



Агроекологія, радіологія, меліорація

УДК 631.4
© 2025

ҐРУНТОВІ БАЗИ ДАНИХ ТА НАПРЯМИ ЇХ ВИКОРИСТАННЯ

О.М. Бігун

*кандидат сільськогосподарських наук
Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства
та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
вул. Михайля Семенка, 4, м. Харків, 61024, Україна
e-mail: oksana_bigun@ukr.net
ORCID: 0000-0002-8461-4928*

Надійшла 29.07.2025

Мета. Систематизувати ґрунтові бази даних (БД) за цільовим призначенням і навести приклади їх наукового й прикладного застосування. **Методи.** Теоретико-аналітичний (узагальнення інформації з наукових джерел), системний (структурування ґрунтових БД). **Результати.** На основі аналізу літературних джерел виокремлено 5 основних груп ґрунтових баз даних для різних цілей на локальному, національному, регіональному та глобальному рівнях. Описано ініціативи зі створення ґрунтових БД і наведено приклади їх використання. Розглянуто бази даних ґрунтових профілів, моніторингових мереж, польових дослідів і тематичні БД, орієнтовані на специфічні напрями досліджень (водно-фізичні властивості, ґрунтовий вуглець, ерозійні процеси, спектральні методи досліджень, вивчення біорізноманіття та геохімічного складу ґрунтів), а також сіткові БД, що просторово оцінюють ґрунтові властивості із застосуванням інноваційних методів обробки даних. **Висновки.** Ґрунтові бази даних — цінний дослідницький ресурс, який використовують для створення глобальних і локально-специфічних ґрунтово-інформаційних продуктів. Вони також є основою для визначення еталонних діапазонів індикаторів здоров'я ґрунтів, удосконалення національних систем моніторингу та розроблення стратегій сталого сільськогосподарського виробництва. Крім того, ґрунтові бази даних відіграють важливу роль у комунікації між науковцями для зменшення дефіциту даних та інтеграції зусиль, спрямованих на розв'язання актуальних проблем, пов'язаних із деградацією ґрунтів та їх екологічною стійкістю. Розвиток національних ґрунтових БД є критично важливим для раціонального управління ґрунтовими й земельними ресурсами.

Для систематизації результатів обстежень пошкоджених війною ґрунтів запропоновано створити єдину цифрову платформу, яка буде інформаційною основою для оцінювання проявів процесів деградації, планування пріоритетних тематичних досліджень і розроблення цільових заходів рекультивації.

Ключові слова: бази даних ґрунтових профілів, моніторингових мереж і польових дослідів, тематичні ґрунтові БД, сіткові БД, національна інформаційна платформа обстеження пошкоджених війною ґрунтів.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202511-06>

Ґрунт є одним із компонентів природного капіталу, що відіграє ключову роль у досягненні Цілей сталого розвитку, ухвалених Організацією Об'єднаних Націй, щодо соціально справедливого та екологічно стійкого майбутнього [1, 2]. Ґрунт та його функції тісно пов'язані з іншими компонентами природного середовища, тому інформація про його склад та властивості є необхідною складовою для міждисциплінарних досліджень, оцінювання біологічних, геологічних, гідрологічних та атмосферних процесів [2].

Для вивчення умов формування ґрунтового тіла, його функціонування і зміни в часі під впливом природних та антропогенних чинників потрібні результати досліджень морфологічних, хімічних, фізичних і біологічних властивостей ґрунтів, отримані в межах різних дослідницьких спостережень — обстежень профілів ґрунтів, польових дослідів, екологічного моніторингу [3]. Гармонізовані в базах даних (БД) ґрунтові дані дають змогу застосовувати методи машинного навчання й поєднувати кліматичні, ландшафтні, біотичні та інші змінні для комплексного аналізу ролі ґрунтів у виробництві біомаси, регулюванні вуглецевого циклу, збереженні біорізноманіття, наданні екосистемних послуг, а також розробленні заходів щодо збереження цього цінного ресурсу [4].

Упродовж кількох десятиліть спостерігали активність міжнародних і національних ініціатив зі створення ґрун-

тових БД [5, 6]. Міжнародні платформи, зокрема Європейського центру ґрунтових даних (ESDAC data portal) та Міжнародного довідкового центру з питань ґрунтів (ISRIC Soil Data Hub), координують збір, гармонізацію й забезпечують відкритий доступ до глобальних (WoSIS, SOTER, HWSD) і континентальних БД (AfSP, LUCAS Soil, European Soil Database, EU-HYDI, EUSEDcollab Database), а також до різноманітних наборів ґрунтових даних для моделювання, моніторингу й оцінки ґрунтових ресурсів [6–8]. Міжнародні мережі ґрунтового вуглецю (ISCN) [9], моніторингу вологості ґрунту [10] і глобальні ініціативи GlobalSoilMap [11], GLOSIS, GLOSOLAN-Spec [1], «Ґрунтова спектроскопія для глобального добробуту» [12], Soil BON Earthworm [13], Edaphobase [14] сприяють співпраці науковців, обміну даними, розробленню методологічних стандартів і спрощених процедур гармонізації й збереження ґрунтової інформації, а також упровадженню новітніх підходів до оцінювання властивостей ґрунтів для моніторингу довкілля й сталого сільськогосподарського виробництва. Окремі ініціативи зі збереження та інтеграції ґрунтових даних у національні бази даних у Німеччині [3], Австралії [15], Ефіопії [16] сприяли формуванню відкритих цифрових платформ і спеціалізованих репозитаріїв, орієнтованих на забезпечення доступу до структурованої, якісної та багатодільової інфор-

мації про ґрунти для ухвалення рішень у сфері сталого управління земельними ресурсами.

За результатами недавнього опитування [5], проведеного з метою збору метаданих про властивості ґрунтів у національних БД країн ЄС, у 26 державах Європейського Союзу ідентифіковано майже 120 ґрунтових БД різного призначення з різним набором показників, створених у межах різноманітних ініціатив зі збору даних: ґрунтових обстежень, інвентаризації, картографування та моніторингових програм. Також було виявлено відмінності в просторовому охопленні та спеціалізації цих БД. У деяких країнах, крім БД ґрунтів земель сільськогосподарського призначення, розроблено БД польових дослідів, лісових і міських ґрунтів, торфовищ. Різноманітність ґрунтових баз даних за просторовим охопленням, тематичним спрямуванням і набором показників імовірно зумовлює їх різне практичне застосування.

Мета досліджень — систематизувати ґрунтові БД за цільовим призначенням і навести приклади їх наукового та прикладного застосування. Застосовано теоретико-аналітичний та системний методи.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалами досліджень були ґрунтово-інформаційні ресурси й наукові публікації з описами ґрунтових БД і прикладами їх застосування. Використовували теоретико-аналітичний та системний методи.

