

МЕТРОЛОГІЧНА КУЛЬТУРА У ПРОФЕСІЙНІЙ ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАРМАЦЕВТІВ

Ya. M. Pushkarova

Bogomolets National Medical University

METROLOGICAL CULTURE IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF FUTURE PHARMACISTS

Анотація. У статті розглядається метрологічна культура як ключовий складник дослідницької компетентності майбутніх фармацевтів, що є необхідною умовою якісної підготовки фахівців, здатних проводити наукові дослідження з високим рівнем точності та достовірності. Метрологічна компетентність, яка охоплює систему знань, умінь та ціннісних орієнтацій, формує у здобувачів фармацевтичної освіти здатність забезпечувати коректну інтерпретацію результатів вимірювань у професійній діяльності.

Навчальна дисципліна «Основи хімічної метрології» відіграє ключову роль у професійному розвитку майбутнього фармацевта. Наведено основні тематичні напрями практичних і лекційних занять курсу, серед яких: робота зі значущими цифрами, виявлення грубих похибок, статистична обробка експериментальних даних, розрахунок довірчих інтервалів, порівняння методик за відтворюваністю, порівняння середніх значень двох вибірок, оцінка правильності визначень, аналіз збіжності результатів, методи регресійного та кореляційного аналізу, а також використання теорії ймовірностей у фармацевтичних дослідженнях. Ці теми формують цілісну систему професійних знань і навичок, необхідних для виконання фахових завдань із дотриманням вимог наукової етики та стандартів якості.

Запропоновано модель формування метрологічної культури, що поєднує теоретичний, практичний та мотиваційно-ціннісний рівні. Такий комплексний підхід сприяє не лише засвоєнню знань і розвитку навичок, а й формуванню відповідального ставлення до якості і достовірності дослідницьких результатів. Застосування цієї моделі в навчальному процесі дає змогу підвищити рівень дослідницької компетентності майбутніх фармацевтів, що є необхідною умовою забезпечення безпеки та ефективності фармацевтичної продукції. Результати дослідження можуть бути використані для вдосконалення освітніх програм і підвищення якості підготовки фахівців у галузі фармацевтичної освіти та науки.

Ключові слова: хімічна метрологія; статистична обробка даних; точність вимірювань; фармацевтична освіта; професійна спрямованість.

Abstract. The article examines metrological culture as a key component of the research competence of future pharmacists, which is a necessary condition for high-quality training of specialists capable of conducting scientific research with a high degree of accuracy and reliability. Metrological competence, encompassing a system of knowledge, skills and value orientations, shapes pharmacy students' ability to ensure the correct interpretation of measurement results in their professional activities.

The academic discipline «Fundamentals of Chemical Metrology» plays a crucial role in the professional development of future pharmacists. The main thematic areas of the practical and lecture sessions of the course are presented, including: working with significant figures, detection of gross errors, statistical processing of experimental data, calculation of confidence intervals, comparison of methods by reproducibility, comparison of means of two samples, assessment of correctness of determinations, analysis of result convergence, regression and correlation analysis methods, as well as the application of probability theory in pharmaceutical research. These topics form a comprehensive system of professional knowledge and skills necessary for performing specialized tasks in compliance with the requirements of scientific ethics and quality standards.

A model for forming metrological culture is proposed, combining theoretical, practical and motivational-value levels. This comprehensive approach fosters not only knowledge acquisition and skill development but also the formation of a responsible attitude toward the quality and reliability of research results. The implementation of this model in the educational process enhances the level of research competence among future pharmacists, which is essential for ensuring the safety and efficacy of pharmaceutical products. The study results can be used to improve educational programs and raise the quality of training specialists in pharmaceutical education and science.

Key words: chemical metrology; statistical data processing; measurement accuracy; pharmaceutical education; professional orientation.

Вступ. У сучасних умовах розвитку фармацевтичної практики і науки особливо важливо формувати у майбутніх фахівців здатність проводити достовірні, точні та обґрунтовані дослідження. Якість дослідницької діяльності магістра фармації значною мірою визначається рівнем сформованості в нього метрологічної культури – комплексної системи знань, умінь і ціннісних орієнтацій, які забезпечують точність, відтворюваність та коректну інтерпретацію результатів вимірювань. Метрологічна культура є не лише технічною компетентністю, а й важливим складником наукового мислення, що передбачає відповідальне ставлення до результатів досліджень та дотримання етичних принципів наукової діяльності (Adams & Adriaens, 2020; Merone et al., 2020).

