МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ІВАНА ФРАНКА

ЯМЕЛИНЕЦЬ ТАРАС СТЕПАНОВИЧ

[631.44+631.48+504:025.4.03]

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ПРАКТИКА ІНФОРМАЦІЙНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА

11.00.05 – біогеографія і географія ґрунтів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора географічних наук

Львів – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка, Міністерство освіти і науки України

Науковий консультант: доктор географічних наук, професор **ПОЗНЯК Степан Павлович**, Львівський національний університет імені Івана Франка, професор кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів.

Офіційні опоненти: доктор географічних наук, професор **ТОПЧІЄВ Олександр Григорович**, Одеський національний університет імені І .І. Мечникова, завідувач кафедри економічної та соціальної географії;

доктор географічних наук, професор **ФЕСЮК Василь Олександрович**, Волинський національний університет імені Лесі Українки, завідувач кафедри фізичної географії;

доктор географічних наук, професор **СТЕЦЮК Володимир Васильович,** Київський національний університет імені Тараса Шевченка, професор кафедри землезнавства та геоморфології.

Захист відбудеться «18» березня 2021 року о 10 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 35.051.08 у Львівському національному університеті імені Івана Франка за адресою: 79000, м. Львів, вул. П.Дорошенка, 41, ауд. 69.

З дисертацією можна ознайомитися у науковій бібліотеці Львівського національного університету імені Івана Франка за адресою: 79005, м. Львів, вул. Драгоманова, 5.

Автореферат розісланий «___» _____ 2021 року

Учений секретар спеціалізованої вченої ради А. А. Кирильчук

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми дослідження. У двадцять першому столітті суспільство вступило в етап розвитку, для якого характерний новий спосіб виробництва – інформаційний. Це пов'язано, перш за все, з процесами інформатизації, впровадження інформаційних технологій в різні сфери життя. Інформація стає основою генерування ідей, основою комунікацій та виробництва. Сьогодні поняття інформації є одним з фундаментальних не тільки в науці про інформацію, але і в інших галузях науки, зокрема і в ґрунтознавстві. Розвиток нового напрямку організації та аналізу ґрунтових даних на основі автоматизованих інформаційних систем зумовив використання в ґрунтознавстві нових підходів і методів запозичених з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, значно розширюється словник понять з математичної галузі. Це неминучий і необхідний для ґрунтознавства процес, що сприяє підвищенню її ефективності в зв'язку з використанням сучасних досягнень цих порівняно нових дисциплін.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю формулювання базових понять нового напряму в ґрунтознавстві – інформаційного ґрунтознавства. Важливо визначити об'єкт, предмет та основні завдання цього напрямку, здійснити аналіз методологічних підходів, які використовуються або можуть бути використані в інформаційному ґрунтознавстві.

Базовою одиницею інформаційного ґрунтознавства є інформаційна модель ґрунту, принципи якої ґрунтуються на тому, що ґрунт, як самостійне природно-історичне тіло, утворилося на певній стадії розвитку матерії, за своїм структурно-речовинним складом генетично пов'язане з усіма попередніми етапами розвитку планети Земля, і містить інформацію в різних формах про стадії свого розвитку. В процесі свого виникнення і розвитку, ґрунт формує так звану внутрішню інформаційну модель, яка є цілісною багатоступінчастою організованою інформаційною системою і містить інформацію про всі стадії розвитку матерії – від космічної до соціальної. Запропонована вдосконалена і модифікована власна класифікація ґрунтової інформації, яка за своєю природою ділиться на два класи: матеріальна та ідеальна. Серед матеріальної виділяють три різні типи ґрунтової інформації: абіотичну, біотичну і соціогенну. Тип імперичної інформації поділяємо на емпірично-землеробну, експериментальне ґрунтознавство і теоретичне ґрунтознавство.

Ядро інформаційного ґрунтознавства як прикладного наукового напряму складають інформаційні технології або прикладна ґрунтова

інформатика – сукупність конкретних технічних і програмних засобів, за допомогою яких виконуються різноманітні операції з обробки ґрунтових даних. Відомо, що інформація про ґрунти життєво необхідна для того, щоб приймати рішення щодо підвищення ефективності землекористування, захисту навколишнього середовища, довгострокового планування в сфері управління ґрунтовими ресурсами. Сучасні тенденції розвитку ґрунтознавства зумовлюють необхідність розробки нових підходів до аналізу ґрунтових ресурсів в Україні, в той же час сучасні засоби комп'ютерного моделювання дозволяють ефективно вирішувати завдання кількісного опису складних динамічних систем. З допомогою сучасних інформаційних технологій проводять просторовий статистичний аналіз, виконують алгоритмізацію процедур класифікації ґрунтів і багато іншого – від побудови системи інформативних ознак діагностики до розпізнавання нових об'єктів, оцінки якості та порівняння класифікацій різних наукових систем.

Актуальність проведених досліджень підтверджується появою нових методів отримання ґрунтових даних, що зумовлено розвитком цифрових технологій, зокрема використанням сучасних даних дистанційного зондування Землі, методів геостатистики, педометрики і цифрового ґрунтового картографування. З огляду на це важливо дослідити теоретичні аспекти створення ґрунтової інформаційної системи і провести апробацію такої системи з можливістю застосування в прикладних цілях.

Можна стверджувати, що незважаючи на величезний матеріал, накопичений багаторічними дослідженнями вітчизняного генетичного ґрунтознавства, на сьогоднішній день в Україні не існує єдиної інформаційної системи, яка б могла слугувати достовірною основою систематизації ґрунтових даних і забезпечувати систему контролю використання ґрунтових ресурсів, оцінку ґрунтів і сільськогосподарської продукції тощо. Це вказує на актуальність проведеної нами роботи, адже існує гостра необхідність створення ефективної ґрунтової інформаційної системи, яка стала б результатом систематизації і узагальнення великої кількості ґрунтових даних на різних рівнях структурної організації в поєднанні з всіма природними чинниками.

Тому, таке активне втілення новітніх інформаційних технологій у ґрунтознавчу науку зумовило формування окремого наукового напряму – інформаційного ґрунтознавства.

Актуальність проблеми, її теоретичне та практичне значення визначили об'єкт, предмет, мету, завдання, методику, наукову новизну, практичну цінність виконаних досліджень.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрям досліджень тісно пов'язаний з кафедральними державними бюджетними темами 0113U003050 «Створення цифрової картографічної бази даних ґрунтового покриву України» (ВГ-144П, 2012-2014 рр.), 0115U003247 "Ґрунтово-географічне районування України" (ВГ-03, 2014-2016 рр.), кафедральними темами "Структурно-функціональні властивості ґрунтів Західного регіону України" (2011–2013 рр.), "Ґенеза, географія та екологія ґрунтів" (2014–2016 рр.) та "Морфогенез ґрунтів Львівської області" (2017–2019 рр.). За результатами держбюджетної теми 0113U003050 «Створення цифрової картографічної бази даних ґрунтового покриву України» векторизовано карту ґрунтів реального масштабу 1:200 000 на всю територію України, також сформовану ґрунтову базу даних. За результатами держбюджетної теми 0115U003247 "Ґрунтово-географічне районування України" векторизовано карту таксономічних одиниць ґрунтово-географічного районування України.

Проведені дослідження тісно пов'язані із міжнародними науковими проектами (2008-2020 рр.), участь в яких дозволила на якісно новому рівні застосовувати сучасні ГІС-підходи для аналізу ґрунтових даних і розробки тематичних інформаційних систем. Отриманий досвід наукового синтезу даних із застосуванням сучасних ГІС-методів для просторового аналізу природних об'єктів і явищ, формування і роботи з інформаційними моделями, створення прикладних інформаційних систем тощо.

Представлена робота повністю відповідає стратегії збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами України розробленій згідно з Указом Президента України № 504/2011, а також концепції державної цільової програми розвитку земельних відносин та національної інфраструктури геопросторових даних в Україні на період до 2030 року (проект розпорядження Кабінету Міністрів України від 06.07.2020).