Результати досліджень. У таблиці наведено приклади ґрунтових БД із різним просторовим охопленням. Залежно від призначення ґрунтові БД класифіковано на 5 основних груп: БД ґрунтових профілів — для зберігання інформації про морфологічні особливості та виміряні показники профілів ґрунтів; БД моніторингових мереж — для відстеження просторово-часових змін у властивостях ґрунтів на основі систематичних обстежень ґрунтового покриву; БД

польових дослідів — для оцінювання впливу агрозаходів на властивості та функції ґрунтів; тематичні БД орієнтовані на специфічні напрями досліджень, зокрема на оцінювання окремих ґрунтових властивостей чи процесів, розроблення нових методів вимірювання тощо; сіткові БД, гармонізовані для оцінювання ґрунтових властивостей, отримані з використанням інноваційних підходів до інтерпретації ґрунтової інформації.

Умовно за просторовим охопленням БД розподілені на: глобальні (призначені для надання показників ґрунтових властивостей у глобальному масштабі), регіональні (містять інформацію про властивості ґрунтів у межах кількох країн або певних регіонів), національні (спрямовані на збереження та використання даних про поширення та характеристики ґрунтів певної країни), локальні (містять записи про властивості ґрунтів для регіонів або адміністративних одиниць у межах країни).

Бази даних ґрунтових профілів — спеціалізовані сховища, що збирають, стандартизують і поширюють інформацію про характеристики та класифікацію ґрунтів. Найбільш повною компіляцією глобальних даних про властивості ґрунтів є БД ґрунтових профілів Всесвітньої ґрунтово-інформаційної служби (WoSIS) Міжнародного довідкового центру з питань ґрунтів (ISRIC). БД містить стандартизовані записи фізичних і хімічних властивостей для 228 тис. ґрунтових профілів зі 174 країн світу, забезпечуючи високий рівень узгодженості та порівнюваності даних завдяки ретельній верифікації та стандартизації аналітичних процедур [6]. Інформацію з WoSIS широко використовують для цифрового картографування та створення глобальних (SoilGrids 2.0) і національних тематичних карт, а також у наукових дослідженнях, пов'язаних із вуглецевим балансом [17], прогнозуванням властивостей [18], екологічним моделюванням [19].

Групи ґрунтових баз даних за призначенням із прикладами деяких БД

Група БД	Просторове охоплення	
	Глобальні та регіональні	Національні та локальні
Бази даних ґрунтових профілів	БД ґрунтових профілів Всесвітньої ґрунтово-інформаційної служби (WoSIS), БД ґрунтових профілів Африки (AFSP), БД ґрунтових профілів Європи (SPADE), БД ґрунтово-інформаційної системи Латинської Америки та Карибського басейну (SISLAC)	БД «Властивості ґрунтів України», БД кооперативного обстеження ґрунтів США (NCSS-SCD), БД ґрунтових профілів Австралії (Natsoil), БД ґрунтово-інформаційної системи Аргентини (SISINTA), БД ґрунтів Португалії (INFOSOLO), БД ґрунтових профілів Чилі (ChSPD), БД профілів ґрунтів Данії (DSP), БД ґрунтової інформаційної системи Онтаріо (OSISDB), БД історичних ґрунтових досліджень Сицилії (SMSLD), БД ґрунтів Тоскани
Бази даних моніторингових мереж	БД обстеження ґрунтів ЄС (LUCAS Soil)	БД моніторингу сільськогосподарських земель Великої Британії (UKCEN CS), БД мережі моніторингу ґрунтів Данії (DSMG), БД системи моніторингу ґрунтів Словаччини (CMS-P), БД «Угорська інформаційна система моніторингу ґрунтів (SIMS)», БД мережі вимірювання якості ґрунтів Франції (RMQS)
Бази даних польових дослідів	БД Глобальної мережі довготривалих експериментів (GLTEN), БД метаданих польових довго- та середньотривалих сільськогосподарських польових дослідів ЄС (EJP SOIL-MTE/LTE), БД довготривалих польових експериментів Європи та Китаю (iSQAPER LTE), БД глобального оцінювання здоров'я ґрунту (SoiHealthDB), БД мережі довготривалих експериментів із вивчення впливу різноманітності сівозмін на екосистемні послуги (DRIVES), БД гармонізації даних довготривалих спостережень органічної речовини ґрунту (SoDaH), БД впливу сільськогосподарських практик на врожай та навколишнє середовище (AgEvidence)	БД довготривалих агрономічних експериментів Італії (ICFAR-DB), БД довготривалих польових експериментів Німеччини (VonaRes), БД мережі довготривалих досліджень агроєкосистем Міністерства сільського господарства США (LTAR), БД Північноамериканського проекту оцінювання показників здоров'я ґрунту (NAPESHM), БД польової дослідної станції Ротамстед Великої Британії (Rothamsted e-RA)

Продовження табл.

Група БД		Просторове охоплення	
		Глобальні та регіональні	Національні та локальні
Тематичні бази даних	БД водно-фізичних і фізичних властивостей	БД водно-фізичних властивостей ненасичених ґрунтів (UNSOIDA), БД водно-фізичних характеристик ґрунтів Європи (HYPRES), БД Європейського кадастру гідрологічних даних (EU (EU-HYDI)), Глобальна БД вимірювань інфільтрації ґрунту (SWIG)	БД водно-фізичних властивостей ґрунтів Франції (SOHYDRO), БД водно-фізичних властивостей ґрунтів Бразилії (HYBRAS), БД водно-фізичних властивостей ненасичених ґрунтів Угорщини (HunSODA), БД фізичних водно-фізичних показників ґрунтів Угорщини (MARTHA), БД фізичних і водно-фізичних властивостей ґрунтів метеорологічної мережі моніторингу навколишнього середовища штату Оклахома — США (MesoSoil v2.0)
	БД ґрунтового вуглецю	БД Міжнародної мережі ґрунтового вуглецю (ISCN v3), БД ґрунтового вуглецю Північної циркулярної зони (NCSCD), Міжнародна БД радіокарбону ґрунту (ISRad)	БД національної цифрової карти запасів органічного вуглецю у ґрунтах України, БД органічного вуглецю ґрунтів Чилі (CHLSOC), БД вмісту вуглецю в ґрунтах і землекористуваннях Великої Британії, БД органічного вуглецю ґрунтів Гватемали (GTMSOC), БД оцінки вуглецю в ґрунтах США (RaCA), БД профілів ґрунтів та запасів вуглецю високогірних лісів Канади, БД органічного вуглецю в ґрунтах екосистеми Парамо в Колумбії
	БД вивчення ерозійних процесів переущільнення	Глобальна БД ерозійності опадів (GloREda), БД ерозійності опадів Європи (REDES), БД європейських водозбірних басейнів для моніторингу водної ерозії ґрунту (EUSEDcolab), БД ущільнення підорного шару ґрунтів Європи, БД експериментів поверхневого стоку в країнах ЄС, БД «Міцність ґрунту й наслідки для сталого землекористування та управління ґрунтами SOILMECHDAT-Kiel»	БД ерозійності опадів Китаю, БД ерозійності опадів Бразилії, БД експериментів з ерозії ґрунту в лісах Марганаї

Закінчення табл.

