

ВЛАСТИВОСТІ Й РЕЖИМИ ҐРУНТІВ SOIL PROPERTIES and MODES

УДК 631.4:004.65(477)

Збереження ґрунтових даних в Україні: досягнення та перспективи

О. М. Бігун

Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», Харків, Україна

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 07.01.2025 Отримано після доопрацювання 14.05.2025 Затверджено до видання 17.06.2025 Доступно онлайн 01.07.2025	ґрунти відіграють ключову роль у вирішенні суспільних викликів, таких як забезпечення продовольчої безпеки та адаптація до зміни клімату. Інформація, зібрана у ґрунтових базах даних, є важливим ресурсом для оцінювання якості ґрунтів та їхніх екосистемних функцій. В оглядовій статті проаналізовано досягнення України у збереженні ґрунтових даних, зокрема представлено поточний вміст бази даних «Властивості ґрунтів України» ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» та національних ґрунтово-інформаційних продуктів, розроблених із її використанням. Також розглянуто інтеграцію даних про ґрунти України до міжнародних баз даних, зокрема EU-HYDI та SOTER-SOVEUR. База даних «Властивості ґрунтів України» містить 10095 записів про фізичні та хімічні параметри для 1923 ґрунтових профілів, а також 228 записів із результатами обстежень поверхневого шару ґрунтів. Близько 32,9 % записів представлено на Платформі нейтрального рівня деградації земель сільськогосподарського призначення ФАО-ГГП, частка інтеграції інформації до інших баз даних варіює від 1,6 % (база даних національної карти запасів органічного вуглецю) до 3,9 % (EU-HYDI). Надано опис джерел даних про властивості ґрунтів України у глобальній базі даних WoSIS (snapshot 2023), що є важливим для їх обґрунтованого використання у наукових дослідженнях. Визначено напрями розвитку національних баз даних, які передбачають інтеграцію заходів зі збереження ґрунтових даних до наукових програм та проектів, налагодження обміну інформацією між установами та науковими колективами, а також визнання постачальників даних повноцінними співавторами інформаційних продуктів. Перспективним є використання накопиченої у національних БД інформації для створення тематичних наборів даних, узгоджених із принципами FAIR, а також розробки національних та регіональних карт засобами цифрового картографування та моделювання ґрунтів. Налагодження співпраці між дослідниками та зацікавленими сторонами є критично важливим для забезпечення сучасних інформаційних потреб та збереження ґрунтових даних для локальних і глобальних дослідницьких завдань. Підтримка принципів відкритої науки сприятиме збереженню та повторному використанню ґрунтових даних, їх інтеграції в міждисциплінарні дослідження задля вирішення локальних та глобальних екологічних проблем, а також розвитку нових наукових напрямів у ґрунтознавстві.

✉ oksana_bigun@ukr.net

ORCID: 0000-0002-8461-4928

Форма цитування: Бігун О. М. Збереження ґрунтових даних в Україні: досягнення та перспективи. *Агрохімія і ґрунтознавство* : міжвідом. темат. наук. зб. / ННЦ «ІГА ім. О. Н. Соколовського». Харків, 2025. Вип. 98. С. 4–18. doi: 10.31073/acss98-01

1. Вступ

Ґрунт є цінним невідновлюваним ресурсом, що забезпечує низку екосистемних послуг та відіграє ключову роль у подоланні глобальних викликів, пов'язаних із продовольчою безпекою, зміною клімату та втратою біорізноманіття [1–3].

Упродовж останнього десятиліття, завдяки діяльності Глобального ґрунтового партнерства (ГГП) та національних ґрунтово-інформаційних центрів до політичних діячів поступово прийшло усвідомлення, що ґрунти, як і інші природні ресурси потребують правового захисту та невідкладних заходів відновлення. У зв'язку з чим, законодавчими органами багатьох країн було схвалено національні плани та ініціативи щодо їх збереження [3–6].

Ґрунти відіграють ключову роль у досягненні амбітної мети ЄС в межах Європейського зеленого курсу — стати першим вуглецево-нейтральним

континентом до 2050 року й стійким до змін клімату, а також перейти до стійкої та циркулярної (біо)економіки [7, 8]. Для реалізації політики збереження та відновлення ґрунтів Європейська Комісія ухвалила нову Стратегію ЄС щодо ґрунтів, якою передбачено конкретні заходи для відновлення ґрунтових екосистем і забезпечення їх сталого використання до 2050 року. Для відстеження прогресу у досягненні цих цілей створено Ґрунтову обсерваторію, покликану інформувати суспільство про стан земельних ресурсів ЄС [9]. Одним із ключових завдань якої є інтерпретація даних, зібраних у ґрунтових базах даних (БД) (континентальній БД LUCAS Soil, національних та регіональних БД країн ЄС), для розробки узгоджених індикаторів здоров'я ґрунтів та програм моніторингу просторово-часових їх змін на національному й європейському рівнях [9, 10].

Ґрунтова інформація набуває дедалі більшої ваги в рамках глобальних міжнародних екологічних угод та ініціатив, таких як Конвенція про зміну клімату (UNFCCC), Конвенція про боротьбу з опустелюванням (UNCCD), Цілі сталого розвитку (UN SDG) і, відповідно, дані про ґрунти стають ключовими для розробки стратегій їх захисту та відновлення [11].

У багатьох частинах світу докладають значних зусиль щодо збереження ґрунтових даних. Зокрема, впродовж останнього десятиліття значно активізувалося створення баз даних, ґрунтово-інформаційних систем та відкритих платформ із доступом до інформації про ґрунти у країнах Південної Америки [12–16] та Африки [17].

Ґрунтові бази даних є інформаційною основою для різних дослідницьких цілей. Зокрема, дані про властивості ґрунтів використовуються ученими для оцінювання потенціалу земельних ресурсів, аналізу екологічних функцій ґрунту, а також для прогнозування поведінки ґрунтів у різних умовах [18–20].

В Україні існують поодинокі роботи, присвячені розробці ґрунтових баз даних та їх застосуванню. Найбільш примітним і добре задокументованим ресурсом ґрунтових даних є розроблена у 2000-х роках база даних «Властивості ґрунтів України» лабораторії геоєкофізики ґрунтів ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» [21]. Ця база даних тривалий час слугує цінним джерелом інформації для широкого кола досліджень [22] і використана, зокрема для створення різних ґрунтово-інформаційних продуктів [23, 24].

Мета наукової публікації: узагальнити досягнення у збереженні ґрунтових даних в Україні, зокрема надати інформацію про поточний вміст БД «Властивості ґрунтів України» і залучення цих даних до національних і міжнародних БД; визначити перспективні напрями досліджень із використанням ґрунтових БД; висвітлити сучасні вимоги до поширення ґрунтової інформації. Метою також є визначити походження ґрунтових даних для України у глобальній БД WOSIS, щоб користувачі ґрунтової інформації могли оцінити доцільність їх застосування у власних наукових розробках.

2. Поточний стан та досягнення у збереженні ґрунтових даних

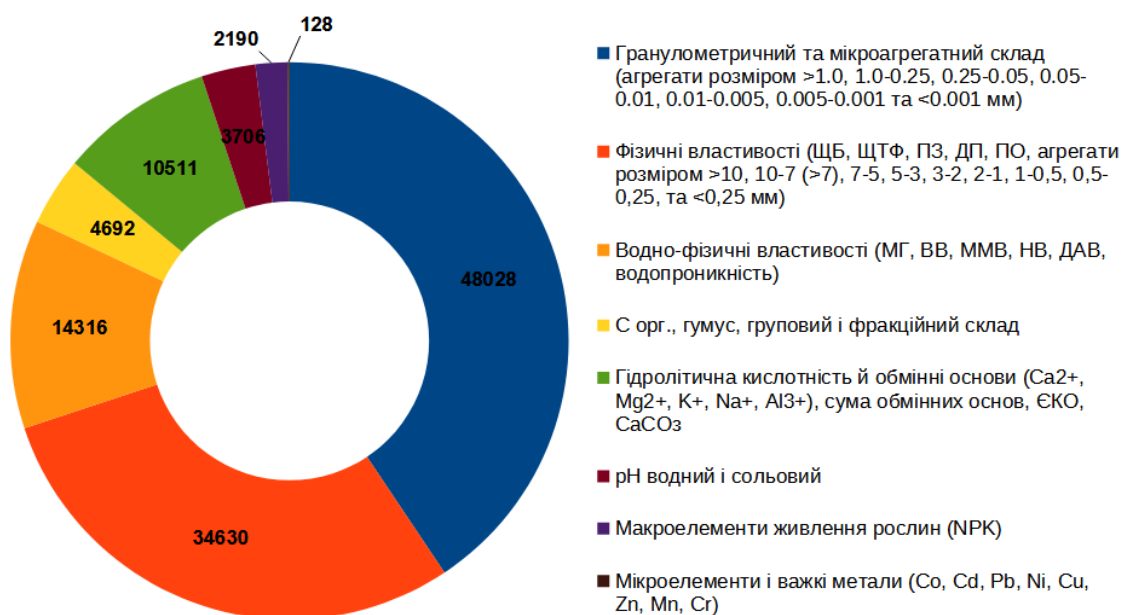
2.1. Збереження ґрунтових даних у БД «Властивості ґрунтів України»

