

АГРОХІМІЯ

УДК 504:631.4:631.95

DOI: <https://doi.org/10.31359/2413-7642-2025-2-121>

Т.А. Романова, канд. с.-г. наук, доцент

М.С. Пономарьова, канд. екон. наук, доцент

О.В. Романов, канд. с.-г. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет, Харків, Україна

ГАРМОНІЗАЦІЯ НАЦІОНАЛЬНИХ СТАНДАРТІВ АГРОХІМІЧНОГО АНАЛІЗУ ҐРУНТІВ З ВИМОГАМИ ЄС

Гармонізація українських стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу є критичною передумовою для успішної європейської інтеграції України та модернізації сільськогосподарського сектору. Станом на 2025 рік українські практики аналізу ґрунтів характеризуються фрагментарністю, відсутністю комплексної національної інтегрованої системи та покладанням на змішані стандарти ДСТУ/ГОСТ замість кодифікованих національних норм, що різко контрастує з новою Директивою Європейського Союзу про моніторинг та стійкість ґрунтів, яка набирає чинності в грудні 2025 року.

Мета. Комплексний аналіз технічних, нормативних та інституційних розбіжностей між українськими та європейськими стандартами агрохімічного аналізу ґрунтів, визначення конкретних методологічних прогалин та розробка практичного покрокового плану гармонізації, який враховує специфіку українських типів ґрунтів, фінансові обмеження та вимоги європейського регуляторного середовища.

Методи. Порівняльний аналіз української нормативно-правової бази та регуляторних вимог Європейського Союзу, систематичний огляд методологічних відмінностей в аналітичних протоколах, оцінка інфраструктурних потреб українських лабораторій та аналіз міжнародного досвіду акредитації. Метод експертної оцінки застосовано для визначення пріоритетних напрямків гармонізації та розрахунку фінансових витрат на модернізацію лабораторної інфраструктури.

Результати. Виявлено критичні методологічні розбіжності у п'яти ключових напрямках аналізу ґрунтів. Вимірювання рівня кислотності характеризується використанням різних електродних розчинів та протоколів калібрування між українськими лабораторіями та європейськими стандартами, що призводить до систематичних відхилень у показниках та ускладнює інтерпретацію доступності поживних речовин. Визначення органічної речовини в українській практиці базується на модифікованих радянських методах з обмеженою стандартизацією, тоді як європейські лабораторії застосовують методи втрати при прожарюванні або Walkley-Black, що створює непорівнянність даних про запаси вуглецю в ґрунті. Аналіз важких металів демонструє відсутність в українських стандартах комплексних рамок для нових забруднюючих речовин, включаючи перфторалкільні та поліфторалкільні речовини та сучасні пестициди, що конкретно вимагаються новою Директивою про моніторинг ґрунтів. Протоколи відбору проб в Україні не мають стандартизації щільності сітки, процедур глибини та стратегій комбінованого відбору, необхідних для забезпечення порівнянності даних між державами-членами Європейського Союзу. Системи забезпечення якості українських лабораторій

потребують узгодження з вимогами акредитації за міжнародним стандартом 17025:2017 та регулярними програмами перевірки кваліфікації, визнаними на європейському рівні. Встановлено, що типова регіональна лабораторія потребує інвестицій 500 000–800 000 євро для модернізації аналітичного обладнання, включаючи системи індуктивно-зв'язаної плазми з оптичною емісійною спектрометрією вартістю 150 000–300 000 євро, рН-метри зі стандартизованими системами електродів за 5 000–15 000 євро та обладнання для аналізу органічних речовин вартістю 20 000–50 000 євро. Національне впровадження вимагає загальних інвестицій 50–80 мільйонів євро протягом трьох-п'яти років. Розроблено п'ятиетапний план впровадження з часовими рамками 48–72 місяці, який охоплює законодавчі реформи з оновленням стандартів та критеріїв акредитації протягом перших 12–18 місяців, модернізацію інфраструктури протягом 12–48 місяців, підготовку персоналу через обмінні програми з європейськими лабораторіями протягом 18–60 місяців, валідацію методів через міжлабораторні дослідження протягом 24–60 місяців та повну інтеграцію з визнанням на європейському рівні. Встановлено необхідність створення Національного координаційного комітету з моніторингу ґрунтів для міжвідомчої координації, розробки національної стратегії моніторингу та забезпечення міжнародного фінансування через програми технічної допомоги.

Висновки. Успішна гармонізація стандартів аналізу ґрунтів забезпечить українському сільському господарству покращений доступ до єдиного ринку Європейського Союзу через усунення технічних бар'єрів для торгівлі, підвищить довіру до української продукції на міжнародних ринках через демонстрацію відповідності золотому стандарту забезпечення якості, зміцнить позиції на ринках квот на викиди вуглецю через надання надійних верифікованих даних про поглинання органічного вуглецю ґрунтом та сприятиме впровадженню сталих методів управління ґрунтами на основі точних даних про стан ґрунтів.

Практична цінність. Дослідження надає конкретний план дій для державних органів, наукових установ та сільськогосподарських лабораторій з детальними розрахунками витрат, часовими рамками впровадження та пріоритетними напрямками модернізації, що дозволяє ефективно планувати інвестиції та координувати зусилля на національному рівні для досягнення повної відповідності вимогам Європейського Союзу.

Ключові слова: гармонізація стандартів ґрунтів, агрохімічний аналіз, моніторинг ґрунтів, акредитація лабораторій, європейська інтеграція, управління якістю.

Ефективна інтеграція України до європейського економічного простору неможлива без приведення національних стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів у відповідність до вимог Європейського Союзу. Проблема гармонізації аналітичних методів та систем моніторингу набуває критичного значення в контексті розширення доступу української сільськогосподарської продукції до ринків ЄС, де дотримання гармонізованих стандартів якості та безпеки стає обов'язковою передумовою торгівлі. Вітчизняні дослідження останніх років демонструють необхідність переходу від фрагментарних локалізованих досліджень до комплексної національної системи

моніторингу, що відповідає новій Директиві ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів, яка набирає чинності в грудні 2025 року.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання удосконалення нормативно-правової бази щодо регулювання безпечності та якості добрив в Україні досліджувала група вчених на чолі з Мірошніченко М. [1], які виявили прогалини у чинній нормативній базі та визначили перспективні напрями гармонізації вітчизняних стандартів з технічним законодавством ЄС. Екологічні аспекти охорони ґрунтів у європейській практиці проаналізували Бондар О. та ін. [2], обґрунтувавши роль Спільної сільськогосподарської політики та Європейського центру даних про ґрунти у забезпеченні сталого землекористування.

Комплексний моніторинг ґрунтів є предметом активних досліджень українських науковців. Ласло О. та ін. [3] здійснили еколого-агрохімічну оцінку ґрунтів Полтавської області, встановивши підвищене забезпечення гумусом, низьке забезпечення азотом та високе забезпечення фосфором і калієм. Романчук Л. та ін. [4] дослідили динаміку агрохімічних показників ґрунтів Хорошівського району Житомирської області за період 2001–2021 років, виявивши тенденцію до погіршення параметрів родючості: зниження вмісту азоту на 18,3 відсотка, фосфору на 20 відсотків та калію на 21,4 відсотка.

Регіональні особливості агрохімічного стану ґрунтів досліджувала група науковців на чолі з Войтковим П. [5], застосувавши геоінформаційні технології для аналізу темно-сірих опідзолених оглеєних ґрунтів Вінницького району. Шкурченко Ю. та Котик З. [6] обґрунтували важливість агрохімічних вишукувань при розробленні проєктів з поліпшення родючості ґрунтів. Ретроспективний аналіз змін родючості ґрунтів зони Степу України здійснив Бреус Д. [7], використовуючи дані одинадцятого туру агрохімічної паспортизації з 296 стаціонарів. Хімічний склад та фізико-хімічні властивості ґрунтів як індикатори родючості та забруднення розглянули Шейко В. та ін. [8], наголосивши на актуальності проблеми забруднення важкими металами.

Особливості агрохімічного складу ґрунтів Західного Полісся проаналізував Лисиця А. [9], визначивши динаміку вмісту основних хімічних елементів протягом трьох десятиліть. Господаренко Г. та ін. [10] встановили агрохімічні властивості чорнозему опідзоленого за тривалого застосування мінеральних добрив, виявивши підвищення кислотності ґрунту. Еколого-агрохімічну оцінку придатності ґрунтів для органічного виробництва провели Гловин Н. та Павлів О. [11]. Порівняльний аналіз використання добрив країнами ЄС та України здійснили Омелич І. та Непошивайленко Н. [12], відзначивши зростання площ органічного землеробства.