		Просторове охоплення	
Група БД		Глобальні та регіональні	Національні та локальні
БД спектральних бібліотек та бібліотек тривимірних зображень структури ґрунту		БД «Глобальна спектральна бібліотека ґрунтів (GSSL)», БД «Відкрита спектральна бібліотека ґрунтів (OSSL)», БД «Бібліотека ґрунтових спектрів LUCAS (Lucas Spec)», БД «Бібліотека спектральних ґрунтів Африки (AFSIS) та Центральної Африки (CSSL)», БД «Бібліотека тривимірних зображень структури ґрунту»	Спектральна БД видимого ближнього інфрачервоного діапазону ґрунтів Данії, БД спектроскопії видимого ближнього інфрачервоного діапазону ґрунтів Австралії, БД «Бразильська бібліотека ґрунтових спектрів (BSSL)», БД спектральних характеристик ґрунтів лабораторії досліджень ґрунтів Келлога, США (NSSC-KSSL), БД спектральної бібліотеки ґрунтів Чехії (SSL-CZ), БД «Марокканська спектральна бібліотека ґрунтів (MSSL)», БД спектрів у видимому ближньому інфрачервоному діапазоні Угорської системи спостереження за деградацією ґрунтів (Vis-NIR SSL HSDOS)
	Тематичні бази даних	БД біорізноманіття ґрунтів (Edaphobase 2.0), Гармонізована БД біорізноманіття ґрунтів для опису екологічного стану та здоров'я ґрунту (MINOTAUR), БД макрофауни ґрунту (MACROFAUNA), БД чисельності, біомаси та різноманітності дощових черв'яків, БД дихання ґрунтів (SRDB), БД чисельності ґрунтових нематод	БД «Біоми австралійських ґрунтових середовищ (BASE)», БД біологічних та екологічних ознак ґрунтових безхребетних (BETS), БД ґрунтової зоології Німеччини (Edaphobase)
Геохімічні БД	Геохімічна БД Європи (FOREGS), БД проєкту «Геохімічне картографування ґрунтів сільськогосподарських угідь і пасовищ Європи» (GEMAS)		БД «Геохімічні та мінералогічні дані ґрунтів континентальної частини США (GMSS)», Геохімічна БД ґрунтів Австралії (OZCHEM), БД геохімії ґрунтів Чехії (RKP), Геохімічна БД регіону Тоскана (GEOBAS)
Просторові сіткові ґрунтові бази даних	Глобальна сіткова БД ґрунтів (SoilGrids), Глобальна БД ґрунтових профілів високої роздільної здатності для моделювання врожайності рослин (DSSAT), Глобальна сіткова БД водно-фізичних властивостей (HiHydroSoil), Сіткова БД водно-фізичних властивостей ґрунтів Європи (EU-SoilHydroGrids)		Сіткова БД властивостей ґрунтів території США (POLARIS), Сіткова БД фізичних і водно-фізичних властивостей ґрунтів Чилі (CLSoilMaps), Сіткова БД водно-фізичних властивостей ґрунтів Угорщини (HU-SoilHydroGrids), Цифрова БД ґрунтів Шрі-Ланки, Сіткова БД гранулометричного складу ґрунтів Колумбії

Варто зазначити, що глобальна БД WoSIS [6] і регіональні БД ґрунтових профілів Африки (AfSP) [20], Європи (SPADE) [21], Латинської Америки та Карибського басейну (SISLAC) [22] були створені для подолання дефіциту ґрунтової інформації та забезпечення моделювання і прогнозування стану ґрунтових ресурсів. Вирішальну роль у формуванні цих БД відіграли узгоджені зусилля урядових структур, наукових установ і некомерційних організацій, спрямовані на збір, гармонізацію та відкритий обмін ґрунтовими даними.

Національні БД ґрунтових профілів, сформовані на основі багаторічних обстежень ґрунтового покриття, наявні або як окремі сховища даних, або як компонент національних ґрунтово-інформаційних систем і платформ. Скажімо, БД національного кооперативного обстеження ґрунтів США (NCSS-SCD), що містить описи профілів та інформацію про фізичні, хімічні, біологічні, мінералогічні, морфологічні та спектральні вимірювання ґрунтів [23], функціонує як окремий публічний ресурс через вебінтерфейси порталу департаменту сільського господарства, платформи Web Soil Survey та сайт відкритих даних уряду США й частково є інтегрованою до ґрунтово-інформаційної системи США (NASIS). Дослідники використовують NCSS-SCD для створення цифрових тематичних інтерпретаційних карт [24], розроблення новітніх методологій оцінювання ґрунтових параметрів [25, 26], а також для досліджень впливу різних екологічних чинників на характеристики ґрунту [27]. В Австралії на основі національної БД ґрунтових профілів (NatSoil) створено інноваційний цифровий ресурс — набір сіткових карт властивостей ґрунтів «Ґрунтова та ландшафтна сітка Австралії» [15] як фундамент національної програми моніторингу ґрунтового покриття. У Данії на підставі національної БД розроблено цифрові карти

властивостей і функцій ґрунтів, зокрема отримано відомості щодо зон преференційного (макропорового) транспорту вологи в ґрунтах країни, що дало змогу оцінити ризики вимивання азоту з кореневої зони, втрат ґрунтового фосфору та проникнення пестицидів у підґрунтові води [28].

В Україні національну БД «Властивості ґрунтів України», яка містить морфологічні описи та дані про фізичні й хімічні властивості понад 2000 ґрунтових профілів, було розроблено у 2000-х роках ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського». Вона стала основним джерелом для формування національної БД та карти запасів органічного вуглецю в орному шарі, БД «Ґрунти України» Національного ґрунтово-інформаційного центру, а також платформи «Нейтрального рівня деградації земель сільськогосподарського призначення» Українського ґрунтового партнерства (<https://ismld.com.ua>). БД було використано для розроблення локальних педотрансферних функцій і створення тематичних карт властивостей ґрунтів, що дало змогу здійснити агрономічно орієнтоване районування орних земель з урахуванням вимог культур і способів обробітку, оцінити фізичну якість ґрунтів та поширення процесів фізичної деградації [29]. Науковці Українського гідрометеорологічного інституту ДСНС України та НАН України застосували дані цієї БД для валідації педотрансферних функцій розрахунку коефіцієнта фільтрації та побудови відповідної карти [30], яка стала основою для розроблення методики виокремлення зон, уразливих до забруднення водних об'єктів нітратними сполуками [31].