База даних «Властивості ґрунтів України» є результатом багаторічної роботи колективу лабораторії геоєкофізики ґрунтів, спрямованої на систематизацію та узагальнення інформації про фізичні та водно-фізичні властивості ґрунтів України. Основою для створення БД і першим джерелом інформації став «Довідник агрофізичних властивостей», що містив результати експедиційних обстежень ґрунтів Степу України (1961–1974 рр.), і який згодом було доповнено відомостями про властивості ґрунтів інших природних зон країни [23]. На початку 2000-х років було розроблено структуру БД, а накопичений матеріал було введено в електронні

таблиці. У подальшому, наповнення БД здійснювали з використанням різноманітних джерел, таких як дисертації, наукові статті та монографії, архівні матеріали лабораторії та ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського» й особисті архіви науковців [23].

На етапі створення, уміст БД було структуровано за допомогою мови програмування та системи керування реляційними базами даних Visual FoxPro [21], нині її адміністрування здійснюється з використанням табличних процесорів.

БД містить 6 основних електронних таблиць, у яких систематизовано записи щодо загальної характеристики території, де закладено розріз, класифікаційної приналежності ґрунтових відмін та їх ідентифікації на картах різного масштабу, а також інформацію про джерела даних та методи визначення показників. На даний момент (станом на грудень 2024 р.) БД містить відомості про фізичні та хімічні властивості для різних ґрунтових відмін, обстежених у період 1955–2014 рр.. Означена БД є найбільшою компіляцією ґрунтових даних для України із 10095 записами про виміряні параметри, переважно фізичних показників (Рис. 1) для 1923 ґрунтових профілів, у тому числі 228 записів із результатами обстежень лише верхнього шару ґрунтів.



Скорочення: ЩБ — щільність будови, ЩТФ — щільність твердої фази, ПЗ — пористість загальна, ДП — диференційна пористість, ПО — питомий опір ґрунту; МГ — максимальна гігроскопічність, ВВ — вологість в'янення, ММВ — максимальна молекулярна вологоємність, НВ — найменша вологоємність, ДАВ — діапазон активної вологи, ЄКО — ємність катіонного обміну

Рис. 1. Кількість записів у БД «Властивості ґрунтів України»

Від моменту створення БД слугувала основним джерелом інформації для побудови тематичних карт властивостей ґрунтів, із використанням яких було розроблено агрономічно орієнтоване районування орних земель України [25], а також виконано оцінку їх інвестиційної привабливості для вирощування польових культур [26]. Крім того, дані, зібрані у БД, було використано для створення локальних педотрансферних моделей фізичних і водно-фізичних властивостей [27, 28]. Більш докладно про історію створення БД, опис структури та напрями її використання наведено у публікаціях Т. М. Лактіонової та ін. [21–23].

Саме дані, накопичені у БД «Властивості ґрунтів України», стали основою для інформаційних продуктів, які було розроблено за участі науковців ННЦ «ІГА імені О. Н. Соколовського», таких як БД національної карти запасів органічного вуглецю [24], «Платформи нейтрального рівня деградації земель

сільськогосподарського призначення» [29], БД «Ґрунти України» Українського ґрунтового інформаційного центру [30]. Уміст БД також інтегровано до Європейської бази гідропедологічних даних (EU-HYDI) [31], а також баз даних SOTER-SOVEUR [23, 32] та WoSIS [19, 33] Міжнародного інституту ґрунтових досліджень (ISRIC).

На рисунку 2 показано хронологію створення ґрунтово-інформаційних продуктів, а нижче по тексту наведено інформацію про обсяги даних, експортованих із БД «Властивості ґрунтів України», зокрема зазначено перелік і кількість показників, включених до кожного продукту.

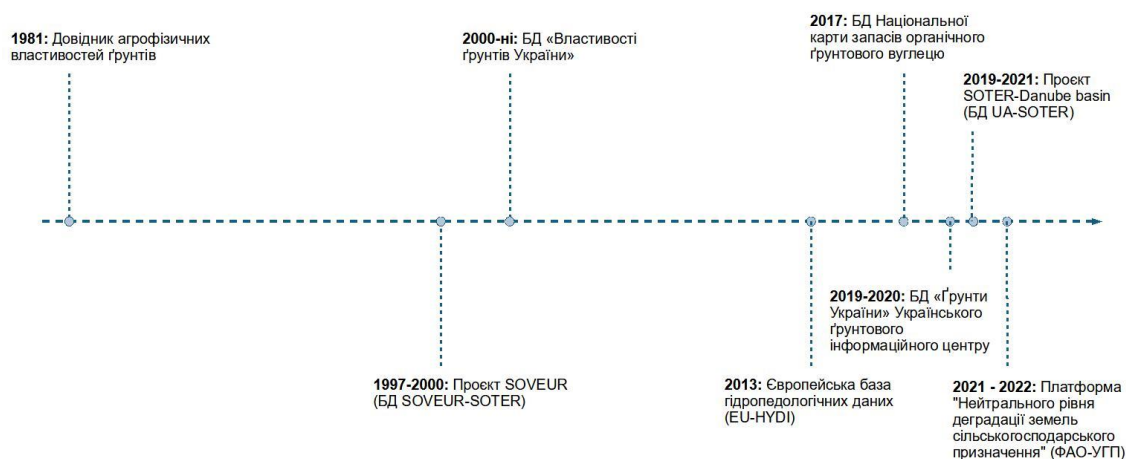


Рис. 2. Хронологія створення БД «Властивості ґрунтів України» та використання ґрунтових даних у національних та міжнародних ґрунтово-інформаційних продуктах

2.2. Збереження наборів ґрунтових даних у національних ґрунтово-інформаційних продуктах

Першою важливою ініціативою зі збереження ґрунтових даних саме у національних інформаційних продуктах стало створення карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах України [34], реалізованої за підтримки Глобального ґрунтового партнерства. У розробці карти взяли участь дослідники із 11 наукових установ та 5 закладів вищої освіти.

Для створення репрезентативного набору даних національної карти відповідно специфікацій ФАО було розроблено структуру тематичної БД [24], яка включала перелік показників, необхідних для обліку запасів органічного вуглецю у ґрунтах із різним типом господарського використання (Рис. 3а).

Завдяки спільним зусиллям науковців створено базу даних, яка містить записи про властивості для 4379 ґрунтових профілів, 1121 із яких (21% від загальної кількості) делеговано із БД «Властивості ґрунтів України» (Рис. 3б).

Наступною ініціативою, підтриманою Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО) та Глобальним екологічним фондом, стало створення загальнодоступного цифрового продукту — «Платформи нейтрального рівня деградації земель сільськогосподарського призначення» [29].

Платформа містить записи про властивості ґрунтів у межах ґрунтових профілів (шар «Ґрунтові розрізи»), а також дані обстежень поверхневого шару ґрунтів на моніторингових ділянках ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» (шар «Моніторингові ділянки»).

