

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЛОДИХ НАУКОВЦІВ STUDIES OF YOUNG SCIENTISTS

УДК 631.47

Досвід найвідоміших ґрунтових інформаційних систем світу. Аналітичний огляд

В. В. Лебедь

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

ІНФОРМАЦІЯ	АНОТАЦІЯ
Отримано 31.05.2023 Отримано після доопрацювання 19.07.2023 Затверджено до видання 25.07.2023 Доступно онлайн 10.08.2023	Оглядову статтю присвячено аналізу практичного досвіду відомих світових центрів накопичення інформації про ґрунти у базах даних та ґрунтових інформаційних системах. Розглянуто світовий досвід інформаційного забезпечення ґрунтових досліджень та впровадження інформаційних технологій для менеджменту ґрунтових ресурсів. Вказано на важливість розробки баз даних ґрунтових параметрів та властивостей методами, стандартизованими та гармонізованими з міжнародними. Окреслено основні поняття ґрунтових інформаційних систем та наведено їх класифікацію за географічними рівнями діяльності. Визначено набір критеріїв, якими окреслюється мета створення системи ґрунтової інформації, її структура, комплекс даних, що мають до неї надходити, міра їх доступності користувачам та міра застосовності у менеджменті ґрунтів. Проведено огляд найбільших ґрунтових інформаційних систем світу, визначено принципи їх побудови, функціонування та шляхи взаємодії одна з одною. Найбільшими ґрунтовими інформаційними системами є глобальні GLOSIS (FAO GSP) та WoSIS (ISRIC), регіональна ESDAC (країни ЄС), національні NASIS (Сполучені Штати Америки), CanSIS (Канада) та ASRIS (Австралія). Їх можна розглядати як основні моделі у процесі побудови та налаштування функціональних можливостей національної ґрунтової інформаційної системи, що дозволить Україні інтегруватися у міжнародну систему обміну даними про ґрунти. Визначено частку участі нашої держави у міжнародних системах ґрунтової інформації та роль ННЦ "ІГА імені О.Н. Соколовського" у поповненні ґрунтових баз даних світу. Найбільша кількість ґрунтових профілів України представлена у WoSIS, до якої надходить інформація про ґрунти з багатьох національних та регіональних баз даних.

E-mail: swdiscover@gmail.com

Форма цитування: Лебедь В.В. Досвід найвідоміших ґрунтових інформаційних систем світу. Аналітичний огляд. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. збірник. 2023. Вип. 94. Харків: ННЦ "ІГА ім. О.Н. Соколовського". С. 54-61. <https://doi.org/10.31073/acss94-06>

1. Актуальність теми

Від початку виникнення науки ґрунтознавства було накопичено значний обсяг даних та інформації про параметри та властивості ґрунтів. З подальшим розвитком ґрунтознавчої науки кількість даних невпинно зростала, що пов'язано із активізацією досліджень ґрунтового покриву та появою нових методів аналізу ґрунтів. Відтак постала необхідність систематизації отриманих експериментальних даних та впровадження відповідних інформаційних технологій.

Для успішного менеджменту ґрунтових ресурсів та управління родючістю ґрунтів важливим є використання засобів забезпечення інформаційної основи щодо стану ґрунтів та еволюції їхніх функцій на сучасному етапі використання. Важливим фактором ефективного використання ґрунтової інформації є вільний доступ до даних, забезпечення їх постійного оновлення, безперешкодний обмін даними та створеннями, з їх допомогою, інформаційними продуктами.

Останніми роками посилилася активізація ґрунтознавців Європи і світу у прагненні створити Глобальну ґрунтово-інформаційну систему, тому активна участь України у цьому процесі є вагомим підставою для оцінювання якості національних ґрунтових даних з позиції їх сумісності з міжнародними, а, отже й доступності для міжнародних баз даних та дослідницьких проєктів. Тим більше, що євроінтеграційні прагнення України повинні підтверджуватися зокрема і створенням дієвої ґрунтової інформаційної системи.

2. Основні поняття ґрунтової інформаційної системи

Основними поняттями інформаційних технологій, що застосовуються у ґрунтознавстві є бази даних (БД) та інформаційні системи. База даних зберігає дані про ґрунт та складається з однієї або декількох таблиць, певним способом пов'язаних між собою. Таким чином, ведеться збір даних через їх внесення в таблиці та збереження для подальшого використання. На цьому функція бази даних фактично закінчується. ґрунтова інформаційна система [1], крім збереження даних, здатна підтримувати функції обробки та формування запитів щодо ґрунтової інформації шляхом

застосування систем управління базами даних (СУБД). Також важливою частиною повноцінної ґрунтової інформаційної системи є наявність веб-ресурсів для поширення інформації про ґрунти онлайн.

У ґрунтознавстві інформаційна система визначається як «система, що включає методи аналізу, апаратне та програмне забезпечення, носії інформації і дані про ґрунти і ґрунтовий покрив, які можуть бути використані для виконання необхідних інформаційних процесів» [2].

За результатами аналізу джерел інформації, що надходить до найвідоміших ґрунтових інформаційних систем, виділяємо основні:

- Дані польових обстежень (характеристика місця закладення розрізу та відбирання проб, морфологічна будова профілю);
- Аналітичні та експериментальні дані (на основі лабораторно визначених параметрів ґрунтових властивостей);
- Дані дистанційного зондування земної поверхні (космічні знімки для вивчення ґрунтового покриву).

