

Lviv Polytechnic National University (Ukraine)
Rzeszow University of Technology (Poland)
Technical University Ilmenau (Germany)
State Enterprise “Scientific-Research Institute for Metrology
of Measurement and Control System”
Joint Stock Company “Ukrtransgaz”



INTERNATIONAL CONFERENCE OF METROLOGISTS MCM'2019

**(XXIII INTERNATIONAL SEMINAR OF
METROLOGISTS MSM'2019)**

PROCEEDINGS

To the 100th anniversary of the Department of Information and Measuring Technologies

September 10-12, 2019

Lviv – 2019

УДК 371:351.851; 621.002.56; 681.2.08; 006.91

ББК 32.811

М 88

ОРГАНІЗАТОРИ:

Міністерство освіти і науки України
Національний університет “Львівська політехніка” (Україна)
Ряшівська політехніка (Польща)
Технічний університет Ільменау (Німеччина)
Державне підприємство “Науково-дослідний інститут метрології
вимірювальних і управляючих систем” (Україна)
Акціонерне товариство "Укртрансгаз" (Україна)

КООРДИНАТОРИ КОНФЕРЕНЦІЇ:

Національний університет “Львівська політехніка”:
Інститут комп’ютерних технологій, автоматики та метрології
Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій

М 88 **Міжнародна конференція метрологів МКМ’2019:** Тези доповідей XXIII Міжнародного семінару метрологів (МСМ’2019) до 100-річчя кафедри інформаційно-вимірювальних технологій, 10–12 вересня 2019 року / Відп. за випуск М. М. Микийчук. – Львів, 2019. – 188 с.

ISBN 978-966-441-587-0

Відповідальний за випуск М. М. Микийчук

Матеріали подано в авторській редакції

ISBN 978-966-441-587-0

© Національний університет
“Львівська політехніка”, 2019
© ЛА «Піраміда», 2019

<i>Івах Р., Івах С.</i> ЕХ-МАРКОВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ТА ЗАХИСНИХ СИСТЕМ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ ВИКОРИСТАННЯ В ПОТЕНЦІЙНО ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНИХ СЕРЕДОВИЩАХ	114
<i>Кисилевська А., Арабаджи М., Прокопович І., Вакарчук В.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДИКИ АТОМНО-АБСОРБЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ БАРІЮ В МІНЕРАЛЬНИХ ВОДАХ.....	117
<i>Кізілівський І., Шпак О., Бубела І.</i> ОЦІНЮВАННЯ НЕПЕВНОСТІ У ВИМІРЮВАННІ ЕЛЕКТРОАКУСТИЧНОЇ ПРОВІДНОСТІ НА ЕТАЛОНІ ПОТУЖНОСТІ УЛЬТРАЗВУКУ	120
<i>Кокошко Р., Кріль Б., Кріль О.</i> ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОДАТКОВОГО ІНФОРМАТИВНОГО СИГНАЛУ ПО СПОЖИВАННЮ ПОВІТРЯ В СИСТЕМІ КЕРУВАННЯ МУЛЬТИКОМПРЕСОРНОЮ УСТАНОВКОЮ.....	121
<i>Костеров О., Паракуда В., Шпак О.</i> УДОСКОНАЛЕННЯ ДЕРЖАВНОГО ПЕРВИННОГО ЕТАЛОНА УКРАЇНИ ДЕТУ 10-01-11 ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ МІКРОФОНІВ У ВІЛЬНОМУ ПОЛІ.....	124
<i>Kochan O., Hots N., Przystupa K.</i> THERMISTOR BASED AD-HOC TERMOMETER	126
<i>Крайовський В., Рокоманюк М., Ромака В.</i> НОВІ ПІДХОДИ У МОДЕЛЮВАННІ ЧУТЛИВИХ ЕЛЕМЕНТІВ ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ	128
<i>Кривенчук Ю., Гельжинський І.</i> АРХІТЕКТУРА СИСТЕМИ НАГРОМАДЖЕННЯ ВИМІРЯНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ДИНАМІЧНИХ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....	129
<i>Кричевець О.</i> ФОРМУВАННЯ ФУНКЦІЇ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПОХИБОК ВХІДНИХ ДАНИХ У МЕРЕЖІ КІНЦЕВИХ АВТОМАТІВ	130
<i>Куц Ю., Щербак Л.</i> ФАЗОВА ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИКЛІЧНИХ СИГНАЛІВ В ЗАДАЧАХ ВИМІРЮВАНЬ І КОНТРОЛЮ	132
<i>Lewitowicz J., Szelmanowski A., Gębura A., Pazur A., Tokarski T.</i> STUDYING THE PHENOMENON OF MAGNETICALLY NEUTRAL ZONE DISTORTION IN AIRCRAFT COMMUTATOR DIRECT CURRENT GENERATORS	133
<i>Lewitowicz J., Szelmanowski A., Gębura A., Pazur A., Franczuk E.</i> STUDYING LOCAL AND COMPLEX RESONANCES IN AVIATION POWER TRAINS USING FAM-C AND FDM-A METHODS	134
<i>Лисько В.</i> МЕТРОЛОГІЯ МАТЕРІАЛІВ І ЇЇ РОЛЬ У РАЗВИТКУ ТЕРМОЕЛЕКТРИКИ ...	135
<i>Masnicki R., Miezianko C., Niczyporuk R.</i> EXTENDING THE INDUSTRIAL ROBOT'S CAPABILITIES BY USING A NON-STANDARD WORKING TOOL AND TESTING ITS PROPERTIES	136
<i>Матіко Ф., Пістун О., Федоришин Р.</i> АВТОМАТИЗОВАНЕ КОРИГУВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИМІРЮВАННЯ ОБ'ЄМУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ	139

