

УДК 37.09

DOI <https://doi.org/10.32782/eddiscourses/2024-3-14>

ЗМІСТ І СТРУКТУРА ВИБІРКОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ «ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ МЕТРОЛОГІЇ» ДЛЯ ПІДГОТОВКИ МАГІСТРІВ ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 226 «ФАРМАЦІЯ, ПРОМИСЛОВА ФАРМАЦІЯ»

Пушкарьова Ярослава Миколаївна,

кандидат хімічних наук, доцент,

доцент закладу вищої освіти кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0001-9856-7846

Стучинська Наталія Василівна,

доктор педагогічних наук, професор,

завідувач кафедри медичної і біологічної фізики та інформатики,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0002-5583-899X

Зайцева Галина Миколаївна,

кандидат хімічних наук, доцент,

завідувач кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії,

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID: 0000-0003-3138-6324

Сучасні фармацевти все більше залучаються до роботи в мультидисциплінарних командах, де їхній внесок у діагностику, лікування та профілактику захворювань стає більш значущим. Хімічна метрологія, як наука про вимірювання, відіграє важливу роль у фармацевтичній практиці, оскільки дає змогу забезпечити точність і надійність хімічних аналізів, необхідних для розроблення, виробництва та контролю якості лікарських препаратів. Знання хімічної метрології є цінним фактором у формуванні компетентного працівника фармацевтичної галузі, здатного забезпечувати високу якість і безпеку фармацевтичної продукції та сприяти інноваціям у галузі.

У статті висвітлено структуру і зміст вибіркового компонента «Основи хімічної метрології» для студентів II курсу фармацевтичного факультету денної форми навчання Національного медичного університету імені О.О. Богомольця. Обґрунтовано необхідність викладання цієї дисципліни здобувачам вищої освіти за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація». Курс спрямований на формування розуміння метрологічного обґрунтування методик контролю якості лікарських засобів та їх метрологічного забезпечення, підготовку здобувачів вищої освіти до виконання професійних обов'язків згідно з вимогами національних та/або міжнародних стандартів. Визначено компетентності та очікувані результати навчання, набуття яких сприяє вивченню запропонованої навчальної дисципліни. Засвоєні практичні навички та уміння полягають у самостійному проведенні статистичного оброблення результатів хімічного (фармацевтичного) експерименту, інтерпретації та оцінюванні результатів аналізу лікарських засобів згідно з вимогами Державної Фармакопеї України.

Конкретизовано тематику лекцій та практичних занять, їхню мету та основні завдання. Проаналізовані особливості проведення практичних занять. Кейс-технології визначаються ефективним навчальним методом для досягнення поставлених освітніх цілей. Саме застосування кейсів під час лекцій та практичних занять допомогло показати здобувачам вищої освіти міцний зв'язок між метрологією та фармацією, відкрити практичну значущість отриманих знань та умінь, що сприяло глибшому розумінню матеріалу та підвищенню активності пізнавальної діяльності.

Ключові слова: фармацевтична освіта, варіативна дисципліна, хімічна метрологія, практичні навички та уміння, статистична обробка результатів.

Pushkarova Yaroslava, Stuchynska Nataliia, Zaitseva Galina. Content and structure of the elective course “Fundamentals of Chemical Metrology” for the specialty 226 “Pharmacy, Industrial Pharmacy”

Modern pharmacists are increasingly involved in working in multidisciplinary teams, where their contribution to the diagnosis, treatment and prevention of diseases becomes more significant. Chemical metrology, as a science of measurement, plays an important role in pharmaceutical practice, as it allows to ensure the accuracy and reliability of chemical analyzes necessary for the development, production and quality control of medicinal products. Knowledge of chemical metrology is a valuable factor in the formation of a competent worker in the pharmaceutical industry, capable of ensuring high quality and safety of pharmaceutical products and contributing to innovations in the industry.