Становлення метрологічної компетентності забезпечує здатність працівника фармацевтичної галузі діяти згідно з метрологічними стандартами, критично оцінювати отримані аналітичні дані, а також приймати обґрунтовані рішення, що є ключовими для забезпечення якості фармацевтичної продукції та безпеки пацієнтів (Пушкарьова, 2025; Sharma, 2017).

Важливим чинником формування культури вимірювань у здобувачів є навчальна дисципліна «Основи хімічної метрології», яка забезпечує набуття необхідних теоретичних знань і практичних навичок щодо обробки та оцінки результатів хімічного (фармацевтичного) експерименту згідно з вимогами Державної Фармакопеї України (Пушкарьова та ін., 2024). Ця дисципліна сприяє не лише формуванню професійної компетентності, а й є базою для подальшої наукової та практичної діяльності майбутніх фармацевтів.

Метою статті є розкриття сутності метрологічної культури майбутніх фармацевтів та визначення основних педагогічних умов і методів, які сприяють її ефективному розвитку під час опанування курсу «Основи хімічної метрології» на кафедрі аналітичної, фізичної та колоїдної хімії Національного медичного університету імені О. О. Богомольця.

Теоретична частина. Становлення метрологічної свідомості як складової частини дослідницької компетентності магістрів фармації є важливою умовою забезпечення якості наукових досліджень та фармацевтичної практики. Метрологічна культура розглядається не лише як система технічних знань, а й як компонент наукового мислення, що формує відповідальність за достовірність отриманих даних та їх інтерпретацію.

J. Dobilienė & A. Meškauskienė (Dobilienė & Meškauskienė, 2025) наголошують, що якість результатів вимірювань безпосередньо залежить від компетентності персоналу, який їх виконує. Авторки підкреслюють потребу в системному розвитку метрологічних компетентностей, що

забезпечують надійність, відтворюваність і достовірність результатів вимірювань. Цей висновок можна екстраполювати на систему підготовки фармацевтів, оскільки саме на етапі навчання закладаються основи професійної відповідальності за точність аналітичних даних і дотримання метрологічних вимог.

A. Rusli (Rusli, 2015) розглядає фундаментальну метрологію як чинник формування наукової свідомості здобувачів освіти. Автор зазначає, що опанування базових метрологічних понять сприяє розвитку критичного мислення, уміння інтерпретувати експериментальні результати й усвідомлювати роль похибки у наукових дослідженнях. Цей підхід особливо релевантний для підготовки фармацевтів, діяльність яких передбачає аналітичну точність і доказовість результатів.

O. Bukrieva & Ya. Medvedovska (Bukrieva & Medvedovska, 2020) у своїй роботі обґрунтовують доцільність використання активних методів навчання під час вивчення теми «Невизначеність вимірювань». Авторки показують, що інтерактивні методи (дискусії, аналіз кейсів, проблемно-орієнтовані завдання) підвищують розуміння складних метрологічних категорій і сприяють розвитку аналітичного мислення здобувачів освіти. Застосування таких методів у фармацевтичній освіті дає змогу формувати практичний складник культури вимірювань, забезпечуючи перехід від знань до усвідомленої професійної діяльності.

Таким чином, розвиток метрологічного мислення майбутніх фармацевтів потребує цілеспрямованої педагогічної організації навчального процесу, де теорія вимірювань підкріплюється практичними навичками. Найбільш сприятливим освітнім середовищем для цього є навчальна дисципліна «Основи хімічної метрології», зміст якої безпосередньо спрямований на формування ключових складників культури вимірювань – від теоретичного розуміння принципів вимірювань до практичних навичок їх обґрунтованої оцінки. Це дає змогу безпосередньо пов'язати теоретичні знання з вимогами реальної фармацевтичної практики, у якій кожне вимірювання має наукове, аналітичне і навіть етичне значення (Пушкарьова та ін., 2024; Pushkarova & Zaitseva, 2022).

Докладний опис змісту навчальної дисципліни подано на офіційному сайті кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії Національного медичного університету імені О. О. Богомольця (<https://nmuofficial.com>). Практичні та лекційні заняття освітнього компонента «Основи хімічної метрології» охоплюють комплекс важливих тем, що формують професійно-дослідницькі компетентності майбутніх фармацевтів. Зокрема, здобувачі опановують правила роботи зі значущими цифрами та округленням, що є базою для точного

і коректного подання аналітичних результатів. Значну увагу приділено виявленню грубих похибок за допомогою статистичних критеріїв (критерій Q, Zs-критерій), що забезпечує своєчасне виключення аномальних даних із подальшого аналізу та підвищує достовірність отриманих результатів.