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МЕТОДИКИ АТОМНО-АБСОРБЦІЙНОГО ВИЗНАЧЕННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ БАРІЮ В МІНЕРАЛЬНИХ ВОДАХ

© Альона Кисилевська¹, Михайло Арабаджи², Ігор Прокопович³, Вікторія Вакарчук⁴, 2019

¹Одеський національний політехнічний університет (Одеса, Україна), доцент кафедри «Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація» к.т.н., ст.н.с., kisilevska07@gmail.com

²Державна установа «Український науково-дослідний інститут медичної реабілітації та курортології МОЗ України» (Одеса, Україна), заступник завідувача Українського державного центру стандартизації і контролю якості природних і преформованих засобів, к.х.н., amvmail1991@gmail.com

³Одеський національний політехнічний університет (Одеса, Україна), директор Навчально-наукового інституту медичної інженерії, д.т.н., доц., igor.prokopovich@gmail.com

⁴Одеський національний політехнічний університет (Одеса, Україна), здобувач вищої освіти магістр кафедри «Металорізальні верстати, метрологія та сертифікація», vakarchuk_viktoria@ukr.net

Одночасно з підписанням Асоціації з ЄС наша країна взяла на себе обов'язки щодо гармонізації українського та європейського законодавства, зокрема, і щодо мінеральних вод (МВ). Аналіз нормативної бази на МВ європейської (Директива 2003/40/ЄС [1]) та національної (ДСТУ 878-93 [2]) практики показав наявність розбіжностей, особливо в переліку показників безпечності. Зокрема, в ДСТУ 878-93 [2] відсутній барій. В Україні барій нормується лише в питних водах [3]. Для МВ барій є «сигнальним» показником безпечності щодо їх диференціації та ідентифікації в якості харчових продуктів [4].

Основне джерело надходження барію в підземні води – породи, що живлять водоносні горизонти, в яких міститься барит (сульфат барію) та вітерит (карбонат барію). Ще одне джерело – промислові викиди. Двовалентні сполуки барію в надлишковій концентрації є токсичними. Нормативні значення концентрації барію в питній воді згідно з рекомендаціями ВОЗ з 2017 р. – 1,3 mg/l [5]. Згідно з вимогами Директиви 2003/40/ЄС [1] гарнично допустима концентрація барію в природних мінеральних водах – 1,0 mg/l.

Для того, щоб проводити вимірювання концентрації барію в МВ, слід визначитися з методикою. Окрім параметрів точності, чутливості (межі виявлення) та достовірності, які обумовлено вимогами [1], нами розглядалася можливість реалізації методики звичайною українською лабораторією з дослідження безпечності та якості МВ.

Існує декілька методів визначення концентрації барію. Фотометричний метод є недостатньо селективним через невисоку концентрацію барію в підземних водах; необхідне його концентрування та застосування органічних розчинників [6]. Більш чутливий та селективний атомно-емісійний метод [7], але він малодоступний для широкого лабораторного використання в Україні через високу вартість. Електротермічний атомно-абсорбційний метод [8] достатньо чутливий, але визначенню барію заважає ряд металів, які містяться у воді. Полум'яний варіант атомної абсорбції потребує попереднього концентрування та відділення барія від кальцію. Нами обрано модифіковану методику авторів [6] атомно-абсорбційного спектрометричного визначення барію в питних та природних водах, яка включає його концентрування співосадженням з хроматом свинцю, розчиненням осаду та вимірюванням атомної абсорбції в полум'ї ацетилен-динітроксид. Вимірювання проводили за допомогою атомно-абсорбційного спектрофотометру типу САТУРН-4.