Всі ці джерела нерозривно пов'язані між собою та становлять основу для оцінювання якості ґрунтових ресурсів. Таке завдання постало перед ґрунтознавцями всього світу, відтак було прийнято основні принципи збирання, збереження, оброблення та розповсюдження інформації про ґрунти.

На цей час у світі вже існують десятки ґрунтових інформаційних систем, які відрізняються між собою певним набором критеріїв. На основі аналізу наявних ґрунтово-інформаційних систем ми виділили такі критерії:

- мета створення;
- методологія створення (розробки)
- принципи побудови (структури);
- особливості накопичення даних, джерела їх надходження;
- перелік найменувань даних, що накопичуються в системі;
- доступ до даних;
- використання продуктів, розроблених на основі накопичених даних.

Для створення української ґрунтово-інформаційної системи потрібно перш за все враховувати національні особливості надходження ґрунтових даних та методів визначення параметрів ґрунтів. Також, зважаючи на євроінтеграційні прагнення України, ґрунтово-інформаційна система нашої держави повинна базуватись саме на принципах побудови європейських систем. При цьому, бажано використовувати досвід створення й інших баз даних та систем, таких як WoSIS (Світова ґрунтова інформаційна служба), SOTER (База даних ґрунтів і земель) та інші [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

Перш ніж перейти до огляду конкретних ґрунтових інформаційних систем, слід зазначити, що вони поділяються на декілька рівнів або сфер діяльності — глобальні, національні (державні), регіональні (територіальні), установ та окремих програм (проектів) наукових досліджень [10, 11, 12].

Глобальні ґрунтові інформаційні системи за їх сутністю розділяємо на дві категорії. Одна з них об'єднує певну кількість національних систем у єдину мережу. При цьому кожна із об'єднаних систем зберігає свою унікальність з огляду на способи наповнення ґрунтовими даними, їх кількість та якість. Спільним залишається тільки модель комунікації та обміну даними між окремими системами, що об'єднані у глобальну. До таких систем відноситься GLOSIS (Глобальна ґрунтова інформаційна система) від організації FAO та GSP (Глобальне ґрунтове партнерство) [13].

Другу категорію становлять глобальні ґрунтові інформаційні системи, які створені у межах окремої установи. При цьому збір даних здійснюється з багатьох джерел по всьому світу, а їх накопичення відбувається за єдиною методикою та за допомогою чітко визначених алгоритмів. Такою системою, наприклад, є WoSIS, створена на базі ISRIC (Міжнародний ґрунтовий довідково-інформаційний центр) [8, 14].

Національні ґрунтові інформаційні системи призначено для вирішення певних завдань на рівні окремої країни, що залежить, передусім, від мети їх створення. Вони можуть відрізнятися за принципами побудови, особливостями структури, функціонування та надходження даних тощо.

Регіональні ґрунтові інформаційні системи створюються для окремих адміністративно-територіальних одиниць (інформаційні системи областей, районів, окремих громад). Збір та обробка даних проводиться з метою управління ґрунтовими ресурсами та прийняття необхідних рішень на локальному рівні.

ґрунтові інформаційні системи також можуть діяти в окремих установах, наприклад для інформаційного супроводу наукових досліджень. Кожен структурний підрозділ установи може, а в ідеалі — повинен, розвивати власну систему збирання та обробки даних для підтримки певного виду діяльності. Однак, у випадку відмінностей у структурі та принципах роботи ґрунтових інформаційних систем постає питання їх сумісності одна з одною. Тому національна мережа ґрунтових інформаційних систем повинна відповідати певним визначеним стандартам накопичення та обміну даними.

Окремо виділяємо ще одну типізацію ґрунтових інформаційних систем та подібних до них об'єктів за принципами побудови та функціонування:

- бази даних як сховище ґрунтових даних без підтримки СУБД та відкритого доступу через веб-сервіси;
- ізольовані інформаційні системи, у яких відсутні протоколи передачі даних;
- відкриті повнофункціональні інформаційні системи, пристосовані для передачі даних в мережі Інтернет через стандартні сервіси.

У світовій практиці найбільше представлено останній вид інформаційних систем з відкритим доступом до даних та можливістю їх пошуку завдяки налагодженим веб-сервісам.

3. Глобальні ґрунтові інформаційні системи та центри

3.1. Глобальна ґрунтова інформаційна система GLOSIS

Глобальна ґрунтова інформаційна система GLOSIS відноситься до мережі взаємопов'язаних систем. GLOSIS об'єднує національні ґрунтові інформаційні системи (SIS) різних країн світу для вирішення питань глобального масштабу, пов'язаних із ґрунтами, та для забезпечення досліджень більш локального характеру у разі відсутності необхідної ґрунтової інформації. При цьому країни можуть розвивати свої національні інформаційні системи як довідкові центри щодо параметрів та властивостей ґрунтів [13].