Мета і завдання дослідження. Основна мета дисертаційної роботи полягає у комплексному аналізі інформаційної моделі ґрунту та підходів до інтерпретації ґрунтової інформації, формулювання теоретичних, методологічних і понятійних категорій наукового напряму інформаційного ґрунтознавства, розробці методів формалізації основних понять предметної області ґрунтознавства, необхідних для переходу від візуально доступних форм зберігання ґрунтових даних до електронних форм, а також створення просторово-семантичної моделі опису ґрунтів у вигляді ґрунтової інформаційної системи.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення наступних **завдань:**

1) формалізувати і дати визначення основним науковим категоріям і понятійному апарату інформаційного ґрунтознавства, як окремого напряму в ґрунтознавстві;

2) визначити основні методи дослідження інформаційного ґрунтознавства і встановити особливості нормативно-правового регулювання інформаційного забезпечення в ґрунтознавстві;

3) провести аналіз сучасного стану зарубіжних і вітчизняних розробок в галузі використання інформаційних технологій для роботи з ґрунтовими даними, а також дослідити існуючі моделі їх опису і формалізації;

4) виконати інформаційний аналіз документів предметної області дослідження, оцінити проблеми і можливості переходу від візуальних форм зберігання ґрунтових даних до електронних;

5) розробити інформаційну модель опису ґрунту для зберігання і обробки даних, і запропонувати систему формалізації різнорідних ґрунтових даних та створити структуру бази даних;

6) в одній із відкритих ГІС-аплікацій спроектувати і розробити регіональну ґрунтову інформаційну систему як засіб формалізації ґрунтових даних на різних організаційних рівнях, а також прикладний інструмент для вирішення окремих технологічних завдань в ґрунтознавстві і землекористуванні;

7) встановити принципи побудови та функціонування різнотематичної цифрової ґрунтової інформації та можливості прикладного застосування.

Об'єктом досліджень є наукові категорії і ключові поняття інформаційного ґрунтознавства, як нового напряму в ґрунтознавстві, а також ґрунтова інформаційна система як базова одиниця інформаційного ґрунтознавства.

Предметом досліджень є інформаційна модель опису ґрунту як самостійного природного тіла, історична інтерпретація ґрунтової інформації, виокремлення та характеристика об'єкту, предмету і методів дослідження інформаційного ґрунтознавства, аналіз сучасних ґрунтових інформаційних систем і розробка підходів до створення та функціонування прикладної ґрунтової інформаційної системи.

Методологія та методи дослідження. Дисертаційне дослідження виконане із застосуванням загальнонаукових методів пізнання та спеціальних методів ґрунтознавства та прикладної інформатики.

В роботі використані сучасні методи пошуку і аналізу інформації, проектування та побудови моделей, перетворення та кодування інформації для її подання в цифрових форматах, методи програмування в комплексі з методами ГІС-аналізу з метою створення регіональної ґрунтової інформаційної системи.

Теоретичною основою дисертації стали роботи вітчизняних та закордонних вчених-ґрунтознавців у напрямку накопичення і формалізації регіональних ґрунтових даних: А. Д. Балаєва, М. Д. Волощука, В. Г. Гаськевича, М. Д. Гродзинського, Г. І. Денисика, Ю. М. Дмитрука, Г. В. Добровольського, М. Г. Кіта, А. А. Кирильчука, І. П. Ковальчука, Є. Н. Красєхи, А. І. Кривульченка, В. В. Медведєва, В. І. Михайлюка, З. П. Паньківа, В. М. Петліна, С. П. Позняка, В. В. Стецюка, Ф. П. Топольного, Р. С. Трускавецького, В. О. Фесюка, С. Г. Чорного та інших, а також у напрямку розробки і функціонування інформаційних систем, в тому числі і ґрунтових: С. А. Балюка, Р. Дудала, Т. М. Лактіонової, М. М. Мірошниченка, К. Омуто, Дж. Пападакіса, І. В. Пліско, П. Санчез, О. О. Світличного, В. Ф. Ситника, Н. П. Сорокіної, П. Темпель, О. Г. Топчієва та інших.

Емпіричну основу дослідження становлять результати власних досліджень проведених впродовж останніх 20 років на базі кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка, експериментальні дані виконані в науково-дослідній лабораторії НДЛ-50 цього ж університету за участю здобувача впродовж 2000–2020 років, картографічні матеріали використані з фондів державного підприємства «Львівський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою». Використані результати, отримані здобувачем як одним з виконавців, державних бюджетних тем 0113U003050 «Створення цифрової картографічної бази даних ґрунтового покриву України» (2012-2014 рр.) і 0115U003247 "Ґрунтово-географічне районування України" (2014-2016 рр.) та власний практичний досвід отриманий під час реалізації наукових міжнародних проектів (2008-2020 рр.).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у розробці концептуальних підходів та обґрунтуванні теоретико-методологічних основ інформаційного ґрунтознавства.

Новизна дисертаційного дослідження охоплює основні наукові положення, які виносяться на захист, а саме:

Вперше:

- запропоновано визначення інформаційного ґрунтознавства як нового напряму науки про ґрунти, який включає систему

впорядкування, збору, зберігання і аналізу даних про ґрунти на різних ієрархічних рівнях, отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання й збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, екологічних, економічних і правових вимог;

- визначено предмет дослідження інформаційного ґрунтознавства, який охоплює всі аспекти функціонування інформації, а саме: процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; способи управління інформаційними процесами; загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій в ґрунтознавстві;
- введено поняття системи координат ґрунтових об'єктів (або ґрунтової системи координат). Ґрунтуючись на природній ієрархії ґрунтів систематизовано ґрунтові об'єкти вертикальної будови ґрунтів (розрізи (профілі), горизонти (шари), морфони, зразки) і просторові ґрунтові об'єкти (площинні (контури, полігони), лінійні (трансекти, катени), точкові (профілі, розрізи). Розроблена ґрунтова система координат дозволяє визначити положення ґрунтового об'єкта в просторі серед інших складових елементів будови ґрунтового тіла і має вигляд набору індексів (координат), що конкретизують приналежність показника властивості ґрунту до одного з ґрунтових об'єктів ґрунтової системи координат;
- виконано математичну інтерпретацію опису ґрунтового профілю у вигляді асоційованого масиву показників властивостей ґрунтів, що дозволяє встановлювати зв'язки між елементами будови ґрунту і їхніми показниками через формальні логічні відносини;
- розроблено систематизований перелік показників з допомогою яких описують ґрунтові розрізи і окремі генетичні горизонти. Перелік складається з двох окремих інформаційних блоків: показники, які характеризують місце розташування розрізу, природні умови (чинники ґрунтоутворення), польову характеристику ґрунту, включно з описом основних морфологічних властивостей; показники, які описують властивості окремих генетичних горизонтів або шарів ґрунту (морфологічні, фізичні, фізико-хімічні);
- розроблена регіональна ґрунтова інформаційна система, яка містить дані про ґрунти Львівської області, впорядковані архівні дані обстежень і забезпечує можливість внесення, зберігання та опрацювання великої кількості фактичних ґрунтових даних.

Удосконалено:

- модель ґрунтових даних, яка передбачає поділ ґрунтових об'єктів на аксіоматичні об'єкти (елементарний ґрунтовий ареал, профіль і горизонт) і дуальні або похідні об'єкти (ґрунтовий контур, морфон, конкреція, новоутворення);
- формалізацію постійних і стійких зв'язків між ґрунтовими об'єктами різного рівня, що дозволило розробити стандарти і сформувати метадані як базові складові ґрунтової інформаційної системи;
- принцип квантування ґрунтової інформації, який полягає в організації ґрунтової інформації у вигляді однорідних структурних елементів з стандартизованими внутрішніми зв'язками, які зберігаються у різних формах – вербальній, візуальній або цифровій. Принцип використано для побудови інформаційної моделі опису ґрунтових даних, яка поєднує в єдиному інформаційному просторі формалізовану семантичну інформацію показників властивостей ґрунтів з просторовими характеристиками;
- поняття мінімальної інформаційної ґрунтової одиниці, яка характеризує найменший однорідний набір інформаційних елементів, що поєднує комплекс ґрунтових показників і ґрунтових об'єктів. Саме цей показник є базовою одиницею семантичної моделі опису ґрунту і є однорідним інформаційним елементом, який складається з індексованого показника властивості ґрунту і типу ґрунтового об'єкта;
- просторово-семантичну інформаційну модель як індексований масив дискретних даних, яка дозволяє використовувати показники ґрунту спільно з визначеними показниками профілю чи горизонту в одній системі координат;
- концептуальну структуру ґрунтових даних в ґрунтовій інформаційній системі, а саме включено додатковий ієрархічний рівень, який визначається таксономічною ґрунтовою одиницею і залежить від масштабу ґрунтово-картографічного знімання.