У деяких країнах, скажімо в Італії, збір ґрунтових даних організовано на рівні окремих адміністративних одиниць, де кожний регіон формує власну локальну БД для дослідження ґрунтового різноманіття та створення високодеталізованих карт. Прикладом застосування таких локальних БД є онлайн-інструмент

GoProsit, розроблений на основі БД ґрунтових профілів регіону Тоскана для допомоги виноградарям у плануванні нових стійких виноградників. Цей інструмент надає детальну інформацію про ґрунтові характеристики, клімат, гідрологічні ризики та потреби в добривах, інтегруючи дані з різних джерел. Крім того, GoProsit об'єднує 6 імітаційних моделей, використовуваних для визначення максимально допустимої довжини рядів виноградників, яка запобігає ерозійним процесам, а також для оцінювання ймовірності виникнення водного стресу, поверхневого стоку або заболочення та підбору підщеп відповідно до специфічних ґрунтових і кліматичних умов [32].

Ґрунтові БД моніторингових мереж призначені для оцінювання поточного стану ґрунтових ресурсів і відстеження просторово-часових змін, зумовлених природними та антропогенними чинниками. Одним із найбільш використовуваних джерел ґрунтових даних для оцінювання стану ґрунтів у межах Європейського Союзу є регіональна БД LUCAS Soil, яка містить результати регулярного обстеження верхнього шару ґрунтів країн ЄС. Вона є основою для створення карт ґрунтових властивостей, оцінювання екологічних ризиків та розроблення інформаційної панелі здоров'я ґрунтів, що охоплює 19 процесів деградації. Її застосовують для спостереження за прогресом у реалізації Стратегії ЄС щодо ґрунтів [8], а також для порівняння й удосконалення національних систем моніторингу [7]. Так, автори [33] поєднали дані БД ґрунтових профілів (INFOSOLO) із записами LUCAS Soil для Португалії з метою виявлення регіонів, схильних до засолення та осолонцювання, і запропонували цільову систему інтегрованого моніторингу таких ґрунтів. Національні БД моніторингових мереж використовують для створення високоточних динамічних карт [34], встановлення еталонних

діапазонів властивостей ґрунтів та розроблення індикаторів моніторингу здоров'я ґрунтів. Скажімо, у Великій Британії на основі наборів даних БД моніторингу сільськогосподарських земель (UKCEN CS) визначено типові (еталонні) діапазони 4 ключових показників здоров'я ґрунтів у межах певного типу ландшафту, а для практичного використання цих даних створено вебінструмент, який дає змогу землевласникам порівнювати власні вимірювання з еталонними значеннями й ідентифікувати регіони з деградованими ґрунтами [35].

Ґрунтові БД польових дослідів акумулюють результати експериментів із вивчення впливу агротехнологій, зокрема обробітку ґрунту, сівозміни, внесення добрив, на властивості ґрунту та врожайність сільськогосподарських культур. У таких БД фіксують дані про ґрунтові властивості до та після застосування агрозаходів, типи й дози добрив, сівозміни, технології обробітку ґрунту, погодні умови та врожайність, що дає змогу простежувати короткострокові ефекти й довготривалі наслідки різних підходів до управління ґрунтами, виявляти закономірності в межах ґрунтово-кліматичних зон і формувати науково обґрунтовані рекомендації стосовно адаптації до зміни клімату та розвитку стійкого землеробства. Наявні локальні БД, скажімо БД найстарішої польової дослідної станції Великої Британії (Rothamsted e-RA) [36], а також національні (BonaRes, Німеччина [3], ICFAR-DB, Італія [37], LTAR, США [38]) та міжнародні (EJP SOIL-MTE/LTE [39], DRIVES [40], GLTEN [41]) ініціативи спрямовані на інтеграцію та гармонізацію метаданих польових дослідів. Окремо функціонують спеціалізовані платформи, присвячені вивченню впливу конкретних агрозаходів на ґрунтові властивості та агросистеми. Зокрема, БД LTER-BIOCHAR [42] систематизує результати довготривалих експериментів із вивчення впливу біочару

на властивості ґрунтів, а регіональна БД AgEvidence [43] та глобальна БД SoilHealthDB [44] — результати польових дослідів щодо впливу консервативного землеробства на стан агросистем, ініціатива БД SoDaH [45] спрямована на гармонізацію даних про органічну речовину ґрунтів із різних дослідницьких мереж з метою моделювання вуглецевого балансу та розроблення рішень для довгострокового збереження ґрунтового органічного вуглецю.

Бази даних польових дослідів використовують для оцінювання ефективності агрозаходів з урахуванням кліматичних змін, калібрування імітаційних моделей прогнозування врожайності сільськогосподарських рослин, розроблення індикаторів здоров'я ґрунту та стратегії сталого управління. Скажімо, використання БД проєкту DRIVES дало змогу кількісно оцінити довгостроковий вплив сівозмін на продуктивність і стійкість агросистем у різних ґрунтово-кліматичних умовах [40], дані БД EJP SOIL застосовано для дослідження мінливості врожайності зернових упродовж останніх десятиліть за різних ґрунтових умов і агротехнічних методів управління та визначення шляхів оптимізації їх стійкого виробництва за умов зміни клімату [39]. БД VonaRes спочатку була частиною німецької дослідницької програми, а згодом перетворена на комплексну платформу даних довгострокових польових експериментів по всій Європі. Нині вона є широко застосованою — від аналізу впливу окремих агрозаходів на властивості ґрунтів та врожайність сільськогосподарських культур до міждисциплінарних досліджень оцінювання екологічних переваг агро-ліцтва стосовно поглинання вуглецю та стійкості до вітрової ерозії [3]. Базу даних Північноамериканського проєкту з оцінювання здоров'я ґрунту (NAPESHM), що містить записи понад 30 ґрунтових показників, зібраних на

124 довгострокових сільськогосподарських дослідницьких ділянках, використано для визначення мінімального набору найбільш ефективних індикаторів оцінювання впливу систем землекористування (обробітку ґрунту, покривних культур, сівозміни, збереження післяжнивних решток та внесення органічних добрив) на здоров'я ґрунту [46]. Серед ґрунтових БД можна виокремити тематичні БД, спрямовані на збір даних для вивчення окремих властивостей ґрунтів, процесів деградації (ерозії чи переущільнення), а також розвитку методів визначення ґрунтових показників.

Із 1980-х років формуються тематичні БД із записами водопроникності та водоутримних властивостей ґрунтів. Через значний дефіцит прямих вимірювань водно-фізичних характеристик ці БД є основою для розроблення педотрансферних функцій — математичних моделей, що дають змогу прогнозувати відповідні показники на основі легкодоступних даних, як-от: гранулометричний склад і вміст органічного вуглецю. Глобальна БД UNSODA стала основою для створення педотрансферної функції ROSETTA, яка набула широкого застосування в екологічному моделюванні, зокрема для прогнозування водного режиму ґрунтів, планування зрошення, оцінювання ерозійних ризиків і моделювання міграції розчинних сполук [47]. Регіональні БД HYPRES та EU-HYDI використано для розроблення педотрансферних функцій для ґрунтів Європейського континенту [48]. Національні тематичні БД Франції (SOLHYDRO), Бразилії (HYBRAS) та Угорщини (HunSODA) застосовано для створення локальних прогнозованих моделей і національних карт запасів продуктивної вологи.

