП	
	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r
річка Докан до фільтра	0.010 ± 0.001	0.01	0.012 ± 0.001	0.02
річка Докан після фільтра	0.010 ± 0.001	0.02	0.013 ± 0.001	0.03
Пантелеймонівський храм	0.010 ± 0.001	0.02	0.012 ± 0.001	0.03
Харківська № 1	0.010 ± 0.001	0.02	0.012 ± 0.001	0.03
Парк "Юність"	0.010 ± 0.001	0.02	0.012 ± 0.001	0.03
Завод харчових кислот	0.010 ± 0.002	0.01	0.013 ± 0.001	0.02

Таблиця 4. Результати атомно-абсорбційного та атомно-емісійного з індуктивно-зв'язаною плазмою визначення Mn ($C(\text{Mn}) \cdot 10^{-4}$, г/л) в питній воді Іраку та м. Харків ($n = 4, P = 0.95$).

Назва проб	ААС		АЕС-ІЗП	
	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r	$\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r
річка Докан до фільтра	0.020 ± 0.001	0.01	0.023 ± 0.002	0.02
річка Докан після фільтра	0.012 ± 0.001	0.02	0.012 ± 0.001	0.03
Пантелеймонівський храм	0.010 ± 0.002	0.02	0.013 ± 0.004	0.02
Харківська № 1	0.010 ± 0.001	0.03	0.012 ± 0.001	0.02
Парк "Юність"	0.056 ± 0.002	0.01	0.060 ± 0.002	0.01
Завод харчових кислот	0.010 ± 0.002	0.02	0.012 ± 0.004	0.02

Оцінені межі виявлення Cu, Zn, Pb та Mn за розробленими методиками. Для цього для 20 «холостих» проб вимірювали атомне поглинання. Розрахунки проводили за формулою:

$$C_{\min} = \frac{3S}{S_0}, \text{ мг/л} \quad (1)$$

де $S = \text{tg}\alpha = \frac{dA}{dC}$ – коефіцієнт чутливості, знайдений з градувального графіку відповідно для кожного елементу; S_0 – стандартне відхилення сигналу від середнього значення в холостому досліді.

Результати визначення межі виявлення наведено в табл. 5.

Таблиця 5. Межі виявлення Cu, Pb, Zn, Mn методом атомно-абсорбційної спектроскопії у порівнянні з літературними даними, C_H^* – надійна нижня межа визначуваних кількостей.

Елемент	C_{\min} , мг/л визначена	C_H^* , мг/л за $3S$ критерієм	C_{\min} , мг/л Літературні дані [35]
Mn	0.0096	0.03	0.01
Pb	0.0374	0.11	0.07
Zn	0.0071	0.02	0.02
Cu	0.0096	0.03	0.01

Методом «введено-знайдено» здійснена перевірка правильності результатів визначення Mn та інших елементів у водах різного походження методами атомно-абсорбційної та атомно-емісійної з індуктивно зв'язаною плазмою спектроскопії (табл. 6-7).

Таблиця 6. Результати перевірки правильності атомно-абсорбційного визначення Mn (мг/л) в питній воді Іраку та м. Харкова методом добавок ($n = 4, P = 0.95$).

Назва проб	Вміст, мг/л	Введено, мг/л	Знайдено, мг/л $\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r
річка Докан до фільтра	0.020	0.020	0.042 ± 0.001	0.01
річка Докан після фільтра	0.012	0.010	0.020 ± 0.001	0.02
Пантелеймонівський храм	0.010	0.010	0.020 ± 0.001	0.02
Харківська № 1	0.010	0.010	0.022 ± 0.001	0.03
Парк «Юність»	0.056	0.050	0.105 ± 0.004	0.01
Завод харчових кислот	0.010	0.010	0.020 ± 0.001	0.02

Таблиця 7. Результати перевірки правильності атомно-емісійного з індуктивно-зв'язаною плазмою визначення Mn (мг/л) в питній воді Іраку та м. Харкова методом добавок ($n = 4, P = 0.95$).