Набули подальшого розвитку:

- відкритість програмного забезпечення в якому розроблена ґрунтова інформаційна система Львівської області дозволяє створювати нові або вдосконалювати розроблені інструменти, виконувати модифікацію алгоритмів обробки даних. В подальшому користувачі можуть модифікувати окремі компоненти програми під власні прикладні завдання.

- розроблені підходи до обліку ґрунтової інформації, а саме створення векторних ґрунтових карт і оцифрування матеріалів великомасштабних ґрунтових обстежень в комплексі із профільними ґрунтовими даними.
- систематизований перелік показників з допомогою яких описують ґрунтові розрізи і окремі генетичні горизонти може доповнюватись користувачем у випадку наявності додаткових ґрунтових властивостей. Також це стосується показників, які характеризують місце розташування розрізу, природні умови (чинники ґрунтоутворення), польову характеристику ґрунту, включно з описом основних морфологічних властивостей.
- використання інструменту, який дозволяє використовувати розроблену ґрунтову інформаційну систему на мобільних пристроях (смартфонах). З допомогою QField здійснюють збір і наповнення бази даних ґрунтової інформаційної системи.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблена ґрунтова інформаційна система Львівської області забезпечує можливість внесення, зберігання і опрацювання великої кількості фактичних ґрунтових даних. В основі цієї інформаційної системи лежить розроблена модель бази даних, яка поєднує в єдину систему показники, що описують властивості ґрунтів, із об'єктами, які формують ґрунтове тіло. Такий підхід дозволяє забезпечити зв'язок між показниками і об'єктами за допомогою формальної логіки із використанням набору певних алгоритмів, що дозволяє опрацьовувати великі масиви інформації. Завдяки концепції мінімальної інформаційної ґрунтової одиниці, що відіграє роль своєрідного кванта ґрунтової інформації, розроблено відкриту ґрунтову інформаційну систему Львівської області. Крім того розроблена інформаційна система забезпечує повноцінний опис ґрунтового розрізу у вигляді, в якому він існував на паперовому носії, тим самим зберігаючи всі смислові і логічні зв'язки між ґрунтовими показниками та об'єктами. Ще однією перевагою розробленої моделі є відкритість програмного забезпечення, можливість персоналізації інтерфейсу, збереження алгоритмів обробки даних і отримання інформації при зміні набору індексованих показників тощо. Вирішене важливе завдання обліку ґрунтової інформації, об'єднання даних різної тематики, використання в якості основи цифрових ґрунтових карт і матеріалів великомасштабних ґрунтових обстежень Львівської області.

Розроблена інформаційна система дозволяє опрацьовувати будь-який числовий показник властивостей ґрунту і створювати тематичні

картосхеми просторової зміни цих властивостей на різних глибинах в межах визначеної території. Крім того, використовуючи загальноприйняту методику, спеціально розроблений інструмент інформаційної системи швидко і ефективно виконує нормативну грошову оцінку земель сільськогосподарського призначення. В інструменті поєднуються принципи просторового ГІС-аналізу і математичні алгоритми, що дозволяє ефективно використовувати формалізовану просторову і семантичну інформацію.

Беззаперечною є прикладна цінність розробленого інформаційного інструменту, що підтверджується отриманими листами-довідками про впровадження результатів наукових досліджень в практику діяльності державного підприємства «Львівський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» та районних підрозділів Держгеокадастру України.

Результати наукових досліджень впроваджуються у навчальний процес підготовки бакалаврів та магістрів за спеціальністю «Науки про Землю» (спеціалізації «Грунтознавство і експертна оцінка земель», «Грунтознавство і управління земельними ресурсами») на географічному факультеті Львівського національного університету імені Івана Франка.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійною науковою працею, в якій висвітлені ідеї та розробки, що належать особисту автору роботи. У процесі дисертаційного дослідження вони забезпечили реалізацію поставлених завдань. У роботі містяться концептуальні положення, методичні підходи, висновки, сформульовані здобувачем наукового ступеня. Основні теоретичні положення та практичні висновки, які складають наукову новизну дослідження, отримані дисертантом особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні результати наукових досліджень доповідались та обговорювались на з'їзді Товариства грунтознавців і агрохіміків України (Харків, 2006), вітчизняних і зарубіжних наукових конференціях і семінарах, зокрема матеріали міжнародних науково-практичних конференцій: «21st. European Regional Conference: Integrated land and water resources management: towards sustainable rural development» (Франкфурт на Одері, Німеччина, 2005), «Critical Areas in a Landscape: From Theory to Mapping and Management» (Тбілісі, Грузія, 2005), «ГІС-Форум 2006» (Київ, 2006), матеріали міжнародної конференції «Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance» (Тбілісі, Грузія, 2017), «Cool forests at risk? The critical role of boreal and mountain ecosystems for people, bioeconomy, and climate» (Лаксенбург, Австрія, 2018), а також

звітних наукових конференціях Львівського національного університету імені Івана Франка (2004–2018 рр.).

Публікації. На тему дисертаційної роботи опубліковано 36 наукових праць загальним об'ємом 49,4 ум. друк. арк. (автору належить 32,4 ум. друк. арк.), з них – 1 монографія, 1 розділ монографії. У фахових наукових виданнях, рекомендованих ДАК Міністерства освіти і науки України − 15 статей, у закордонних наукових виданнях – 10 статей, в інших наукових виданнях – 5 статей, а також 6 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура і обсяг дисертації. Дисертація викладена на 346 сторінках машинописного тексту. Складається з анотації, переліку умовних позначень та скорочень, вступу, восьми розділів, висновків, списку використаних джерел (258 позицій, з яких 159 іноземною мовою), додатків, ілюстрована 20 таблицями, 51 рисунками. Додатки обсягом 52 сторінки. Загальний обсяг дисертації 398 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У першому розділі «Історична інтерпретація ґрунтової інформації» досліджено історичні етапи накопичення та формалізації інформації про ґрунти. Встановлено, що джерела та види інформації про ґрунт змінювались та вдосконалювались в процесі розвитку людської цивілізації. Модель опису ґрунту пройшла складну історичну трансформацію і завдяки розвитку сучасних інформаційних технологій вийшла на якісно новий рівень, що підтверджується працями багатьох вчених.

Проведено детальний аналіз історичних етапів розвитку ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт. Визначено, що першим кроком на шляху систематизації накопиченої інформації є формування цифрової бази даних векторних ґрунтових картографічних матеріалів у вигляді карт з впорядкованими атрибутивними даними та метаданими.

Досліджено еволюцію моделі математичного опису ґрунту як самостійного природного тіла. Рівняння, яке було запропоноване Докучаєвим і вдосконалене Йенні, сприяло появі ґрунтових фізико-математичних моделей – уявлень про ґрунти, заснованих на виявленні кількісних взаємозв'язків фізичних показників властивостей ґрунтів з використанням математичного апарату безперервних аналітичних або статистичних функцій. Фактично це була перша спроба вирішення проблеми побудови інформаційної моделі ґрунту.

Розділ 2 «Аналіз сучасних ґрунтових інформаційних систем країн світу» складається з семи підрозділів, в яких проведено детальний

аналіз різних ґрунтових баз даних та інформаційних систем, зокрема досліджено, що міжнародна ґрунтова інформаційна система SOTER, європейська EUROPEAN SOIL DATABASE, інформаційна система Сполучених Штатів Америки NASIS, канадська CANSIS цифрові моделі ґрунтів розроблені із використанням зв'язків реляційних баз даних, ГІС-методів і можливостей глобальної мережі Інтернет. Вони дозволяють здійснювати моделювання окремих ґрунтових процесів, знаходити оптимальні та оперативні рішення щодо трансформації систем землекористування, контролювати і передбачати результати впливу людини на навколишнє середовище. Також виявлені недоліки, до яких відносимо відсутність стандартизації методів вивчення ґрунтових властивостей, що ускладнює гармонізацію даних для використання в рамках єдиних баз даних. Існує необхідність продовження робіт по формалізації інформаційного ґрунтознавства з використанням багатого досвіду, накопиченого ґрунтознавцями впродовж всієї історії людства.

У третьому розділі «Теоретичні основи наукового напряму інформаційного грунтознавства» визначено, що в ґрунтознавстві широко застосовують нову термінологію запозичену з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, значно розширюється словник понять з математичної галузі. Розглянуто базові поняття інформаційного ґрунтознавства – інформація, дані і знання.