Незважаючи на значний обсяг досліджень щодо агрохімічного стану ґрунтів в Україні, залишаються недостатньо вивченими питання технічної та нормативної гармонізації українських стандартів агрохімічного аналізу з вимогами Європейського Союзу. Відсутній комплексний аналіз методологічних розбіжностей між українськими та європейськими аналітичними протоколами, не розроблено практичних рекомендацій щодо модернізації лабораторної інфраструктури та не визначено фінансових і часових параметрів процесу гармонізації.

Методика досліджень. Дослідження гармонізації національних стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу здійснювалося за допомогою комплексу взаємопов'язаних методів, що забезпечили системний аналіз нормативно-правових, технічних та інституційних аспектів проблеми.

Порівняльно-правовий аналіз застосовувався для детального вивчення української нормативно-правової бази та регуляторних вимог Європейського Союзу. Аналізувалися національні стандарти ДСТУ та успадковані методи ГОСТ, нова Директива ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів (2025), вимоги акредитації ISO/IEC 17025:2017, положення Спільної сільськогосподарської політики та Директива про нітрати (91/676/EEC). Метод дозволив виявити розбіжності у законодавчих формулюваннях, технічних специфікаціях та процедурах імплементації, ідентифікувати критичні прогалини у вітчизняному правовому полі щодо комплексних рамок для нових забруднюючих речовин та вимог до систем моніторингу.

Систематичний огляд методологічних відмінностей проводився шляхом детального порівняння аналітичних протоколів за п'ятьма ключовими напрямками агрохімічного аналізу ґрунтів. Для вимірювання рівня кислотності зіставлялися електролітні розчини, протоколи калібрування та процедури потенціометричного вимірювання між українськими методами та підходом ЄС (рН у воді або CaCl_2 за ISO/EN). При дослідженні методів визначення органічної речовини порівнювалися модифіковані радянські методи з європейськими процедурами втрати при прожарюванні та методом Walkley-Black, включаючи коефіцієнти розрахунку вмісту органічного вуглецю. Аналіз поживних речовин охоплював зіставлення методів екстракції (амоній-ацетат, слабкі кислоти, бікарбонат) та детекції (колориметрія, полум'яна фотометрія, атомно-абсорбційна спектрометрія) для азоту, фосфору та калію. Особлива увага приділялася протоколам тестування важких металів та нових забруднюючих речовин (PFAS, сучасні пестициди), де виявлено відсутність комплексних рамок у українських стандартах.

Оцінка інфраструктурних потреб українських лабораторій базувалася на комплексному аналізі технічного оснащення 18 регіональних агрохімічних лабораторій, які здійснюють аналіз понад

1000 зразків ґрунтів у різних природно-кліматичних зонах України. Визначалися вимоги до модернізації аналітичного обладнання, включаючи системи індуктивно-зв'язаної плазми з оптичною емісійною спектроскопією для аналізу важких металів, рН-метри зі стандартизованими системами електродів та сертифікованими буферними розчинами, обладнання для визначення органічних речовин методами, сумісними з вимогами ЄС. Оцінювалися також потреби в сертифікованих еталонних матеріалах, системах контрольованого зберігання зразків та модернізованих системах управління даними для створення геореферентних звітів.

Аналіз міжнародного досвіду акредитації здійснювався через вивчення практики впровадження стандартів ISO/IEC 17025:2017 у державах-членах ЄС, включаючи системи забезпечення якості, програми перевірки кваліфікації за стандартами ISO/IEC 17043:2023 та механізми міжлабораторних порівнянь. Досліджувався досвід країн Центральної та Східної Європи щодо гармонізації національних стандартів аналізу ґрунтів з вимогами ЄС, визначалися часові рамки та фінансові витрати на модернізацію лабораторної інфраструктури.

Метод експертної оцінки використовувався для визначення пріоритетних напрямків гармонізації та розрахунку фінансових витрат на модернізацію лабораторної інфраструктури. До експертного оцінювання залучалися провідні фахівці Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», представники Національного агентства з акредитації України, міжнародні експерти з акредитації лабораторій та фахівці європейських інститутів ґрунтознавства. Експертна група оцінювала технічну складність впровадження окремих методів, визначала послідовність етапів модернізації та розраховувала орієнтовну вартість обладнання, навчання персоналу та організації програм перевірки кваліфікації. На основі експертних оцінок розроблено п'ятиетапний план впровадження з часовими рамками 48-72 місяці та загальним обсягом інвестицій 50-80 мільйонів євро для національного рівня.

Результати та обговорення. Гармонізація українських стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу є важливою складовою більш широкого процесу європейської інтеграції України та зусиль з модернізації сільського господарства. Станом на 2025 рік, українські практики аналізу ґрунтів зосереджуються переважно на оцінці органічного вуглецю в ґрунті та управлінні поживними речовинами за допомогою локалізованих агрохімічних досліджень, в рамках яких спеціалізовані лабораторії аналізують понад 1000 зразків у 18 регіонах. Однак ці практики не мають комплексної національної інтегрованої системи і значною мірою покладаються на міжнародні стандарти, а не на кодифіковані національні норми. Такий

фрагментарний підхід різко контрастує з еволюційним регуляторним середовищем ЄС, яке зазнає фундаментальних змін завдяки новій Директиві про моніторинг та стійкість ґрунтів, яка набирає чинності 16 грудня 2025 року [13,14].

Нормативно-правова база Європейського Союзу щодо аналізу ґрунтів базується на кількох ключових директивах та регламентах, які встановлюють комплексні стандарти для сільського господарства та охорони навколишнього середовища. Нещодавно прийнятий Закон про моніторинг ґрунтів є першим спеціальним законодавчим актом Союзу, який вимагає від усіх держав-членів створити гармонізовані системи моніторингу, відбору проб та аналізу ґрунтів на сільськогосподарських, лісових та міських землях для оцінки фізичного, хімічного та біологічного стану ґрунтів. Ця директива доповнює існуюче законодавство ЄС у сфері охорони навколишнього середовища та сільського господарства, включаючи Спільну сільськогосподарську політику (CAP) та Директиву про нітрати (91/676/ЄЕС), які вимагають точного балансу поживних речовин у ґрунті, інтегрованого управління поживними речовинами та сталого сільського господарства. Ця система має на меті забезпечити здоров'я та стійкість усіх ґрунтів ЄС до 2050 року за допомогою загальних дескрипторів ґрунтів, класів здоров'я та регулярної звітності перед Європейським агентством з охорони навколишнього середовища через новий портал даних про здоров'я ґрунтів [15, 16].

У контексті цих нормативних вимог гармонізація стандартів аналізу ґрунтів має вирішальне значення з багатьох взаємопов'язаних причин, які виходять за межі технічної відповідності і охоплюють конкурентоспроможність сільськогосподарської торгівлі, захист навколишнього середовища та стратегічні цілі України щодо європейської інтеграції. Для українських сільськогосподарських виробників, особливо в секторах зернових та олійних культур, дотримання гармонізованих стандартів ґрунтів та навколишнього середовища стає основною торговельною вимогою та передумовою для доступу до єдиного ринку ЄС та потенційної інтеграції в рамки Спільної сільськогосподарської політики. Модернізовані угоди про торгівлю сільськогосподарською продукцією прямо пов'язують розширення доступу до ринку ЄС із поступовим приведенням України у відповідність до виробничих та екологічних стандартів ЄС, включаючи моніторинг якості ґрунтів, регулювання використання добрив та пестицидів, а також умови перехресної відповідності, які пов'язують підтримку сільського господарства з дотриманням екологічних норм [17,18].

З точки зору охорони навколишнього середовища, гармонізація вирішує критичні проблеми сталого розвитку, з якими стикається

українське сільське господарство, включаючи виснаження органічного вуглецю в ґрунті, дефіцит поживних речовин, що поглиблюється через порушення, пов'язані з війною, та необхідність застосування регенеративних методів землеробства. Українські стандарти наразі наголошують на підтримці вмісту органічного вуглецю в ґрунті на рівні вище 1,5-2% та сприяттє ефективному застосуванню поживних речовин, що відповідає цілям ЄС, але не має систематичних механізмів моніторингу та контролю, які вимагаються директивами ЄС. Процес гармонізації вимагає створення значного лабораторного потенціалу, стандартизованих методик випробувань та систем моніторингу, що часто підтримується планами співпраці та відновлення ЄС, які наголошують на контролі якості, сертифікації та кліматично стійких методах виробництва. [19, 20].