The article highlights the structure and content of the elective course “Fundamentals of Chemical Metrology” for second year full-time students of the pharmaceutical faculty at Bogomolets National Medical University. The necessity of teaching this discipline to students in specialty 226 “Pharmacy, Industrial Pharmacy” is substantiated. The course is aimed at forming an understanding of the metrological justification of the quality control methods of medicinal products and their metrological support, at the preparation of students to perform professional duties in accordance with the requirements of national and/or international standards. Competences and expected learning outcomes are determined. The acquired practical skills and abilities consist in independent statistical processing of the results of a chemical (pharmaceutical) experiment, interpretation and evaluation of the results of the analysis of medicinal products in accordance with the requirements of the State Pharmacopoeia of Ukraine.

The topics of lectures and practical classes, their purpose and main tasks are specified. Peculiarities of conducting practical classes are analyzed. Case technologies are defined as an effective educational method for achieving educational goals. Using case technologies during lectures and practical classes helps to show students a strong connection between metrology and pharmacy, to discover the practical significance of the acquired knowledge and skills, which contributed to a deeper understanding of the material and increasing activation of cognitive activity.

Key words: pharmaceutical education, elective course, chemical metrology, practical skills and abilities, statistical processing of results

Актуальність. Метрологія є цінною складовою частиною аналітичної хімії, оскільки без неї неможливо забезпечити високу якість і достовірність результатів вимірювань. Вона дає змогу встановлювати стандарти, розробляти надійні методики та проводити якісний контроль процесів, що є критичним для наукових досліджень і промислових застосувань. Без належної метрологічної підтримки результати аналітичних досліджень можуть бути недостовірними або навіть хибними, що може мати серйозні наслідки для науки, виробництва і здоров'я людей [1–3]. У свою чергу, кількісний хімічний аналіз є важливим процесом у фармації, який дає змогу точно визначати концентрацію активних інгредієнтів, домішок, допоміжних речовин та інших компонентів у лікарських препаратах. Це важливий елемент контролю якості, що забезпечує безпеку та ефективність лікарських засобів. Знання хімічної метрології є важливими для фахівців фармацевтичної галузі з кількох причин [4; 5]:

– забезпечення точності та надійності аналізів: хімічна метрологія включає методи і засоби вимірювання, що дають змогу отримувати точні і відтворювані результати; це важливо для аналізу лікарських засобів, де помилки у вимірюваннях можуть призвести до некоректного дозування та потенційної шкоди для пацієнта;

– контроль якості лікарських засобів: фармацевти повинні бути впевненими у якості препаратів, які вони виготовляють або продають; знання метрології допомагає оцінювати чистоту речовин, вміст активних інгредієнтів та визначати наявність домішок;

– стандартизація процесів: хімічна метрологія забезпечує стандартизацію аналітичних методик, що дає змогу фармацевтам використовувати уніфіковані підходи до оцінювання якості лікарських засобів;

– дотримання нормативних вимог: знання метрології допомагає фармацевтам відповідати вимогам національних та/або міжнародних стандартів;

– покращення досліджень і розробок: у наукових дослідженнях метрологічні методи дають змогу фармацевтам проводити більш точні і надійні експерименти, що сприяє розвитку нових лікарських засобів чи оптимізації наявних розробок.

Отже, вивчення дисципліни «Основи хімічної метрології» забезпечує розуміння метрологічного обґрунтування методик контролю якості лікарських засобів та їх метрологічного забезпечення, що, безумовно, є актуальним та необхідним у професійній фармацевтичній діяльності.

Мета статті полягає в тому, щоб описати структуру і зміст навчальної дисципліни «Основи хімічної метрології» для здобувачів вищої освіти за спеціальністю 226 «Фармація, промислова фармація» на кафедрі аналітичної, фізичної та колоїдної хімії Національного медичного університету імені О.О. Богомольця.

Методи досліджень. Застосовано аналіз наукової та навчальної літератури, структурно-логічний аналіз, метод системного аналізу, кейс-технології.

Виклад основного матеріалу. Вибірковий компонент «Основи хімічної метрології» вперше введено до навчальної програми студентів II курсу фармацевтичного факультету денної форми навчання Національного медичного університету імені О.О. Богомольця у 2021/2022 навчальному році. Набуті досвід і знання щодо співпраці зі здобувачами вищої освіти дозволили укласти [6], а потім оптимізувати [7] робочу навчальну програму «Основи хімічної метрології», опис якої подано далі.