В основі GLOSIS лежить інфраструктура просторових даних, яка об'єднує різні компоненти GLOSIS і надає інструменти для зберігання, обробки та спільного використання просторових даних. Інфраструктуру бази спрямовано на обмін та пошук інформації про ґрунти, зібраної національними інститутами через веб-платформу. Цей процес відбувається децентралізовано, коли установи-постачальники даних здебільшого зберігають свої дані та контролюють зовнішній доступ до своїх продуктів.

Необхідність обмінюватися даними про ґрунти, що надходять з різних країн та інститутів, вимагає прийняття спільних нормативних документів (стандартів) для процедури обміну даними. На основі побудови загального дизайну GLOSIS виділяються чотири основні структурні блоки:

1) Модель домену. Це структурний компонент GLOSIS, який визначає засоби обміну даними та структуру бази даних, яка лежить в основі еталонного вузла GLOSIS.

2) Стандарти обміну даними. Стандарти публікації та обміну даними дозволяють зацікавленим сторонам надсилати та отримувати ґрунтові точкові дані через певне середовище. Зокрема, для GLOSIS можуть бути прийнятними чинні стандарти, видані Open Geospatial Consortium (OGC).

3) Вузол GLOSIS і вузол підтримки. Ґрунтова інформаційна система, підключена до Інтернету та здатна публікувати ґрунтові дані відповідно до специфікацій обміну даними GLOSIS. Вузол підтримки — це спеціалізований екземпляр вузла GLOSIS, який розміщується та підтримується GSP. Він призначений для розміщення даних від установ, які за різних причин не можуть створити власний вузол GLOSIS.

4) Відкритий центр обміну даними. Веб-шлюз до вузлів GLOSIS, що пропонує функції перегляду даних у GLOSIS. Він об'єднує всі вузли в єдину точку доступу для користувачів та, зазвичай, складається з послуг перегляду та каталогу даних. Такий центр обміну даними зберігає та підтримує реєстр доступних послуг, специфічних термінів та їх визначень у вигляді словників.

Через GLOSIS поширюються два типи даних про ґрунти — точкові та растрові. Ґрунтовий профіль і точкові дані надаються відповідно до дворівневої моделі.

На першому рівні присутні мінімальні вимоги до якості чи репрезентативності даних. Метою даного рівня представлення є надання доступу до якомога більшої кількості цифрових даних ґрунтового профілю. Для другого рівня характерні докладно описані та проаналізовані ґрунтові профілі, з тематичними підмножинами мінімально необхідних даних, узгоджених та оцінених за якістю.

Загалом архітектура GloSIS дозволяє постачальникам даних приєднатися, як вузол у системі, відповідно до трьох рівнів участі:

1. Спеціальна реалізація. Постачальники даних з готовою SIS, впроваджують протокол обміну даними GloSIS у своїх службах даних;

2. Еталонна реалізація. Постачальники даних створюють свою SIS на основі еталонної реалізації GloSIS (програмне забезпечення з відкритим кодом, що виконує функції вузла GloSIS);

3. Підтримка реалізації. Постачальники даних, які не можуть налаштувати та підтримувати власну SIS, зберігають та публікують свої дані через вузол підтримки GloSIS.

GSP підтримує участь країн та інших постачальників даних у GloSIS через програму «Country Soil Information System – CountrySiS». З цією метою було розроблено керівні принципи для цієї програми, а також посібник з її впровадження. Приклади національних та регіональних ґрунтових інформаційних систем країн світу, що розроблені за підтримки GloSIS: CamSIS (Камбоджа), MaSIS (Македонія), ArmSIS (Вірменія), LeSIS (Лесото), SuSIS (Судан), SISAf (Афганістан), SISLAC (Латинська Америка та Кариби).

GloSIS, як об'єднана система GSP і допоміжна програма розвитку потенціалу, розширить можливості країн та інших постачальників даних, сприяючи створенню стандартизованої інфраструктури ґрунтових даних та обміну даними про ґрунти на національному, інституційному, регіональному та міжнародному рівнях [13].

У подальшому ми передбачаємо розробку ґрунтової інформаційної системи для Українського ґрунтового інформаційного центру, де планується використання першого рівня участі в GLOSIS.

Національна ґрунтова інформаційна система України повинна інтегруватися в GLOSIS, що відповідає принципам відкритості ґрунтових даних для світової спільноти. Взаємний обмін даними відкриває перспективи співробітництва між ґрунтознавцями та зацікавленими особами у глобальному масштабі, допомагає у вирішенні питань продовольчої безпеки шляхом оцінки якості і стану ґрунтових ресурсів.

3.2. Всесвітня ґрунтова інформаційна служба WoSIS

Найбільш потужним світовим центром накопичення ґрунтових даних є Міжнародний центр ґрунтової інформації ISRIC (Вагенінген, Нідерланди). Головна мета ISRIC полягає у поширенні даних та інформації про ґрунти на глобальному, національному та регіональному рівнях для потреб раціонального управління ґрунтами і ґрунтовими ресурсами. Спеціалісти цієї незалежної організації створили велику кількість продуктів на основі зібраних даних параметрів властивостей ґрунтів. ISRIC тісно співпрацює зі світовими установами та організаціями, зокрема FAO та GSP.