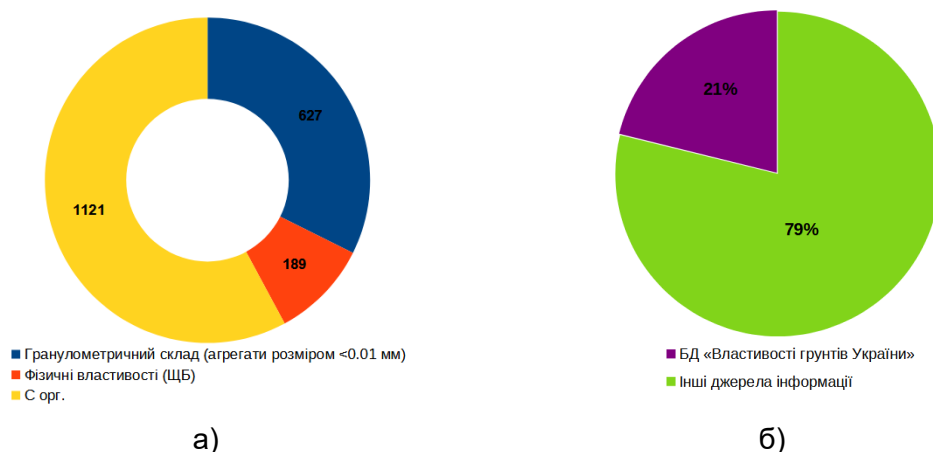


Рис. 3. Кількість записів властивостей ґрунтів (а) та їх частка (б) від загального вмісту даних, що інтегровано із БД «Властивості ґрунтів України» до БД Національної карти запасів органічного вуглецю (скорочення: ЩБ — щільність будови)

Основним джерелом інформації щодо морфологічних характеристик ґрунтових відмін, а також їхніх фізичних (7 показників) та хімічних (13 показників) властивостей по профілю ґрунту є БД лабораторії геоєкофізики (Рис. 4а). Усього на платформі представлено записи для 993 ґрунтових розрізів, експортованих із БД (99 % від загальної кількості записів представлених на платформі) та 7 ґрунтових профілів із інших джерел (Рис. 4б). Цей набір даних є доступним за посиланням: <https://ismld.com.ua/> (доступ станом на 22 жовтня 2024 р.).

Авторка статті не брала участі в передачі інформації до Платформи, лише виконала аналіз набору даних для підготовки цього рукопису.

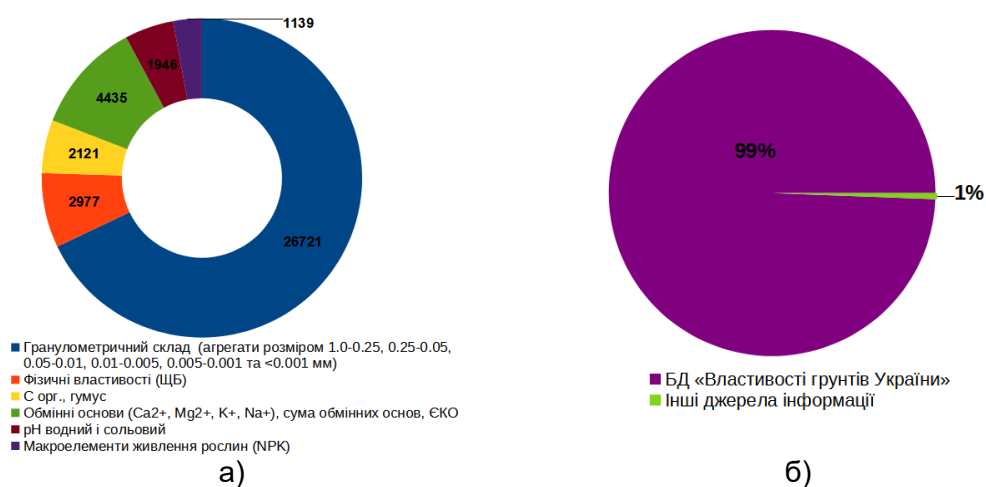


Рис. 4. Кількість записів властивостей ґрунтів (а) та їх частка (б) у загальному наборі даних, інтегрованих до «Платформи нейтрального рівня деградації земель сільськогосподарського призначення» (шар — «ґрунтові розрізи»). Скорочення: ЩБ — щільність будови; ЄКО — ємність катіонного обміну

2.3. Збереження ґрунтових даних у міжнародних ґрунтово-інформаційних продуктах

Уперше українські науковці долучилися до збору ґрунтових даних для глобальної бази даних ґрунтів та земель SOTER [35] у межах проекту SOVEUR (1997–2000 рр.), метою якого було оцінити вразливість ґрунтів Центральної та Східної Європи до дифузного забруднення, а також поширеність антропогенної деградації земель [36, 37].

Методологія формування БД SOTER включала створення геометричного компонента (карти полігонів територіальних одиниць SOTER, які охоплюють однотипні території з подібним рельєфом, літологією та ґрунтовим покривом) та наповнення реляційної бази даних інформацією про ґрунтові властивості кожної територіальної одиниці. Усього у межах проєкту було залучено 75 ґрунтових профілів на території України для SOTER-карти масштабу 1:2,5 млн [37].

Окрім параметрів фізичних та хімічних властивостей (Рис. 5) атрибутивна частина БД вміщує інформацію про морфологічну формулу ґрунту, його класифікаційне позначення за легендою карти FAO-88, а також клас гранулометричного складу за класифікацією USDA.

Уміст БД SOTER-SOVEUR є у вільному доступі на веб-сервісі ISRIC Soil Data Hub, а набори даних інтегровано до глобальних продуктів Міжнародного довідкового інформаційного центру із питань ґрунтів (ISRIC), зокрема до баз даних WISE [38] та WoSIS [19, 33].

Окрім того, 52 ґрунтові профілі з бази «Властивості ґрунтів України» було передано до SOTER у рамках проєкту Об'єднаного дослідницького центру Європейської Комісії (JRC), спрямованого на підтримку Дунайської стратегії [39]. Ці дані згодом теж стали частиною глобальної бази WoSIS.

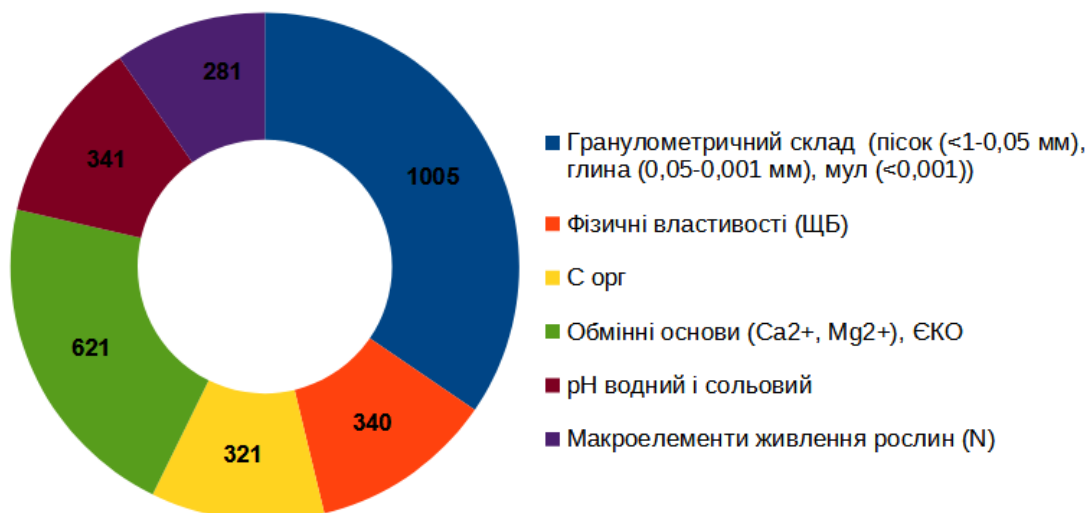


Рис. 5. Кількість записів властивостей ґрунтів у БД SOTER-SOVEUR (скорочення: ЩБ — щільність будови; ЕКО — ємність катіонного обміну)

У 2013 р. українські науковці долучилися до створення комплексної багатоцільової бази даних Європейського кадастру гідропедологічних даних (EU-HYDI), ініційованого JRC [31]. Набір даних для України включає 4692 записи про хімічні та фізичні властивості ґрунтів для 95 ґрунтових профілів (Рис. 6).

Спочатку, за спільною згодою авторів, первинні дані EU-HYDI були доступні лише її розробникам. Проте протягом багатьох років JRC отримував численні запити від зовнішніх організацій щодо доступу до вмісту БД. Частина постачальників, зокрема й Україна, погодилися надати ліцензію на публічне поширення національних наборів даних, і з липня 2024 р. вони доступні на платформі Європейського центру даних про ґрунти [40].

