



УДК 546.482 + 543.3

DOI <https://doi.org/10.11603/2312-0967.2022.2.13331>

ОСОБЛИВОСТІ КАЛІБРУВАННЯ КОНДУКТОМЕТРА ДЛЯ КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДИСТИЛЬОВАНОЇ ВОДИ

В. М. Брицун, Н. О. Савіна, Н. Л. Тарасенко, Н. В. Останіна

ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва Національної академії медичних наук України»

britsun167@ukr.net

ІНФОРМАЦІЯ

Надійшла до редакції / Received:
11.05.2022

Після доопрацювання / Revised:
17.05.2022

Прийнято до друку / Accepted:
19.05.2022

Ключові слова:

контроль якості води;
дистильована вода;
питома електропровідність;
кондуктометр;
ємність для калібрування.

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Визначення впливу розмірів ємності, в якій здійснюється калібрування кондуктометра, на правильність вимірювання питомої електропровідності випробовуваних розчинів і дистильованої води для фармакопейних потреб.

Матеріали і методи. Вимірювання питомої електропровідності стандартних розчинів і дистильованої води проводили на кондуктометрі Hanna HI 2300 при температурі $(25,0 \pm 0,5)$ °С. Кондуктометр калібрували за допомогою стандартного розчину з питомою електропровідністю 84 мкСм/см (Mettler Toledo). Для контролю коректності вимірювань застосовували стандартний розчин із питомою електропровідністю 29,4 мкСм/см (Mettler Toledo). Дистильовану воду отримували на аквадистилляторі GFL-2008. Температуру стандартних розчинів і дистильованої води контролювали за допомогою термометра TFA 30.1018 і підтримували за допомогою циркуляційного термостата LOIP LT-112. Стандартні розчини і дистильовану воду зберігали і досліджували в ємностях із поліетилену високого тиску.

Результати й обговорення. Значення питомої електропровідності випробовуваних розчинів і дистильованої води залежить від того, в ємності якого об'єму було проведено калібрування кондуктометра, і в якій ємності було здійснено вимірювання питомої електропровідності. У випадку застосування ємностей невеликих об'ємів (20 і 50 мл) правильний результат отримують лише при умовах калібрування і вимірювання в ємності одного і того ж об'єму. У випадку вимірювання питомої електропровідності дистильованої води у ємності меншого об'єму, ніж та, в якій було проведено калібрування, отримують занижені значення, а якщо у ємностях більшого об'єму – завищені. При калібруванні приладу в ємності об'ємом 100 мл правильний результат досягається при вимірюванні питомої електропровідності дистильованої води у ємностях об'ємом 100 і 1000 мл.

Причиною таких залежностей є «ефект поля» – електромагнітне поле частково знаходиться поза геометричним простором вимірювального осередку, і на нього впливають неоднорідності і перешкоди, наприклад, стінки ємності.

Висновки. Правильні результати вимірювання питомої електропровідності для невеликих об'ємів розчинів (20 і 50 мл) можуть бути отримані при калібруванні кондуктометра і вимірюванні питомої електропровідності в ємностях одного і того ж об'єму та розміру. Оптимальним підходом є калібрування і вимірювання питомої електропровідності розчинів в ємностях об'ємом не менше 100 мл, щоб мінімізувати вплив стінок ємності на коректність результатів вимірювань.

Вступ. Державна науково-дослідна лабораторія контролю якості лікарських засобів ДУ «Інститут громадського здоров'я ім. О. М. Марзєєва» НАМНУ здійснює перевірку лікарських засобів, субстанцій, фармацевтичної сировини та засобів гігієни на відповідність вимогам нормативних документів та фармакопей (ДФУ, EP, BP і USP). Ці процедури потребують значної кількості води очищеної, первинний контроль якої здійснюється кондуктометричним методом, що дає змогу швидко оцінити присутність у воді іонів. Саме тому в фармакопеях [1, 2], статтях і настановах [3–7] визначення питомої електропровідності (ПЕ) води є одним із перших пунктів її випробувань на якість. Для води очищеної, яка може бути отримана з води питної дистиляцією, зворотним осмосом, деіонізацією та іншими методами, ДФУ встановлено граничне значення питомої електропровідності 5,1 мкСм/см при 25 °С [1].

У фармацевтичному аналізі для контролю якості лікарських засобів, сировини, вихідних матеріалів існує потреба вимірювань ПЕ невеликих об'ємів розчинів. Проте в фармакопеях, настановах та інших документах не регламентовано розміри ємностей для калібрування вимірювальної комірки та випробувань води та водних розчинів, тобто калібрування завжди здійснюється безпосередньо перед вимірюванням.