Найбільшою ґрунтово-інформаційною системою, розробленою в ISRIC є WoSIS. Це Всесвітня служба ґрунтової інформації, яка має на меті надавати користувачам вибірку стандартизованих і гармонізованих даних ґрунтових профілів. Оцінка даних проводиться за якістю, після чого вони можуть бути використані для цифрового картографування ґрунтів на глобальному рівні. WoSIS є важливою складовою частиною інфраструктури даних ISRIC, що постійно розвивається, з можливістю пошуку необхідних користувачам даних [5, 6, 7].

Головні принципи роботи WoSIS [6, 7]:

- Захист світових даних про ґрунти «як є» (стосується насамперед архівних даних);
- Обмін стандартизованими та гармонізованими точковими даними ґрунтових профілів;
- Надання стандартизованих даних про ґрунти з оцінкою їх якості для цифрового картографування ґрунтів і ряду інших робіт.

Усі дані, надані до WoSIS, спочатку зберігаються «як є» в репозиторії даних ISRIC WDC-Soils із супровідними ліцензіями. Згодом, відповідно до ліцензії, вони оцінюються якісно (тобто перевіряються на правдоподібність), стандартизуються, імпортується в саму модель даних WoSIS і, де це можливо, гармонізуються за допомогою послідовних процедур.

Основними ґрунтовими даними, що входять до складу системи є параметри фізичних властивостей (гранулометричний склад ґрунту (пісок, мул і глина), об'ємна щільність, грубі фрагменти та водоутримувальна здатність), хімічних властивостей (органічний вуглець, загальний вуглець, загальний карбонатний еквівалент, загальний азот, фосфор — екстрагований, загальний та увібраний, pH ґрунту, ємність катіонного обміну) та електропровідності.

Параметри згруповано відповідно до аналітичних процедур (агреговано по категоріях), що дає змогу оперативного їх порівнювати. Також для кожного профілю надається оригінальна класифікація ґрунтів (FAO, WRB, USDA та їх версії) та позначення горизонтів, якщо вони були вказані у вихідних базах даних.

Дані ґрунтових профілів у систему WoSIS надходять із широкого кола джерел. Для всіх точкових даних існує три показники можливої «придатності для використання»:

- точна геоприв'язка (розташування) точкових даних;
- початкова інформація про використані аналітичні методи, за якими досліджувалися ґрунти;
- дата відбирання проби ґрунту.

Наведені показники у подальшому враховуються у цифровому картографуванні ґрунтів та моделюванні. За можливості постачальниками даних надається додаткова інформація щодо аналітичних методів, за якими формується "доменна структура" (наприклад, обмеження розміру часток для текстурних фракцій ґрунту або дрібноземної фракції). Ця додаткова інформація забезпечує основу для остаточної гармонізації — кінцевої довгострокової мети WoSIS. Дані, які надаються з WoSIS, надаються відповідно до ліцензії, визначеної кожним постачальником даних.

Досвід WoSIS з упередження можливості дублювання профілів під час збирання інформації, цілком може бути застосованим для формування Української БД, де передбачається об'єднання декількох баз і наборів даних, які накопичені в різних організаціях [8].

Усього в системі WoSIS на 2019 р. були доступними близько 197 000 геоприв'язаних стандартизованих точкових даних ґрунтових профілів (що становить близько 6 мільйонів записів про ґрунти), які обслуговуються через онлайн-сервіс [15, 16]. У більшості вихідних наборів даних фізичні

параметри властивостей ґрунту представлені менше ніж хімічні; за кількістю вимірювань поверхневі горизонти ґрунтів представлені більш широко ніж глибокі.

Важливим застосуванням стандартизованих даних WoSIS в ISRIC, у співпраці з партнерами, є створення карт властивостей ґрунтів для всього світу. Такі дані можна використовувати для цифрового картографування ґрунтів (наприклад, SoilGrids, карта GSP GSOC), заповнення регіональних баз даних (наприклад, GSP SISLAC), для розробки педотрансферних функцій та інших продуктів, отриманих із попередньої обробки даних (наприклад, візуалізація).

Отримані продукти перебувають у вільному доступі для міжнародної спільноти через ISRIC Soil Data Hub.

Стандартизовані набори даних, вибраних із бази даних WoSIS, поширюються двома способами. До найновішої останньої (динамічної) версії WoSIS можна отримати доступ через OGC-сумісну службу веб-функцій (WFS). Крім того, набори даних WoSIS Snapshot (статичні) у форматі TSV (значення, розділені табуляцією) надаються для послідовного цитування у наукових дослідженнях [15,16].

Система WoSIS побудована з застосуванням багаторічного досвіду та передових технологій, тому може бути використана як еталонна для створення національної ґрунтової інформаційної системи.

3.3. Європейський центр ґрунтових даних (European Soil Data Centre – ESDAC)

Європейський центр даних про ґрунти (ESDAC), організований Об'єднаним дослідницьким центром Європейської Комісії (JRC), є центром для ґрунтових даних та інформаційної підтримки досліджень ґрунтів для країн Європейського Союзу (ЄС) [17]. ESDAC створено для надання узгодженої інформації щодо ґрунтів державам-членам ЄС. Це онлайн веб-платформа, на якій розміщуються набори даних, карт і документів, пов'язаних із ґрунтами. Загальною метою ESDAC є надання інформації про ґрунти як основи політики ЄС та полегшення доступу до відповідних даних для наукових досліджень. ESDAC є невід'ємною частиною нещодавно створеної Ґрунтової обсерваторії Європейського Союзу (EUSO) та Об'єданого дослідницького центру Європейської комісії (JRC), яка має на меті відігравати ще більшу роль у підтримці політики ЄС і регіонів.