Водночас європейська інтеграція України в галузі сільського господарства все більше залежить від успішної гармонізації стандартів тестування ґрунтів та більш широких правил дотримання екологічних вимог з *acquis* ЄС у міру просування переговорів щодо розділів сільського господарства, безпеки харчових продуктів та охорони навколишнього середовища. Цей процес приведення у відповідність передбачає адаптацію українських законів та технічних регламентів до вимог ЄС щодо моніторингу якості ґрунтів, систем простежуваності та стандартів охорони навколишнього середовища, що підтримують скоординовані цілі у сфері клімату та біорізноманіття. Отже, успішна гармонізація стандартів аналізу ґрунтів стане як технічною передумовою для доступу до ринку, так і фундаментальним елементом більш широкої трансформації України в напрямку сталого, сумісного з ЄС сільського господарства, яке зможе ефективно конкурувати на європейських ринках, водночас сприяючи досягненню глобальних цілей у сфері охорони навколишнього середовища [21, 22].

Аналізуючи поточний стан справ, основна проблема в гармонізації стандартів аналізу ґрунтів України та ЄС полягає у відсутності єдиної, уніфікованої аналітичної бази з обох боків, що створює складну ситуацію з методологічними відмінностями та технічними прогалинами. Хоча нова Директива ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів встановлює загальні дескриптори ґрунтів та вимоги до моніторингу, вона навмисно зберігає гнучкість, дозволяючи державам-членам обирати детальні аналітичні методи, за умови, що вони забезпечують порівнянність даних та дотримуються загальної методології ЄС. Аналіз ґрунтів в Україні здійснюється за змішаною системою національних стандартів ДСТУ та успадкованих методів ГОСТ/ISO, при цьому лабораторії, такі як НДЦ ІССАР, проводять аналізи відповідно до «діючих стандартизованих та тимчасово затверджених методів», що поєднують українські, радянські та міжнародні підходи. Це створює значні методологічні розбіжності,

які необхідно систематично усувати для досягнення значущої гармонізації [23, 24].

Детальне порівняння методологічних підходів демонструє глибину існуючих розбіжностей між українською та європейською практикою аналізу ґрунтів. Для систематизації цих відмінностей доцільно розглянути порівняльну таблицю основних параметрів, яка наведена нижче.

1. Порівняльна характеристика методів аналізу ґрунтів в Україні та ЄС [25, 26, 27, 28, 29]

Параметр	Українські стандарти	Підхід ЄС	Ключові розбіжності
Вимірювання рН	Методи ДСТУ/ГОСТ, різні протоколи	Потенціометричний рН у воді або CaCl ₂ (ISO/EN)	Неузгоджені електролітні розчини та протоколи вимірювання
Органічна речовина	Модифіковані радянські методи, обмежена стандартизація	Втрата при прожарюванні або Walkley-Black (ISO/EN)	Різні методи окислення та коефіцієнти розрахунку
Аналіз азоту	Екстракція мінеральних солей + колориметрія/ICE	Різні методи ЄС, відсутність єдиного стандарту	Розчини для екстракції та методи детекції відрізняються
Тестування фосфору	Екстракція слабкою кислотою/бікарбонатом + колориметрія	Амоній лактат або методи Olsen	Різні екстрагенти впливають на оцінку біодоступності
Аналіз калію	Екстракція амоній-ацетатом + полум'яна фотометрія/ААС	Подібні методи з варіюючими протоколами	Потрібна стандартизація умов екстракції

Розглядаючи детальніше конкретні методологічні аспекти, методи вимірювання рН є критичною областю, в якій практика України та ЄС значно розходяться, незважаючи на те, що обидві системи визнають рН основним показником здоров'я ґрунту. Українські лабораторії зазвичай використовують протоколи, розроблені на основі ДСТУ та ГОСТ, які можуть передбачати використання різних електролітних розчинів та умов вимірювання порівняно з широко прийнятим в ЄС підходом до потенціометричного вимірювання рН у воді або розчинах хлориду кальцію (CaCl₂) відповідно до стандартів ISO/EN. Ці відмінності в протоколах вимірювання можуть призвести до систематичних відхилень у показаннях рН, що впливає на подальшу інтерпретацію кислотності ґрунту, доступності поживних речовин та розрахунків потреби у вапні. Відсутність стандартизованих процедур калібрування та еталонних

матеріалів ще більше посилює ці розбіжності, що ускладнює пряме порівняння даних про рН ґрунту в Україні та ЄС для цілей торгівлі та моніторингу навколишнього середовища [30, 31, 32].

Визначення органічної речовини в Україні є проблемою через використання модифікованих радянських методів з обмеженою стандартизацією, тоді як в ЄС зазвичай застосовуються стандартизовані методи, такі як втрати при прожарюванні і Walkley-Black. Українські лабораторії використовують різні методи окислення та температурні протоколи для розрахунку вмісту органічного вуглецю в ґрунті. Ці розбіжності викликають проблеми, зокрема у сфері моніторингу та підтримки вмісту органічного вуглецю для сталого сільського господарства, зокрема в контексті нової Директиви ЄС [33].

Процедури тестування на вміст важких металів в Україні та ЄС демонструють суттєві розбіжності в аналітичних методах і нормативних базах. У той час як ЄС використовує царську воду та методи ICP-OES/AAS для аналізу, українські лабораторії застосовують альтернативні протоколи. Нова Директива ЄС вимагає ідентифікації забруднених ділянок та гармонізованих процедур тестування, включаючи PFAS і пестициди. Наразі в Україні відсутні стандартизовані рамки для нових забруднюючих речовин, що ускладнює відповідність вимогам ЄС щодо оцінки забруднення ґрунтів [34].

Методи відбору проб є критично важливими для дослідницької роботи, оскільки відмінності в протоколах відбору можуть негативно вплинути на результати аналізів. В Україні відбір проб ґрунту відповідає ДСТУ ISO 10381-1, проте не має необхідної комплексної системи для відповідності новій Директиві ЄС. Серед проблем – стандартизація щільності сітки, протоколи глибини, стратегії комбінованого та дискретного відбору, а також процедури поводження з пробами. Без узгоджених протоколів порівнянність результатів буде неможливою для моніторингу навколишнього середовища чи перевірки торгівлі [35].

Розглядаючи загальні системні виклики, забезпечення якості та акредитація лабораторій є загальними технічними прогалинами, які впливають на всі аспекти гармонізації аналізу ґрунтів. Хоча українські лабораторії, такі як НДЦ ІССАР, працюють під метрологічним контролем, використовуючи сертифіковані стандартні зразки ґрунтів, розроблені для українських типів ґрунтів, ця система може не відповідати вимогам ЄС щодо акредитації лабораторій, перевірки кваліфікації та процедур контролю якості. Акцент ЄС на стандартах акредитації ISO/IEC 17025 та регулярних програмах перевірки кваліфікації вимагає від українських лабораторій демонструвати свою компетентність за допомогою міжнародно визнаних систем, а не національних систем сертифікації. Крім того, розробка відповідних еталонних матеріалів та програм міжлабораторних порівнянь,

спеціально розроблених для умов ґрунтів України та відповідних технічних вимогам ЄС, є значним інфраструктурним викликом, який необхідно вирішити для досягнення значущої гармонізації стандартів [36].

Відповідаючи на ці виклики, шлях уперед вимагає систематичного усунення цих технічних прогалин шляхом скоординованих зусиль, що включають нарощування потенціалу лабораторій, дослідження з валідації методів та розробку гармонізованих протоколів, що відповідають як умовам ґрунтів України, так і нормативним вимогам ЄС. Пріоритетними напрямками є встановлення стандартизованих протоколів вимірювання рН з використанням міжнародно визнаних електролітних розчинів, валідація методів визначення органічної речовини відповідно до еталонних процедур ЄС та розвиток комплексних можливостей аналізу важких металів і забруднюючих речовин, що відповідають новим вимогам ЄС щодо моніторингу PFAS і пестицидів. Успіх гармонізації в кінцевому підсумку залежатиме від здатності України зберегти гнучкість, притаманну новій Директиві ЄС про моніторинг ґрунтів, одночасно забезпечуючи, щоб обрані методи давали дані, які є науково обґрунтованими, порівнянними на міжнародному рівні та придатними як для внутрішнього управління сільським господарством, так і для цілей перевірки торгівлі ЄС [37].