Метою викладання навчальної дисципліни «Основи хімічної метрології» є набуття здобу-

вачами магістерського рівня вищої освіти практичних умінь статистичної обробки результатів хімічного (фармацевтичного) експерименту, інтерпретації та оцінювання результатів аналізу лікарських засобів згідно з вимогами Державної Фармакопеї України. Зазначимо, що зміст вибіркового компоненту «Основи хімічної метрології» ґрунтується на таких розділах Державної Фармакопеї України, як «Статистичний аналіз результатів хімічного експерименту» та «Валідація аналітичних методик і випробувань».

Опанувавши дисципліну «Основи хімічної метрології», здобувачі вищої освіти будуть *знати*:

- предмет та задачі хімічної метрології;
- загальні метрологічні характеристики хімічного (фармацевтичного) експерименту;
- класифікацію похибок та джерела їх виникнення у хімічному аналізі;
- основи валідації аналітичних методик і випробувань;
- основи математичної статистики та теорії ймовірностей;
- предмет та задачі хеометрії, а також застосування основних хеометричних методів у фармації та медицині;

та вміти:

- проводити розрахунок основних метрологічних характеристик хімічного (фармацевтичного) аналізу;
- визначати наявність грубих похибок;
- порівнювати дві методики аналізу за відтворюваністю;
- порівнювати середні результати двох вибірок;
- оцінювати правильність визначень;
- оцінювати збіжність результатів;
- визначати параметри лінійної залежності;
- визначати межу виявлення;
- інтерпретувати результати метрологічної обробки результатів вимірювань.

Запропонована дисципліна спрямована на формування у здобувачів вищої освіти відповідних загальних та фахових компетентностей відповідно до ОПП «Фармація» (<https://nmuofficial.com/navchalno-metodychnyj-viddil>).

Виділяють *загальні компетентності (ЗК)*:

- здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 01);
 - здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 02);
 - здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях (ЗК 03);
 - здатність працювати в команді (ЗК 06);
- і фахові компетентності спеціальності (ФК)*:

– здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі фармації/промислової фармації у широких або мультидисциплінарних контекстах (ФК 01);

– здатність збирати, інтерпретувати та застосовувати дані, необхідні для професійної діяльності, здійснення досліджень та реалізації інноваційних проектів у сфері фармації (ФК 02).

Вивчення дисципліни «Основи хімічної метрології» сприяє досягненню здобувачами вищої освіти таких *програмних результатів навчання* відповідно до ОПП «Фармація».

1) Мати та застосовувати спеціалізовані концептуальні знання у сфері фармації та суміжних галузях з урахуванням сучасних наукових здобутків (ПРН 01).

2) Мати спеціалізовані знання та уміння/навички для розв'язання професійних проблем і задач, у тому числі задля подальшого розвитку знань та процедур у сфері фармації (ПРН 03).

3) Збирати необхідну інформацію щодо розроблення та виробництва лікарських засобів, використовуючи фахову літературу, патенти, бази даних та інші джерела; систематизувати, аналізувати й оцінювати її, зокрема, з використанням статистичного аналізу (ПРН 07).

Зміст вибіркового компонента «Основи хімічної метрології» побудовано логічно та взаємопов'язано, щоб забезпечити засвоєння зазначених компетентностей та програмних результатів навчання.

Програма навчальної дисципліни складається з п'яти тем.

1) Тема 1. Основи метрології.

2) Тема 2. Похибки вимірювань.

3) Тема 3. Основи статистичного аналізу результатів хімічного експерименту згідно з вимогами Державної Фармакопеї України.

4) Тема 4. Основи валідації аналітичних методик і випробувань згідно з вимогами Державної Фармакопеї України.

5) Тема 5. Статистичні та хеометричні методи у фармації та медицині.

З детальним описом програми дисципліни можна ознайомитися на сайті кафедри аналітичної, фізичної та колоїдної хімії Національного медичного університету імені О.О. Богомольця (<https://nmuofficial.com/zagalni-vidomosti/kafedri/department-medical-general-chemistry>).