Упродовж останнього десятиліття значно зросла кількість БД, які стосуються дослідження ґрунтового вуглецю. Важливу роль в об'єднанні різноманітних наборів даних, присвячених

просторовому розподілу та концентрації карбону в ґрунтах, відіграє Міжнародна мережа ґрунтового вуглецю (ISCN) [9]. Завдяки зусиллям науковців цієї мережі у відповідній БД (ISCN v3) зібрано записи про вуглець та інші показники ґрунтів із різних міжнародних мереж і програм (програми довгострокових екологічних досліджень, мережі поживних речовин тощо), а також БД торфовищ (C-PEAT), БД ґрунтового вуглецю Північної циркумполярної зони (NCSCD), БД екології тонкого коріння (FRED). Ці консолідовані дані використовують для розв'язання важливих дослідницьких питань: кількісного визначення запасів вуглецю в конкретних екосистемах (бореальних, арктичних, водно-болотних), розуміння стійкості вуглецю в ґрунті та процесів його стабілізації/дестабілізації, а також встановлення впливу коренів рослин на його запаси [9]. Ініціативи Глобального ґрунтового партнерства ФАО сприяли створенню національних тематичних БД органічного вуглецю, зібраних для розроблення карт його запасів [29]. Просторові карти, отримані на основі цих даних, використовують для моніторингу змін органічного карбону, прогнозування потенціалу секвестрації, формування національних стратегій досягнення цілей Net Zero (нейтрального рівня деградації земель) [49].

Науковці робочої групи з питань ерозії ґрунтів Європейської ґрунтової обсерваторії впродовж кількох десятиліть є ініціаторами збору, гармонізації та аналізу даних із вивчення процесів ерозії ґрунтів [8]. Протягом кількох кампаній зі збору та узгодження даних у співпраці з широкою мережею науковців і практиків створено європейську БД ерозійності опадів REDES [50], яка згодом була розширена до глобальної БД GloREda [51], БД EUSEDcollab — для досліджень стоку, водної ерозії та перенесення наносів [8], БД одночасного прояву кількох типів ерозійних

процесів, що містить дані про ризик ерозії, спричиненої водою, вітром, обробітком ґрунту та збиранням врожаю, що дало змогу оцінити кумулятивний вплив цих чинників [8]. Ці БД розроблено й використано для аналізу просторової та сезонної мінливості ерозійних процесів, оцінювання впливу внутрішніх (рельєф, ґрунтові та геологічні особливості), зовнішніх (метеорологічні умови) та антропогенних (землекористування) чинників на просторову динаміку ерозійних процесів, розроблення, калібрування й валідацію моделей прогнозування ризиків деградації ґрунтів, а також для створення високоточних мап оцінювання ерозійних загроз [8].

До окремої тематичної групи належать БД, що сприяють стандартизації та інтеграції новітніх методів аналізування властивостей ґрунтів, зокрема БД спектральних бібліотек для розвитку спектроскопії [12] і БД бібліотек тривимірних зображень структури ґрунту, отриманої за допомогою рентгенівської комп'ютерної томографії [52].

Спектральні бібліотеки — це БД, що містять інформацію про властивості ґрунтів і пов'язані з ними спектральні параметри, які використовують для розроблення алгоритмів прогнозування ґрунтових показників здебільшого із застосуванням методів машинного навчання на основі спектральних даних. Серед ключових глобальних ініціатив, що сприяють стандартизації та інтеграції спектроскопії в аналіз ґрунтів, є GLOSOLAN-Spec [1], GSSL [53] та OSSL [12]. У межах ініціативи «Ґрунтова спектроскопія для глобального добробуту» (SS4GG) створено Відкриту бібліотеку ґрунтових спектрів (OSSL), яка об'єднує дані з регіональних і національних бібліотек і надає доступ до калібрувальних моделей для оцінювання ґрунтових властивостей [12]. Національні спектральні БД використовують переважно в просторовому прогнозуванні. Скажімо, в Австралії їх застосовують

для створення національних цифрових карт ґрунтово-ландшафтної сітки (SLGA) [15], у Данії — для моніторингу змін запасів органічного вуглецю та оцінювання процесів ерозії [28].

Тематичні БД біорізноманіття ґрунтів акумулюють інформацію про таксономію, функціональні ознаки, просторовий розподіл різноманітних груп ґрунтових організмів та їх функцій (наприклад, дихання). Попри наявність певних здобутків зі збору даних біологічних показників на національному й регіональному рівнях, дослідники відзначають різну кількість інформації щодо окремих груп організмів та оцінювання їх ролі в екосистемних функціях [54]. Важливі ініціативи, такі як Edaphobase 2.0, SoilBON та MINOTAUR, спрямовані на систематизацію, гармонізацію та інтеграцію даних про біорізноманіття для забезпечення їх репрезентативності та підтримки наукових досліджень. Ці БД використовують для аналізу реакцій ґрунтових організмів на зміни навколишнього природного середовища, оцінювання впливу практик землекористування або ерозійних процесів на структуру й функціонування ґрунтової біоти, дослідження впливу ґрунтових організмів на колообіг поживних елементів, динаміку/зберігання вуглецю та забезпечення родючості ґрунту; для вивчення біогеографічних закономірностей поширення організмів та розроблення біоіндикаторів, що описують таксономічний і функціональний стани біорізноманіття за певних умов для моніторингу ґрунтів [54].

Геохімічні БД — цінне джерело інформації про елементний склад ґрунтів, яка має ключове значення для встановлення фонових концентрацій хімічних елементів і виявлення антропогенного забруднення ґрунтів. Набори даних із регіональних (FOREGS, GEMAS), національних (GMSS, OZCHEM, RKP) та локальних (GEOBAS1) геохімічних баз мають широке коло застосувань — від

створення ландшафтно-геохімічних і мінералогічних карт просторового розподілу хімічних елементів та мінералів у ґрунтах до проведення досліджень у галузях сільського господарства, екології, охорони здоров'я, безпеки харчових продуктів, національної безпеки та геологорозвідки [55, 56].