Розуміння регуляторної структури ЄС є ключовим для гармонізації аналізу ґрунту. Нормативно-правова база охоплює міжнародні стандарти ISO, стандарти CEN та політичні вимоги. Вимоги акредитації ISO/IEC 17025:2017 зобов'язують лабораторії демонструвати компетентність через управління якістю. З новим Законом ЄС про моніторинг ґрунтів, що набере чинності у 2025 році, лабораторії повинні відповідати цим стандартам для надійного аналізу стану ґрунтів. Цей підхід гарантує надійність даних про ґрунти для оцінки стану ґрунтів та досягнення цілей їх відновлення в усьому ЄС [39].

Розвиваючи цю думку далі, Європейський комітет зі стандартизації відіграє важливу роль у розробці гармонізованих аналітичних методів через CEN/TC 444 «Екологічна характеристика твердих матриць», який створює стандартизовані процедури для відбору проб ґрунту, попередньої обробки та аналізу. Ці стандарти CEN часто базуються на стандартах ISO «Якість ґрунту» від ISO/TC 190 або технічно узгоджені з ними і публікуються як стандарти EN ISO після прийняття до європейського корпусу стандартів. Отримані методи CEN/EN та EN ISO для ґрунтів слугують еталонними процедурами в екологічному законодавстві ЄС і безпосередньо лежать в основі нового Закону ЄС про моніторинг ґрунтів, який передбачає стандартизовані методи моніторингу та аналізу ключових параметрів ґрунтів для отримання порівнянних даних про ґрунти в масштабах ЄС. Ці стандарти

затверджені відповідно до Керівництва CEN 13, що забезпечує простежуваність та порівнянність вимірювань, які підтримують як цілі охорони навколишнього середовища, так і реалізацію сільськогосподарської політики в державах-членах [40].

У цьому контексті важливо зрозуміти, що хоча Спільна сільськогосподарська політика (ССП) не встановлює конкретні аналітичні стандарти, але її реалізація потребує стандартизованого аналізу ґрунтів національними лабораторіями, що застосовують європейські стандарти якості. Інструменти ССП вимагають надійних даних для підтвердження відповідності, зокрема щодо захисту ґрунтів та управління вуглецем. Це гарантує, що виплати та моніторинг ґрунтових оцінок базуються на наукових дослідженнях, що забезпечують гнучкість для адаптації до місцевих умов та практик. [41].

Поглиблюючи розуміння регуляторних механізмів, вимоги до забезпечення та контролю якості в ЄС для лабораторій є жорсткими, зокрема, потрібні системи управління, відповідні стандарту ISO 9001, які включають контроль документів і управління ризиками. Технічні вимоги передбачають компетентність персоналу, калібрування обладнання, оцінку невизначеності та валідацію методів випробувань. Лабораторії мають використовувати сертифіковані еталонні матеріали та проходити регулярні внутрішні і зовнішні перевірки, щоб забезпечити надійні дані про стан ґрунтів для політичних рішень з охорони навколишнього середовища. [42].

Органічно пов'язаною з системою забезпечення якості є перевірка кваліфікації. Вона є важливою частиною системи забезпечення якості ЄС, що вимагає від лабораторій участі у програмах міжлабораторних порівнянь для підтвердження аналітичної ефективності. Для українських лабораторій це передбачає відповідність стандартам ISO/IEC 17043:2023, демонструючи компетентність у аналізі важливих параметрів ґрунту. Програми включають статистичний аналіз, оцінку якості та аналіти, такі як поживні речовини та нові забруднювачі, зокрема PFAS. Лабораторії мають узгодити участь з програмами ЄС, зберігаючи акредитацію DSTU ISO/IEC 17025:2017, що підтримує сільське господарство та торговельні вимоги ЄС. [43].

На основі розуміння існуючих розбіжностей та регуляторних вимог ЄС впровадження гармонізованих стандартів аналізу ґрунтів вимагає комплексних законодавчих реформ, починаючи з внесення змін до існуючих стандартів ДСТУ та розробки нових нормативних актів, що відповідають вимогам ЄС. Пріоритетні законодавчі зміни включають оновлення керівних принципів впровадження ДСТУ ISO/IEC 17025:2017 для повної відповідності інтерпретаціям ЄС, встановлення обов'язкових вимог до перевірки кваліфікації лабораторій з аналізу ґрунтів та створення нормативно-правової бази для нових забруднюючих речовин,

таких як ПФАС та пестициди, відповідно до вимог Директиви ЄС про моніторинг ґрунтів. Національне агентство з акредитації України (НААУ) має розробити нові критерії акредитації, які визнають системи управління якістю, еквівалентні вимогам ЄС, при цьому зберігаючи сумісність з існуючими українськими сільськогосподарськими лабораторіями. Ці законодавчі зміни повинні бути впроваджені протягом перших 12-18 місяців процесу гармонізації, щоб забезпечити регуляторну основу для подальших технічних оновлень.

Після встановлення законодавчої основи модернізація лабораторної інфраструктури є найважливішим технічним і фінансовим викликом, що вимагає систематичної модернізації аналітичного обладнання, приміщень та систем контролю якості в усіх сільськогосподарських лабораторіях України. Основні модернізації включають закупівлю систем ICP-OES або ICP-MS для аналізу важких металів (орієнтовна вартість: 150 000–300 000 євро на лабораторію), рН-метри зі стандартизованими системами електродів та сертифікованими буферними розчинами (5 000–15 000 євро) та обладнання для аналізу органічних речовин, сумісне з методами втрати при прожарюванні або методом Волклі-Блека (20 000–50 000 євро). Додаткові потреби в інфраструктурі включають сертифіковані еталонні матеріали, що відповідають типам ґрунтів ЄС, сховища для зразків і реагентів з контрольованою температурою, а також модернізовані системи управління даними, здатні створювати геореферентні звіти, сумісні з базами даних ЄС. Загальні інвестиції в інфраструктуру для типової регіональної лабораторії оцінюються в 500 000–800 000 євро, а для впровадження на національному рівні потрібно приблизно 50–80 млн євро протягом 3–5 років [44].

Для систематизації процесу впровадження та визначення чітких часових рамок доцільно представити поетапний план реалізації, який наведено в таблиці нижче.

Модернізація інфраструктури вимагає підготовки персоналу через розвиток технічної компетентності та впровадження системи управління якістю. Освітні програми для лабораторних техніків та менеджерів з якості повинні охоплювати аналітичні методи за стандартами ЄС, принципи ISO/IEC 17025:2017, а також нові методи аналізу забруднень. Важливими є партнерства з лабораторіями ЄС, розвиток українських навчальних центрів та вимоги до безперервної освіти. Вартість комплексного навчання оцінюється в 5-10 млн євро на 3-4 роки [45].

2. Етапи впровадження гармонізації стандартів аналізу ґрунтів [44]

Етап впровадження	Часові рамки	Ключові заходи	Орієнтовна вартість (млн €)
Етап 1: Законодавча основа	0-18 місяців	Оновлення ДСТУ, розробка критеріїв НААУ, нормативна база	2-3
Етап 2: Модернізація інфраструктури	12-48 місяців	Закупівля обладнання, модернізація приміщень, системи контролю якості	50-80
Етап 3: Підготовка персоналу	18-60 місяців	Технічне навчання, програми сертифікації, обмінні програми	5-10
Етап 4: Валідація методів	24-60 місяців	Міжлабораторні дослідження, перевірка кваліфікації, сертифікація	3-5
Етап 5: Повне впровадження	48-72 місяці	Завершення гармонізації, визнання ЄС, торговельна інтеграція	2-3

Отримані результати щодо критичних методологічних розбіжностей у п'яти ключових напрямках аналізу ґрунтів узгоджуються з висновками міжнародних досліджень, які підкреслюють складність гармонізації аналітичних стандартів навіть у межах Європейського Союзу. Зокрема, Cogni та співавтори встановили, що національні системи даних про ґрунти в країнах ЄС характеризуються значною гетерогенністю щодо методологій відбору проб, аналітичних протоколів та систем управління даними, що створює труднощі для порівняння результатів між державами-членами. Наше дослідження розширює цей висновок, демонструючи, що для України як країни-кандидата проблема гармонізації є ще більш складною через необхідність одночасного подолання спадщини радянських стандартів ГОСТ та адаптації до сучасних вимог ISO/EN, що вимагає не лише технічних модифікацій, але й фундаментальної трансформації інституційної культури забезпечення якості. Panagos та колеги наголошують, що нова Директива ЄС про моніторинг ґрунтів створює безпрецедентні можливості для стандартизації, проте її успішна імплементація залежить від здатності держав-членів розробити гнучкі, але порівнянні системи моніторингу, що повністю відповідає нашим рекомендаціям щодо збереження адаптивності протоколів до специфічних умов українських чорноземів та інших типів ґрунтів при забезпеченні міжнародної порівнянності результатів.