Назва проб	Вміст, мг/л	Введено, мг/л	Знайдено, мг/л $\bar{C} \pm \frac{t_{p,f} \cdot s}{\sqrt{n}}$	S_r
річка Докан до фільтра	0.023	0.020	0.045 ± 0.001	0.02
річка Докан після фільтра	0.012	0.010	0.020 ± 0.001	0.03
Пантелеймонівський храм	0.013	0.010	0.015 ± 0.001	0.02
Харківська № 1	0.012	0.010	0.015 ± 0.001	0.02
Парк «Юність»	0.060	0.050	0.105 ± 0.004	0.01
Завод харчових кислот	0.012	0.010	0.025 ± 0.001	0.02

Відносне стандартне відхилення (S_r) в таблц. 6-7 не перевищує 0.03. це характеризує правильність результатів аналізу.

Використовуючи статистичні t та F критерії здійснена оцінка рівноточності результатів визначення Cu, Pb, Zn, Mn в водах різного походження атомно-абсорбційним та атомно-емісійним з індуктивно-зв'язаною плазмою методами. Результати наведені в табл. 8-9.

Таблиця 8. Результати оцінювання рівноточності результатів визначення Cu, Zn методами атомно-абсорбційної спектроскопії та атомно-емісійної з індуктивно-зв'язаною плазмою за критеріями Стьюдента та Фішера ($n = 4, p = 0.95$).

Назва проби	F	$t_{1,2}$	F	$t_{1,2}$
	Cu		Zn	
річка Докан до фільтра	2.15	2.30	1.46	2.11
річка Докан після фільтра	1.94	2.51	1.72	2.23
Пантелеймонівський храм	1.76	1.82	1.54	1.95
Харківська № 1	1.24	1.96	1.87	1.19
Парк "Юність"	2.32	1.68	2.48	1.53
Завод харчових кислот	2.19	1.45	2.63	1.18
	$F_{\text{табл}} = 9.28$	$t_{\text{табл}} = 2.57$	$F_{\text{табл}} = 9.28$	$t_{\text{табл}} = 2.57$

Таблиця 9. Результати оцінювання рівноточності результатів визначення Pb, Mn методами атомно-абсорбційної спектроскопії та атомно-емісійної з індуктивно-зв'язаною плазмою за критеріями Стьюдента та Фішера ($n = 4, p = 0.95$).

Назва проби	F	$t_{1,2}$	F	$t_{1,2}$
	Pb		Mn	
річка Докан до фільтра	1.58	2.22	2.12	2.16
річка Докан після фільтра	1.62	2.50	2.46	2.34
Пантелеймонівський храм	1.47	1.28	2.14	1.27
Харківська № 1	1.39	1.92	1.87	1.96
Парк "Юність"	2.40	1.56	1.64	1.72
Завод харчових кислот	2.74	1.15	1.29	1.54
	$F_{\text{табл}} = 9.28$	$t_{\text{табл}} = 2.57$	$F_{\text{табл}} = 9.28$	$t_{\text{табл}} = 2.57$

Висновки

Методами атомно-абсорбційної та атомно-емісійної з індуктивно-зв'язаною плазмою спектроскопії проведено визначення Cu, Mn, Zn, Pb в питній воді Іраку та м. Харків. Методом «введено-знайдено» оцінена правильність результатів аналізу. Здійснене співставлення результатів, отриманих двома незалежними методами, за F та t критеріями. Показано, що результати можна вважати рівноточними, розходження середніх значень незначуще та виправдане випадковим розкидом. Співставлені межі виявлення Cu, Mn, Zn, Pb, розраховані за даними визначення їх методом атомно-абсорбційної спектроскопії. Показано, що C_{min} нижчі для визначуваних елементів, ніж наведені у періодичній літературі.

Література

1. Юрченко О.И., Титова Н.П., Козлова О.В. Анализ питьевой воды Харькова на содержание микроэлементов и анионных поверхностно-активных веществ // Вісник Харківського національного університету. – 2003. – № 596, вип. 10(33). – С. 110-113.
2. Іванова В.Л. Вода питна. Нормативні документи: довідник у 2т. – Львів: НТЦ "Леонорм-стандарт". – 2001, Т. 1. – 375 с.
3. Іванова В.Л. Вода питна. Нормативні документи: довідник у 2т. – Львів: НТЦ "Леонорм-стандарт". – 2001, Т. 2. – 375 с.
4. Li Jian-guo, Zhan Min, Zhao Kang. Кинетическое спектрофотометрическое определение следовых количеств марганца с применением системы IO4 тетрабаз и его механизм. Guangruxue yu guangpu fenxi // Spectrosc. And Spectral Anal. – 2004. – V. 24, N 7. – P. 870-872. (Кит.)