Сіткові ґрунтові БД є новим типом ґрунтових баз даних. Вони надають гармонізовану й безперервну в просторі інформацію про ґрунтовий покрив та його властивості, яку представлено у вигляді растрових карт, де дані узагальнено за регулярною географічною сіткою з фіксованою просторовою роздільною здатністю. Формування таких БД відбувається через моделювання значень властивостей ґрунтів на основі інформації польових спостережень, лабораторних вимірювань, супутникових зображень, геологічних карт, цифрових моделей рельєфу тощо [57]. Є різні приклади сіткових ґрунтових БД на національному (POLARIS — США, CLSoilMaps — Чилі, HU-SoilHydroGrids — Угорщина), континентальному (EU-SoilHydroGrids — ЄС) і глобальному рівнях (SoilGrids, DSSAT). Ці інноваційні ґрунтово-інформаційні продукти мають значний прикладний потенціал, оскільки сприяють підвищенню доступності даних для точного землеробства, моделювання біогеохімічних, водних та енергетичних циклів в екологічних моделях і прогнозування наслідків змін клімату [57–59].

Отже, ґрунтові бази даних — важливий дослідницький ресурс із широким спектром застосувань. Розвиток і систематичне поповнення національних ґрунтових БД є критично значущими для просторово-часової інвентаризації ґрунтів, запровадження інноваційних підходів до їх дослідження та оцінювання, формування стратегій сталого землекористування та забезпечення економічного добробуту країни. Крім того, ґрунтові БД є також засобами

комунікації, оскільки об'єднують наукову спільноту для зменшення дефіциту даних та розв'язання актуальних проблем, пов'язаних із деградацією ґрунтів та екологічною стійкістю навколишнього природного середовища.

Унаслідок російсько-української війни ґрунтовий покрив України зазнає безпрецедентних пошкоджень, що мають довготривалі екологічні наслідки. Польові обстеження ґрунтів на постраждалих від війни територіях, які виконуються науковими установами Національної академії аграрних наук України, ДУ «Інститут охорони ґрунтів», громадськими організаціями, а також агровиробниками, надають цінну інформацію щодо прояву різних процесів деградації, зумовлених воєнними діями. Однак ці дані залишаються фрагментованими, розпорошеними в різних наукових публікаціях і звітах й недоступними для їх комплексного аналізу та узагальнення. Саме тому в Україні слід створити єдину інформаційну платформу результатів обстежень пошкоджених війною ґрунтів. Така платформа має забезпечити можливість публікації та доступу до наборів даних, отриманих під час обстежень ґрунтів і апробації заходів щодо

їх відновлення. Зібрані дані дадуть можливість застосовувати інноваційні цифрові технології картографування та моделювання для просторової ідентифікації зон деградації, планування рекультиваційних заходів та ухвалення науково обґрунтованих рішень щодо відновлення ґрунтового покриву земель, що зазнали впливу воєнних дій. Створення платформи забезпечить накопичення цінних дослідницьких даних стосовно виявлених комбінацій забруднення, що дасть змогу розширити тематичні наукові дослідження в напрямках, які наразі залишаються недостатньо вивченими, зокрема щодо впливу комбінованого забруднення на ґрунтові організми та функціонування екосистем, впливу мікропластику та пластикових полімерів, що вивільняються з боєприпасів, на екологічні функції ґрунтів; використання автохтонних мікроорганізмів, адаптованих до високих концентрацій токсикантів для біоремедіації забруднених земель [60]. Для реалізації потенціалу такої ґрунтової інформаційної платформи необхідні національні ініціативи, академічна колаборація, міжінституційна співпраця, а також фінансова й технічна підтримка уряду та міжнародних організацій.

Висновки

Дослідження підтверджують, що ґрунтові БД — важливий науковий продукт, який використовують для оцінювання стану ґрунтових ресурсів, упровадження новітніх методологій визначення ґрунтових параметрів, вивчення екологічної стійкості агросистем, а також розроблення рішень для підвищення їх продуктивності та адаптації до кліматичних змін. Розвиток національних ґрунтових БД сприяє забезпеченню просторово-часової інвентаризації ґрунтів, упровадженню інноваційних підходів до їх вивчення та формування стратегій

сталого управління. Крім того, ґрунтові БД відіграють важливу роль у комунікації між науковцями для зменшення дефіциту ґрунтових даних і забезпечення міждисциплінарного підходу до розв'язання актуальних екологічних проблем. Запропоновано створити відкриту національну інформаційну платформу для систематизації результатів обстеження ґрунтового покриву пошкоджених війною земель, яка буде інформаційною основою для планування тематичних досліджень, спрямованих на відновлення деградованих територій.

Bihun O.

National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovskyi», 4 Mykhailia Semenka Str., Kharkiv, 61024, Ukraine; email: oksana_bigun@ukr.net; ORCID: 0000-0002-8461-4928

Soil databases and directions of their use

Goal. To systematize soil databases (DB) for the intended purpose and give examples of their scientific and applied application. **Methods.** Theoretical and analytical (generalization of information from scientific sources), systemic (structuring of soil databases). **Results.** Based on the analysis of literary sources, 5 main groups of soil databases were identified for various purposes at the local, national, regional, and global levels. The initiatives to create soil databases were described, and examples of their use were given. The databases of soil profiles, monitoring networks, field experiments, and thematic databases focused on specific areas of research (water-physical properties, soil carbon, erosion processes, spectral methods of research, the study of biodiversity, and geochemical composition of soils), as well as grid databases that spatially evaluate soil properties using innovative data processing

methods, were considered. **Conclusions.** Soil databases are a valuable research resource used to create global and locally specific soil information products. They are also the basis for defining reference ranges for indicators of soil health, improving national monitoring systems, and developing strategies for sustainable agricultural production. In addition, soil databases play an important role in communication between scientists to reduce data deficits and integrate efforts aimed at solving urgent problems related to soil degradation and their environmental sustainability. The development of national soil databases is critically important for the rational management of soil and land resources. To systematize the results of surveys of war-damaged soils, it is proposed to create a single digital platform that will be an information basis for assessing the manifestations of degradation processes, planning priority case studies, and developing targeted remediation measures.

Key words: databases of soil profiles, monitoring networks and field experiments, thematic soil databases, grid databases, national information platform for surveying war-damaged soils.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovysnyk202511-06>

Бібліографія

1. Peng Y., Ben-Dor E., Biswas A. et al. Spectroscopic solutions for generating new global soil information. *The Innovation*. 2025. 6: 5: 100839. doi:10.1016/j.xinn.2025.100839

2. Hartemink A.E., McBratney A.B. Defining 'soil science'. *Soil Security*. 2025. 18: 100176. doi: 10.1016/j.soisec.2025.100176

3. Lachmuth S., Dönmez C., Hoffmann C. et al. Facilitating Effective Reuse of Soil Research Data: The BonaRes Repository. *European Journal of Soil Science*. 2025. 76:2e70103. doi: 10.1111/ejss.70103

4. Minasny B., Bandai T., Ghezzehei T.A. et al. Soil Science-Informed Machine Learning. *Geoderma*. 2024. 452:117094. doi: 10.1016/j.geoderma.2024.117094

5. Cornu S., Keesstra S., Bispo A. et al. National soil data in EU countries, where do we stand?. *European Journal of Soil Science*. 2023. 74. 4:e13398. doi: 10.1111/ejss.13398

6. Batjes N.H., Calisto L., de Sousa L.M. Providing quality-assessed and standardised soil data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot 2023). *Earth System Science Data*. 2024. 16: 10:4735–4765. doi: 10.5194/essd-16-4735-2024.