Розроблений п'ятиетапний план впровадження з часовими рамками 48-72 місяці та загальним обсягом інвестицій 50-80 мільйонів євро співставний з досвідом країн Центральної та Східної Європи, які

здійснювали подібну трансформацію після вступу до ЄС, хоча наше дослідження виявляє специфічні виклики для України, пов'язані з масштабом сільськогосподарського сектору та воєнними руйнуваннями інфраструктури. Usón-Murillo та співавтори [45] у дослідженні перевірки кваліфікації для аналізу родючості ґрунтів в Іспанії продемонстрували, що навіть у межах однієї країни ЄС міжлабораторна варіабельність результатів може досягати 15-25% для ключових параметрів, що підкреслює критичне значення регулярних програм перевірки кваліфікації та міжлабораторних порівнянь, які ми визначили як четвертий етап впровадження. На відміну від іспанського досвіду, де акцент робився виключно на параметрах родючості, наше дослідження розширює сферу гармонізації на нові забруднюючі речовини, зокрема PFAS та сучасні пестициди, що відповідає найновішим вимогам Директиви ЄС про моніторинг ґрунтів та відображає глобальні тренди у сфері екологічного моніторингу, описані Європейським агентством з охорони навколишнього середовища. Фінансові розрахунки, представлені в нашому дослідженні, також враховують специфічний український контекст, де необхідність одночасної модернізації 18 регіональних лабораторій створює можливості для економії від масштабу при централізованих закупівлях обладнання та організації навчальних програм, що може зменшити загальні витрати порівняно з поетапним підходом, застосованим у деяких країнах ЄС.

Висновки. Проведене дослідження гармонізації національних стандартів агрохімічного аналізу ґрунтів з вимогами Європейського Союзу дозволило встановити комплекс критичних методологічних розбіжностей та розробити практичний план їх усунення. Систематичний порівняльний аналіз виявив п'ять ключових напрямків, що потребують негайної стандартизації: вимірювання рівня кислотності через використання різних електролітичних розчинів та протоколів калібрування, визначення органічної речовини внаслідок застосування модифікованих радянських методів замість стандартизованих європейських процедур втрати при прожарюванні або методу Walkley-Black, аналіз поживних речовин через неузгодженість методів екстракції та детекції, тестування важких металів та нових забруднюючих речовин через відсутність комплексних рамок для PFAS та сучасних пестицидів, протоколи відбору проб через неузгодженість щільності сітки та процедур глибини, що унеможливило порівняння даних між регіонами. Розроблений п'ятиетапний план впровадження охоплює законодавчі реформи з оновленням стандартів ДСТУ та критеріїв акредитації Національного агентства з акредитації України, модернізацію інфраструктури через закупівлю систем індуктивно-зв'язаної плазми з оптичною емісійною спектроскопією, рН-метрів зі стандартизованими електродними системами та обладнання для аналізу

органічних речовин, підготовку персоналу через обмінні програми з європейськими лабораторіями, валідацію методів через міжлабораторні дослідження та програми перевірки кваліфікації за стандартами ISO/IEC, повну інтеграцію з визнанням на європейському рівні. Достовірність результатів забезпечується залученням провідних фахівців Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», представників Національного агентства з акредитації України та міжнародних експертів з акредитації лабораторій до експертного оцінювання.

Практична цінність дослідження полягає у створенні конкретного плану дій для державних органів, наукових установ та сільськогосподарських лабораторій, що дозволяє ефективно координувати зусилля на національному рівні. Рекомендовано пріоритетно створити Національний координаційний комітет з моніторингу ґрунтів для міжвідомчої координації, розробити комплексну національну стратегію моніторингу ґрунтів, узгоджену з вимогами Директиви ЄС про моніторинг та стійкість ґрунтів, забезпечити міжнародне фінансування через програми технічної допомоги ЄС та налагодити партнерські відносини з лабораторіями держав-членів ЄС для передачі знань та нарощування потенціалу. Науковим установам рекомендується очолити дослідження з валідації методів, розробити сертифіковані еталонні матеріали для українських типів ґрунтів та створити програми навчання для лабораторного персоналу у співпраці з європейськими інститутами ґрунтознавства.

Успішна гармонізація забезпечить українському сільському господарству покращений доступ до єдиного ринку Європейського Союзу через усунення технічних бар'єрів для торгівлі, підвищить довіру до української продукції на міжнародних ринках через демонстрацію відповідності міжнародним стандартам забезпечення якості, зміцнить позиції на ринках квот на викиди вуглецю через надання надійних верифікованих даних про поглинання органічного вуглецю ґрунтом та сприятиме впровадженню сталих методів управління ґрунтами на основі точних даних про стан ґрунтів. Перспективи подальших досліджень включають розробку специфічних протоколів калібрування для унікальних типів українських ґрунтів, вивчення можливостей адаптації цифрових технологій та геоінформаційних систем для автоматизації збору та обробки даних моніторингу ґрунтів, дослідження економічної ефективності різних моделей організації міжлабораторних програм перевірки кваліфікації та аналіз впливу гармонізованих стандартів на конкурентоспроможність української сільськогосподарської продукції на глобальних ринках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мірошниченко М. М., Гладкіх Є. Ю., Ревтьє-Уварова А. В., Гетманенко В. А. Напрями удосконалення нормативно-правової бази щодо регулювання безпеки та якості добрив в Україні. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2024. Вип. 96. С. 23–35. <https://doi.org/10.31073/acss96-03>
2. Bondar, O., Pereverzieva, A., & Volkov, V. (2020). European experience of soil conservation: Knowledge for Ukraine. *Agrosvit*, 17-18, 10–18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.17-18.10>
3. Ласло О. О., Нагорна С. В., Панченко К. С. Моніторинг ґрунтів: еколого-агрохімічна оцінка. *Аграрні інновації*. 2024. № 26. С. 56–63. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2024.26.7>
4. Романчук Л., Козлик Т. І., Дрозд Б., Вівчаренко Г. В., Ліхо О. А. Динаміка агрохімічних показників у ґрунтах сільськогосподарського призначення Хорошівського району Житомирської області. *Вісник Сумського НАУ*. 2023. Вип. 4. С. 85–92. <https://doi.org/10.31713/vs4202311>
5. Войтків П. С., Мороз Г. Б., Іванов Є. А., Попик О. О. Результати агрохімічної оцінки темно-сірих опідзолених оглеєних ґрунтів Вінницького природно-сільськогосподарського району. *Сучасні проблеми природознавства*. 2024. № 1. С. 124–138. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.1.16>
6. Shkurchenko, Y., & Kotyk, Z. (2020). Agrochemical soil research for development of the projects on soil fertility improvement for start-up agricultural enterprises. *Architectural and Construction Bulletin*, 21, 132–141. <https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.132>
7. Бреус Д. С. Ретроспективний аналіз змін родючості ґрунтів в зоні Степу України. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2022. Вип. 1. С. 54–68. <https://doi.org/10.32450/8640.2022.1.8>
8. Шейко В. Ю., Кучменко О. Б., Гавій В., Пасічник С. В. Хімічний склад та фізико-хімічні властивості ґрунтів – індикатори їхньої родючості та забруднення. *Науковий вісник УжНУ*. 2023. Вип. 25(1). С. 45–52. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2023.25.1.06>
9. Лисиця А. В. Деякі особливості агрохімічного складу ґрунтів Західного Полісся України. *Інноваційна наука*. 2023. № 18-02. С. 68–72. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-068>
10. Господаренко Г. М., Любич В. В., Мартинюк А. Т. Агрохімічні властивості ґрунту за тривалого застосування мінеральних добрив. *Аграрні інновації*. 2023. № 19. С. 35–42. <https://doi.org/10.32848/agra.innov.2023.19.5>
11. Гловин Н., Павлів О. В. Еколого-агрохімічна оцінка придатності ґрунтів сільськогосподарського підприємства для

виращування органічної продукції. *Вісник ПДАА*, 2021, № 1. С. 189–197.
<https://doi.org/10.31210/VISNYK2021.01.25>

12. Омелич І. Ю., Непошивайленко Н. О. Порівняльний аналіз використання добрив країнами ЄС та України в контексті розвитку агробіотехнологій. *Проблеми авіації і космонавтики*, 2023, № 2. С. 78–85. <https://doi.org/10.18372/2306-6407.2.17181>

13. Soil Carbon Credit in Ukraine | Agroberichten Buitenland. *Home / Buitenland. Agroberichten*
URL: <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2025/07/10/soil-carbon-credit-in-ukraine>.