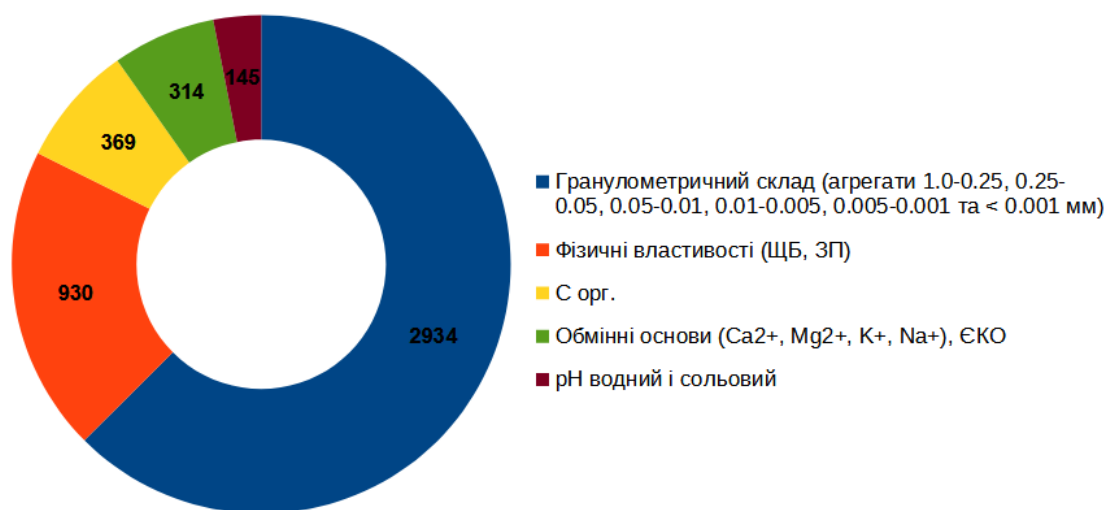


Рис. 6. Кількість записів властивостей ґрунтів у БД EU-HYDI (скорочення: ЩБ — щільність будови, ЗП — пористість загальна, ЄКО — ємність катіонного обміну)

2.4. Дані про властивості ґрунтів України у глобальній БД WoSIS

У цій публікації також докладніше розглянемо ґрунтові дані, представлені у глобальній базі даних WoSIS — сервісу Світового центру ґрунтових даних (WDC- Soils).

Міжнародний довідковий центр ґрунтів (ISRIC), акредитований Міжнародним програмним офісом Всесвітньої системи даних (WDS) як Світовий центр даних про ґрунти та має мандат на збір, аналіз і поширення інформації про ґрунти. Центр колекціонує та упорядковує дані з усього світу в ґрунтово-інформаційному сервісі WoSIS. Наповнення цієї бази даних здійснюється завдяки добровільним внескам власників та постачальників даних, які надають згоду на їх публікацію відповідно до ліцензії відкритого доступу. Зокрема, до БД інтегруються дані із національних баз даних і тематичних наборів, представлених у відкритому доступі, а також компіляційних БД, створених за участі ISRIC.

Стандартизовані дані БД WoSIS поширюються двома способами:

1. Динамічний набір даних (wosis_latest): постійно поповнюється новими точковими даними, доступний через такі сервіси, як ISRIC Data Hub і платформа SoilGrids;

2. Статичний набір даних (wosis_snapshot): фіксує вміст бази даних на певний момент часу, доступний у форматі TSV. Статичний набір обов'язково супроводжується публікацією, що описує зміни у структурі та моделі бази даних, процедури стандартизації й уніфікації підготовлених даних, а також їх кількість і якість [19, 33].

БД WoSIS вміщує фізичні та хімічні показники властивостей ґрунтів, а також специфічну інформацію щодо методів визначення властивостей (наприклад, обмеження розміру класу для текстурних фракцій ґрунту, співвідношення ґрунт/розчин під час вимірювання pH тощо). Для кожного профілю також надано класифікацію ґрунтів за системами FAO, WRB, USDA, а також позначення ґрунтових горизонтів, якщо вони були зазначені у вихідних базах даних.

Поточний набір даних у БД WoSIS для України містить 462 унікальні ділянки (site) та 543 ґрунтові профілі (WoSIS snapshot 2023), які включають інформацію про типи ґрунтів та їхні властивості. Джерелами інформації цього набору є шість різних баз даних: WD-ISIS, EU-SOTER, UA-SOTER, WD-WISE, EU-GEMAS та RU-SPDB (Рис. 7). Нижче представимо опис наборів ґрунтових даних із цих БД.

1. WD-ISIS — це база даних Колекції еталонних ґрунтових профілів ISRIC, яка містить описи репрезентативних ґрунтових одиниць, виділених у легенді ґрунтової карти світу [41]. Для України в цій базі даних представлено описи двох ґрунтових типів: чорнозему (Дніпропетровська обл.) та солонцю (Херсонська обл.).

2. EU-SOTER — набір даних, інтегрований у WoSIS із БД SOTER-SOVEUR [36]. Він містить 2400 записів про властивості ґрунтів, що становить 34 % від загального обсягу даних про властивості ґрунтів у WoSIS для України. Набір охоплює 81 ґрунтовий профіль, 9 з яких належать країнам, що межують з Україною.

3. UA-SOTER — набір даних, створений у межах проєкту із формування БД SOTER для басейну Дунаю [38], має 675 записів (9,6 % від загального обсягу даних для України) для 52 ґрунтових профілів, розташованих в Одеській, Чернівецькій, Львівській та Івано-Франківській областях.

4. WD-WISE — це дані, отримані ISRIC у межах проєкту WISE, шляхом заповнення прогалів у первинних базах SOTER за допомогою статистичного аналізу вибірок, згрупованих за таксономічними типами ґрунтів [37]. Набір даних для України охоплює 87 ґрунтових профілів і містить 2713 записів властивостей, що становить 38,5 % від загального обсягу даних.

5. EU-GEMAS — база даних із результатами обстеження ґрунтів, проведеного в межах проєкту GEMAS, який було спрямовано на створення якісного та порівняльного набору даних для оцінювання геохімічного фону та концентрацій елементів у ґрунтах сільськогосподарських і пасовищних угідь Європейського континенту [42]. Зразки ґрунтів відбирали на орних ділянках із шару 0–20 см та землях із постійним рослинним покривом із шару 0–10 см у 2008–2009 роках за регулярною сіткою 50×50 км², а їх аналіз виконували в європейських лабораторіях. Для України цей набір містить 317 точок (158 — орні ділянки, 159 — перелогові) з показниками: рН, вмісту загального вуглецю, гранулометричних фракцій пилю (0,05–0,002 мм) і мулу (<0,002 мм). Загальна кількість записів даного набору — 1105, що становить 15,7 % від загального вмісту даних для України (Рис. 7).

6. RU-SPDB — містить 160 записів із інформацією про фізичні, водно-фізичні та хімічні властивості ґрунтів для 4 ґрунтових профілів у Сумській, Миколаївській та Одеській областях.

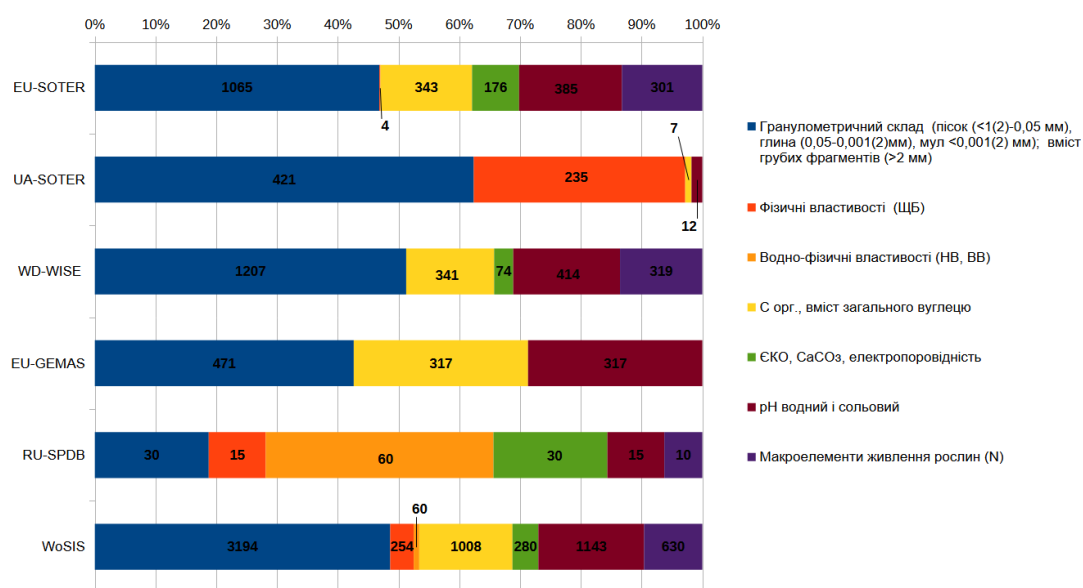


Рис. 7. Кількість записів окремих груп властивостей ґрунтів, відносний та загальний їх вміст у наборі даних WoSIS (WoSIS snapshot 2023) для України (скорочення: ЩБ — щільність будови, НВ — найменша вологоємність, ВВ — вологість в'янення, СКО — ємність катіонного обміну)

3. Перспективи збереження ґрунтових даних та напрями їх використання

База даних «Властивості ґрунтів України» стала основою для розробки національних ґрунтово-інформаційних продуктів та формування наборів даних про властивості ґрунтів у міжнародних базах (див. рис. 2). Найбільший обсяг даних (32,9 % поточного вмісту) інтегровано до національної «Платформи нейтрального рівня деградації земель сільськогосподарського призначення» ФАО-ГГП. Частка внесеної інформації до інших баз даних варіює від 1,6 % (БД національної карти запасів органічного вуглецю) до 3,9 % (EU-HYDI).