7. Panagos P., Van Liedekerke M., Borrelli P. et al. European Soil Data Centre 2.0: Soil data and knowledge in support of the EU policies. *European Journal of Soil Science*. 2022. 73. 6:e13315. doi: 10.1111/ejss.13315

8. Panagos P., Vieira D., Eekhout J.P. et al. How the EU Soil Observatory contributes to a stronger soil erosion community. *Environmental research*. 2024. 248:118319. doi: 10.1016/j.envres.2024.118319

9. Malhotra A., Todd-Brown K., Nave L.E. et al. The landscape of soil carbon data: emerging questions, synergies and databases. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*.

2019. 43(1). 5:707–719. doi: 10.1177/0309133319873309

10. Dorigo W., Himmelbauer I., Aberer D. et al. The International Soil Moisture Network: serving Earth system science for over a decade. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. 2021. 25. 11. P. 5749–5804. doi: 10.5194/hess-25-5749-2021

11. Arrouays D., Leenaars J.G., Richer-de-Forges A. C. et al. Soil legacy data rescue via GlobalSoilMap and other international and national initiatives. *GeoResJ*. 2017. 14(9):1–19. doi: 10.1016/j.grj.2017.06.001

12. Safanelli J.L., Hengl T., Parente L.L. et al. Open Soil Spectral Library (OSSL): Building reproducible soil calibration models through open development and community engagement. *PLoS One*. 2025. 20.1:e0296545. doi: 10.1371/journal.pone.0296545

13. Ganault P., Ristok C., Phillips H.R.P. et al. Soil BON Earthworm-A global initiative on earthworm distribution, traits and spatio-temporal diversity patterns. *Soil Organisms*. 2024. 96. 1:47–60. doi: 10.25674/362

14. Russell D.J., Naudts E., Soudzilovskaia N.A. et al. Edaphobase 2.0: Advanced international data warehouse for collating and using soil biodiversity datasets. *Applied soil ecology*. 2024. 204:105710. doi: 10.1016/j.apsoil.2024.105710

15. Malone B.P., Searle R., Stenson M. et al. Update and expansion of the soil and landscape grid of Australia. *Geoderma*. 2025. 455:117226. doi: 10.1016/j.geoderma.2025.117226

16. Ali A., Erkossa T., Gudeta K. et al. Reference soil groups map of Ethiopia based on legacy data and machine learning-technique: EthioSoilGrids 1.0. *Soil*. 2024. 10. 1:189–209. doi: 10.5194/soil-10-189-2024

17. Hartley I.P., Hill T.C., Chadburn S.E., Hugelius G. Temperature effects on carbon storage are controlled by soil stabilisation capacities. *Nature Communications*. 2021. 12. 1:6713. doi: 10.1038/s41467-021-27101-1

18. Schillaci C., Perego A., Valkama E. et al. New pedotransfer approaches to predict soil bulk density using WoSIS soil data and environmental covariates in Mediterranean agro-ecosystems. *Science of the total environment*. 2021. 780:146609. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.146609

19. Hassani A., Smith P., & Shokri N. Negative correlation between soil salinity and soil organic carbon variability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2024. 121. 18:e2317332121. doi:10.1073/pnas.2317332121

20. Nenkam A.M., Wadoux A.M.C., Minasny B. et al. Applications and challenges of digital soil mapping in Africa. *Geoderma*. 2024. 449: 117007. doi: 10.1016/j.geoderma.2024.117007

21. Kristensen J.A., Balstrøm T., Jones R.J. et al. Development of a harmonised soil profile analytical database for Europe: a resource for supporting regional soil management. *Soil*. 2019. 5. 2:289-301. doi: 10.5194/soil-5-289-2019

22. Díaz-Guadarrama S., Varón-Ramírez V.M., Lizarazo I. et al. Improving the Latin America and Caribbean Soil Information System (SISLAC) database enhances its usability and scalability. *Earth System Science Data*. 2024. 16. 3:1229–1246. doi: 10.5194/essd-16-1229-2024

23. Department of Agriculture — NCSS Soil Characterization Database. *Dataset — Catalog*. URL: <https://catalog.data.gov/dataset/ncss-soil-characterization-database-d2772> (date of access: 14.07.2025).

24. Ramcharan A., Hengl T., Nauman T. et al. Soil property and class maps of the conterminous United States at 100-meter spatial resolution. *Soil Science Society of America Journal*. 2018. 82. 1. P. 186–201. doi: 10.2136/sssaj2017.04.0122

25. Ramcharan A., Hengl T., Beaudette D., Wills S. A soil bulk density pedotransfer function based on machine learning: A case study with the NCSS soil characterization database. *Soil Science Society of America Journal*. 2017. 81. 6. P. 1279–1287. doi:10.2136/sssaj2016.12.0421

26. Maynard J.J., Salley S.W., Beaudette D.E., Herrick J. E. Numerical soil classification supports soil identification by citizen scientists using limited, simple soil observations. *Soil Science Society of America Journal*. 2020. 84. 5: P. 1675–1692. doi: 10.1002/saj2.20119

27. Tomer M.D., James D.E., Schipper L.A., Wills S.A. Use of the USDA National Cooperative Soil Survey soil characterization data to detect soil change: a cautionary tale. *Soil*

Science Society of America Journal. 2017. 81. 6:1463–1474. doi: 10.2136/sssaj2017.06.0198

28. Gomes L.C., Beucher A.M., Møller A.B. et al. Soil assessment in Denmark: Towards soil functional mapping and beyond. *Frontiers in Soil Science*. 2023. 3:1090145. doi: 10.3389/fsoil.2023.1090145

29. Бігун О.М. Збереження ґрунтових даних в Україні: досягнення та перспективи. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2025. Вип. 98. С. 4–18. doi: 10.31073/acss98-01

30. Осипов В.В., Бігун О.М. Оцінка педотрансферних функцій для визначення коефіцієнта фільтрації ґрунтів України. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2020. № 52. С. 68–78. doi: 10.26565/2410-7360-2020-52-05

31. Осадча Н.М., Осадчий В.І., Осипов В.В. та ін. Методика виділення зон, вразливих до забруднення поверхневих і підземних вод нітратними сполуками. *Український географічний журнал*. 2020. № 4. С. 38–48. doi: 10.15407/ugz2020.04.038

32. Barbetti R., Criscuoli I., Valboa G. et al. A Regional 100 m Soil Grid-Based Geographic Decision Support System to Support the Planning of New Sustainable Vineyards. *Agronomy*. 2024. 14. 3:596. doi: 10.3390/agronomy14030596

33. Ramos T.B., Horta A., Azevedo L. et al. National-scale assessment of salt-affected areas in Portugal: Learning from legacy data to establish a framework for comprehensive monitoring and management. *Catena*. 2025. 250:108773. doi: 10.1016/j.catena.2025.108773

34. Szatmári G., Laborczy A., Meszaros J. et al. Gridded, temporally referenced spatial information on soil organic carbon for Hungary. *Scientific Data*. 2024. 11. 1:1–13. doi: 10.1038/s41597-024-04158-3

35. Feeney C.J., Robinson D.A., Keith A.M. et al. Development of soil health benchmarks for managed and semi-natural landscapes. *Science of the Total Environment*. 2023. 886:163973. doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.163973

36. Perryman S.A., Castells-Brooke N.I., Glendining M.J. et al. The electronic Rothamsted Archive (e-RA), an online resource for data from the Rothamsted long-term

experiments. *Scientific Data*. 2018. 5. 1:1–17. doi: 10.1038/sdata.2018.72.