Вивчення тем відбувається шляхом проведення лекцій (10 годин), практичних занять (20 годин) та виконання позааудиторної самостійної роботи (60 годин). Самостійна робота здобувачів вищої освіти передбачає опрацювання теоретич-

ного матеріалу, виконання завдань у робочому зошиті, опрацювання практичних навичок.

Структуру дисципліни «Основи хімічної метрології» для студентів денної форми навчання подано у табл. 1. Зазначимо, що найбільша кількість аудиторних годин присвячена валідації аналітичних методик і випробувань згідно з вимогами Державної Фармакопеї України, оскільки саме валідація аналітичних методик і випробувань є невід'ємною частиною сучасної фармацевтичної практики та забезпечує контроль якості на кожному етапі життєвого циклу лікарського засобу.

Тематичний план лекцій та практичних занять наведено у табл. 2 та 3. До кожної теми лекції та практичного заняття зазначено мету, а також те, оволодіння якими практичними знаннями, навичками та уміннями вони забезпечують.

Для викладання цієї дисципліни та успішного засвоєння матеріалу створено навчально-методичний комплекс, відеоконтент та структурований навчальний курс на платформі дистанційного навчання LIKAR_NMU (<https://likar.nmuofficial.com/md/course/view.php?id=6841>).

Варто відзначити, що під час кожної лекції підкреслюються важливість і актуальність отриманих знань для роботи дослідницького та/або інноваційного характеру майбутніх магістрів фармації. Також виділяється час на активний діалог чи дискусію зі здобувачами вищої освіти, роз'яснення незрозумілих та складних моментів лекції відповідно до поставлених питань слухачів.

Основні елементи практичного заняття включають формування мотивації та активацію пізнавальної діяльності; контроль початкового рівня підготовки; диспут та обговорення теоретичних питань відповідно до теми заняття; розв'язування розрахункових та ситуаційних задач; узагальнення знань; контроль кінцевого рівня підготовки. Для оцінювання початкового рівня підготовки застосовуються тестовий контроль та/або індивідуальне опитування, а кінцевого – розрахункові та ситуаційні задачі.

Застосування кейс-технології під час проведення практичних занять та лекцій сприяло активному залученню студентів до навчального процесу, розвитку аналітичного та критичного мислення, а також формуванню вміння приймати аргументовані рішення. Окрім цього, застосування кейс-технології відкрило студентам практичну значущість отриманих знань та навичок метрологічного обґрунтування методик контролю якості лікарських засобів та їх метрологічного

забезпечення для успішної професійної діяльності [8–10]. Використовуючи реальні або змодельовані ситуації з фармацевтичної практики, студенти змогли наочно побачити, як теоретичні знання та практичні навички з хімічної метрології застосовуються в реальних умовах. Наведемо приклади кейсів, що застосовуються під час лекцій та практичних занять [8].

Кейс 1.

У контрольно-аналітичній лабораторії кількісне визначення вмісту метамізолу натрію у певному препараті відповідно до вимог нормативної документації проводиться методом йодометричного титрування. Ця методика вимагає регулярної щорічної перевірки. Для метрологічної атестації титриметричної методики визначення метамізолу натрію у лікарському препараті проаналізовано зразок, що містить 503,00 мг метамізолу натрію. У 10 паралельних визначеннях отримано такі результати, мг: 498,73; 505,23; 509,42; 509,52; 513,12; 523,84; 524,41; 525,31; 534,89; 537,30. Оцініть систематичну помилку методики за довірчої ймовірності $P = 0,95$.

Кейс 2.

Деякий лікарський препарат у формі порошку для приготування суспензії для внутрішнього застосування проаналізовано методом флуориметрії на вміст сторонньої домішки – полімеру клаваланату. Його кількість не повинна перевищувати 5,5% від заявленого вмісту клаваланової кислоти. За трьох паралельних визначень знайшли зміст сторонньої домішки у відсотках від заявленої кількості клаваланової кислоти: 5,12; 5,16; 5,21. Оцініть збіжність результатів паралельних визначень за довірчої ймовірності $P = 0,95$.