5. Редди В.К., Редди С.М., Редди П.Р., Редди Т.С. Одновременное спектрофотометрическое определение меди (II), ванадия (II), железа (III) с использованием бензолгидразона 2-гидрокси-1-нафталальдегида // Журн. аналит. химии. – 2000. – Т. 55, № 3. – С. 486-490.
6. Кастадинова Л., Еленкова Н., Неделчева И. Экстракционен спектрофотометричен метод за определяне на Fe, Cu, Zn и Ni в отпадъчни води от арбамиднато производство // Anal. Lab. – 1995. – V. 4, N 1. – P. 51-56 (Болг.).
7. Su Ling, Li Jianguo, Ma Hongbing, Tao Guan hong Determination of trace amounts of manganese in natural waters by flow injection stopped-flow catalytic kinetic spectrophotometry // Anal. Chim. Acta.– 2004. – V. 522, N 2. P. 281-288.
8. Tu Wan-Xin Определение следовых количеств цинка (II) в электроплатинированных сточных водах каталитическим спектрофотометрическим методом. Guangpu shiyanshi // Chin. J. Spectrosc. Lab.– 2004. – V. 21, N 3. – P. 599-601. (Кит.)
9. Naulakha Neelam, Goswami A.K. Synthesis and analytical application of 3-hydroxy-3-methyl-1-(4-sulphonamidophenyl)triazene in the spectrophotometric determination of copper (II) // J. Indian. Chem. Soc. – 2004. – V. 81, N 5. – P. 438-439.
10. Сиварамаях С., Редди П.Р. Определение цинка в питьевой воде и лекарственных препаратах методом прямой и дифференциальной спектрофотометрии с использованием изоникотиноилгидразона 2,4-дигидроксибензальдегида // Журн. аналит. химии– 2005.– Т. 60, № 9.– С. 933-937.
11. Шемирани Ф., Миррошандел А.А., Ниасари М.С., Козани Р.Р. Силикагель, модифицированный шифовым основанием, синтез и применение в качестве адсорбента при определении кадмия, меди, цинка и никеля методом пламенно атомно-абсорбционной спектрометрии с превалированным концентрированием // Журн. аналит. химии – 2004. – Т. 59, № 3. – С. 261-266.
12. Buchina I., Kut H., Elmabrmudis. Department of trace amount of lead in drinking water by flow injection flame atomic adsorption spectrometry aided by pre concentration micro column // 35 th IUPAC Congr., Istanbul, 14-19 Aug.; 1995: Abstr. I. Sec. 1-3 [Istanbul]– 1995.– P. 188
13. Kojuncu Katarina, Stafilov Trajce, Akcin Goksel Atomic absorption spectrometry determination of Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn and Tl traces in seawater following flotation separation // Separ. sci and Technol.– 2004. – V. 39, N 11. – P. 2751-2763.
14. Syn Jianmin, Xu Peng, Syn Hanwen Определение Cu(II), Zn(II), Cd(II), Co(II), Ni(II), Pb(II) методом пламенной атомно-абсорбционной спектрометрии с применением разделения хитозаном. Fenxi huaхue // Chin. J. Anal. Chem. – 2004. – V. 32, N 10. – P. 1356-1358. (Кит.)
15. Сухарев С.Н., Сухарева О.Ю., Мишанич Н.И., Сливка М.В. атомно-абсорбционное определение меди в морской воде и природных рассолах // Химия и технология воды – 2004. – Т. 26, № 6. – С. 567-573.
16. Matsumiya Hiroaki, Kageyama Tomohiro, Hiraide Masataka Multielement preconcentration of trace heavy metals un seawater with an emulsion containing 8-guinolinol for graphit furnace atomic absorption spectrometry // Anal. Chim. Acta – 2004.– V. 507, N 2. – P. 205-209.
17. Елизарова А.Д., Халиулина С.Г. Атомно-бсорбционное определение цинка в питьевой воде. // Заводская лаборатория. – 1992. – № 11. – С.23.
18. Пилипенко А.Т., Сафронова В.Г., Закревская Л.В. Концентрирование ионов тяжелых металлов на катионите КУ-23-ПАР и атомно-абсорбционное определение // Заводская лаборатория. – 1990. – № 2. – С.34-37.
19. Абдуллин И.Ф., Турова Е.Н., Будников Г.К. Атомно-абсорбционное определение меди и кадмия с предварительным электрохимическим и сорбционным концентрированием // Журн. аналит. химии– 2000. – Т. 55, № 6. – С. 683-692.
20. Kluhawar M., Pritan P. Preconcentration and determination of cadmium (II), cobalt (II), copper (II), iron (II), lead (II), manganese (II), nickel (II), zinc (II) using solvent extraction with 6-methyl-2-pyridin carboxaldehyde-4-phenylthiosemicarbazone by atomic absorption spectrometry // 35 th IUPAC Cong., Istanbul, 14-19 Aug., 1995: Abstr.// Sec. 4-6 – Istanbul, 1995, P. 1130.
21. Sweileh Jamol A., El-Nemma Eman M. On-line elimination of spectral interference of iron matrix in the flame atomic absorption determination of zinc by anionexchange separation / Anal. Chim. Acta – 2004. – V. 523, N 2. – P. 287-292.