Ключовими моментами, що визначають успіх ESDAC, можна назвати такі: політика відкритого доступу до даних, необхідна документація, робоча служба підтримки та регулярні оновлення.

Користувачі можуть запитувати дані через простий веб-інтерфейс після реєстрації із зазначенням своїх метаданих і причини запиту, після чого вони одержують електронний лист із детальною інформацією про те, як отримати доступ до даних. Більшість даних ESDAC можна використовувати для будь-яких цілей з єдиним обмеженням — не поширювати дані третім особам і з вимогою належного цитування даних під час використання в публікаціях або продуктах.

Що стосується доступності, то деякі набори даних є доступними для безкоштовного завантаження, інші — після попередньої реєстрації через спеціальну форму на офіційному сайті ESDAC [17].

Точкові дані ґрунтових розрізів та місць відбирання проб у Центрі представлено на декількох ресурсах. Найбільшим є Європейська база даних ґрунтів (ESDB), із загальноєвропейським набором даних параметрів властивостей ґрунтів [18,19,20].

Ця база даних містить у собі чотири окремі набори даних:

- ґрунтово-географічна база даних Євразії масштабу 1:1 000 000 (SGDBE), разом з базою даних педотрансферних правил (PTRDB);

- аналітична база даних ґрунтових профілів Європи (SPADBE);

- база даних гідрологічних властивостей ґрунтів (HYPRES).

Далі розглянемо докладніше бази точкових даних ґрунтових параметрів. Тут виділяються дві окремі категорії ґрунтових даних — поверхневого шару ґрунту (LUCAS) та ґрунтових профілів (SPADE).

Що стосується даних ґрунтових профілів європейської ґрунтової інформаційної системи, то спочатку виникла ідея включення даних профілю в ґрунтову базу даних, яка полягала в тому, щоб розширити вже існуючі якісні дані бази SGDBE (наприклад, градації — високий, низький, середній) кількісними даними. Такі дані дозволять проводити будь-яке моделювання набагато ефективніше.

Оригінальна аналітична база даних ґрунтового профілю, включена до Європейської бази даних ґрунтів (ESDB) і відома як база даних SPADE-1, має обмеження при застосуванні моделей у загальноєвропейському контексті. Головною проблемою цієї бази даних була недостатня кількість даних відносно ґрунтових одиниць SGDBE. Проміжним варіантом для забезпечення повноти даних була SPADE-8, однак і там присутні недоліки, пов'язані із якістю самих даних. Тому наступну базу даних SPADE-2 було розроблено для отримання відповідної характеристики даних ґрунтових профілів для типологічних одиниць ґрунту (STU) у географічній базі даних ґрунту ESDB [21]. SPADE 2 має забезпечити надання достатньої кількості даних про параметри ґрунтів для підтримки вищого рівня моделювання ґрунтових властивостей.

Головним чином, ґрунтові дані країн Європи базувалися на національних архівах, тому для деяких параметрів, зокрема гранулометричного складу, використовувалися найрізноманітніші аналітичні методи, що відрізняються один від одного за результатами вимірювань. Через це, необроблені дані національних постачальників були гармонізовані та перевірені, щоб забезпечити єдиний файл даних, який можна легко використовувати разом із SGDBE [18,19].

Слід зазначити, що база даних SPADE-2 складається з трьох типів даних:

- дані про властивості ґрунту для кожного генетичного горизонту;
- дані, що стосуються кожного типу ґрунту;
- дані, що стосуються кожної номенклатурної одиниці ґрунтової карти.

Згодом, в існуючу аналітичну базу даних ґрунтового профілю SPADE додали розрахункові аналітичні дані для основних ґрунтових одиниць бази даних SGDBE.

Наступна версія європейської бази даних ґрунтових профілів називається SPADE14, яка ввібрала в себе найкращі характеристики попередників та побудована на основі концепції, використаної в SPADE 1 і 8. Таким чином, відбулося оновлення існуючих баз даних до повного охоплення ґрунтовими даними домінуючих STU в системі SGDBE [20].

Функціонування SPADE14 відбувається за трьома головними напрямками:

1. Внесення виправлень в оригінальну базу даних SPADE;
2. Оновлення оригінальної бази даних SPADE за допомогою гармонізованих даних, надісланих із держав-членів ЄС;
3. Заповнення відсутніх даних через алгоритми розрахунку (це приблизно у 32 % домінантних STU) з використанням довідкових даних із різних джерел.

Атрибути бази даних SPADE14 включають такі ґрунтові характеристики: глибина залягання генетичного горизонту; назва горизонту; об'ємна щільність; співвідношення вуглецю і азоту (C:N); загальний вміст карбонатів; вміст гіпсу; ємність катіонного обміну; електропровідність; обмінні кальцій, калій, магній і натрій; частка (відсоток) обмінного натрію; текстура; вміст органічної речовини; pH; пористість; структура; водоутримувальна здатність.