До різних баз даних включено записи про фізичні та хімічні властивості ґрунтів (див. рис. 3–6). Окрім того, БД містить цінну інформацію про водно-фізичні характеристики, які відсутні в інших базах даних і можуть слугувати основою для створення спеціалізованої тематичної бази. Подібні бази даних, такі як HYBRAS [43] у Бразилії, HUNSODA [44] і MARTHA [45] в Угорщині, HYPRESCZ [46] у Чехії та SOLHYDRO [47] у Франції, активно використовуються для розроблення локальних прогнозів водно-фізичних показників та оцінки продуктивних запасів ґрунтової вологи [48].

Збереження ґрунтових даних у національних ґрунтово-інформаційних продуктах здійснювалося завдяки участі дослідників із різних установ. Наприклад, до формування набору даних для карти запасів органічного вуглецю долучилося 104 науковці із різних наукових та освітніх закладів [24]. Зауважимо, що лише 21 % записів для цієї мапи отримано з бази даних «Властивості ґрунтів України», тоді як 79 % – залучено з інших джерел (див. рис. 3б). Це вказує на наявність значного обсягу ґрунтових даних, які залишаються незбереженими та зосереджені в особистих колекціях науковців і дослідницьких груп в Україні.

Приклади співпраці дослідників із різних установ у Чилі, Бразилії та Ефіопії у створенні національних баз ґрунтових даних та різних інформаційних продуктів підкреслюють важливу роль спільних зусиль у збереженні значних обсягів ґрунтової інформації, яка є необхідною для оцінки стану ґрунтових ресурсів. У Чилі, наприклад, дослідники із 39 приватних та національних організацій об'єдналися, щоб створити найбільшу БД запасів органічного вуглецю (CHLSOC), яка вміщує записи для 13 612 точок [13]. У Бразилії національне товариство ґрунтознавців за участі понад 60 науковців із різних установ створило платформу для стандартизованого зберігання та управління ґрунтовими даними «febrg», на якій вдалося акумулювати 14 477 записів ґрунтових обстежень [49]. В Ефіопії, група науковців ініціювала Коаліцію зацікавлених установ і фахівців зі збереження та обміну ґрунтовими та агрономічними даними. Завдяки зусиллям спеціально організованої в межах даної Коаліції робочої групи, до національної БД інтегровано понад 20 000 ґрунтових профілів із 88 різних джерел [50].

Збір, стандартизація та обмін ґрунтовими даними є ключовими для інтеграції інформації та забезпечення повторного використання наявних даних у процесі відпрацювання способів управління ґрунтовими ресурсами. Основними постачальниками такої інформації для національних баз даних та інформаційних систем України є наукові, освітні та державні установи, а також приватні компанії, які проводять ґрунтові обстеження в рамках дослідницької або виробничої діяльності.

Необхідно також забезпечити безперервний процес збирання ґрунтових даних, зокрема необхідно включити відповідні заходи до наукових програм і проєктів, а також сприяти обміну даними між науковими колективами у межах створення спільних дослідницьких продуктів. Наприклад, ISRIC активно та

безперервно працює над збиранням і стандартизацією ґрунтових даних, інтегруючи до БД WoSIS як історичні записи (зокрема, результати обстежень 1920-х років), так і нові набори даних, отримані в межах поточних європейських проєктів, таких як LUCAS та EU-HoliSoils. Завдяки цим зусиллям обсяг БД WoSIS збільшився у 2,4 раза — з 96 тисяч ґрунтових профілів у 2016 до 228 тисяч у 2023 р. [19]. Для України кількість профілів зросла з 79 до 469 за цей період. Варто також зауважити, що до збирання даних, а також їх верифікації та стандартизації залучено велику команду техніків, ґрунтознавців, геодезистів та інженерів.

Одним із важливих інструментів залучення нових учасників до процесу збереження ґрунтової інформації є дотримання авторських прав власників та постачальників даних. Загальноприйнятою практикою у межах спільних ініціатив зі збирання даних є визнання авторів, які самостійно заповнюють таблиці-шаблони у стандартизованому форматі, як рівноправних співавторів створених БД та ґрунтово-інформаційних продуктів. Наприклад, авторами Європейської бази даних водної ерозії (EUSEDcollab) стали 43 дослідники [51], національної чилійської БД запасів органічного вуглецю (CHLSOC) — 64 [13], бази даних ґрунтово-інформаційної системи Латинської Америки та Карибського басейну (SISLAC) — 43 [15].

Інформація про ґрунти та їх властивості здобувається шляхом трудомістких польових обстежень та лабораторних вимірювань, що спонукає ґрунтознавців до пошуку різних способів збереження та повторного використання отриманих даних. Ґрунтові дані, накопичені за понад 70 років у базах даних різних країн і відомі в міжнародній літературі як «успадковані» або «історичні», активно використовуються в цифровому картографуванні ґрунтів [52]. Вони слугують основою для створення карт ґрунтів і оцінки придатності ґрунтового покриву до сільськогосподарського використання [53–55], аналізу просторово-часових змін у властивостях ґрунтів [56], а також для розробки інноваційних методів удосконалення просторових прогнозів із використанням цифрових технологій картографування та моделювання [57–59].

Такі ініціативи, як GlobalSoilMap [51], GloSIS [60], SoilGrid [61], EUSO Soil Health Dashboard [9], OpenLandMap [62] та Soil Health Data Cube for pan-EU [63] демонструють успішну інтеграцію історичних ґрунтових даних для створення високоякісних інноваційних інформаційних продуктів.

Яскравим прикладом інтеграції ґрунтових даних для створення інноваційних національних інформаційних продуктів є досвід Австралії, яка вважається лідером у застосуванні цифрового картографування і є однією з перших країн, що поєднала історичні ґрунтові дані, нові спектроскопічні вимірювання, машинне навчання та просторове моделювання для створення високоточних карт ґрунтових властивостей із роздільною здатністю 90 м. Результатом таких зусиль стало впровадження національного цифрового продукту — Ґрунтової та ландшафтної сітки Австралії (SLGA), який широко використовується політиками, науковцями, освітянами, агроконсультантами, розробниками додатків та громадськістю [18].

У США історичні ґрунтові дані, зібрані у національній БД, використовуються в рамках ініціативи Soils2026, яка має на меті створення вичерпного і актуального кадастру ґрунтів усієї території країни шляхом розробки нових ґрунтових інформаційних продуктів із застосуванням технологій цифрового картографування — гнучких, детальних растрових карт для інтерпретації фізичних, хімічних і біологічних властивостей ґрунтів [64].

Дослідники Medeiros et al. [20] у своєму огляді, присвяченому використанню історичних ґрунтових даних для цифрового картографування, наголошують, що не лише наявність, але й доступність таких даних суттєво прискорюють розвиток цифрового картографування та слугують основою для нових локальних досліджень.

Принципи відкритої науки набувають все більшого поширення, зокрема в галузях ґрунтознавства та агрономії. Політика відкритих даних, яку вже прийняли багато наукових журналів, вимагає від авторів публікувати первинні дослідницькі дані разом зі статтями як додатковий матеріал або надавати посилання на місця їх зберігання в репозиторіях. Деякі журнали запровадили новий тип публікацій — Data Article, що дає можливість авторам детально описувати отримані набори даних, покращуючи їхню видимість і наукове використання [65].