Встановлено, що ґрунт, як самостійне природно-історичне тіло містить в різних формах інформацію про стадії свого розвитку і формує так звану внутрішню інформаційну модель, яка є цілісною багатоступінчастою організованою інформаційною системою. Запропонована вдосконалена і модифікована класифікація ґрунтової інформації, яка за своєю природою ділиться на два класи: матеріальна та ідеальна. Серед матеріальної виділяють три різні типи ґрунтової інформації: абіотичну, біотичну і соціогенну. Тип імперичної інформації поділяємо на емпірично-землеробну, експериментальне ґрунтознавство і теоретичне ґрунтознавство. Об'єм імперичного типу інформації стрімко зростає, що призводить до так званих інформаційних вибухів. Лише минуле століття дало близько 70% наукових знань і понад 90% накопиченої науково-технічної інформації. В даний час налічується, щонайменше 2000 різних наукових дисциплін, кожна з яких поділяється на окремі наукові галузі.

Встановлено, що інформаційне ґрунтознавство – це прикладний науковий напрям науки про ґрунти, який вивчає структуру і загальні властивості ґрунтової інформації, закономірності її створення, передачі та використання у різних сферах діяльності людини і суспільства, а

також володіє системою отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання і збалансованого використання, відтворення та управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, економічних і правових вимог.

Прикладною метою інформаційного ґрунтознавства є розробка ефективніших методів використання інформаційних потоків і визначення шляхів оптимізації процесів практичного використання різноманітної ґрунтової інформації.

Головним завданням цього наукового напряму є систематизація прийомів та методів роботи з апаратними та програмними засобами обчислювальної техніки з метою створення, аналізу та зберігання інформації про ґрунт, його властивості та ґрунтові процеси. Мета систематизації полягає у тому, щоб відокремити, впровадити та розвинути передові ефективні технології автоматизації етапів роботи з даними, а також методично забезпечити нові технологічні дослідження в ґрунтознавстві.

Головною функцією інформаційного ґрунтознавства є обґрунтування засобів і методів технологічного забезпечення інформаційних процесів, зокрема якісної зміни природи їхнього перебігу на основі застосування сучасних засобів обчислювальної і телекомунікаційної техніки, математичного моделювання та програмного управління.

Об'єктом вивчення інформаційного ґрунтознавства є інформація про ґрунт, його властивості і процеси у всіх її проявах і формах. Предметом дослідження є всі аспекти функціонування інформації, а саме: процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; способи управління інформаційними процесами; загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій у ґрунтознавстві.

Оскільки інформаційне ґрунтознавство є прикладним науковим напрямом, тому основним методом пізнання і відображення інформації про ґрунт є практика, підкріплена теоретичними дослідженнями і розрахунками. Здобутки інформаційного ґрунтознавства необхідно перевіряти на практиці і приймати в тих випадках, коли вони відповідають критерію підвищення ефективності.

Аналіз нормативного забезпечення показав, що в Україні на достатньому рівні розроблена законодавча база з питань розвитку інформаційних технологій в управлінні та охороні ґрунтових ресурсів,

проте чітко простежується необхідність вдосконалення нормативно-правової бази, інформаційного і організаційного забезпечення з метою інвентаризації ґрунтово-земельних ресурсів, виконання землевпорядних робіт і проектів, формуванням ринку земель, бонітування і проведення земельно-оцінювальних робіт, впровадження адаптивно-ландшафтних систем землеробства і ринкових механізмів в сільському господарстві.

У четвертому розділі «Географічні інформаційні системи як основа аналізу ґрунтових ресурсів» доведено, що застосування ГІС в ґрунтознавстві відкриває додаткові можливості просторового аналізу ґрунтів, їх властивостей і процесів на якісно новому науковому рівні, дає змогу здійснити цифрове картографування ґрунтів, дати наукову оцінку ґрунтовим ресурсам, запровадити сучасні методи досліджень ґрунтів в агрономії, земельному кадастрі, моніторингу і охороні ґрунтів. На прикладі дослідження ґрунтових ресурсів нами описано технологічний механізм картографічного методу дослідження в ГІС.

Серед основних функціональних можливостей ГІС виділяють: внесення в комп'ютер цифрових даних; перетворення даних, трансформація картографічних проекцій, конвертація даних в різні формати; зберігання та менеджмент даними; картометричні операції; розробка ГІС-аплікацій (рис. 1).

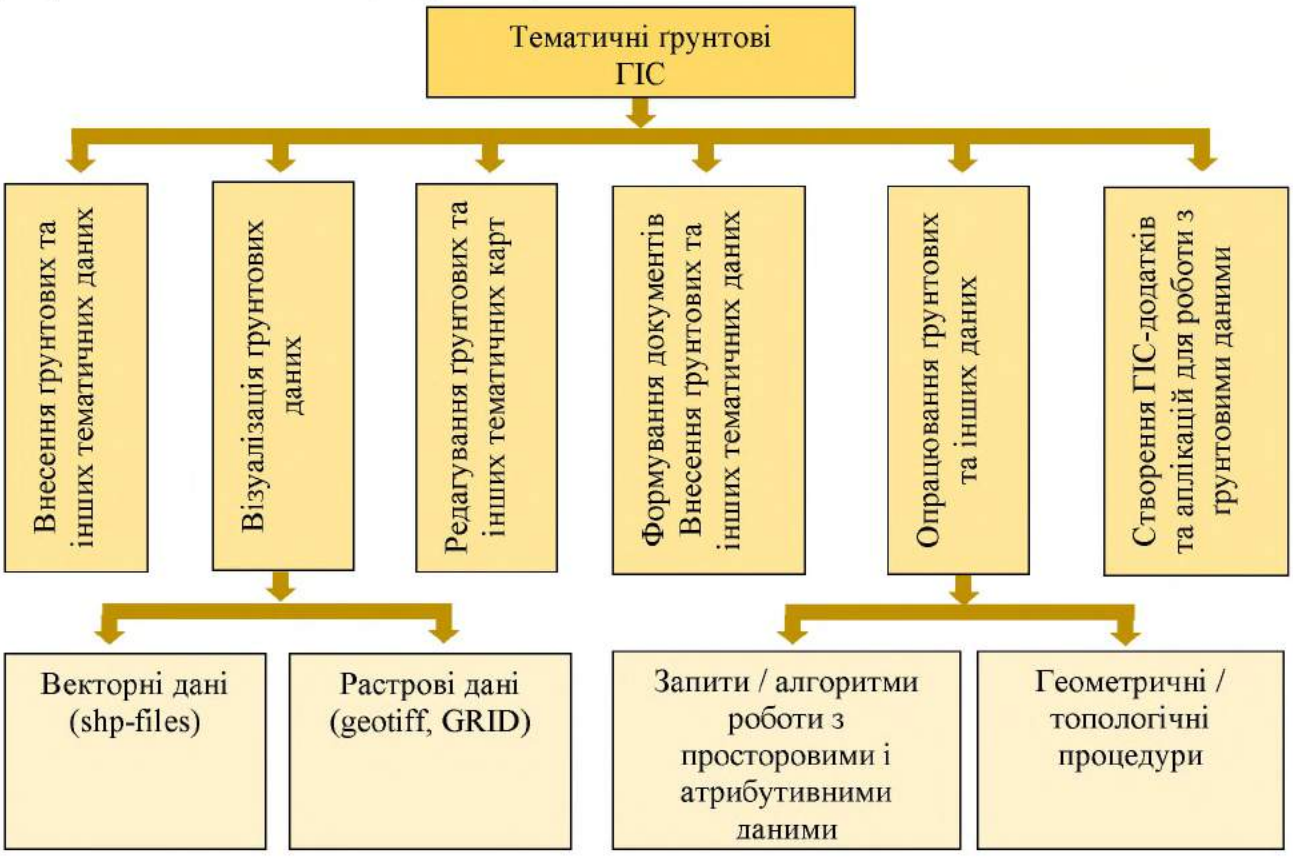


Рисунок 1. Функції тематичних ґрунтових ГІС.