Кейс 3.

Контроль якості деякого лікарського препарату (діюча речовина метопрололу тартрату) включає визначення показника «Кількісне визначення» методом УФ-спектрофотометрії. Згідно з нормативною документацією, вміст діючої речовини повинен варіюватись від 95,0 до 105,0 мг. Під час проведення 5 паралельних одиничних визначень метопрололу тартрату отримано такі результати, мг: 96,74; 96,88; 97,0; 97,36; 98,43. Проведіть статистичну обробку результатів кількісного аналізу за довірчої ймовірності $P = 0,95$ і дайте оцінку збіжності результатів паралельних визначень.

Висновки. Вважаємо, що навчальна дисципліна «Основи хімічної метрології» є потрібною у підготовці компетентних фахівців у сфері фармації та їх професійного зростання. Вона забезпечує здобувачів вищої освіти важли-

Таблиця 1

Структура вибіркового компонента «Основи хімічної метрології»

Назва теми	Кількість годин			
	усього	лекції	практичні заняття	позааудиторна самостійна робота
Тема 1. Основи метрології	10	2	2	6
Тема 2. Похибки вимірювань	10	2	2	6
Тема 3. Основи статистичного аналізу результатів хімічного експерименту згідно з вимогами Державної Фармакопеї України	17	1	4	12
Тема 4. Основи валідації аналітичних методик і випробувань згідно з вимогами Державної Фармакопеї України	33	1	8	24
Тема 5. Статистичні та хемометричні методи у фармації та медицині	20	4	4	12
Усього годин	90	10	20	60

Таблиця 2

Теми лекцій для студентів денної форми навчання

№	Назва теми	Мета лекції	Що буде знати та вміти здобувач вищої освіти
1	Метрологія як наука про вимірювання	– Сформувати систематизовані знання щодо основних етапів розвитку метрології; – розкрити поняття «фізична величина» та «вимірювання», проаналізувати класифікацію величин та вимірювань; – проаналізувати Закон України «Про метрологію та метрологічну діяльність».	– Знати предмет, об’єкт та завдання метрології; – вміти класифікувати величини та вимірювання.
2	Роль хімічної метрології у фармації та медицині	– Розкрити значення хімічної метрології відповідно до потреб та інтересів галузі охорони здоров’я; – сформувати систематизовані знання щодо ключових аспектів ролі хімічної метрології у фармації та медицині.	– Знати сфери застосування хімічної метрології у фармації та медицині; – вміти ідентифікувати завдання та значимість метрології у відповідних сферах фармації та медицини.
3	Похибки вимірювань: загальні положення та класифікація	– Розкрити сутність та значення похибки виміру; – проаналізувати класифікацію похибок; – продемонструвати та проаналізувати алгоритми перевірки однорідності вибірки за допомогою критеріїв Q та $3s$.	– Знати класифікацію похибок; – вміти ідентифікувати тип похибки; – знати особливості застосування критеріїв Q та $3s$; – вміти визначати грубі похибки.
4	Похибки в хімічному аналізі	– Проаналізувати специфіку хімічного аналізу як метрологічної дисципліни; – розкрити причини та джерела виникнення похибок у хімічному аналізі.	– Знати специфіку хімічного аналізу як метрологічної дисципліни; – знати причини та джерела виникнення похибок у хімічному аналізі; – вміти визначати та прогнозувати можливі причини та джерела виникнення похибок під час виконання експериментального дослідження.
5	Метрологічні характеристики фармацевтичного аналізу	– Проаналізувати формули для розрахунку основних метрологічних характеристик методики аналізу; – сформувати систематизовані знання щодо їх практичної значущості; – сформувати вміння інтерпретувати результати обчислень.	– Знати формули для розрахунку основних метрологічних характеристик методики аналізу; – вміти розраховувати основні метрологічні характеристики методики аналізу; – вміти представляти результати кількісного аналізу із застосуванням статистичної обробки; – вміти інтерпретувати результати обчислень.