Для забезпечення доступності та повторного використання наукових даних спільнота науковців та зацікавлених організацій розробила «принципи FAIR» — універсальні настанови для збереження та поширення дослідницьких цифрових активів [66]. Ці принципи поширюються не лише на дані у звичному розумінні, а й на алгоритми, інструменти та робочі процеси, що використовуються для їх створення.

Акронім **FAIR** визначає чотири основні принципи щодо наукових даних: *Findable* (придатні до пошуку через постійні ідентифікатори, як DOI чи URI, URL), *Accessible* (надані відповідно до визначених умов доступу), *Interoperable* (сумісні для машинної взаємодії) та *Reusable* (придатні для повторного використання). Дані повинні супроводжуватись повним і детальним описом метаданих, включаючи відомості про їх походження та контекст. Важливо зауважити, що докладні метадані є необхідними для забезпечення можливості їх повторного використання навіть через десятиліття після їх створення. Вони підвищують наукову цінність і інформативність результатів досліджень [67].

Принципами FAIR керуються провідні ґрунтові центри, зокрема ISRIC та Європейський центр даних про ґрунти (ESDC). Впровадження цих принципів також підтримує Глобальне ґрунтове партнерство, за підтримки якого 2024 року було проведено Глобальний симпозіум з ґрунтової інформації та даних (GSID24) для того, щоб підкреслити важливість відкритих ґрунтових даних для вирішення проблем продовольчої безпеки та зміни клімату.

Принципи FAIR додають цінності даним, зокрема застарілим наборам, підвищуючи їхню корисність і відкриваючи нові можливості для досліджень. Наприклад, залучення й інтеграція дослідницької інформації про ґрунти з іншими релевантними даними (про рослини, тварин, клімат, погоду, техніку, економіку, маркетинг, торгівлю тощо) відповідно до принципів FAIR можуть стати важливим чинником для досягнення стійких операційних і бізнес-результатів у сільському господарстві [68].

Національні бази даних містять значно більший обсяг інформації про локальні ґрунтові умови, ніж загальноєвропейські чи навіть глобальні БД (див. рис. 1, 5–7), що створює можливості для більш детальної оцінки ґрунтів на національному рівні з використанням сучасних технологій цифрового картографування. Історичні ґрунтові дані, зібрані в національних базах, є важливим науковим надбанням. Впровадження принципів FAIR у створенні національних ґрунтово-інформаційних продуктів (цифрових карт або тематичних ґрунтових наборів даних та БД з відкритим доступом) є важливим кроком для підвищення ефективності використання даних, розвитку відкритої науки та збільшення суспільного впливу ґрунтознавчих досліджень. Однак важливо зазначити, що впровадження цих принципів також передбачає відповідальне використання даних, зокрема, обов'язкове і належне цитування першоджерел та визнання внеску всіх учасників процесу збирання, збереження і поширення ґрунтової інформації.

4. Висновки

Представлено поточний вміст бази даних «Властивості ґрунтів України» та кількість записів про ґрунтові властивості, інтегрованих із цієї БД до різних ґрунтово-інформаційних продуктів. Наявна БД є найповнішою копіїлюцією інформації про властивості ґрунтів і слугує цінним ресурсом для накопичення відомостей і створення тематичних баз та наборів даних.

Встановлено, що до європейських, глобальних та національних ґрунтово-інформаційних продуктів було інтегровано різну частку інформації про властивості ґрунтів країни. Найбільша частка – близько 32,9 % від поточного вмісту БД – представлена на цифровій платформі "Нейтрального рівня деградації земель сільськогосподарського призначення" ФАО-ГГП.

Надано опис джерел інформації та походження ґрунтових даних для України у БД WoSIS (WoSIS snapshot 2023), що може допомогти користувачам ґрунтової інформації приймати обґрунтовані рішення щодо залучення цих даних у власні наукові дослідження.

Наголошено на необхідності впровадження безперервного процесу збирання та збереження даних у національних БД, зокрема шляхом включення цих заходів до наукових програм та проєктів, а також налагодження обміну ґрунтовими даними між установами та науковими колективами, що займаються дослідженнями й інвентаризацією ґрунтових ресурсів.

Окреслено основні перспективні напрями використання історичної ґрунтової інформації, накопиченої в ґрунтових БД, що включають її залучення до національних і регіональних прогностичних оцінок стану та властивостей ґрунтів за допомогою сучасних технологій цифрового картографування, а також створення тематичних наборів ґрунтових даних із дотриманням принципів FAIR для сприяння розвитку відкритої науки.

Список використаних джерел / References

1. Bouma, J. (2014). Soil science contributions towards sustainable development goals and their implementation: linking soil functions with ecosystem services. *Journal of plant nutrition and soil science*, 177(2), 111–120. <https://doi.org/10.1002/jpln.201300646>
2. Panagos, P., Montanarella, L., Barbero, M., Schneegans, A., Aguglia, L., & Jones, A. (2022). Soil priorities in the European Union. *Geoderma Regional*, 29, e00510. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.e00510>
3. Heuser, I. (2022). Soil governance in current European Union law and in the European green Deal. *Soil Security*, 6, 100053. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2022.100053>
4. Panagos, P., Van Liedekerke, M., Borrelli, P., Köninger, J., Ballabio, C., Orgiazzi, A., ... Montanarella L. (2022). European Soil Data Centre 2.0: Soil data and knowledge in support of the EU policies. *European Journal of Soil Science*, 73(6), e13315. <https://doi.org/10.1111/ejss.13315>
5. Ginzky, H., & Ruppel, O. C. (2022). Soil protection law in Africa: Insights and recommendations based on country studies from Cameroon, Kenya and Zambia. *Soil Security*, 6, 100032. <https://doi.org/10.1016/j.soisec.2021.100032>
6. Arias-Navarro, C., Panagos, P., Jones, A., Amaral, M. J., Schneegans, A., Van Liedekerke, M., ... P., Montanarella, L. (2023). Forty years of soil research funded by the European Commission: Trends and future. A systematic review of research projects. *European Journal of Soil Science*, 74(5), e13423. <https://doi.org/10.1111/ejss.13423>
7. Montanarella, L., & Panagos, P. (2021). The relevance of sustainable soil management within the European Green Deal. *Land use policy*, 100, 104950. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104950>
8. Panagiotakis, I., & Dermatas, D. (2022). New European Union soil strategy: A potential worldwide tool for sustainable waste management and circular economy. *Waste Management & Research*, 40(3), 245–247. <https://doi.org/10.1177/0734242X221079114>
9. Panagos, P., Broothaerts, N., Ballabio, C., Orgiazzi, A., De Rosa, D., Borrelli, P., ... Jones, A. (2024). How the EU Soil Observatory is providing solid science for healthy soils. *European Journal of Soil Science*, 75(3), e13507. <https://doi.org/10.1111/ejss.13507>
10. Cornu, S., Keesstra, S., Bispo, A., Fantappie, M., van Egmond, F., Smreczak, B., ... Chenu, C. (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>
11. van Egmond, F. M., Andrenelli, M. C., Arrouays, D., Aust, G., Bakacsi, Z., Batjes, N. H., ... Yahiaoui R. (2021). Report on harmonized procedures for creation of databases and maps. *EJP Soil. Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.12704083>
12. Samuel-Rosa, A., Dalmolin, R. S. D., Moura-Bueno, J. M., Teixeira, W. G., & Alba, J. M. F. (2019). Open legacy soil survey data in Brazil: geospatial data quality and how to improve it. *Scientia Agricola*, 77(1), e20170430. <https://doi.org/10.1590/1678-992X-2017-0430>