22. Iang Juan, lihua Jianyan Определение микроколичеств меди, цинка, железа и марганца в воде с применением экстракции и пламенной атомно-абсорбционной спектроскопии. *Huaxue fence // Phys. Test. and Chem. Anal. B.: Chem. Anal.*– 1995. – V. 31, N 1. – P. 48-50. (Кит.)
23. Орешкин В.Н., Цизин Г.И. Определение общего содержания следов элементов в природных водах сорбционно-атомно-абсорбционным методом с фракционным испарением концентратов в тигельном атомизаторе // *Журн. аналит. химии.* – 2004. – Т. 59, № 9. – С. 988-992.
24. Huang S., Shin K. Direct determination of zinc in seawater by graphite furnace atomic absorption spectrometry // *Spectrochim. Acta B.*– 1995. – V. 50, N 8. – P. 837-846.
25. Орешкин В.Н., Цизин Г.И., Золотов Ю.А. Сорбционно-атомно-абсорбционное определение следов элементов в природных водах с динамическим концентрированием в электротермических анализаторах // *Журн. аналит. химии* – 2002. – Т. 57, № 9. –С. 923-928.
26. Liu Z., Huang S. Determination of lead in sea-water with a graphite furnace atomic absorption spectra meter and an improved automatic on-line pre-concentration system // *Spectrochim. Acta B.* – 1995. – V. 50, N 2. – P. 197-203.
27. Запорожец О.Ю., Ищенко Н.В. Атомно-абсорбционное определение свинца в воде с предварительным концентрированием на кремнеземе, модифицированным сульфарсазеном // *Химия и технология воды*– 2005. – Т. 27, № 5. –С. 436-441.
28. Чеботарев А.Н., Щербакова Т.М., Захария А.Н. Атомно-абсорбционное определение кадмия и меди в природных водах после сорбционного концентрирования // *Укр. хим. журнал*– 1997. – Т. 63, № 6. – С. 127-130.
29. Costa M., Mareira I. The determination of Mn(II) and Mn(IV) in waters from a tropical estuary by gfaas // *35 th IUPAC Congr., Istanbul, 14-19 Aug., 1995: Abstr. I Sec 1-3 – Istanbul, 1995.* –P. 240.
30. Zhang Yuan, Luo Wen-hong, Li Hui Определение цинка в пробах воды методом атомно-абсорбционной спектрометрии с графитовой печью. *Guangpuxue yu guangpu fenxi // Spectrosc. and spectral. Anal.* – 2003. – V. 23, N 6. –P. 1180-1190.
31. Charles B. Boss, Kenneth J. Fredenn. Concepts instrumentation and technigues in inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry // *Second edition – 1997.* –P. 96.
32. Кузнецова А.И., Чумакова Н.Л. Определение микроэлементов в незагрязненных природных водах Байкальского региона методом атомно-эмиссионной спектроскопии // *Журн. аналит. химии* – 1993. –Т. 50, № 10. –С. 1090-1095.
33. Татьянакина Э.М. Сорбционно-атомно-эмиссионное определение микроэлементов в природных водах с использованием волокнистого сорбента Тиопан-13 // *Журн. аналит. химии*– 1993. – Т. 48, Вып. 10, № 8. – С. 1664-1667.
34. Захария А.Н., Чеботарев А.Н., Шериф Буктит М., Нестерова Л.И. Экстракционно-атомно-абсорбционное определение свинца, кадмия и цинка в природных водах // *Укр. хим. журнал*– 1994. – Т. 60, № 9-10. –С. 692-695.
35. Алемасова А.С. та ін. Атомно-абсорбційна спектроскопія. Навч. посібник / А.С. Алемасова, А.М. Рокун, І.О. Шевчук – Севастополь: “Вебер”, 2003. – 308 с.