Мета роботи: визначення впливу розміру ємності, в якій здійснюється калібрування кондуктометра, на правильність і прецизійність вимірювання ПЕ випробовуваних розчинів і води дистильованої для фармацевтичних потреб.

Матеріали і методи. Вимірювання питомої електропровідності стандартних розчинів і дистильованої води проводили на кондуктометрі Hanna HI 2300 при температурі (25,0±0,5) °С. Калібрування кондуктометра здійснювали з використанням розчину «Conductivity Standart 84 мкСм/см» (Mettler Toledo). Додаткову перевірку правильності роботи кондуктометра проводили з використанням розчину 29,4 мкСм/см [8]. Ці ж розчини використовували для приготування випробовуваних розчинів.

Дистильовану воду отримували на аквадистиляторі GFL-2008; температуру стандартних розчинів і дистильованої води контролювали за допомогою термометра TFA 30.1018, а підтримували за допомогою циркуляційного термостату LOIP LT-112.

Стандартні розчини і воду дистильовану зберігали і досліджували в ємностях з поліетилену високого тиску.

Калібрування кондуктометра здійснювали шляхом розбавлення стандартного розчину 84 мкСм/см в ємностях об'ємом 20, 50, 100 мл, після чого контролювали правильність показників за допомогою стандартного розчину (ПЕ=29,4 мкСм/см) і вимірювали ПЕ води дистильованої в 4-х ємностях об'ємом 20, 50, 100 і 1000 мл (табл.). Вимірювання в кожному ви-

падку здійснювали тричі і розраховували середнє значення.

Невизначеність вимірювання питомої електропровідності розраховували згідно з вимогами ДФУ [9]. За температури 25 °С для розчину з ПЕ 84 мкСм/см невизначеність складає ±1,19 мкСм/см, тобто вимірювані значення ПЕ повинні знаходитися у межах 82,81–85,19 мкСм/см, а для розчину з ПЕ 29,4 мкСм/см невизначеність складає ±0,42 мкСм/см і вимірювані значення ПЕ повинні бути у межах 28,98–29,82 мкСм/см, для дистильованої води ±0,19 мкСм/см.

Результати й обговорення. Отримані результати вказують, що значення ПЕ випробовуваних розчинів і води дистильованої залежить від того, в ємності якого об'єму було здійснено калібрування кондуктометра та у ємності якого об'єму було здійснено вимірювання ПЕ випробовуваного розчину. При використанні ємностей об'ємом 20 і 50 мл правильний результат отримують лише при умовах калібрування і вимірювання в ємності з таким же об'ємом. При вимірюванні ПЕ у ємності меншого об'єму, ніж та, в якій було проведено калібрування кондуктометра, отримують дещо нижчі значення, а у випадку вимірювання ПЕ у ємності більшого об'єму, ніж та, в якій було проведено калібрування кондуктометра, отримують дещо вищі значення ПЕ.

При калібруванні приладу в ємності 100 мл близькі результати вимірювання ПЕ спостерігають при здійсненні вимірювання у ємностях об'ємом 100 і 1000 мл. Тобто, очевидно, існує певний критичний діаметр ємності, подальше збільшення якого не впливає на прецизійність вимірювань.

При калібруванні кондуктометра в ємності малого об'єму (об'єм 20 і 50 мл) і вимірюванні ПЕ в ємностях більшого розміру (100–1000 мл) похибка може досягати +10,9 % (для розчину 84 мкСм/см) і +8,3 % (для розчину 29,4 мкСм/см). При калібруванні кондуктометра в ємності середнього розміру (100 мл) і вимірюванні ПЕ в ємності малого об'єму (20 мл) похибка може становити -8,9 % (для розчину 84 мкСм/см). В абсолютних значеннях цифри похибки більші, ніж невизначеність вимірювань.

При калібруванні кондуктометра в ємності малого об'єму (20 і 50 мл) і вимірюванні ПЕ води дистильованої в ємностях більшого об'єму (100–1000 мл) – похибка може досягати +9,1%.