14. Depletion of Ukraine's Soils Threatens Long-Term Global Food Security. *Applied Sciences from Technology Networks*.
URL: <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/news/depletion-of-ukraines-soils-threatens-long-term-global-food-security-406546>.

15. Agrochemical soil survey. *National Scientific Centre*.
URL: <https://www.tairov.org.ua/en/agrohimichne-obstezhennya-gruntu/>.

16. Kyiv School of Economics. *AgroDigest Ukraine*. January 2025 [Electronic resource]. Kyiv, 2025. 48 p. URL: https://kse.ua/AgroDigest_Ukraine_January_2025.pdf

17. Євроінтеграція: Україна презентувала План імплементації права ЄС в аграрному секторі [Електронний ресурс] // Урядовий портал. 31.12.2024. URL: <https://www.kmu.gov.ua/news/yevrointehratsiia-ukraina-prezentuvala-plan-implementatsii-prava-ies-v-ahrarnomu-sektori>

18. Ukrainian farmers ready for gradual integration into the EU Common Agricultural Policy. *UkrAgroConsult - World-class agricultural consulting*. URL: <https://ukragroconsult.com/en/news/ukrainian-farmers-ready-for-gradual-integration-into-the-eu-common-agricultural-policy/>.

19. Broyaka A., Dankevych V., Dodd E., Welsh C. *Blueprint for an Agricultural Recovery Plan for Ukraine* [Electronic resource]. Washington, DC: Center for Strategic and International Studies, 2025. 35 p. URL: <https://www.csis.org/analysis/blueprint-agricultural-recovery-plan-ukraine>

20. EU and Ukraine reach agreement in principle on modernised agricultural trade as tariffs are reinstated - Osservatorio Balcani Caucaso Transeuropa. *Osservatorio Balcani Caucaso Transeuropa*.
URL: https://www.balcanicaucaso.org/en/cp_article/eu-and-ukraine-reach-agreement-in-principle-on-modernised-agricultural-trade-as-tariffs-are-reinstated/.

21. Ukraine in the EU – the end of the Common Agricultural Policy?. *EUobserver*. URL: <https://euobserver.com/eu-political/ar5e501bb3>.

22. Український аграрний сектор та інтеграція в ЄС - Kyiv School of Economics. *Kyiv School of Economics*.
URL: <https://kse.ua/ua/ukrayinskiy-agrarniy-sektor-ta-integratsiya-v-yes/>.

23. European Parliament Adopts Agreement on Soil Monitoring Law. *Institut for Agroøkologi*. URL: <https://agro.au.dk/en/current-news/news/show/artikel/european-parliament-adopts-agreement-on-soil-monitoring-law>.

24. Forest soil monitoring in focus as EU Soil Monitoring Law advances | European Forest Institute. | *European Forest Institute*. URL: <https://efi.int/news/forest-soil-monitoring-focus-eu-soil-monitoring-law-advances-2025-08-11>.

25. How to prepare for the EU Soil Monitoring Law. *Pollution Solutions Online*. URL: <https://www.pollutionsolutions-onl ine. com/ ar t ic le/ soi l - test ing/ 95 / internat ional - envi ronmental - technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/3619>.

26. Prikhodko, D., & Tarashevych, O. (2005). Ukraine: Food and agricultural import regulations and standards (GAIN Report No. UP5014). U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/up-import-regs.pdf>

27. Moklyachuk L., Draga I. A Monitoring study of soil fertility in the agricultural area of rivne region of Ukraine. *Emirates Journal of Food and Agriculture*. 2015. Vol. 27, no. 2. P. 221. URL: <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i2.19278>.

28. Food and Agricultural Import Regulations and Standards – Narrative. Ukraine. FAIRS Country Report [Електронний ресурс] / USDA Foreign Agricultural Service, Office of Agricultural Affairs, Kyiv. Київ, 2009. 1 електрон. опт. диск (PDF). URL: <https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Food+and+Agricultural+Import+Regulations+and+Standards+-+Narrative+Kiev+Ukraine+7-30-2009.pdf>

29. Чорний С. Г. Soil loss tolerance for agricultural land of the Right-Bank Steppe of Ukraine // *Soil Science Annual*. 2022. Vol. 73, No. 4. Article 156066. DOI: 10.37501/SOILSA/156066. URL: <https://www.soilsa.com/Soil-loss-tolerance-for-agricultural-land-of-the-Right-Bank-Steppe-of-Ukraine,156066,0,1.html>.

30. Якість ґрунту. Визначення рН: ДСТУ ISO 10390:2007 (ISO 10390:2005, IDT) [Електронний ресурс]. Чинний від 2008-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2007. URL: <https://chemistry.univer.kharkov.ua/files/%20%D1%80%D0%9D.pdf>

31. Soil quality — Determination of pH (ISO 10390:2005) [Електронний ресурс]. Geneva: International Organization for Standardization, 2005. URL: <https://www.iso.org/standard/40879.html>

32. Estimating lime requirements for tropical soils / N. T. S. Kissel та ін. // *Geoderma*. 2023. Vol. 429. Article 116235 [Електронний ресурс]. URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10033874/>

33. Симочко Л., та ін. Microbial transformation of soil organic matter under different agricultural practices in Ukrainian soils // *Frontiers in Microbiology*. 2024. Vol. 14. Article 1287701.

34. Soil quality — Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis): ISO 10694:1995 [Електронний ресурс]. Geneva: International Organization for Standardization, 1995. URL: <https://www.iso.org/standard/18782.html>

35. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 1. Настанови щодо складання програм відбирання проб: ДСТУ ISO 10381-1:2004 (ISO 10381-1:2002, IDT) [Електронний ресурс]. Чинний від 2005-01-01. Київ: Держспоживстандарт України, 2004. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58984

36. Laboratory of Instrumental Soil Research Methods, Standardization and Metrology. National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky” (NSC ISSAR) [Електронний ресурс]. Харків, 2024. У підрозділі описано розроблення державних та галузевих стандартних зразків складу (агрохімічних показників) ґрунтів України та участь лабораторії у міжнародних програмах кваліфікаційних випробувань (GLOSOLAN). URL: <https://issar.com.ua/en/laborator/laboratoriya-instrumentalnih-metodiv-doslidzhen-gruntiv-standartizaciyi-i-metrologiyi/>

37. PFAS contamination and soil remediation (Signal) [Електронний ресурс]. European Environment Agency, 2025. Оглядова аналітична записка, у якій підкреслюється необхідність удосконалення моніторингу забруднення ґрунтів у ЄС, включаючи PFAS, посилення систем оцінки ризиків і відновлення, а також зв'язок із цілями Zero Pollution Action Plan до 2050 р. URL: <https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/pfas-contamination-and-soil-remediation-signa>

38. Directive (EU) 2025/... of the European Parliament and of the Council of ... on Soil Monitoring and Resilience (Soil Monitoring Law) [Електронний ресурс] // Council of the European Union. Brussels, 29.09.2025. 47 p. URL: <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9474-2025-REV-1/en/pdf>

39. CEN/TC 444 and EU Soil Monitoring Standards | HAL24K Agri on Harmonization & Innovation. *HAL24K Agri (ENG)*. URL: <https://www.hal24k-agri.com/news-article-5>

40. Cornu S., Bispo A., Hubert-Moy L. та ін. National soil data in EU countries, where do we stand? // *European Journal of Soil Science*. 2023. Vol. 74, No. 4. e13398. DOI: 10.1111/ejss.13398. URL: <https://doi.org/10.1111/ejss.13398>

41. How to prepare for the EU Soil Monitoring Law [Електронний ресурс] // *International Environmental Technology*. 15.05.2025. URL:

<https://www.envirotech-online.com/article/soil-testing/95/international-environmental-technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/2381>

42. ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment — General requirements for the competence of proficiency testing providers [Електронний ресурс]. Geneva: International Organization for Standardization, 2023. URL: <https://www.iso.org/standard/80864.html>

43. Soil Monitoring Law Adopted by the European Parliament [Електронний ресурс]. EJP SOIL, 19.11.2025. URL: <https://ejpsoil.eu/soil-monitoring-law-adopted-by-the-european-parliament/>

44. Capacity Building in Soil Monitoring in Europe [Електронний ресурс] // PREPSOIL Project, 03.07.2025. URL: <https://prepsoil.eu/capacity-building-soil-monitoring-europe>

45. Usón-Murillo A., Aragonés-Sáez O., Moret-Fernández D. Proficiency Testing for Soil Fertility Analysis // Spanish Journal of Soil Science. 2025. Vol. 15, Article 14838. DOI: 10.3389/sjss.2025.14838.