Сучасні геоінформаційні технології володіють найбільш досконалим інструментарієм для розробки просторово-розподілених математичних ґрунтових моделей. Просторове моделювання засобами ГІС дозволяє з меншими витратами відтворити процеси взаємодії реального об'єкта і зовнішнього середовища та виявити критерії оптимізації цієї взаємодії. Просторове моделювання є обов'язковим компонентом при управлінні ґрунтовими і земельними ресурсами певної території, прогнозуванні ефективності управління тощо.

У п'ятому розділі «Ґрунтова інформаційна система – базова одиниця інформаційного грунтознавства» встановлено, що ґрунтова інформаційна система – це інформаційна система, створена з метою вивчення, планування і прийняття оптимальних рекомендацій і рішень стосовно використання ґрунтів, управління ґрунтовими ресурсами на регіональному, національному і глобальному рівнях, і яка складається з семантичного і геоінформаційного набору даних.

Дослідження сучасного стану зарубіжних і національних напрацювань в галузі використання інформаційних технологій для роботи з ґрунтовими даними показало, що найбільш актуальними є ґрунтові інформаційні системи третього покоління, в яких присутні три компоненти: геоінформаційні системи, що дають можливість працювати з просторовими даними; реляційні бази даних, що забезпечують функціональність роботи з великою кількістю морфологічних, фізичних і фізико-хімічних показників властивостей ґрунтів; використання методів дистанційного аналізу, зокрема мереж інтернет і мобільних пристроїв, що забезпечує мобільний доступ до системи. Такі системи використовують для прогнозування і моделювання ґрунтових процесів, під час проведення ґрунтових досліджень, таких як прогнозування ерозійної небезпеки, вивчення хімічної, біологічної та фізичної деградації ґрунтів, оцінка ґрунтових ресурсів, контроль за врожаями і продуктивністю лісів, дослідження глобальних змін ґрунту, моніторинг за зрошенням і осушенням, агроекологічне та інші районування, розрахунок ризиків посухи тощо.

Створення ґрунтової інформаційної системи складається з великих організаційних блоків: підготовчий етап; збір вимог до системи і формування завдань; проектування системи; тестування і реалізація системи; експлуатація і технічний супровід.

Практика показує, що в ґрунтових інформаційних системах найчастіше застосовують пошаровий і об'єктно-орієнтований підходи організації геопросторових даних, кожен з яких має свої переваги і недоліки.

Пошаровий принцип організації просторових даних дозволяє ефективно оперувати групами об'єктів, які згруповані в один шар (або в набори шарів) за певною ознакою (семантичною приналежністю об'єкта, значенням атрибутів, кількісною та якісною характеристикою тощо). Вибір пошарового підходу передбачає об'єднання в єдиній ГІС моделі різнорідних семантичних даних, які містилися в наборі вихідних картографічних матеріалів різної тематики.

Об'єктно-картографічний підхід передбачає організацію позиційних (геометричних, топологічних) даних методом їх групування в різних шарах тематичних картографічних даних. Всі інші характеристики об'єктів ГІС (семантичні, атрибутивні) зберігаються окремо, в атрибутивній базі даних, яка є невід'ємною частиною бази даних і називається атрибутивною складовою бази даних. В структурі бази даних проводять уніфікацію концептуального уявлення семантично різнорідних даних про об'єкти відповідно до змісту карт і в першу чергу їх легенд, наочно відображають предметну область всієї різноманітності та ієрархії об'єктів місцевості. При визначенні змісту об'єктів і картографічних шарів слід враховувати також технологічні аспекти: зручність внесення даних (позиційних і атрибутивних), можливість групового кодування і прописування атрибутів тощо. Також потрібно враховувати специфіку вирішення найбільш типових аналітичних задач ГІС, які виконують з певними групами просторових об'єктів.

Розробка ґрунтової інформаційної системи окрім ґрунтової картографічної моделі вимагає використання інших базових моделей (наприклад, топографічної, геологічної, землевпорядної та інших цифрових карт). При традиційному підході, коли успадковується структура вихідних класифікаторів, структура уніфікованих даних в такій базі даних має вигляд набору певних груп даних про об'єкти відповідно до тематики використаних цифрових карт. Кожній з цих груп притаманні певні принципи організації, які передбачені в спеціальних класифікаторах. Розподіл всіх об'єктів бази даних у вигляді файлів і шарів здійснюється відповідно до типових завдань і запитів ґрунтової інформаційної системи з одночасним забезпеченням наочності і зручності читання просторових даних, при цьому ставиться завдання максимально виключити перевантаженість візуального сприйняття цих просторових даних. Інформаційною основою бази даних ґрунтових інформаційних систем служить сукупність даних, що містять такі характеристики об'єктів місцевості як позиційні (геометричні та топологічні) і атрибутивні (якісні і кількісні). Такі дані організовано як сукупність позиційних характеристик, що належать до різних груп

об'єктів бази даних (файли картографічних шарів) і пов'язаних з ними таблиць, що описують семантичну і атрибутивну сутність кожного об'єкта.

До основних недоліків методів переведення ґрунтових даних з аналогової в цифрову форму, зберігання даних, а також створення на їх основі атрибутивних ґрунтових баз даних відносять втрату частини даних на етапі внесення, спотворення і складність інтерпретації інформації на етапах обробки і виведення, що часто зумовлює використання так званих «ручних методів» роботи з ґрунтовими даними. Доведено, що електронні форми зберігання даних в формі баз даних є не тільки засобом зберігання формалізованих ґрунтових даних, а й інструментом, який дозволяє описувати закономірні відносини між ґрунтовими об'єктами в ґрунтознавстві.

У шостому розділі «Проектування та створення ґрунтової інформаційної системи» встановлено, що одним із важливих завдань інформаційного ґрунтознавства є створення стандартів для впорядкування та опису ґрунтових об'єктів і ознак, розробка метаданих, які містять характеристики ґрунтових об'єктів і ознак з метою їх ідентифікації, пошуку, оцінки та управління ними.

Різноманітність властивостей ґрунтів, конкретні показники яких можна узагальнити терміном «ознаки», визначаються їх природою, а також цілями і методами досліджень. Оскільки саме завдяки ознакам ми діагностуємо різні ґрунтові об'єкти, тому виникає необхідність їх систематизації технологічними засобами з використанням системних підходів. Також така необхідність зумовлена вимогами інформаційних систем, оскільки використання ознак в ґрунтових інформаційних системах вимагає точного визначення типу значень ґрунтових показників. Для систематизації застосовано метод створення шкал ознак з поділом за кількісними і якісними параметрами. В основу виділення шкал покладено принцип допустимості перетворень значень ознак, включно із визначенням допустимих математичних операцій і методів обробки цих ознак. Допустимість означає, що перетворення не змінює основних властивостей ознаки, зокрема, результати деяких математичних операцій і відношення значень ознаки зберігаються.

Важливо здійснити формалізацію окремих показників ознак ґрунту. Зокрема, показник властивості ґрунту – це поняття, що характеризує будь-яку властивість об'єкта і розкриває фізичну суть показника властивості ґрунту, наприклад, для ґрунтового профілю це можуть бути географічні координати місця закладення розрізу, класифікаційне положення ґрунтів, мікрорельєф; для ґрунтового горизонту –

забарвлення, індекс горизонту, вміст гумусу, гранулометричний склад; для морфологічного елемента – тип новоутворення чи включення, рослинні залишки; для ґрунтового зразка – вміст гумусу, щільність будови, ступінь насичення основами тощо. Варто зазначити, що назви горизонтів, наприклад, НЕ, Нр, Eh, Р також є показниками, а не об'єктами.

Для подальшого опису семантичної інформаційної моделі ґрунту важливим є розуміння ґрунтового об'єкта, як базової одиниці цієї моделі. Під ґрунтовим об'єктом розуміємо певний елемент ієрархічної будови ґрунту, який вважаємо умовно однорідною складовою ґрунтового тіла і, відповідно, який характеризується певним набором показників властивостей ґрунту. Введено поняття ґрунтової системи координат або системи координат ґрунтових об'єктів. Систематизовано ґрунтові об'єкти вертикальної будови грунтів (розрізи (профілі), горизонти (шари), морфони, зразки) і просторові ґрунтові об'єкти (площинні (контури, полігони), лінійні (трансекти, катени), точкові (профілі, розрізи) (табл. 1).

Таблиця 1.