13. Pfeiffer, M., Padarian, J., Osorio, R., Bustamante, N., Olmedo, G. F., Guevara, M., ... Zagal E. (2020). CHLSOC: the Chilean Soil Organic Carbon database, a multi-institutional collaborative effort. *Earth Syst. Sci. Data*, 12(1), 457-468. <https://doi.org/10.5194/essd-12-457-2020>
14. Armas, D., Guevara, M., Bezares, F., Vargas, R., Durante, P., Osorio, V., ... Oyonarte, C. (2022). Harmonized Soil Database of Ecuador (HESD): data from 2009 to 2015. *Earth Syst. Sci. Data*, 15, 431-445. <https://doi.org/10.5194/essd-15-431-2023>
15. Díaz-Guadarrama, S., Varón-Ramírez, V. M., Lizarazo, I., Guevara, M., Angelini, M., Araujo-Carrillo, G. A., ... Rubiano, Y. (2024). Improving the Latin America and Caribbean Soil Information System (SISLAC) database enhances its usability and scalability. *Earth Syst. Sci. Data*, 16, 1229-1246. <https://doi.org/10.5194/essd-16-1229-2024>
16. Vásquez, A., Varón-Ramírez, V. M., Tobías, H., & Guevara, M. (2024). Guatemala soil organic carbon database (GTMSOC). *European Journal of Soil Science*, 75(1), e13450. <https://doi.org/10.1111/ejss.13450>
17. Nenkam, A. M., Wadoux, A. M. C., Minasny, B., Silatsa, F. B., Yemefack, M., Ugbaje S. U., ... McBratney, A. B. (2024). Applications and challenges of digital soil mapping in Africa. *Geoderma*, 449, 117007. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.117007>
18. Kidd, D., Searle, R., Grundy, M., McBratney, A., Robinson, N., O'Brien, L., ... Triantafyllis, J. (2020). Operationalising digital soil mapping—Lessons from Australia. *Geoderma Regional*, 23, e00335. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00335>
19. Batjes, N. H., Calisto, L., & de Sousa, L. M. (2024). Providing quality-assessed and standardised soil data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot 2023). *Earth Syst. Sci. Data*, 16, 4735-4765. <https://doi.org/10.5194/essd-16-4735-2024>
20. Medeiros, B. M., Sequinato-Rossi, L., ten Caten, A., Pereira, G. E., Silva, E. B. D., & Dabot, K. T. U. (2024). Soil legacy data: An opportunity for digital soil mapping. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 48, e0230130. <https://doi.org/10.36783/18069657rbc20230130>
21. Laktionova, T. M., Medvedev, V. V., Savchenko, K. V., Bigun, O. M., Nakis'ko, S. G., & Sheyko, S. N. (2010). *Structure and use procedure for "Ukrainian Soil Properties Database" (Hand book) / Kharkiv: Apostrof* [In Ukrainian].
22. Laktionova, T. M., Medvedev, V. V., Savchenko, K. V., Bigun, O. M., Nakis'ko, S. G., Sheyko, S. M. (2015). "Ukrainian soil properties" database and its application. *Agricultural science and practice*, 2(3), 3-8. <https://doi.org/10.15407/agrisp2.03.003>
23. Laktionova, T. M. (2018). The experience of creating and using seven soil databases in the Soil-Geoeocophysics Laboratory. *AgroChemistry and Soil Science*, 87, 63-71. <https://doi.org/10.31073/acss87-10> [In Ukrainian].
24. Baliuk, S. A., & Bigun, O. M. (2019). Structure of a database of national digital map of stores of organic carbon in soils of Ukraine. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 5-10. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201904-01> [In Ukrainian].
25. Medvedev, V. V., Laktionova, T. M., Plisko, I. V., Bigun, O. M., Sheiko, S. M., & Nakisko, S. G. (2012). *Agronomically oriented zoning of lands according to soil properties (substantiation, methods, examples)*. Kharkiv [In Ukrainian].
26. Medvedev, V. V., Plisko, I. V., & Bigun, O. M. (2014). *Investment attractiveness of arable lands of Ukraine (methodology of determination and cartographic and analytical assessments)*. Kharkiv [In Ukrainian].
27. Laktionova, T., & Nakisko, S. (2014). Particle size distribution as a basic characteristic for pedotransfer prediction of permanent wilting point. *Agricultural Science and Practice*, 1(1), 13-19. <https://doi.org/10.15407/agrisp1.01.013>
28. Medvedev, V. V., Plisko, I. V., & Bigun, O. M. (2015). Experience with pedotransfer modeling in soil physics research. *Bulletin of Agricultural Science*, 1, 17-24. https://agrovisnyk.com/archive_ua_2015_01_02.html [In Ukrainian].
29. Agricultural Land Degradation Neutral Platform. Ukrainian Soil Partnership. Retrieved from <https://uasp.com.ua/2022/01/18/platforma-nejtralnogo-rivnya-degradacziyi-zemel-silskogospodarskogo-pryznachennya/> (date of application: 07.01.2025).
30. Solovei, V., Lebed, V., & Laktionova, T. (2022). Scientific methodological fundamentals of the functioning of the Ukrainian Soil Information Center. *Bulletin of Agricultural Science*, 100(9), 26-33. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202209-03> [In Ukrainian].
31. Joint Research Centre: Institute for Prospective Technological Studies. (2013). *European HYdropedological Data Inventory (EU-HYDI)*, Publications Office. <https://data.europa.eu/doi/10.2788/5936>
32. Soil and Terrain Database for Central and Eastern Europe (SOVEUR), version 1.1. *ISRIC Data Hub*. Retrieved from <https://data.isric.org/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/b1fa4988-b511-48e3-9548-3c48f0a908fa> (Accessed 07 January 2025).
33. Calisto, L., de Sousa, L.M., & Batjes, N.H. (2023). Standardised soil profile data for the world (WoSIS snapshot – December 2023). *ISRIC Data Hub*. <https://doi.org/10.17027/isric-wdcsoils-20231130>. (Accessed 07 January 2025).
34. Viatkin, K. V., Zalavskiy, Y. V., Lebed, V. V., Sherstyuk, O. I., Bihun, O. M., Plisko, I. V., Nakisko, S. G. (2019). Digital mapping of soil organic carbon stocks in Ukraine. *AgroChemistry and Soil Science*, 88, 5-11. <https://doi.org/10.31073/acss88-01> [In Ukrainian].
35. van Engelen, V. W. P., & Dijkshoorn, J. A. (2013). *Global and National Soils and Terrain Databases (SOTER). Procedures Manual*. Version 2.0. Wageningen: ISRIC - World Soil Information. Retrieved from https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/SOTER/isric_report_2013_04.pdf. (Accessed 07 January 2025).
36. Batjes, N. M. (Ed.) (2000). *Soil Degradation and Vulnerability Assessment for Central and Eastern Europe - Preliminary Results of the SOVEUR Project: Report of concluding workshop* (Busteni, 26-31 October 1999). Wageningen: ISRIC. Retrieved from https://isric.org/sites/default/files/isric_report_2000_04.pdf. (Accessed 07 January 2025).
37. Medvedev, V. V., Laktionova, T. M., & Breus, N. M. (2000). Zoning of the territory of Ukraine according to the SOTER method. *AgroChemistry and Soil Science*, 60, 10-18 [In Ukrainian].
38. WISE Soil Property Databases. www.isric.org. Retrieved from <https://www.isric.org/explore/wise-databases> (Accessed 07 January 2025).
39. Soil and terrain database for the Danube basin. www.isric.org. Retrieved from <https://www.isric.org/projects/soil-and-terrain-database-danube-basin> (Accessed 07 January 2025).
40. European HYdropedological Data Inventory (EU-HYDI) database - ESDAC - European Commission. *ESDAC – European Commission*. Retrieved from <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/european-hydropedological-data-inventory-eu-hydi-database-0> (Accessed 07 January 2025).
41. Application to search the World Reference Collection. www.isric.org. Retrieved from <https://isis.isric.org/> (Accessed 07 January 2025).
42. Geochemical mapping of agricultural and grazing land soil. *GEMAS Project*. Retrieved from <https://gemas.eurogeosurveys.org/> (Accessed 07 January 2025).
43. Ottoni, M. V., Ottoni, F. T. B., Schaap, M. G., Lopes-Assad, M. L. R., & Rotunno, F. O. C. (2018). Hydrophysical database for Brazilian soils (HYBRAS) and pedotransfer functions for water retention. *Vadose Zone Journal*, 17(1), 1-17. <https://doi.org/10.2136/vzj2017.05.0095>