References

1. Yurchenko O.I., Titova N.P., Kozlova O.V. // *Visn. Hark. nac. univ.* – 2003. – № 596, Isse 10(33). – С. 110-113.
2. I'vanova V.L. -L'vi'v: NTC “Leonorm-standart”. - 2001, V. 1. - 375 p. (in Ukrainian)
3. I'vanova V.L. -L'vi'v: NTC “Leonorm-standart”. - 2001, V 2. - 375 p. (in Ukrainian)
4. Li Jian-guo, Zhan Min, Zhao Kang // *Spectrosc. and Spectral Anal.* – 2004.– V. 24, N 7.– P. 870-872. (in China)
5. Reddi V.K., Reddi S.M., Reddi P.R., Reddi T.S. // *Jurn. analit. himii.* - 2000. - V. 55, № 3. - P. 486-490.
6. Kastadinova L., Elenkova N., Nedelcheva I. // *Anal. Lab.* - 1995. - V. 4, N 1. - P. 51-56 (Bolg.).
7. Su Ling, Li Jianguo, Ma Hongbing, Tao Guanhong // *Anal. Chim. Acta.*– 2004. – V. 522, N 2. – P. 281-288.
8. Tu Wan-Xin // *Chin. J. Spectrosc. Lab.*– 2004. – V. 21, N 3. – P. 599-601. (in China)
9. Naulakha Neelam, Goswani A.K. // *J. Indian. Chem. Soc.* – 2004. – V. 81, N 5. – P. 438-439.