Продовження таблиці 2

6	Валідація аналітичних методик і випробувань	<ul style="list-style-type: none"> – Сформувати систематизовані знання щодо валідації аналітичних методик і випробувань; – проаналізувати аналітичні випробування і методики, які підлягають валідації; – пояснити валідаційні характеристики і вимоги; – усвідомлювати значущість валідації аналітичних методик і випробувань для фармації та медицини. 	<ul style="list-style-type: none"> – Знати аналітичні випробування і методики, які підлягають валідації; – знати валідаційні характеристики і вимоги; – вміти визначати перелік необхідних валідаційних характеристик для різних випробувань і методик.
7	Основні ідеї регресійного аналізу та кореляційного аналізу	<ul style="list-style-type: none"> – Сформувати систематизовані знання щодо основ регресійного та кореляційного аналізу; – проаналізувати рівняння лінійної регресії та розрахунок її параметрів; – проаналізувати види нелінійної регресії; – проаналізувати розрахунок коефіцієнта кореляції; – проаналізувати розрахунок межі виявлення; – усвідомлювати практичну значущість розглянутих методів. 	<ul style="list-style-type: none"> – Знати основи регресійного аналізу; – вміти розраховувати параметри лінійної регресії; – знати види нелінійної регресії; – знати основи кореляційного аналізу; – вміти розраховувати коефіцієнт кореляції; – вміти розраховувати межу виявлення.
8	Основні теореми ймовірностей. Закони розподілу дискретних та неперервних випадкових величин	<ul style="list-style-type: none"> – Сформувати систематизовані знання щодо основ теорії ймовірностей; – проаналізувати закони розподілу дискретних випадкових величин (біноміальний розподіл, розподіл Пуассона); – проаналізувати закони розподілу неперервних випадкових величин (показниковий розподіл, нормальний закон розподілу). 	<ul style="list-style-type: none"> – Знати основні теореми теорії ймовірностей; – вміти проводити розрахунки відповідно до формули Бернуллі; – знати основні характеристики біноміального розподілу та розподілу Пуассона; – знати основні характеристики показникового розподілу та нормального закону розподілу.
9	Хемометрія як міждисциплінарна наукова дисципліна. Огляд основних хемометричних методів	<ul style="list-style-type: none"> – Сформувати систематизовані знання щодо основних завдань хемометрії та основних хемометричних методів; – проаналізувати принципи основних хемометричних методів 	<ul style="list-style-type: none"> – Знати аспекти реалізації основних хемометричних методів; – знати практичне застосування основних хемометричних методів; – вміти пропонувати необхідний хемометричний метод до вирішення відповідних завдань кількісного аналізу.
10	Застосування хемометричних методів у фармації та медицині	<ul style="list-style-type: none"> – Проаналізувати задачі та проблеми фармацевтичного аналізу, що можуть бути вирішені чи оптимізовані за допомогою хемометричних методів 	<ul style="list-style-type: none"> – Знати практичне застосування основних хемометричних методів у сфері фармації та медицини; – вміти пропонувати необхідний хемометричний метод до вирішення відповідних завдань фармацевтичного аналізу.

Таблиця 3

Теми практичних занять для студентів денної форми навчання

№	Назва теми	Мета практичного заняття	Що буде знати та вміти здобувач вищої освіти
1	Значущі цифри. Округлення результатів вимірювання	Здатність подавати результати хімічного (фармацевтичного) експерименту з необхідною точністю	<ul style="list-style-type: none"> – Знати правило парної цифри; – вміти визначати число значущих цифр у числі; – вміти визначати значущість результату внаслідок різних математичних дій (додавання, віднімання, множення, ділення, піднесення до ступеня, добування кореня, логарифмування, обчислення антилогарифму).