Опанування базових статистичних показників (дисперсія, стандартне відхилення, стандартне відхилення середнього результату, відносна дисперсія та відносне стандартне відхилення, відносне стандартне відхилення середнього результату) дає змогу оцінити варіабельність та особливості розподілу експериментальних даних, що є необхідним для планування досліджень та прийняття обґрунтованих рішень у контролі якості лікарських засобів. Розглядається метод розрахунку та інтерпретації довірчих інтервалів, який дає змогу визначати діапазон можливих значень вимірюваних параметрів із заданим рівнем довірчої ймовірності.

Практичні навички включають порівняння аналітичних методик за відтворюваністю для вибору оптимального способу контролю якості. Застосування статистичних критеріїв дає змогу виявляти значущі відмінності між вибірками, наприклад між партіями сировини. Здобувачі також навчаються оцінювати правильність визначень із дотриманням вимог до якості фармацевтичного аналізу.

Окрім того, увага приділяється аналізу збіжності результатів паралельних випробувань для підтвердження їх надійності. У рамках курсу опрацьовуються методи регресійного та кореляційного аналізу, що дають змогу будувати калібрувальні графіки, оцінювати лінійність аналітичних методик у процесі кількісного визначення лікарських речовин і визначати межі виявлення аналітичних методик.

Завершальним елементом є ознайомлення з теорією ймовірностей, що формує розуміння ролі випадкових подій у процесі вимірювань

і прийняття рішень, сприяючи розвитку критичного мислення та вмінню оцінювати ризики, які супроводжують фармацевтичну діяльність.

Отже, зміст дисципліни «Основи хімічної метрології» охоплює не лише окремі знання та навички, а й формує цілісну систему професійно-дослідницьких якостей, що становлять основу культури вимірювань. Для її ефективного формування доцільно розглядати процес у межах трьох взаємопов'язаних рівнів: теоретичного, практичного та мотиваційно-ціннісного. Їх узагальнену характеристику подано в табл. 1.

Теоретичний рівень охоплює систематичне опанування фундаментальних понять і принципів метрології: розуміння природи вимірювань, видів і джерел похибок, основ статистичної обробки даних, принципів контролю якості. Завдяки цьому формуються наукові засади, що є необхідною умовою для подальшого професійного зростання та практичного застосування знань.

Практичний рівень акцентує увагу на формуванні навичок застосування теоретичних знань у реальних чи змодельованих лабораторних умовах. Здобувачі освіти опановують методи ідентифікації та корекції похибок, виконують розрахунки статистичних показників, аналізують експериментальні дані, використовують статистичні критерії для перевірки гіпотез та оцінки точності результатів. Цей рівень сприяє розвитку аналітичного мислення і практичних умінь.

Мотиваційно-ціннісний рівень спрямований на формування відповідального, усвідомленого ставлення до метрологічних вимог і стандартів. Через рефлексивні практики, обговорення значення точності вимірювань для безпеки лікарських засобів та надійності наукових висновків здобувачі усвідомлюють важливість оволодіння принципами точності як невід'ємного складника професійної етики та успішної наукової діяльності фармацевта.

Інтеграція усіх трьох рівнів забезпечує комплексне формування метрологічної культури як

Таблиця 1

Рівні та зміст формування метрологічної культури майбутніх магістрів фармації

Рівень	Основний зміст та цілі	Приклади діяльності
Теоретичний	Засвоєння фундаментальних знань із метрології, необхідних для розуміння точності та достовірності вимірювань	Опрацювання лекційного матеріалу, виконання практичних завдань у робочому зошиті
Практичний	Набуття навичок аналізу, обробки та інтерпретації вимірювальних даних для ефективного застосування теоретичних знань	Робота з експериментальними або змодельованими даними, розв'язання кейсів професійного спрямування
Мотиваційно-ціннісний	Формування відповідального ставлення до точності вимірювань та дотримання етичних норм у професійній діяльності	Обговорення кейсів професійного спрямування, самооцінка навчальних досягнень, етична рефлексія

складової частини професійної підготовки майбутнього фармацевта. Запропонована модель також передбачає використання різноманітних методів навчання – від традиційних лекцій і практичних занять до інтерактивних кейсів (Rosier, 2022), лабораторних симуляцій і рефлексивних дискусій, що оптимізують процес засвоєння знань і розвиток відповідних компетентностей.