Всього у SPADE14 містяться дані для 1078 ґрунтових профілів з 28 країн Європи (з них 571 ґрунтовий профіль від попередньої SPADE8, 349 ґрунтових профілів, залучених із сусідніх країн для ідентичних типів ґрунтів і додано 158 нових профілів).

Останньою на даний час є версія бази ґрунтових профілів SPADE18, що містить 1820 профілів (на 40 % більше ніж у SPADE14) [20].

3.4. Інші центри ґрунтової інформації

Існує ще багато інших баз даних та ґрунтових інформаційних систем у складі регіональних та національних центрів зі збирання та поширення ґрунтових даних.

Збиранням ґрунтових даних у Сполучених Штатах Америки займається агенція національного обстеження ґрунтів (NCSS). Головною базою даних ґрунтових обстежень США є національна ґрунтова інформаційна система (NASIS) [22], метою створення якої є перехід від формування статичних паперових звітів про обстеження ґрунтів до надання динамічного інформаційного ресурсу про ґрунти для широкого спектру потреб [23]. Структура NASIS складається з кількох взаємопов'язаних баз даних та ґрунтових інформаційних продуктів. Ця система даних спрямована на збирання, зберігання, обробку та розповсюдження інформації про ґрунти.

Для поширення інформації про ґрунти створена система Web Soil Survey (WSS), що надає ґрунтові дані через відповідний веб-сервіс. Електронний доступ до відповідної інформації про ґрунти забезпечено сільськогосподарським виробникам, агентствам, постачальникам технічних послуг та іншим організаціям для прийняття рішень щодо землекористування та менеджменту ґрунтових ресурсів.

Основними напрямками застосування системи WSS є доступ до повної звітності про дослідження ґрунтів і, зокрема до найновіших даних та надання клієнтам можливості завантажувати просторові, табличні та тематичні дані про ґрунти для їх використання в ГІС.

Подібними за своєю суттю до NASIS та WSS є ґрунтові інформаційні системи Канади — CanSIS (база даних NSDB) [24, 25] та Австралії — ASRIS [26, 27]. Їх спільні особливості — підтримка держави, використання на всіх рівнях державного управління, доступ до інформації через веб-портали.

Також, багато країн мають власні ґрунтові інформаційні системи, що відрізняються за метою створення, особливостями функціонування та кінцевими результатами роботи.

4. Участь України у міжнародних проєктах з наповнення ґрунтових баз даних

Україна є активним учасником поповнення баз даних різних ґрунтових інформаційних систем світу. Одним із найбільших постачальників даних є ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», де джерелом даних про ґрунти слугують архівні матеріали, накопичені від початку великомасштабного обстеження та база даних «Властивості ґрунтів України» [28, 29, 30].

На попередніх етапах роботи над створенням оновленої бази даних для майбутньої ґрунтової інформаційної системи Українського ґрунтового інформаційного центру було проведено інвентаризацію наявних ґрунтових даних. Також здійснено стандартизацію та гармонізацію параметрів властивостей ґрунтів відповідно до національних та міжнародних стандартів [31, 32].

Що стосується участі України у розглянутих системах ґрунтової інформації, то спостерігається такий розподіл точкових ґрунтових даних [15, 16, 33]:

1) ISRIC:

- WoSIS — всього 462 точки відбору від України, з них від ННЦ ІГА — 79
- ISRIC-WISE Harmonized Global Soil Profile Dataset — 81, UA-SOTER — 52.

2) ESDAC:

- EU-HYDI — 95 профілів (від ННЦ ІГА) [34].

Таким чином, найбільше представництво України та ННЦ ІГА зокрема, спостерігається у WoSIS і SOTER від ISRIC. Меншу кількість профілів у європейському інформаційному просторі можна пояснити тим, що ESDAC збирає дані з країн ЄС, а Україна брала участь тільки в окремих проєктах. Однак у майбутньому пріоритетною буде саме європейська ґрунтова інформаційна система, адже наша держава обрала для себе євроінтеграційний шлях розвитку.

5. Висновки

Короткий огляд відомостей про функціонування світових баз ґрунтових даних свідчить, що розробка національної ґрунтової інформаційної системи є пріоритетним напрямом цифровізації ґрунтознавства. Створення такої системи потребує врахування попередніх напрацювань міжнародних організацій задля інтеграції у світовий інфопростір. Інформаційна система повинна відповідати принципам відкритого доступу до даних, що є важливим для кооперації ґрунтознавців у вирішенні глобальних викликів, пов'язаних із забезпеченням продовольчої безпеки та збереження екологічних функцій ґрунтів.

Світовий досвід показує, що надходження даних відбувається за типовим сценарієм, коли спочатку в інформаційну систему потрапляють "сирі", часто архівні дані попередніх обстежень, що потребують приведення до певних стандартів. Далі настає етап стандартизації та гармонізації даних, необхідний для однозначної ідентифікації ґрунтових параметрів у системі. Досвід свідчить, що за потреби згодом може початися процес доповнення систем новою інформацією про ґрунти та коригування вже існуючої, заповнення прогалин щодо ґрунтових даних тощо. Всі ці кроки спрямовані на підтримку повноцінної ґрунтової інформаційної системи, яка в змозі забезпечити ефективне виконання покладених на неї функцій.