Продовження таблиці 3

2	Виявлення грубих похибок	Здатність класифікувати похибки вимірів та оцінювати наявність грубих похибок	<ul style="list-style-type: none"> – Знати базові знання щодо похибок вимірів та їх класифікації; – вміти оцінювати наявність грубих похибок за допомогою критеріїв Q та $3s$; – вміти інтерпретувати результати своїх обчислень.
3	Основи статистичної обробки результатів хімічного експерименту	Здатність коректно здійснювати статистичну обробку результатів хімічного аналізу та інтерпретувати свої обчислення	<ul style="list-style-type: none"> – Знати специфіку хімічного аналізу як метрологічної дисципліни; – вміти розраховувати основні статистичні параметри.
4	Довірчі інтервали й оцінка їх величини	Здатність коректно здійснювати розрахунок довірчого інтервалу та інтерпретувати свої обчислення	<ul style="list-style-type: none"> – Знати практичну цінність довірчого інтервалу; – вміти розраховувати довірчий інтервал; – вміти представляти результати кількісного аналізу.
5	Порівняння двох методик аналізу за відтворюваністю	Здатність порівнювати дві методики аналізу за відтворюваністю та інтерпретувати свої обчислення	<ul style="list-style-type: none"> – Знати алгоритм порівняння двох методик аналізу за відтворюваністю; – вміти розраховувати критерій Фішера; – вміти інтерпретувати результати своїх обчислень.
6	Порівняння середніх результатів двох вибірок	Здатність порівнювати середні результати експериментальних даних, отриманих за двома різними методиками або для двох різних об'єктів, та інтерпретувати свої обчислення	<ul style="list-style-type: none"> – Знати алгоритм порівняння середніх результатів двох вибірок за статистично незначущого розходження дисперсій; – знати алгоритм порівняння середніх результатів двох вибірок за статистично значущого розходження дисперсій; – вміти інтерпретувати результати своїх обчислень.
7	Оцінка правильності визначень	Здатність оцінювати правильність визначень, отриманих експериментальним шляхом, та інтерпретувати свої обчислення	<ul style="list-style-type: none"> – Знати алгоритм оцінювання правильності визначень за допомогою довірчих інтервалів; – знати алгоритм оцінювання правильності визначень за допомогою критерію Стьюдента; – вміти інтерпретувати результати своїх обчислень.
8	Оцінка збіжності результатів паралельних випробувань	Здатність оцінювати збіжність визначень, отриманих експериментальним шляхом, та інтерпретувати свої обчислення	<ul style="list-style-type: none"> – Знати алгоритм оцінювання збіжності результатів паралельних випробувань; – вміти інтерпретувати результати своїх обчислень.
9	Розрахунок параметрів лінійної залежності. Статистична оцінка межі виявлення	Здатність визначати параметри лінійної залежності та оцінювати межу виявлення	<ul style="list-style-type: none"> – Знати основи регресійного аналізу та кореляційного аналізу; – вміти розраховувати параметри лінійної регресії; – вміти визначати межу виявлення аналітичної методики
10	Теорія ймовірностей у фармації	Здатність коректно застосовувати основні теореми теорії ймовірностей, оцінювати ймовірність випадкової події та розраховувати ймовірність послідовних незалежних подій відповідно до формули Бернуллі	<ul style="list-style-type: none"> – Знати основні теореми теорії ймовірностей; – вміти оцінювати ймовірність випадкової події; – вміти розраховувати ймовірність послідовних незалежних подій відповідно до формули Бернуллі.

вими знаннями та навичками щодо оцінювання метрологічних характеристик методів хімічного (фармацевтичного) аналізу, статистичної обробки результатів вимірювань, валідації аналітичних методик і випробувань. Апробація описаної навчальної програми в освітньому

процесі показала свою ефективність та високий рівень задоволеності здобувачів вищої освіти. Застосування кейс-технології сприяє розвитку критичного мислення та підвищенню готовності до вирішення практичних завдань у професійній діяльності.