Для доведення того, що метрологічні характеристики методики дозволяють використовувати її для досягнення конкретної мети, проводили валідаційні дослідження. Також перевіряли відповідність метрологічних характеристик методики атомно-абсорбційного спектрометричного визначення барію в МВ вимогам [1]. Згідно [1] максимально допустимі: межа визначення

(LOD) для вимірювання концентрації барію 0,25mg/l (25 % від параметричного значення 1,0 mg/l), точність (збіжність) – 25 %, достовірність – 25 %. Результати проведення валідаційних досліджень визначення барію в МВ за допомогою методики атомно-абсорбційної спектроскопії представлено в табл. 1.

Таблиця 1

Метрологічні характеристики (аналітичні параметри), отримані в результаті валідації методики атомно-абсорбційного спектроскопічного визначення барію в МВ

Параметр (метрологічна характеристика аналізу)	Значення для барію	Вимоги Директиви 2003/40/ЕС [1]
Точність (збіжність), mg/l	0,0042	≤0,25 mg/l
Достовірність, %	2,1 (при концентрації Ва 0,2 mg/l)	≤25 %
Повторюваність, %	5,7 (при концентрації Ва 0,0854 mg/l)	≤25 %
Правильність, %	2,0 (при концентрації Ва 0,2 mg/l)	–
Лінійність	r>0,99	–
Межа визначення LOD, mg/l	0,0033	≤0,25 mg/l
Межа кількісного визначення LOQ, mg/l	0,0165	–
Робочий діапазон, mg/l	0,0165–1,0000	–
Відносна розширена невизначеність (k = 2; P = 95 %), %	18	–

Як видно з табл. 1, в ході валідаційних досліджень визначення барію в МВ за допомогою методики атомно-абсорбційної спектроскопії, метрологічні характеристики аналізу були отримані нижче значень, які вимагає [1]. Так, межа визначення барію склала 0,0033 mg/l, що значно нижче вимог [1] – 0,25 mg/l. Точність методики склала 0,0042 mg/l, що також значно нижче вимог [1] – 0,25 mg/l. Повторюваність методики – 5,7 % – нижче прийнятого рівня, встановленого [1], – 25 %. Таким чином метрологічні характеристики, отримані в результаті валідації методики атомно-абсорбційного спектроскопічного визначення барію в МВ, прийнятні, підтверджують здатність лабораторії виконувати ці випробування та відповідають європейським вимогам.

Отримані в ході виконання дослідження метрологічні характеристики методики визначення барію в МВ дають підстави для запровадження європейських вимог до МВ при розробці національних нормативних документів, гармонізованих з європейськими вимогами.

1. Commission Directive 2003/40/EC of 16 May 2003 establishing the list, concentration limits and labeling requirements for the constituents of natural mineral waters and the conditions for using ozone-enriched air for the treatment of natural mineral waters and spring waters. *Off J Eur Union* L 126/34-39, 22.05.2003.

2. Води мінеральні питні. Технічні умови: ДСТУ 878-93 [Чинний від 1995-01-01] – К.: Держспоживстандарт України, 1994. – 88 с. – (Державний стандарт України).

3. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10): наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2000 р. № 400. – [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>

4. Кисилевська, А. Ю. Барій як «сигнальний» показник безпеки щодо диференціації мінеральних вод / Кисилевська А. Ю., Арабаджи М. В., Олексійчук О. В. // X Всеукраїнська науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Вода в харчовій промисловості»: Збірник тез доповідей X Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. 21–22 березня 2019 р., Одеса, ОНАХТ. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 153 с. – С. 91.

5. Guidelines for drinking-water quality, 4th edition, incorporating the 1st addendum, Geneva, WHO, 631 (217).

6. Демченко, В. Я. Атомно-абсорбционное определение бария в природных водах / В. Я. Демченко // *Химия и технология воды*. – 2011. – Т. 33, № 3. – С. 320–324.

7. ISO 11885:2007, *Water quality – Determination of selected elements by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES)*.

8. ISO 15586:2003, *Water quality – Determination of trace elements using atomic absorption spectrometry with graphite furnace*.