На нашу думку, отримані результати можна пояснити «ефектом поля» – електромагнітне поле частково знаходиться поза геометричним простором вимірювального осередку, і на нього можуть впливати неоднорідності і перешкоди, наприклад, стінки ємності [4]. Відстань від вимірювальної комірки до стінок ємності повинна бути значною – не менше 20 мм, для забезпечення правильності і прецизійності вимірювань. Для мінімізації впливу неоднорідностей при кондуктометричних вимірюваннях у настанові [5] ре-

Таблиця

Результати вимірювання питомої електропровідності випробовуваних розчинів при температурі 25 °С

№	Об'єм ємності, в якій проведено калібрування кондуктометра з використанням стандартного розчину з ПЕ 84,0 мкСм/см (25°C)	Об'єм ємності і виміряне значення питомої електропровідності стандартного розчину з ПЕ 84,0 мкСм/см			
		20 мл	50 мл	100 мл	1000 мл
1	20 мл	83,9	87,9	93,0	93,1
2	50 мл	80,2	84,1	88,4	88,3
3	100 мл	76,9	80,4	84,4	84,6
		Об'єм ємності і виміряне значення питомої електропровідності стандартного розчину з ПЕ 29,4 мкСм/см			
		20 мл	50 мл	100 мл	1000 мл
4	20 мл	29,65	31,0	32,2	32,1
5	50 мл	28,42	29,58	31,0	31,0
6	100 мл	27,51	28,92	29,71	29,67
		Об'єм ємності і виміряне значення питомої електропровідності води дистильованої, мкСм/см			
		20 мл	50 мл	100 мл	1000 мл
7	20 мл	2,30	2,41	2,50	2,51
8	50 мл	2,17	2,33	2,37	2,38
9	100 мл	2,15	2,25	2,29	2,34

Примітки. Полімерні ємності об'ємом: 20 мл (внутрішній діаметр 22 мм, внутрішня висота 63 мм), 50 мл (внутрішній діаметр 27 мм, внутрішня висота 106 мм), 100 мл (внутрішній діаметр 52 мм, внутрішня висота 89 мм), 1000 мл (внутрішній діаметр 100 мм, внутрішня висота 125 мм). При калібруванні і вимірюваннях електрод розташований посередині ємності. Час вимірювання 30 секунд, 3 повтори для кожного вимірювання, наведено середнє значення питомої електропровідності.

комендується проводити вимірювання в об'ємі розчину 100 мл, щоб вимірювальна комірка була на «безпечній» відстані від стінок ємності.

Висновки. Правильні результати вимірювання питомої електропровідності для невеликих об'ємів розчинів (20 і 50 мл) з ПЕ 2,5–84 мкСм/см – можна отримати при калібруванні кондуктометра і вимірюванні ПЕ в ємностях однакового розміру і об'єму.

Оптимальним способом забезпечення правильності кондуктометричних вимірювань є калібрування і вимірювання ПЕ розчинів в ємностях об'ємом не менше 100 мл. Прилад, відкалібрований в цих умовах, можна використати для вимірювання ПЕ розчинів у ємностях більшого об'єму (1000 мл).

Конфлікт інтересів: відсутній.

Conflicts of interests: author have no conflicts of interest to declare.

FEATURES OF CONDUCTOMETER CALIBRATION FOR DISTILLED WATER QUALITY CONTROL

V. M. Britsun, N. O. Savina, N. L. Tarasenko, N. V. Ostanina

*O. M. Marzieiev Institute for Public Health, NAMSU
britsun167@ukr.net*

The aim of the work. Determination of the influence of container dimensions, in which the conductometer is calibrated, on the correctness of measuring the specific electrical conductivity of test solutions and distilled water for pharmacopoeial needs.

Materials and Methods. The specific electrical conductivity measurement of standard solutions and distilled water was carried out on a Hanna HI 2300 conductometer at a temperature of (25.0±0.5) °C. The conductivity meter was calibrated using a "Conductivity Standard 84 μSm/sm" solution (Mettler Toledo). An additional check of the correct operation of the

conductometer was done using a solution of 29.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Distilled water was obtained on a GFL-2008 aquadistiller. The temperature of standard solutions and distilled water was controlled by a TFA 30.1018 thermometer and maintained by a LOIP LT-112 circulation thermostat. Standard solutions and distilled water were stored and tested in high-pressure polyethylene containers.

Results and Discussion. The experiment proved that the value of the specific electrical conductivity of the test solutions and distilled water depends on the container volume in which the conductometer was calibrated and in which container the measurement was made. In the case of small volumes containers (20 and 50 ml), the correct result is obtained only under conditions of calibration and measuring in the containers of the same volume. In case of measuring the specific electrical conductivity of distilled water in a smaller container than the one in which the calibration was performed, the device shows underestimated values. In larger containers, the values of specific electrical conductivity are overestimated. In case of calibration in a 100 ml container, the correct result is achieved for measuring the specific electrical conductivity of distilled water in 100 and 1000 ml containers. The obtained results can be explained by the so-called "field effect" – the electromagnetic field is partially outside the geometric space of the measuring cell, and it can be affected by inhomogeneities and interference, such as vessel walls.