Для побудови власної бази даних ґрунтів та ефективно працюючої ґрунтової інформаційної системи необхідне поглиблене вивчення принципів побудови та структури існуючих систем ґрунтової інформації у світі, особливостей функціонування їх апаратної та програмної частини для розуміння того, яким чином повинна розвиватися національна ґрунтова інформаційна система.

Список використаних джерел

1. Schelling J. The role of soil information systems. *Soil Information systems*, Pudoc, Wageningen, 1975.
2. Ямелинець Т. *Інформаційне ґрунтознавство: монографія*. Львів: ЛНУ ім. Івана Франка, 2022. 352 с. URL: <https://geography.lnu.edu.ua/wp-content/uploads/2022/05/YAmelynets-Infomatsiynne-gruntozn-2022-book1.pdf>
3. WoSIS Soil Profile Database (WoSIS). *The WoSIS register*. URL: <https://www.isric.org/explore/wosis> (дата звернення 28 Apr 2023)
4. Tempel P. *SOTER – Global and National Soils and Terrain Digital Databases*. Database Structure v3. Working paper and preprint 02/01. ISRIC – World Soil Information, Wageningen, 2002.
5. Van Engelen V.W.P., Batjes N.H., Dijkshoorn K., Huting J. Harmonized Global Soil Resources Database (Final Report). *FAO and ISRIC – World Soil Information*, Wageningen, 2005. URL: https://www.researchgate.net/publication/40118456_Harmonized_Global_Soil_Resources_Database_Final_Report
6. Batjes N.H. ISRIC-WISE Harmonized Global Soil Profile Dataset (Ver. 3.1). Report 2008/02. *ISRIC – World Soil Information*, Wageningen, 2008. URL: https://www.isric.org/sites/default/files/isric_report_2008_02.pdf
7. Batjes N.H. Harmonized soil profile data for applications at global and continental scales: updates to the WISE database. *Soil Use and Management*, 2009. 5:124–127. <https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00202.x>
8. Лактіонова Т.М., Бігун О.М., Накісько С.Г., Уваренко К.Ю. Конструктивні та функціональні особливості провідних світових баз ґрунтових даних. Аналітичний огляд. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. зб. Вип. 89. Харків: ННЦ ІГА. 2020. С. 4-17. <https://doi.org/10.31073/acss89-01>.
9. Ямелинець Т.С. Аналіз сучасних ґрунтових інформаційних систем і баз даних ґрунтів країн світу. *Вісник Одеського національного університету. Географічні та геологічні науки*, 2020. 25(2(37), С. 128–139. [https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.2\(37\).216566](https://doi.org/10.18524/2303-9914.2020.2(37).216566)
10. Вовчак І.С. *Інформаційні системи та комп'ютерні технології в менеджменті*. Навч. посіб. Тернопіль: Карт-Бланш, 2001. 354 с.
11. *Основи інформаційних систем*: навчальний посібник. Вид. 2-ге, перероб. і доп. За ред. В.Ф. Ситника. Київ: КНЕУ, 2001.
12. Томашевський О.М., Цегелик Г.Г., Вітер М.Б., Дудук В.І. *Інформаційні технології та моделювання бізнес-процесів*. Навч. посіб. Київ: Центр учбової літератури, 2012. 296 с.
13. The Global Soil Information System (GloSIS) – concept and design./ B. Kempen, Y. Yigini, K. Viatkin [et al.]. *Geophysical Research Abstracts* Vol. 21, EGU2019-9236. EGU General Assembly 2019 URL: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2019/EGU2019-9236.pdf>
14. The World Soil Information Service (ISRIC). *The ISRIC register*. 2023. URL: <https://www.isric.org>. Accessed 28 Apr 2023