REFERENCES

1. Miroshnichenko, M. M., Hladkikh, Ye. Yu., Revtie-Uvarova, A. V., & Hetmanenko, V. A. (2024). Napriamy udoskonalennia normatyvno-pravovoi bazy shchodo rehuliuвання безпеčnosti ta yakosti dobryv v Ukraini. Ahrokhimiia i gruntoznavstvo, (96), 23–35. <https://doi.org/10.31073/acss96-03>

2. Bondar, O., Pereverzieva, A., & Volkov, V. (2020). European experience of soil conservation: Knowledge for Ukraine. Agrosvit, 17–18, 10–18. <https://doi.org/10.32702/2306-6792.2020.17-18.10>

3. Laslo, O. O., Nahorna, S. V., & Panchenko, K. S. (2024). Monitorynh gruntiv: ekoloho-ahrokhimichna otsinka. Ahrarni innovatsii, (26), 56–63. <https://doi.org/10.32848/agrarnov.2024.26.7>

4. Romanchuk, L., Kozlyk, T. I., Drozd, B., Vivcharenko, H. V., & Likho, O. A. (2023). Dynamika ahrokhimichnykh pokaznykiv u gruntakh silskohospodarskoho pryznachennia Khoroshivskoho raionu Zhytomyrskoi oblasti. Visnyk Sumskoho NAU, (4), 85–92. <https://doi.org/10.31713/vs4202311>

5. Voitkiv, P. S., Moroz, H. B., Ivanov, Ye. A., & Popyk, O. O. (2024). Rezultaty ahrokhimichnoi otsinky temno-sirykh opidzolennykh ohleienykh gruntiv Vinnytskoho pryrodno-silskohospodarskoho raionu. Suchasni problemy pryrodnavstva, (1), 124–138. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2024.1.16>

6. Shkurchenko, Y., & Kotyk, Z. (2020). Agrochemical soil research for development of the projects on soil fertility improvement for start-up agricultural enterprises. Architectural and Construction Bulletin, 21, 132–141. <https://doi.org/10.31734/architecture2020.21.132>

7. Breus, D. S. (2022). Retrospektyvnyi analiz zmin rodiuchosti gruntiv v zoni Stepu Ukrainy. *Visnyk ahrarynoi nauky Prychornomor'ia*, (1), 54–68. <https://doi.org/10.32450/8640.2022.1.8>
8. Sheiko, V. Yu., Kuchmenko, O. B., Havii, V., & Pasichnyk, S. V. (2023). Khimichni sklad ta fizyko-khimichni vlastyvosti gruntiv – indykatory yikhnoi rodiuchosti ta zabrudnennia. *Naukovyi visnyk UzhNU*, 25(1), 45–52. <https://doi.org/10.34142/2708-5848.2023.25.1.06>
9. Lysytsia, A. V. (2023). Deiaki osoblyvosti ahrokhimichnoho skladu gruntiv Zakhidnoho Polissia Ukrainy. *Innovatsiina nauka*, (18-02), 68–72. <https://doi.org/10.30888/2663-5712.2023-18-02-068>
10. Hospodarenko, H. M., Liubych, V. V., & Martyniuk, A. T. (2023). Ahrokhimichni vlastyvosti irtu za tryvaloho zastosuvannia mineralnykh doirtiv. *Ahrami innovatsii*, (19), 35–42. <https://doi.org/10.32848/ahrar.innov.2023.19.5>
11. Hlövyn, N., & Pavliv, O. V. (2021). Ekoloho-ahrokhimichna otsinka prydatnosti irtiv silskohospodarskoho pidpryiemstva dlia vyroshchuvannia orhanichnoi produktsii. *Visnyk PDAA*, (1), 189–197. <https://doi.org/10.31210/VISNYK2021.01.25>
12. Omelych, I. Yu., & Neposhyvailenko, N. O. (2023). Porivnialnyi analiz vykorystannia doirtiv krainamy YeS ta Ukrainy v konteksti rozvytku ahrobiotekhnolohii. *Problemy aviatsii i kosmonavytky*, (2), 78–85. <https://doi.org/10.18372/2306-6407.2.17181>
13. Ministry of Agriculture, Nature and Food Quality of the Netherlands. (2025, July 10). Soil carbon credit in Ukraine. *Agroberichten Buitenland*. <https://www.agroberichtenbuitenland.nl/actueel/nieuws/2025/07/10/soil-carbon-credit-in-ukraine>
14. Applied Sciences from Technology Networks. (2024). Depletion of Ukraine's soils threatens long-term global food security. <https://www.technologynetworks.com/applied-sciences/news/depletion-of-ukraines-soils-threatens-long-term-global-food-security-406546>
15. National Scientific Centre “V. Ye. Tairov Institute of Viticulture and Winemaking”. (n.d.). Agrochemical soil survey. <https://www.tairov.org.ua/en/agrohichne-obstzheniya-gruntu/>
16. Kyiv School of Economics. (2025). *AgroDigest Ukraine*. January 2025 (No. 1). https://kse.ua/AgroDigest_Ukraine_January_2025.pdf
17. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2024, December 31). Yevrointehratsiia: Ukraina prezentovala Plan implementatsii prava YeS v ahrarynomu sektori. Uriadovi portal. <https://www.kmu.gov.ua/news/yevrointehratsiia-ukraina-prezentovala-plan-implementatsii-prava-ies-v-ahrarynomu-sektori>
18. UkrAgroConsult. (2024). Ukrainian farmers ready for gradual integration into the EU Common Agricultural Policy.

<https://ukragroconsult.com/en/news/ukrainian-farmers-ready-for-ggradual-integration-into-the-eu-common-agricultural-policy/>

19. Broyaka, A., Dankevych, V., Dodd, E., & Welsh, C. (2025). Blueprint for an agricultural recovery plan for Ukraine. Center for Strategic and International Studies. <https://www.csis.org/analysis/blueprint-agricultural-recovery-plan-ukraine>

20. Osservatorio Balcani Caucaso Transeuropa. (2024). EU and Ukraine reach agreement in principle on modernised agricultural trade as tariffs are reinstated. https://www.balcanicaucaso.org/en/cp_article/eu-and-ukraine-reach-agreement-in-principle-on-modernised-agricultural-trade-as-tariffs-are-reinstated/

21. EUobserver. (2024). Ukraine in the EU – the end of the Common Agricultural Policy? <https://euobserver.com/eu-political/ar5e501bb3>

22. Kyiv School of Economics. (2024). Ukrainyskiy ahrarniy sektor ta intehratsiia v YeS. <https://kse.ua/ua/ukrayinskiy-agrarniy-sektor-ta-integratsiya-v-yes/>

23. Institute for Agroecology, Aarhus University. (2025). European Parliament adopts agreement on Soil Monitoring Law. <https://agro.au.dk/en/current-news/news/show/artikel/european-parliament-adopts-agreement-on-soil-monitoring-law>

24. European Forest Institute. (2025, August 11). Forest soil monitoring in focus as EU Soil Monitoring Law advances. <https://efi.int/news/forest-soil-monitoring-focus-eu-soil-monitoring-law-advances-2025-08-11>

25. International Environmental Technology. (2025, May 15). How to prepare for the EU Soil Monitoring Law. Pollution Solutions Online. <https://www.pollutionsolutions-online.com/article/soil-testing/95/international-environmental-technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/3619>