Conclusions. The correct conductivity measurements for small volumes of solutions (20 and 50 ml) can be obtained by calibrating the conductometer and measuring the conductivity in containers of the same size and volume. The best approach is to calibrate and measure the electrical conductivity of solutions in containers with a volume of at least 100 ml, in order to minimize the influence of the walls of the container on the correct conductometric measurements.

Key words: water quality control; distilled water; specific electrical conductivity; conductometer; calibration container.

Перелік бібліографічних посилань

1. Державна Фармакопея України: в 3-х т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2014. Т. 2. С. 129–131.
2. Druckerei Beck C. H. European Pharmacopoeia. Eighth Edition. Vol. 2. Nordlingen: 2014. 3555 p.
3. Patil P. N., Sawant D. V., Deshmukh R. N. Physico-chemical parameters for testing of water. *Int. Journ. of Env. Sci.* 2012. Vol. 3 (3). P. 1194–1207.
4. Conductivity. Theory and Practice. Villeurbanne: "Radiometer Analytical SAS", 2004. 1–49.
5. Conductivity of water (based on ISO 7888:1985) – DOC316.52.93084, Ed. 2. 2015. – P. 4.
6. Bruttel P. A. Conductometry – Conductivity Measurement. Herisau: Metrohm Ltd, 2004. 48 p.
7. Moore R. D., Richards G., Story A. Electrical Conductivity as an Indicator of Water Chemistry and Hydrologic Process. *Streamline Watershed Manag. Bull.* 2008. Vol. 11 (2). P. 25–29.
8. European Pharmacopoeia, 5.0; Vol. I. 2005. P. 56–57.
9. Державна Фармакопея України: в 3-х т. / ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2-е вид. Харків : ДП «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». 2015. Т. 1. С. 107-108.

References

1. The State Pharmacopoeia of Ukraine: in 3 vol. Kharkiv: Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center of Quality of Medicinal Products. Ed.2. [Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП "Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів" – 2-е вид.] Kharkiv: Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center of Quality of Medicinal Products; 2014. Ukrainian.
2. Druckerei C. H. Beck. European Pharmacopoeia, Eighth Edition, Vol.2, Nordlingen; 2014.
3. Patil PN, Sawant DV, Deshmukh RN. Physico-chemical parameters for testing of water. *Int Journ of Env. Sci.* 2012;3(3): 1194-207.
4. Conductivity. Theory and Practice. Villeurbanne: "Radiometer Analytical SAS", 2004;1-49.
5. Conductivity of water (based on ISO 7888:1985) – DOC316.52.93084, Ed.2, 2015.
6. Bruttel PA Conductometry – Conductivity Measurement. Herisau: Metrohm Ltd, 2004.
7. Moore RD, Richards G, Story A. Electrical conductivity as an indicator of water chemistry and hydrologic process. *Streamline Watershed Manag. Bull.* 2008;11(2): 25-9.
8. European Pharmacopoeia, 5.0, Vol.I; 2005.
9. The State Pharmacopoeia of Ukraine: in 3 vol. Kharkiv: Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center of Quality of Medicinal Products. Ed.2. [Державна Фармакопея України: в 3 т. / ДП "Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів" – 2-е вид.] Kharkiv: Ukrainian Scientific Pharmacopoeia Center of Quality of Medicinal Products, 2015. Ukrainian.

Коротке повідомлення

A short message

Інформація про авторів

Брицун В. М. – д. хім. наук, головний науковий співробітник, ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», Київ, Україна. E-mail: britsun167@ukr.net.

Тарасенко Н. Л. – провідний інженер, ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», Київ, Україна. E-mail: parab2009@ukr.net.

Савіна Н. О. – науковий співробітник, ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», Київ, Україна. E-mail: katrinsavina@ukr.net.

Останіна Н. В. – канд. екон. наук, науковий співробітник, завідувач Державною науково-дослідною лабораторією з контролю якості лікарських засобів, ДУ «Інститут громадського здоров'я імені О. М. Марзєєва Національної академії медичних наук України», Київ, Україна. E-mail: 3526309@ukr.net.

Information about the authors

Britsun V. M. – DSc (Chemistry), chief researcher, O. M. Marzeyev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. E-mail: britsun167@ukr.net.

Tarasenko N. L. – lead engineer, O. M. Marzeyev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. E-mail: parab2009@ukr.net.

Savina N. O. – scientific researcher, O. M. Marzeyev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine Kyiv, Ukraine. E-mail: katrinsavina@ukr.net.

Ostanina N. V. – PhD (Economics), scientific researcher, Head of the State Scientific Research Laboratory for Quality Control of Medicines, O. M. Marzeyev Institute for Public Health of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine. E-mail: 3526309@ukr.net.