44. Nemes, A. (2002). Unsaturated soil hydraulic database of Hungary: HUNSODA. *Agrokémia és Talajtan*, 51(1-2), 17-26. <https://doi.org/10.1556/agrokem.51.2002.1-2.3>
45. Makó, A., Tóth, B., Hernádi, H., Farkas, C., & Marth, P. (2010). Introduction of the Hungarian Detailed Soil Hydrophysical Database (MARTHA) and its use to test external pedotransfer functions. *Agrokémia és Talajtan*, 59(1), 29-38. <https://doi.org/10.1556/agrokem.59.2010.1.4>
46. Mihalikova, M., Matula, S., & Doležal, F. (2013). HYPRESCZ–Database of Soil Hydrophysical Properties in the Czech Republic. *Soil & Water Research*, 8(1), 34-41. <https://doi.org/10.17221/58/2012-SWR>
47. Al Majou, H., Bruand, A., Duval, O., Le Bas, C., Vautier, A. (2008). Prediction of soil water retention properties after stratification by combining texture, bulk density and the type of horizon. *Soil Use and Management*, 24(4), 383-391. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2008.00180.x>
48. Dobarco, M. R., Cousin, I., Le Bas, C., & Martin, M. P. (2019). Pedotransfer functions for predicting available water capacity in French soils, their applicability domain and associated uncertainty. *Geoderma*, 336, 81-95. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2018.08.022>
49. Samuel-Rosa, A., Dalmolin, R. S. D., Gubiani, P. I., Teixeira, V. G., Oliveria, S. R. de M., Viana, J. H. M. ... Moura-Bueno, J. M. (2018). Bringing together Brazilian soil scientists to share soil data / A. Samuel-Rosa et al. *12th Southern Brazilian Soil Science Meeting, Xanxerê. Solo, água, ar e biodiversidade: componentes essenciais para a vida: anais.*, Chapecó. 2018. Retrieved from <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/1094648> (Accessed January 7, 2025).
50. Ali, A., Erkossa, T., Gudeta, K., Abera, W., Mesfin, E., Mekete, T., ... Elias, E. (2022). Reference soil groups map of Ethiopia based on legacy data and machine learning-technique: EthioSoilGrids 1.0. *Soil*, 10, 189–209. <https://doi.org/10.5194/soil-10-189-2024>
51. Matthews, F., Verstraeten, G., Borrelli, P., Vanmaercke, M., Poesen, J., Steegen, A., ... Panagos, P. (2023). EUSEDcollab: a network of data from European catchments to monitor net soil erosion by water. *Sci Data*, 10, 515. <https://doi.org/10.1038/s41597-023-02393-8>
52. Arrouays, D., Leenaars, J. G., Richer-de-Forges, A.C., Adhikari, K., Ballabio, C., Greve, M., ... Rodriguez, D. (2017). Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. *GeoResJ*, 14, 1–19. <https://doi.org/10.1016/j.grj.2017.06.001>
53. Heung, B., Hodúl, M., & Schmidt, M. G. (2017). Comparing the use of training data derived from legacy soil pits and soil survey polygons for mapping soil classes. *Geoderma*, 290, 51-68. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2016.12.001>
54. Reddy, N. N., Chakraborty, P., Roy, S., Singh, K., Minasny, B., McBratney, A. B., ... Das, B. S. (2021). Legacy data-based national-scale digital mapping of key soil properties in India. *Geoderma*, 381, 114684. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114684>
55. Minai, J. O., Schulze, D. G., & Libohova, Z. (2022). Renewal of archival legacy soil data: A case study of the Busia Area, Kenya. *Frontiers in Soil Science*, 1, 765248. <https://doi.org/10.3389/fsoil.2021.765248>
56. Gobeze, T. B., Scott, S. D., Daggupati, P., Bedard-Haughn, A., & Biswas, A. (2024). Soil data recency: The foundation for harmonizing soil data across time. *Journal of Environmental Management*, 364, 121484. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121484>
57. Hendriks, C. M. J., Stoorvogel, J. J., Lutz, F., & Claessens, L. (2019). When can legacy soil data be used, and when should new data be collected instead? *Geoderma*, 348, 181-188. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2019.04.026>
58. Sorenson, P. T., Shirliffe, S. J., & Bedard-Haughn, A. K. (2021). Predictive soil mapping using historic bare soil composite imagery and legacy soil survey data. *Geoderma*, 401, 115316. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.115316>
59. Xia, Y., Sanderman, J., Watts, J. D., Machmuller, M. B., Ewing, S., & Rivard, C. (2024). Leveraging legacy data with targeted field sampling for low-cost mapping of soil organic carbon stocks on extensive rangeland properties. *Geoderma*, 448, 116952. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2024.116952>
60. FAO. (2025). Introducing the Global Soil Information System. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Retrieved from <https://www.fao.org/global-soil-partnership/areas-of-work/soil-information-and-data/en/> (Accessed 07 January 2025).
61. Poggio, L., De Sousa, L. M., Batjes, N. H., Heuvelink, G. B., Kempen, B., Ribeiro, E., Rossiter, D. (2021). SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *Soil*, 7(1), 217-240. <https://doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>
62. Hengl, T. (2018). Silt content in % (kg / kg) at 6 standard depths (0, 10, 30, 60, 100 and 200 cm) at 250 m resolution (v0.2) [Data set]. *Zenodo*. 2018. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2525676> (Accessed 07 January 2025).
63. Hengl, T., Minarik, R., Tian, X., Parente, L., Ho, Y.-F., Consoli, D., Simoes, R., and contributors. (2024). Soil Health Data Cube for pan-EU technical manual (Version v0.1). 2024. OpenGeoHub Foundation. *Zenodo*. <https://doi.org/10.5281/zenodo.13838797>, Retrieved from <https://shdc.ai4soilhealth.eu/> (Accessed 07 January 2025).
64. Thompson, J. A., Kienast-Brown, S., D'Avella, T., Philippe, J., Brungard, C. (2020). Soils2026 and digital soil mapping – A foundation for the future of soils information in the United States. *Geoderma regional*, 22, e00294. <https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2020.e00294>
65. Rossiter, D. G., Dungait, J. A., Mulder, V. L., & Heuvelink, G. B. (2022). A new article type: The 'Data Article'. *European Journal of Soil Science*, 73(3), e13265. <https://doi.org/10.1111/ejss.13265>
66. Wilkinson, M. D., Dumontier, M., Aalbersberg, I. J., Appleton, G., Axton, M., Baak, A., ... Mons, B. (2016). The FAIR Guiding Principles for scientific data management and stewardship. *Scientific data*, 3(1), 1-9. <https://doi.org/10.1038/sdata.2016.18>
67. Hauschke, C., Nazarovets, S., Altermeier, F., & Kaliuzhna, N. (2021). Roadmap to FAIR research information in open infrastructures. *Journal of Library Metadata*, 21(1-2), 45-61. <https://doi.org/10.1080/19386389.2021.1999156>
68. Ali, B., & Dahlhaus, P. (2022). The role of FAIR data towards sustainable agricultural performance: A systematic literature review. *Agriculture*, 12(2), 309. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020309>

UDC 631.4:004.65(477)

Soil data rescue in Ukraine: achievements and future opportunities**O. M. Bihun****National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky", Kharkiv, Ukraine**

✉ oksana_bigun@ukr.net

Received 07.01.2025; Revised 14.05.2025; Accepted 17.06.2025; Available online 01.07.2025

Abstract

Soil is a key component in addressing the global challenges humanity currently faces, including food security and climate change mitigation. The data stored in soil databases is crucial for assessing soil quality and ecosystem services. This paper examines the achievements in rescuing soil data in Ukraine, focusing on the current content of the "Ukrainian Soil Properties" database developed by the National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky" and the national soil information products derived from it. The integration of Ukrainian soil data into international databases, such as EU-HYDI and SOTER-SOVEUR, is examined. The "Ukrainian soil properties" database compiles 10095 records on physical and chemical parameters for 1923 soil profiles and 228 records of surface soil layer surveys. Approximately 32.9% of the records are included in the Information System for Monitoring Land Degradation Neutrality of Agricultural Land; the integration of soil data into other databases ranges from 1.6% (National Organic Carbon Stock Map Database) to 3.9% (EU-HYDI). The paper provides an overview of the data sources included in the WoSIS database (snapshot 2023), emphasizing their appropriate use in scientific research. Directions for advancing national soil databases are outlined, including the integration of soil data rescue efforts into scientific programs and projects, promoting information exchange among institutions and research teams, and recognizing data providers as co-authors of information products. Creating thematic datasets aligned with FAIR principles and developing national and regional maps using digital soil mapping and modeling techniques represent a promising avenue for utilizing soil legacy data. Strengthening collaboration among researchers and stakeholders is essential to address current information needs and ensure the preservation of soil data for both local and global research purposes. Adopting open science principles will facilitate the preservation and re-use of soil data, its integration into interdisciplinary research to address local and global environmental challenges, and encourage the development of new soil science research.

Keywords: soil data; "Ukrainian soil properties" database; national soil information products; data integration.

Citing: Bihun, O. M. (2025). Soil data rescue in Ukraine: achievements and future opportunities. *AgroChemistry and Soil Science*, 98, 4-18. doi:10.31073/acss98-01 [in Ukrainian].