15. Batjes N.H., Ribeiro E., van Oostrum A. Standardised soil profile data to support global mapping and modelling (WoSIS snapshot, 2019). *Earth Syst. Sci. Data Discuss.* 2019. <https://doi.org/10.5194/essd-2019-164>.
16. Batjes N.H., Ribeiro E., van Oostrum A. Standardised soil profile data for the world (WoSIS Snapshot, September 2019). <https://doi.org/10.17027/isric-wdcsoils.20190901>
17. European Soil Data Centre (ESDAC) *The ESDAC register*. URL: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu>. Accessed 28 Apr 2023
18. Georeferenced Soil Database for Europe. Manual of procedures./ P. Finke, R. Hartwich, R. Dudal [et al.]. Version 1.1. European Soil Bureau, Scientific Committee, EUR 18092 EN, Luxembourg, 2001. URL: <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/georeferenced-soil-database-europe-manual-procedures-version-11>
19. Montanarella L., Jones R. Latest developments of the European Soil Information System. EUROSOIL 2004, Symposium 15: «*Soil Information Systems*».
20. Development of a harmonised soil profile analytical database for Europe: a resource for supporting regional soil management./ J.A Kristensen, T. Balstrøm, R.J. Jones [et al.]. *Soil*. 2019. 5(2). P. 289-301.
21. SPADE-2: The Soil Profile Analytical Database for Europe (version 1.0)/ J.M. Hollis, R.J.A. Jones, C.J. Marshall [et al.]. EUR 22127 EN 2006. URL: https://www.researchgate.net/publication/228714146_SPADE-2_the_soil_profile_analytical_database_for_Europe_version_10
22. The National Soil Information System (NASIS). The NASIS register, 2023. URL: <https://www.nrcs.usda.gov/resources/education-and-teaching-materials/national-soil-information-system-nasis>. Accessed 25 Apr 2023
23. Daigle J.J., Hudnall W.H., Gabriel W.J. The National Soil Information System (NASIS): Designing soil interpretation classes for military land-use predictions. *Journal of Terramechanics*. 2005. 42(3-4). P. 305-320.
24. Canadian Soil Information Service (CanSIS) (2020) The CanSIS register. <http://sis.agr.gc.ca/cansis>. Accessed 25 Apr 2023
25. MacDonald K.B., Valentine K.W.G. CanSIS/NSDB A General Description. Centre for Land and Biological Resources Research. Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa. 1992. CLBRR Contribution Number
26. The Australian Soil Resource Information System (ASRIS) The ASRIS register. 2023. URL: <https://www.asris.csiro.au>. Accessed 25 Apr 2023
27. The Australian Soil Resource Information System (ASRIS) Technical specifications./ N.J. McKenzie, D.W. Jacquier, D.J. Maschmedt [et al.]. Version 1.6. National Committee on Soil and Terrain Information/Australian Collaborative Land Evaluation Program, Canberra, 2012.
28. База даних «Свойства почв Украины» (структура и порядок использования). / Т.Н. Лактионова, В.В. Медведев, К.В. Савченко [и др.]. Изд. 2-ое дополненное. Харьков: Цифрова друкарня №1, 2012. 150 с.
29. Ukrainian soil properties database and its application. / T.N. Laktionova, V.V. Medvedev, K.V. Savchenko [et al.]. *Agricultural Science and Practice*. 2015. 2(3). С. 3-8. <https://doi.org/10.15407/agrisp2.03.003>
30. Лактионова Т.М. Досвід створення і використання семи баз даних в лабораторії Геоекофізики ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Міжвід. тем. наук. зб. Вип. 87. Харків: ННЦ ІГА. 2018. С. 63-71. <https://doi.org/10.31073/acss87-10>
31. Лактионова Т.М., Соловей В.Б., Лебедь В.В. Систематизований перелік гармонізованих атрибутів бази даних «ґрунти України». Інструкція для формування бази даних. Наукова редакція С.А. Балюка, Т.М. Лактионової та М.М. Мірошниченка. Харків: ФОП Бровін О.Б., 2020. 48 с.
32. Соловей В.Б., Лебедь В.В., Лактионова Т.М. Науково-методичні основи функціонування Українського ґрунтового інформаційного центру. *Bulletin of Agricultural Science*. 2022. Том 100, № 9. С. 26-33 <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202209-03>
33. European Hydropedological Data Inventory (EU-HYDI). M. Weynants, L. Montanarella, G. Toth [et al.] (2013) EUR 26053. Publications Office of the European Union. JRC81129, Luxembourg, 2013. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b4aa57bb-2e11-48cc-985c-84a384901027/language-en>
34. Soil data from Ukraine/ T. Laktionova, V. Medvedev, O. Bigun [et al.]. In: *European Hydropedological Data Inventory (EU-HYDI)*. European Commission, Joint Research Centre. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2013. (pp. 106-110). <https://doi.org/10.2788/5936>

UDC 631.47

Experience of the world's most famous soil information systems. Analytical review.

V. V. Lebed

National Scientific Center "Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky",

Kharkiv, Ukraine

E-mail: swdiscover@gmail.com

The review article is devoted to the analysis of the practical experience of famous world centers for the collection of soil information in databases and soil information systems. The article examines the global experience of information provision of soil research and implementation of information technologies for soil resource management. The importance of developing databases of soil parameters and properties using methods standardized and harmonized with international ones is indicated. The main concepts of soil information systems are outlined and their classification by activity levels is given. A set of criteria has been defined that outlines the purpose of creating a soil information system, its structure, the set of data that should be supplied to it, the degree of their availability to users and the degree of applicability in soil management. An overview of the largest soil information systems in the world was conducted, the principles of their construction, functioning and ways of interaction with each other were determined. The largest soil information systems are global GLOSIS (FAO GSP) and WoSIS (ISRIC), regional ESDAC (EU countries), national NASIS (United States of America), CanSIS (Canada) and ASRIS (Australia). They can be considered as the main models for building and configuring the functionality of the national soil information system, which will allow Ukraine to integrate into the international soil data exchange system. The share of our state's participation in international soil information systems and the role of the NSC "ISSAR named after O.N. Sokolovsky" in replenishing the world's soil databases have been determined. The largest number of soil profiles of Ukraine is presented in WoSIS, which receives information about soils from many national and regional databases.

Keywords: data; information; soil; soil profile; database; information technology; soil information system.

Citing: Lebed V. V. Experience of the world's most famous soil information systems. Analytical review. *AgroChemistry and Soil Science*. 94, 54-61. [doi:10.31073/acss94-06](https://doi.org/10.31073/acss94-06) [in Ukrainian].