Висновки і перспективи подальших досліджень. Розвиток метрологічного мислення підсилює аналітичний складник дослідницької компетентності, що забезпечує достовірність, точність і відтворюваність результатів фармацевтичних досліджень. Під час вивчення дисципліни «Основи хімічної метрології» здобувачі фармацевтичної освіти поетапно опановують знання, уміння та ціннісні орієнтації, які визначають наукову відповідальність і здатність до критичного аналітичного мислення. Зміст освітнього компонента орієнто-

ваний на розвиток навичок обробки результатів вимірювань, оцінювання похибок, інтерпретації експериментальних даних і порівняння аналітичних методів, що сприяє усвідомленню принципів доказовості у фармацевтичній практиці.

Інтеграція теоретичного, практичного та мотиваційно-ціннісного рівнів формування метрологічної культури забезпечує комплексний розвиток професійних компетентностей. Становлення культури вимірювань сприяє не лише підвищенню якості освітнього процесу, а й формуванню здатності майбутніх фармацевтів приймати обґрунтовані наукові рішення з дотриманням принципів доброчесності.

Перспектива подальших досліджень пов'язана з розробленням методичних рекомендацій щодо впровадження інтерактивних і рефлексивних підходів у процесі підготовки фахівців фармацевтичного профілю.

References

1. Pushkarova, Ya. M. (2025). Statystychna hra-motnist yak skladova doslidnytskoi kompetentnosti v pidhotovtsi mahistriv farmatsii [Statistical literacy as a component of research competence in the education of master's students in pharmacy]. *Zbirnyk naukovykh prats «Pedahohichni nauky» – Pedagogical sciences «Collection of research papers»*, 111, 89–94. DOI: <https://doi.org/10.32999/ksu2413-1865/2025-111-13> [in Ukrainian].
2. Pushkarova, Ya. M., Stuchynska, N. V., & Zaitseva, G. M. (2024). Zmist i struktura vybirkovoi dystsypliny «Osnovy khimichnoi metrolohii» dlia pidhotovky mahistriv za spetsialnistiu 226 «Farmatsiia, promyslova farmatsiia» [Content and structure of the elective course «Fundamentals of chemical metrology» for the specialty 226 «Pharmacy, industrial pharmacy»]. *Medytsyna ta farmatsiia: osviti-dyskursy – Medicine and pharmacy: educational discourses*, (3), 97–104. DOI: <https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2024-3-14> [in Ukrainian].
3. Adams, F., & Adriaens, M. (2020). The metamorphosis of analytical chemistry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412(15), 3525–3537. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-019-02313-z>
4. Bukrieieva, O. S., & Medvedovska, Y. S. (2020). Active methods in teaching measurement uncertainty. *Ukrainskyi metrolohichnyi zhurnal – Ukrainian Metrological Journal*, (3A), 61–66.
5. Dobilienė, J., & Meškuotienė, A. (2025). Metrology personnel competencies. Their importance to the quality of measurements. *Measurement: Sensors*, 38, 101325. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measen.2024.101325>
6. Merone, G. M., Tartaglia, A., Locatelli, M., D'Ovidio, C., Rosato, E., de Grazia, U., ... & Savini, F. (2020). Analytical chemistry in the 21st century: challenges, solutions and future perspectives of complex matrices quantitative analyses in biological / clinical field. *Analytica*, 1(1), 44–59. DOI: <https://doi.org/10.3390/analytica1010006>
7. Pushkarova, Y., & Zaitseva, G. (2022). Designing an online course for pharmacy students: Case study of basics of chemical metrology. *Anatolian Journal of Education*, 7(2), 1–10. DOI: <https://doi.org/10.29333/aje.2022.721a>
8. Rosier, G. (2022). The case method evaluated in terms of higher education research: A pilot study. *The International Journal of Management Education*, 20(3), 100660. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100660>
9. Rusli, A. (2015). Fundamental Metrology: Its Significance for Scientific Awareness in Higher Education. *Applied Mechanics and Materials*, 771, 187–190. DOI: <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.771.187>
10. Sharma, S. (2017). Definitions and models of statistical literacy: a literature review. *Open Review of Educational Research*, 4(1), 118–133. DOI: <https://doi.org/10.1080/23265507.2017.1354313>

Електронна адреса для листування: yaroslava.pushkarova@gmail.com

Стаття надійшла 14.10.2025
Статтю прийнято 01.11.2025
Стаття опублікована