Ієрархічні рівні і типи ґрунтових об'єктів

		Тип (ID_Type)							
Градація ID_Grade	**Рівень ID_Level**	POLYPEDON	INCISION	PROFILE	LAYER	STRATUM	MORPHON	MORPH. ELEMENT	SAMPLE
0	**1**	***ЕГА***							
1	**1**		***Розріз***						
	2			***Профіль***					
2	**1**				***Горизонт***				
	2					***Шар***			
	3						***Морфон***		
3	**1**							***Морф. елемент***	
	2								***Зразок***

Розроблена ґрунтова система координат дозволяє визначити положення ґрунтового об'єкта в просторі серед інших елементів будови ґрунтового тіла і має вигляд набору індексів (координат), що конкретизують приналежність показника властивостей ґрунту до одного з ґрунтових об'єктів ґрунтової системи координат. Просторовий комплекс властивостей ґрунтів в базі даних описується за допомогою індексованих показників властивостей ґрунтів, а саме набору ідентифікаторів, які пов'язують інформаційну ґрунтову одиницю з показником властивостей ґрунту (ID_Indicator), методом визначення

показника (lD_Method) і значенням показника (lD_Value), через які встановлюється зв'язок із змістовним розумінням показників, методів і значень, які зберігаються в базі даних. Один показник властивостей ґрунту (lD_Indicator) може складатися з декількох індексів окремих методів (lD_Method) і багатьох значень (lD_Value), що визначає інтегральну властивість індексованого показника (рис. 2).

Для прикладу такий індексований показник як, забарвлення ґрунту складається з одного показника – забарвлення, та включає декілька методів визначення і кілька сотень можливих значень.

З метою формалізації показників, методів і значень, застосовують метод індексації, тобто впорядкування і встановлення зв'язків між інформаційними об'єктами з використанням індексів. Найчастіше індексування виконують з метою швидкого пошуку об'єкта за його індексом і навпаки.

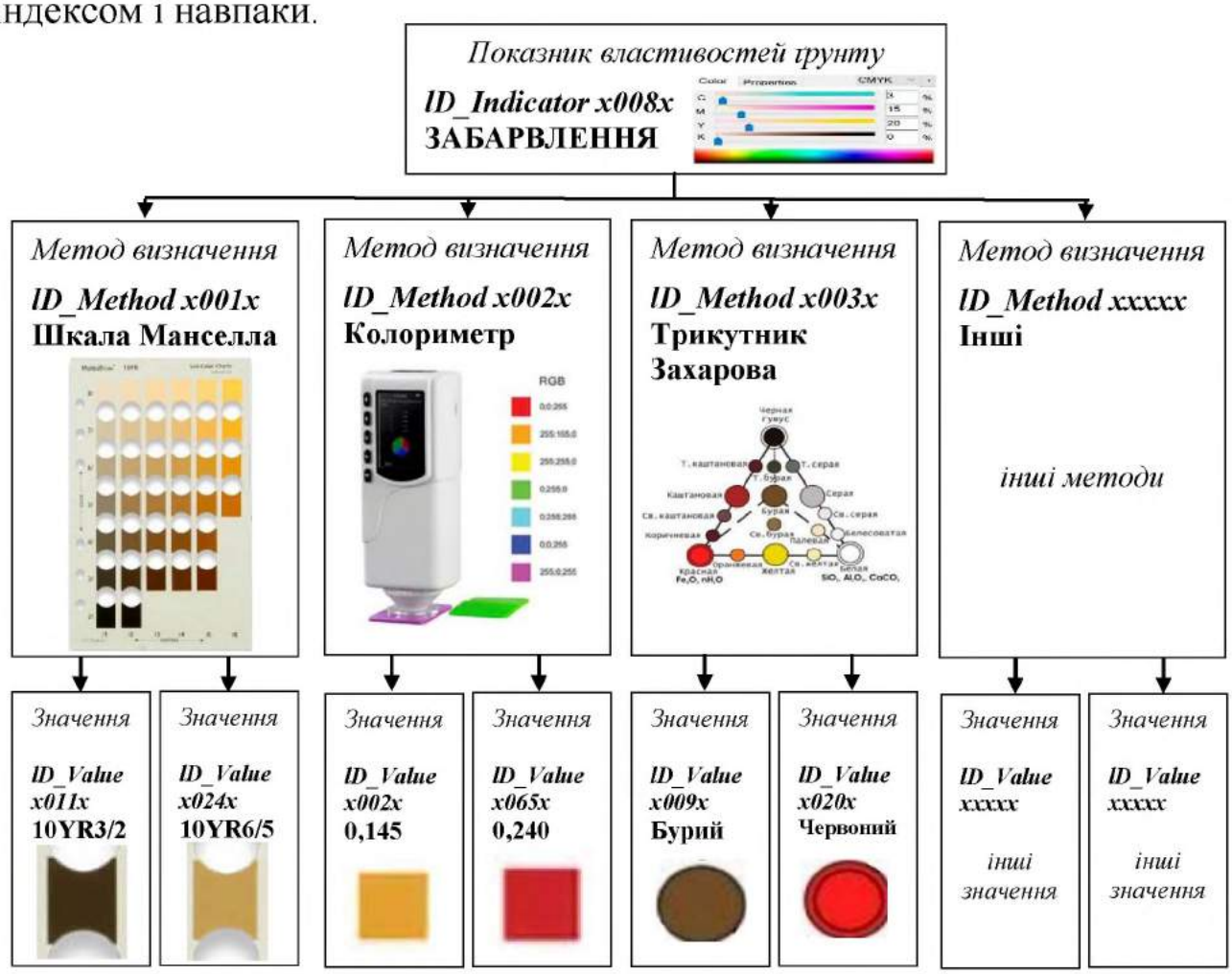


Рисунок 2. Приклад формування просторового комплексу властивості ґрунтів – «Забарвлення».

Тобто, об'єкт індексування і сам індекс, зберігаючи свої власні значення, обмінюються тільки смисловим змістом. Ще однією функцією індексації, крім упорядкування, є встановлення реляційних відносин між

індексованими об'єктами за однаковими індексами, які в цьому випадку називаються ключами. Такий підхід до формалізації даних відрізняється від традиційної організації даних тим, що в систему формалізації включають метадані з набором визначень понять, їх способом зберігання та внутрішніми зв'язками. Індексація об'єктів і показників дозволяє створити так зване «сховище», що містить глобальні індекси цих об'єктів і властивостей (рис. 3).

Під сховищем розуміємо спеціальний тип бази даних, яка містить впорядковані та індексовані значення показників об'єктів. Для ефективної роботи зі сховищем передбачена можливість введення даних, їх обробки і отримання інформації. При цьому, в ґрунтознавстві особливо важливо зберегти зв'язки між ґрунтовими об'єктами і показниками. Формалізувати такі зв'язки в електронній формі можна тільки у вигляді бази даних, що реалізовано нами в розробленій моделі ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