Список літератури:

1. Statistical tools and approaches to validate analytical methods: methodology and practical examples / S. Belouafa et al. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*. 2017. Vol. 8. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2016030>.
2. Valcárcel M., Lendl B. Analytical chemistry at the interface between metrology and problem solving. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2004. Vol. 23, no. 8. P. 527–534. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trac.2004.05.001>.
3. Mroczka J. The cognitive process in metrology. *Measurements*. 2013. Vol. 46. P. 2896–2907. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.04.040>.
4. Analytical Chemistry in the 21st Century: Challenges, Solutions, and Future Perspectives of Complex Matrices Quantitative Analyses in Biological/Clinical Field / G.M. Merone et al. *Analytica*. 2020. Vol. 1, no. 1. P. 44–59. DOI: <https://doi.org/10.3390/analytica1010006>.
5. Adams F., Adriaens M. The metamorphosis of analytical chemistry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 2020. Vol. 412. P. 3525–3537. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-019-02313-z>.
6. Development of elective courses for foreign students of the faculty of pharmacy / Ya. Pushkarova et al. *In Intellectual and technological potential of the XXI century: Economics, Tourism, Education, Psychology and Sociology*. Monographic series “European Science”. 2022. Book 15. Part 2. P. 49–67. DOI: <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2022-15-02-013>.
7. Pushkarova Ya., Zaitseva G., Reva T. Peculiarities of teaching the elective course “Basics of chemical metrology”: the department’s experience. *In Education and science in the period of global crises and conflicts in the 21st century: collective monograph*. GS Publishing Services. 2023. P. 201–212. DOI: <https://doi.org/10.51587/9798-9895-14601-2023-016>.
8. Pushkarova Y., Zaitseva G. Designing an online course for pharmacy students: Case study of basics of chemical metrology. *Anatolian Journal of Education*. 2022. Vol. 7, no 2. P. 1–10. DOI: <https://doi.org/10.29333/aje.2022.721a>.
9. Rosier G. The case method evaluated in terms of higher education research: A pilot study. *The International Journal of Management Education*. 2022. Vol. 20, no. 3. P. 100660. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100660>.
10. Bayona J.A., Castañeda D.I. Influence of personality and motivation on case method teaching. *The International Journal of Management Education*. 2017. Vol. 15, no. 3. P. 409–428. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.07.002>.

References:

1. Belouafa, S., Habti, F., Benhar, S., Belafkin, B., Tayane, S., Hamdouch, S., Bennamara, A., & Abourriche, A. (2017). Statistical tools and approaches to validate analytical methods: methodology and practical examples. *International Journal of Metrology and Quality Engineering*, 8 (9), 1–10. <https://doi.org/10.1051/ijmqe/2016030>.
2. Valcarcel, M., & Lendl, B. (2004). Analytical chemistry at the interface between metrology and problem solving. *Trends in Analytical Chemistry*, 23 (8), 527–534. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2004.05.001>.
3. Mroczka, J. (2013). The cognitive process in metrology. *Measurements*, 46, 2896–2907. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2013.04.040>.
4. Merone, G.M., Tartaglia, A., Locatelli, M., D’Ovidio, C., Rosato, E., de Grazia, U., Santavenere, F., Rossi, S., & 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, 44–59. <https://doi.org/10.3390/analytica1010006>.
5. Adams, F., & Adriaens, M. (2020). The metamorphosis of analytical chemistry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 412, 3525–3537. <https://doi.org/10.1007/s00216-019-02313-z>.
6. Pushkarova, Ya., Zaitseva, G., Bolotnikova, A., Reva, T., & Chkhalo, O. (2022). Development of elective courses for foreign students of the faculty of pharmacy. *In Intellectual and technological potential of the XXI century: Economics, Tourism, Education, Psychology and Sociology*. Monographic series “European Science”. Book 15. Part 2, 49–67. <https://doi.org/10.30890/2709-2313.2022-15-02-013>.
7. Pushkarova, Ya., Zaitseva, G., & Reva, T. (2023). Peculiarities of teaching the elective course “Basics of chemical metrology”: the department’s experience. *In Education and science in the period of global crises and conflicts in the 21st century: collective monograph*. GS Publishing Services, 201–212. <https://doi.org/10.51587/9798-9895-14601-2023-016>.
8. 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. <https://doi.org/10.29333/aje.2022.721a>.
9. 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2022.100660>.
10. Bayona, J.A., & Castañeda, D.I. (2017). Influence of personality and motivation on case method teaching. *The International Journal of Management Education*, 15 (3), 409–428. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2017.07.002>.