26. Prikhodko, D., & Tarashevych, O. (2005). Ukraine: Food and agricultural import regulations and standards (GAIN Report No. UP5014). U.S. Department of Agriculture, Foreign Agricultural Service. <https://www.aphis.usda.gov/sites/default/files/up-import-regs.pdf>

27. Moklyachuk, L., & Draga, I. (2015). A monitoring study of soil fertility in the agricultural area of Rivne region of Ukraine. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(2), 221–227. <https://doi.org/10.9755/ejfa.v27i2.19278>

28. USDA Foreign Agricultural Service, Office of Agricultural Affairs, Kyiv. (2009). Food and agricultural import regulations and standards – Narrative. Ukraine. FAIRS Country Report. https://apps.fas.usda.gov/newgainapi/api/report/downloadreportbyfilename?filename=Food+and+Agricultural+Import+Regulations+and+Standards+-+Narrative_Kiev_Ukraine_7-30-2009.pdf

29. Chornyi, S. H. (2022). Soil loss tolerance for agricultural land of the Right-Bank Steppe of Ukraine. *Soil Science Annual*, 73(4), Article 156066. <https://doi.org/10.37501/SOILSA/156066>

30. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2007). *Yakist gruntu. Vyznachennia pH: DSTU ISO 10390:2007 (ISO 10390:2005, IDT)*. <https://chemistry.univer.kharkov.ua/files/%20%20%D1%80%D0%9D.pdf>

31. International Organization for Standardization. (2005). *Soil quality — Determination of pH (ISO 10390:2005)*. <https://www.iso.org/standard/40879.html>

32. Kissel, N. T. S., et al. (2023). Estimating lime requirements for tropical soils. *Geoderma*, 429, Article 116235. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10033874/>

33. Symochko, L., et al. (2024). Microbial transformation of soil organic matter under different agricultural practices in Ukrainian soils. *Frontiers in Microbiology*, 14, Article 1287701.

34. International Organization for Standardization. (1995). *Soil quality — Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis) (ISO 10694:1995)*. <https://www.iso.org/standard/18782.html>

35. Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2004). *Yakist gruntu. Vidbyrannia prob. Chastyna 1. Nastanovy shchodo skladannia prohran vidbyrannia prob: DSTU ISO 10381-1:2004 (ISO 10381-1:2002, IDT)*. https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=58984

36. National Scientific Center “Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky”. (2024). *Laboratory of instrumental soil research methods, standardization and metrology*. <https://issar.com.ua/en/laborator/laboratoriya-instrumentalnih-metodiv-doslidzhen-gruntiv-standartizacziyi-i-metrologiyi/>

37. European Environment Agency. (2025). *PFAS contamination and soil remediation (Signal)*. <https://www.eea.europa.eu/en/european-zero-pollution-dashboards/indicators/pfas-contamination-and-soil-remediation-signal>

38. European Parliament, & Council of the European Union. (2025). *Directive (EU) 2025/... on soil monitoring and resilience (Soil Monitoring Law)*. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-9474-2025-REV-1/en/pdf>

39. HAL24K Agri. (2016). *CEN/TC 444 and EU soil monitoring standards – Harmonization & innovation*. <https://www.hal24k-agri.com/news-article-5>

40. Cornu, S., Bispo, A., Hubert-Moy, L., et al. (2023). National soil data in EU countries, where do we stand? *European Journal of Soil Science*, 74(4), e13398. <https://doi.org/10.1111/ejss.13398>

41. How to prepare for the EU Soil Monitoring Law. (2025, May 15). International Environmental Technology. <https://www.envirotech-online.com/article/soil-testing/95/international-environmental-technology/how-to-prepare-for-the-eu-soil-monitoring-law/2381>

42. International Organization for Standardization. (2023). ISO/IEC 17043:2023. Conformity assessment — General requirements for the competence of proficiency testing providers. <https://www.iso.org/standard/80864.html>

43. EJP SOIL. (2025, November 19). Soil monitoring law adopted by the European Parliament. <https://ejpsoil.eu/soil-monitoring-law-adopted-by-the-european-parliament/>

44. PREPSOIL Project. (2025, July 3). Capacity building in soil monitoring in Europe. <https://prepsoil.eu/capacity-building-soil-monitoring-europe>

45. Usón-Murillo, A., Aragonés-Sáez, O., & Moret-Fernández, D. (2025). Proficiency testing for soil fertility analysis. Spanish Journal of Soil Science, 15, Article 14838. <https://doi.org/10.3389/sjss.2025.14838>

T.A. Romanova, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

M.S. Ponomareva, PhD in Economics, Associate Professor

O.V. Romanov, PhD in Agricultural Sciences, Associate Professor

Parmonisation of national standards for agrochemical analysis of soils with eu requirements

Harmonisation of Ukrainian standards for agrochemical soil analysis with European Union requirements is a critical prerequisite for Ukraine's successful European integration and modernisation of the agricultural sector. As of 2025, Ukrainian soil analysis practices are characterised by fragmentation, the absence of a comprehensive national integrated system, and reliance on mixed DSTU/GOST standards instead of codified national norms, which contrasts sharply with the new European Union Directive on soil monitoring and sustainability, which comes into force in December 2025.

Purpose. Comprehensive analysis of technical, regulatory and institutional differences between Ukrainian and European standards for agrochemical soil analysis, identification of specific methodological gaps and development of a practical step-by-step harmonisation plan that takes into account the specifics of Ukrainian soil types, financial constraints and the requirements of the European regulatory environment.

Methods. Comparative analysis of the Ukrainian regulatory framework and European Union regulatory requirements, systematic review of methodological differences in analytical protocols, assessment of the infrastructure needs of Ukrainian laboratories, and analysis of international accreditation experience. The expert assessment method was used to identify priority areas for harmonisation and calculate the financial costs of modernising laboratory infrastructure.

Results. Critical methodological differences were identified in five key areas of soil analysis. Acidity measurement is characterised by the use of different electrolyte solutions and calibration protocols between Ukrainian laboratories and European standards,

leading to systematic deviations in indicators and complicating the interpretation of nutrient availability. The determination of organic matter in Ukrainian practice is based on modified Soviet methods with limited standardisation, while European laboratories use loss on ignition or Walkley-Black methods, which creates incomparability of data on soil carbon stocks. Heavy metal analysis demonstrates the absence in Ukrainian standards of a comprehensive framework for new pollutants, including perfluoroalkyl and polyfluoroalkyl substances and modern pesticides, which are specifically required by the new Soil Monitoring Directive. Sampling protocols in Ukraine lack standardisation of grid density, depth procedures and composite sampling strategies necessary to ensure comparability of data between European Union member states. The quality assurance systems of Ukrainian laboratories need to be aligned with the accreditation requirements of the international standard 17025:2017 and regular proficiency testing programmes recognised at European level. It has been established that a typical regional laboratory requires an investment of €500,000–800,000 to upgrade its analytical equipment, including inductively coupled plasma systems with optical emission spectrometry costing €150,000–300,000, pH meters with standardised electrode systems costing €5,000–15,000, and equipment for analysing organic substances costing €20,000–50,000. National implementation requires a total investment of €50–80 million over three to five years. A five-stage implementation plan has been developed with a timeframe of 48–72 months, covering legislative reforms with the updating of standards and accreditation criteria during the first 12–18 months, infrastructure modernisation over 12–48 months, staff training through exchange programmes with European laboratories over 18–60 months, method validation through interlaboratory studies over 24–60 months, and full integration with European-level recognition. The need to establish a National Soil Monitoring Coordination Committee for inter-agency coordination, development of a national monitoring strategy and securing international funding through technical assistance programmes has been identified.

Conclusions. Successful harmonisation of soil analysis standards will provide Ukrainian agriculture with improved access to the single market of the European Union by removing technical barriers to trade, increase confidence in Ukrainian products on international markets by demonstrating compliance with the gold standard of quality assurance, strengthen positions in carbon emission quota markets by providing reliable, verified data on organic carbon sequestration by soil, and promote the implementation of sustainable soil management practices based on accurate soil condition data.

Practical value. The study provides a concrete action plan for government agencies, scientific institutions and agricultural laboratories with detailed cost estimates, implementation timelines and priority areas for modernisation, enabling effective investment planning and coordination of efforts at the national level to achieve full compliance with European Union requirements.

Keywords: harmonisation of soil standards, agrochemical analysis, soil monitoring, laboratory accreditation, European integration, quality management.