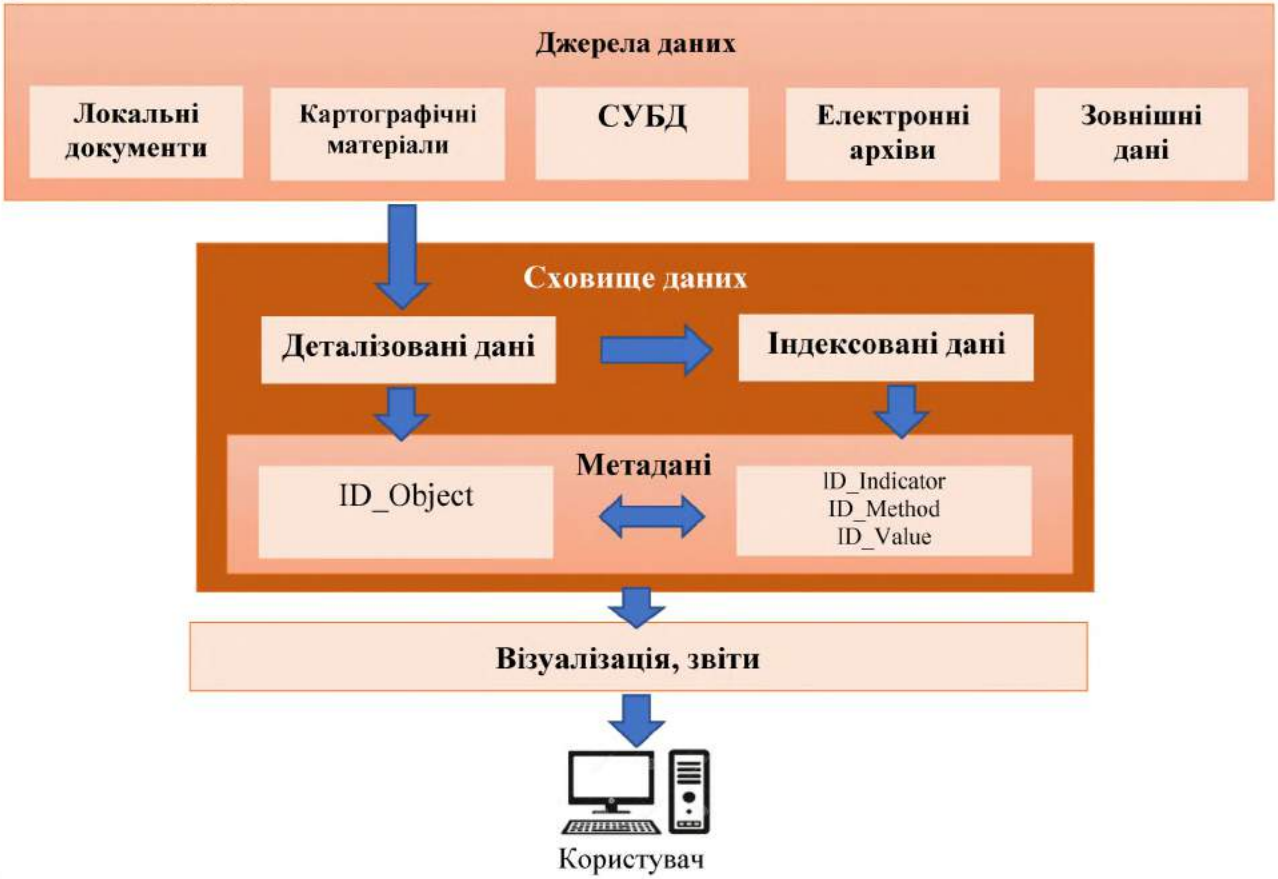


Рисунок 3. Концептуальна схема моделі ґрунтової інформаційної системи.

Створений формалізований масив, який описує всі ґрунтові показники, методи і значення атрибутивної частини ґрунтової бази даних, а це близько 150 показників, 20 методів, а також 36 показників, для яких створені окремі класифікатори (табл. 2).

Таблиця 2.

Фрагмент структури атрибутивної бази даних опису загальних характеристик ґрунтового профілю (ID_Object = P).

Група даних		**Назва характеристики**	**Властивості атрибутивного поля**				**Довідник-класифікатор**	
№ групи	Назва		Назва	Тип	Розмір	Опис	Код	Характеристика
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*
1	Загальні відомості	Географічна прив'язка	X_coord	string	10	Широта (X)	---	не використовується
			Y_coord	string	10	Довгота (Y)	---	не використовується
			Z	number	5	Висота над рівнем моря		
		Номер розрізу	number	string	10	Номер розрізу відповідно до наявних звітів (або іншої документації). Заповнюється за необхідності	---	не використовується
		Дата закладення розрізу	date	date	8	---	---	не використовується
		ПІБ ґрунтознавця	PIB	string	100	---	---	не використовується
		Організація	institution	string	100	Приналежність виконавця до організації	11	Назва організації
		Адміністративна одиниця	adm_unit	string	100	Розташування розрізу в адміністративних	12	Назва і код адміністративних одиниць області

Проведена формалізація дозволила надати ґрунтовому профілю просту математичну інтерпретацію: ґрунтовий об'єкт = асоціативний масив показників. В такому випадку ґрунтовий профіль = сукупність асоціативних масивів показників властивостей ґрунтів в просторі ґрунтових об'єктів. У випадку, якщо до складу показників ґрунтового профілю включають географічні координати, то тоді математичний опис ґрунтового профілю отримує просторову складову в двох вимірах, а саме: у вертикальному напрямку (вздовж профільної осі координат) як набір генетичних горизонтів, і горизонтальному, як точковий просторовий елемент на географічній карті.

У сьомому розділі «Ґрунтова інформаційна система Львівської області України» детально проаналізовано створену нами ґрунтову інформаційну систему Львівської області. Логічна модель цієї ґрунтової інформаційної системи побудована на принципах об'єднання геоінформаційних (просторових) та реляційних баз даних і складається з трьох рівнів: рівень ґрунтового покриву, що включає в себе масив геометричних даних ґрунтових контурів різного рівня деталізації; рівень компонента ґрунтового покриву, що включає в себе таблицю атрибутів полігонів, ґрунтові картографічні одиниці та інші параметри; рівень ґрунтового компонента, що включає в себе ґрунтові типологічні одиниці, їх зв'язок з ґрунтовими картографічними одиницями, і масиви семантичних даних – таблиці, які описують класифікацію ґрунтів, профілі, ґрунтові горизонти, їх властивості.

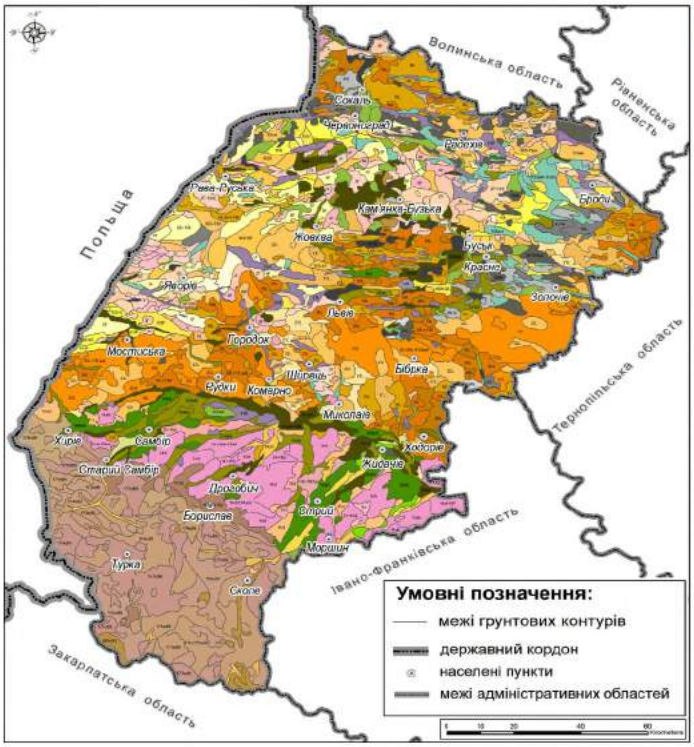
Такий підхід дозволяє врахувати всі ґрунтові структурні одиниці та їх властивості в процесі розробки інформаційних систем (рис. 4). Згідно цієї концептуальної схеми, на найвищому ієрархічному рівні ґрунтової інформаційної системи знаходиться окрема ґрунтова таксономічна одиниця, визначення якої залежить від масштабу зйомки і деталізації ґрунтових досліджень. Це може бути елементарний ґрунтовий ареал, проте можуть бути і окремі таксономічні одиниці вищого рангу, що залежить від масштабу ґрунтово-картографічного знімання.

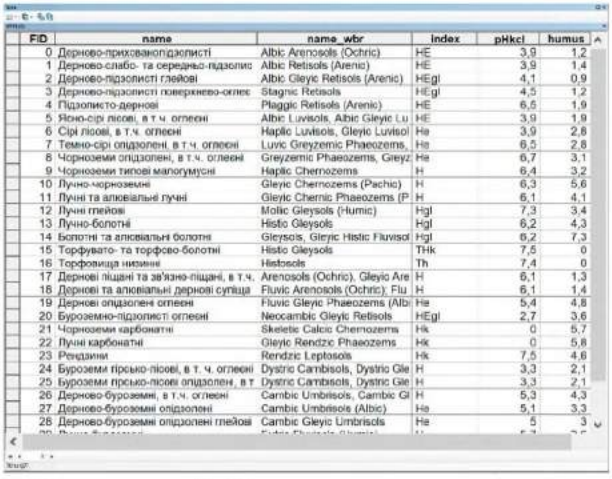
В нашому випадку, як базовий шар ґрунтової інформаційної системи, використано векторну карту ґрунтів масштабу 1:200 000, оцифровану за матеріалами великомасштабних ґрунтових досліджень проведених інститутом «Укрземпроект» в 1966-1967 (рис. 5). Кількість векторизованих ґрунтових контурів становить 1350, згідно легенди на карті виділяють 32 ґрунтові класифікаційні одиниці. Створено атрибутивну базу даних.