10. Sivaramayah S., Reddi P.R. // *Jurn. analit. himii*- 2005.- V. 60, N 9.- P. 933-937.
11. Shemirani F., Mirroshandel A.A., Niasari M.S., Kozani R.R. // *Jurn. analit. himii* - 2004. - V. 59, N 3. - P. 261-266.
12. Buchina I., Kut H., Elmabrmudis. // 35 th IUPAC Congr., Istanbul, 14-19 Ang.; 1995: Abstr. I. Sec. 1-3 [Istanbul]/- 1995.- P. 188
13. Kojuncu Katarina, Stafilov Trajce, Akcin Goksel // *Separ. sci and Technol.*- 2004. - V. 39, N 11. - P. 2751-2763.
14. Syn Jianmin, Xu Peng, Syn Hanwen // *Chin. J. Anal. Chem.* - 2004. - V. 32, N 10. - P. 1356-1358. (in China)
15. Suharev S.N., Suhareva O.YU., Mishanich N.I., Slivka M.V. - 2004. - V. 26, N 6. - P. 567-573.
16. Matsumiya Hiroaki, Kageyama Tomohiro, Hiraide Masataka // *Anal. Chim. Acta* - 2004.- V. 507, N 2. - P. 205-209.
17. Elizarova A.D., Haliulina S.G. // *Zavodskaya laboratoriya*. - 1992. - N 11. - P.23.
18. Pilipenko A.T., Safronova V.G., Zakrevskaya L.V // *Zavodskaya laboratoriya*. - 1990. - N 2. - P. 34-37.
19. Abdullin I.F., Turova E.N., Budnikov G.K. // *Jurn. analit. himii*- 2000. - V. 55, N 6. - P. 683-692.
20. Khuhawar M., Pritan P. // 35 th IUPAC Cong., Istanbul, 14-19 Ang., 1995: Abstr.// Sec. 4-6 - Istanbul, 1995, P. 1130.
21. Sweileh Jamol A., El-Nemman Eman M. // *Anal. Chim. Acta* - 2004. - V. 523, N 2. - P. 287-292.
22. Iang Juan, Lihua Jianyan // *Phys. Test. and Chem. Anal. B.: Chem. Anal.*- 1995. - V. 31, N 1. - P. 48-50. (in China)
23. Oreshkin V.N., Cizin G.I. // *Jurn. analit. himii*. - 2004. - V. 59, N 9. -P. 988-992.
24. Huang S., Shin K. // *Spectrochim. Acta B.*- 1995. - V. 50, N 8. - P. 837-846.
25. Oreshkin V.N., Cizin G.I., Zolotov Yu.A. // *Jurn. analit. himii* - 2002. - V. 57, N 9. - P. 923-928.
26. Liu Z., Huang S. // *Spectrochim. Acta B.* - 1995. - V. 50, N 2. - P. 197-203.
27. Zaporozec O.Yu., Isch'enko N.V. // *Himiya i tehnologiya vody'*- 2005. - V. 27, N 5. - P. 436-441.
28. Chebotarev A.N., Sch'erbakova T.M., Zahariya A.N. // *Ukr. him. jurnal*- 1997. - V. 63, N 6. - P. 127-130.
29. Costa M., Mareira I. // 35 th IUPAC Congr., Istanbul, 14-19 Ang., 1995: Abstr. I Sec 1-3 - Istanbul, 1995. -P. 240.
30. Zhang Yuan, Luo Wen-hong, Li Hui // *Spectrosc. and spectral. Anal.* - 2003. - V. 23, N 6. - P. 1180-1190.
31. Charles B. Boss, Kenneth J. Fredenn // Second edition - 1997. -P. 96.
32. Kuznecova A.I., CHumakova N.L. // *Jurn. analit. himii* - 1993. -V. 50, N 10. -P. 1090-1095.
33. Tat'yankina E. M. // *Jurn. analit. himii*- 1993. - V. 48, Vy'p. 10, N 8. - P. 1664-1667.
34. Zahariya A.N., Chebotarev A.N., Sherif Buktit M., Nesterova L.I. // *Ukr. him. jurnal*- 1994. - V. 60, N 9-10. -P. 692-695.
35. Alesiasova A.S. et. al. / A.S. Alesiasova, A.M. Rokun, I'.O. Shevchuk - Sevastopol': "Veber", 2003. - 308 p.

Поступила до редакції 30 березня 2016 р.

О. И. Юрченко, Н. П. Титова, Мохаммад Салих Хама Кари, Т. В. Черножук. Согласованность результатов атомно-абсорбционного и атомно-эмиссионного с индуктивно-связанной плазмой определения аналитов в водах разного происхождения.

Выполнено определение Cu, Zn, Pb, Mn в питьевой воде г. Харькова и Ирака методами атомно-абсорбционной спектрометрии и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой. Проведено сопоставление результатов определения, полученных двумя методами, по критерию Стьюден-

та и критерию Фишера. Показано, что результаты можно считать равнозначными, расхождения средних значений незначимы и оправданы случайным разбросом.

Ключевые слова: атомно-абсорбционная спектрометрия, атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно-связанной плазмой, анализ, предел обнаружения, вода, метрологические характеристики.

O. I. Yurchenko, N. P. Titova, Mohammad Salih Hama Karim, T. V. Chernozhuk. Consistency of atomic absorption and atomic emission with inductively-coupled plasma results for analytes determination in waters of different origin.

Determination of Cu, Zn, Pb, Mn in drinking water in the City of Kharkiv and Iraq by atomic absorption and atomic emission spectrometry with inductively coupled plasma. Comparison of the results of definitions, obtained the by two methods, was conducted basing on the Student's test and Fisher's criterion. The results was shown to be of equal accuracy, discrepancy of average values was insignificant and was shown to appear owing to the sudden scatter.

Keywords: nonionic atomic absorption spectrometry, atomic emission spectroscopy with inductively coupled plasma, analysis, limit of detection, water, metrological characteristics.

Kharkov University Bulletin. Chemical Series. Issue 26 (49), 2016