37. Ginaldi F., Bindi M., Dalla Marta A. et al. Interoperability of agronomic long term experiment databases and crop model inter-comparison: the Italian experience. *European Journal of Agronomy*. 2016. 77:209–222. doi: 10.1016/j.eja.2016.02.007

38. Kaplan N.E., Armendariz G., Azad S. et al. Five foundational tools for managing metadata from the USDA Long-Term Agroecosystem Research (LTAR) Network. *Journal of Environmental Quality*. 2025. 54(5):1230–1244. doi: 10.1002/jeq2.70027

39. Blanchy G., d'Hose T., Donmez C. et al. An open-source metadataset of running European mid-and long-term agricultural field experiments. *Soil Use and Management*. 2024. 40. 1:e12978. doi: 10.1111/sum.12978

40. Bybee-Finley K.A., Muller K., White K.E. et al. Deriving general principles of agroecosystem multifunctionality with the Diverse Rotations Improve Valuable Ecosystem Services (DRIVES) network. *Agronomy Journal*. 2024. 116. 6:2934–2951. doi: 10.1002/agj2.21697

41. FAIRsharing. GLTEN; Global Long-term Experiments Network Metadata Portal. <https://fairsharing.org/10.25504/FAIRsharing.a752bd> (date of access: 22.07.2025).

42. Marazza D., Pesce S., Greggio N. et al. The long-term experiment platform for the study of agronomical and environmental effects of the biochar: Methodological framework. *Agriculture*. 2022. 12. 8:1244. doi: 10.3390/agriculture12081244

43. Atwood L., Gannett M., Wood S.A. AgEvidence: a dataset to explore agro-ecological effects of conservation agriculture. *Scientific Data*. 2024. 11. 1:581. doi: 10.1038/s41597-024-03415-9

44. Jian J., Du X., Stewart R.D. A database for global soil health assessment. *Scientific Data*. 2020. 7:16. doi:10.1038/s41597-020-0356-3

45. Wieder W.R., Pierson D., Earl S. et al. SoDaH: the SOils DAta Harmonization database, an open-source synthesis of soil data from research networks, version 1.0. *Earth Syst. Sci. Data*. 2020. 13:1843–1854. doi: 10.5194/essd-13-1843-2021

46. Bagnall D.K., Rieke E.L., Morgan C.L. et al. A minimum suite of soil health indicators for North American agriculture. *Soil Security*. 2023.10:100084. doi: 10.1016/j.soisec.2023
47. Hohenbrink T. L., Jackisch C., Durner W. et al. Soil water retention and hydraulic conductivity measured in a wide saturation range. *Earth System Science Data*. 2023. 15. 10: 4417–4432. doi: 10.5194/essd-15-4417-2023
48. Nemes A. Databases of soil physical and hydraulic properties. *Encyclopedia of agrophysics*. Dordrecht: Springer, 2011. P. 194–199. doi: 10.1007/978-90-481-3585-1_39
49. Wadoux A.M.J., Román Dobarco M., Malone B. et al. Baseline high-resolution maps of organic carbon content in Australian soils. *Scientific Data*. 2023. 10:181. doi: 10.1038/s41597-023-02056-8
50. Panagos P., Hengl T., Wheeler I. Global rainfall erosivity database (GloREDa) and monthly R-factor data at 1 km spatial resolution. *Data in brief*. 2023. 50:109482. doi: 10.1016/j.dib.2023.109482
51. Panagos P., Ballabio C., Meusburger K. et al. Towards estimates of future rainfall erosivity in Europe based on REDES and WorldClim datasets. *Journal of Hydrology*. 2017. 548. P. 251–262. doi: 10.1016/j.jhydrol.2017.03.006
52. Weller U., Albrecht L., Schlüter S., Vogel H.J. An open Soil Structure Library based on X-ray CT data. *Soil*. 2022. 8. 2:507–515. doi: 10.5194/soil-8-507-2022
53. Rossel R.A.V., Shen Z., Lopez L.R. et al. An imperative for soil spectroscopic modelling is to think global but fit local with transfer learning. *Earth-Science Reviews*. 2024. 254:104797. doi: 10.1016/j.earscirev.2024.104797
54. Guerra C.A., Heintz-Buschart A., Sikorski J. et al. Blind spots in global soil biodiversity and ecosystem function research. *Nature communications*. 2020. 11. 1:3870. doi: 10.1038/s41467-020-17688-2
55. Smith D.B. Geochemical and mineralogical soil survey of the conterminous USA: a project retrospective. *Geochemistry: Exploration, Environment, Analysis*. 2022. 22(4). doi: 10.1144/geochem2022-031
56. Клос В.П., Бірке М., Жовинський Е.Я та ін. Регіональні геохімічні дослідження ґрунтів України в рамках міжнародного проєкту з геохімічного картування сільськогосподарських та пасовищних земель Європи (GEMAS). Пошукова та екологічна геохімія, 2012. 1. P. 51–66. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Pteg_2012_1_9.
57. Chaney N.W., Wood E.F., McBratney A.B. et al. POLARIS: A 30-meter probabilistic soil series map of the contiguous United States. *Geoderma*. 2016. 274:54–67. doi: 10.1016/j.geoderma.2016.03.025
58. Tóth B., Weynants M., Pásztor L., Hengl T. 3D soil hydraulic database of Europe at 250 m resolution. *Hydrological Processes*. 2017. 31. 14:2662–2666. doi:10.1002/hyp.11203
59. Han E., Ines A.V., Koo J. Development of a 10-km resolution global soil profile dataset for crop modeling applications. *Environmental modelling & software*. 2019. 119:70–83. doi: 10.1016/j.envsoft.2019.05.012
60. Rodríguez-Seijo A., Fernández-Calviño D., Arias-Estévez M., Arenas-Lago D. Effects of military training, warfare and civilian ammunition debris on the soil organisms: an ecotoxicological review. *Biology and Fertility of Soils*. 2024. 60. 6:813–844. doi: 10.1007/s00374-024-01835