Також, на найвищому рівні розробленої системи сформовано набір тематичних векторних та растрових даних в загальній кількості 28 одиниць, які використовують для різних прикладних завдань. Для інформаційного наповнення наступного рівня системи векторизовано набір ґрунтових карт масштабу 1:10 000 в межах Львівської області.

Рисунок 4. Концептуальна структура ґрунтових даних.

В якості вхідних даних використані картографічні матеріали великомасштабних ґрунтових досліджень інституту «Укрземпроект», Львівського філіалу інституту землеустрою, НДЛ №50 ЛНУ ім. І.Франка та інших. Створено атрибутивну базу даних.





FID	name	name_wbr	index	pHkcl	humus
0	Дерново-прихованопідзолисті	Albic Arenosols (Ochric)	HE	3,9	1,2
1	Дерново-слабо- та середньо-підзолис	Albic Retisols (Arenic)	HE	3,9	1,4
2	Дерново-підзолисті глейові	Albic Gleyic Retisols (Arenic)	HEgl	4,1	0,9
3	Дерново-підзолисті поверхнево-оглее	Stagnic Retisols	HEgl	4,5	1,2
4	Підзолисто-дернові	Plaggic Retisols (Arenic)	HE	6,5	1,9
5	Ясно-сірі лісові, в т.ч. оглеєні	Albic Luvisols, Albic Gleyic Lu	HE	3,9	1,9
6	Сірі лісові, в т.ч. оглеєні	Haplic Luvisols, Gleyic Luvisol	He	3,9	2,8
7	Темно-сірі опідзолені, в т.ч. оглеєні	Luvic Greyzemic Phaeozems,	He	6,5	2,8
8	Чорноземи опідзолені, в т.ч. оглеєні	Greyzemic Phaeozems, Greyz	He	6,7	3,1
9	Чорноземи типові малогумусні	Haplic Chernozems	H	6,4	3,2
10	Лучно-чорноземні	Gleyic Chernozems (Pachic)	H	6,3	5,6
11	Лучні та алювіальні лучні	Gleyic Chernic Phaeozems (P	H	6,1	4,1
12	Лучні глейові	Mollic Gleysols (Humic)	Hgl	7,3	3,4
13	Лучно-болотні	Histic Gleysols	Hgl	6,2	4,3
14	Болотні та алювіальні болотні	Gleysols, Gleyic Histic Fluvisol	Hgl	6,2	7,3
15	Торфувато- та торфово-болотні	Histic Gleysols	THk	7,5	0
16	Торфовища низинні	Histosols	Th	7,4	0
17	Дернові піщані та зв'язно-піщані, в т.ч.	Arenosols (Ochric), Gleyic Are	H	6,1	1,3
18	Дернові та алювіальні дернові супіща	Fluvic Arenosols (Ochric); Flu	H	6,1	1,4
19	Дернові опідзолені оглеєні	Fluvic Gleyic Phaeozems (Albi	He	5,4	4,8
20	Буроземно-підзолисті оглеєні	Neocambic Gleyic Retisols	HEgl	2,7	3,6
21	Чорноземи карбонатні	Skeletic Calcic Chernozems	Hk	0	5,7
22	Лучні карбонатні	Gleyic Rendzic Phaeozems	Hk	0	5,8
23	Рендзини	Rendzic Leptosols	Hk	7,5	4,6
24	Буроземи пісько-лісові, в т. ч. оглеєні	Dystric Cambisols, Dystric Gle	H	3,3	2,1
25	Буроземи пісько-лісові опідзолені, в т	Dystric Cambisols, Dystric Gle	H	3,3	2,1
26	Дерново-буроземні, в т.ч. оглеєні	Cambic Umbrisols, Cambic Gl	H	5,3	4,3
27	Дерново-буроземні опідзолені	Cambic Umbrisols (Albic)	He	5,1	3,3
28	Дерново-буроземні опідзолені глейов	Cambic Gleyic Umbrisols	He	5	3

Рисунок 5. Векторна карта грунтів Львівської області точністю масштабу 1:200 000 та фрагмент атрибутивної бази даних

Для внесення найнижчого рівня просторових та семантичних профільних даних розроблено окремий блок «внесення та аналіз даних про ґрунтові профілі». Для формування цього блоку використані систематизовані показники опису ґрунтових профілів і окремих генетичних горизонтів. Перелік складається з двох окремих інформаційних наборів показників: загальні показники, які характеризують розріз в цілому; показники, які описують морфогенетичні властивості генетичних горизонтів або шарів ґрунту.

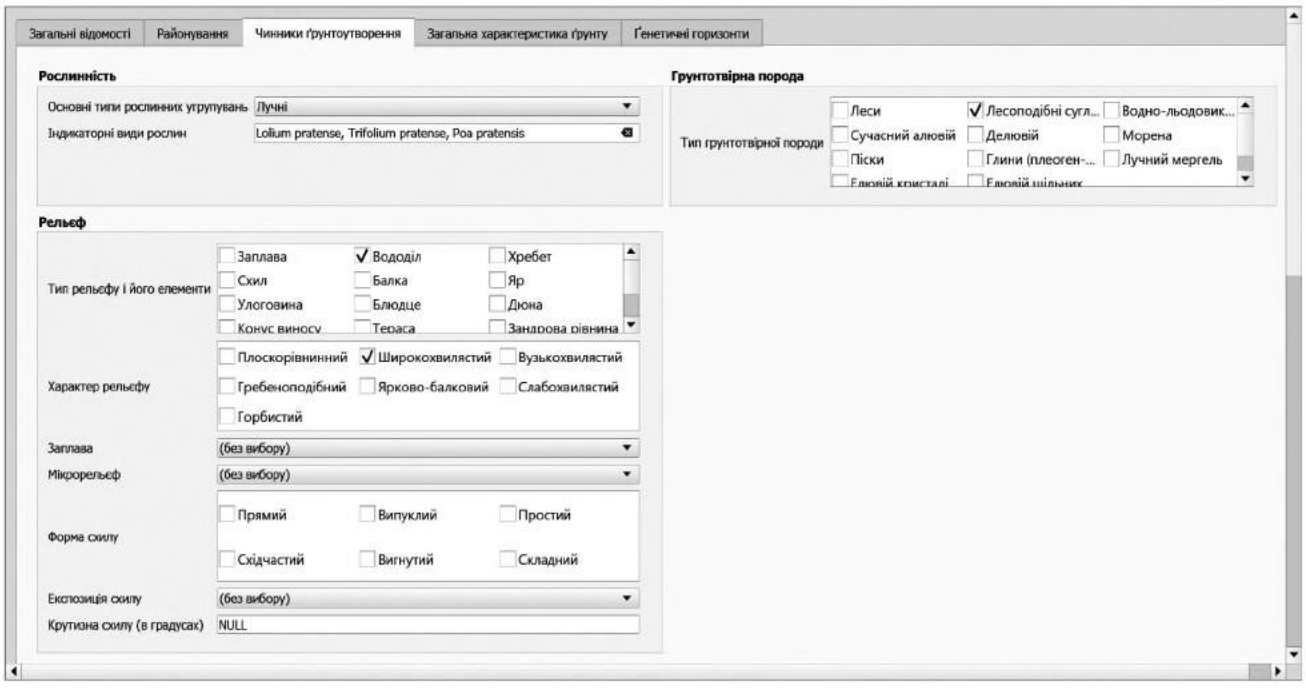


Рисунок 6. Зразок форми внесення ґрунтової інформації для ґрунтового профілю у розробленій інформаційній системі (закладка «чинники ґрунтоутворення»).

Для кожного набору інформаційних показників створено окремі закладки у формі внесення даних, де кожна закладка містить перелік відповідних показників (рис. 6).

Розробка ґрунтової інформаційної системи Львівської області здійснювалась на базі відкритої операційної ГІС – QGIS. Роботу із функціоналом розробленого інструменту здійснюють в зручному діалоговому режимі (рис. 7).

Рисунок 7. Діалогові вікна розробленої ґрунтової інформаційної системи Львівської області

Розроблено 36 таблиць довідників-класифікаторів для внесення і опису класифікаторів ґрунтових властивостей. Структура блоку атрибутивної інформації включає 41 показник для ґрунтового профілю, 78 показників для кожного з горизонтів (зразків).

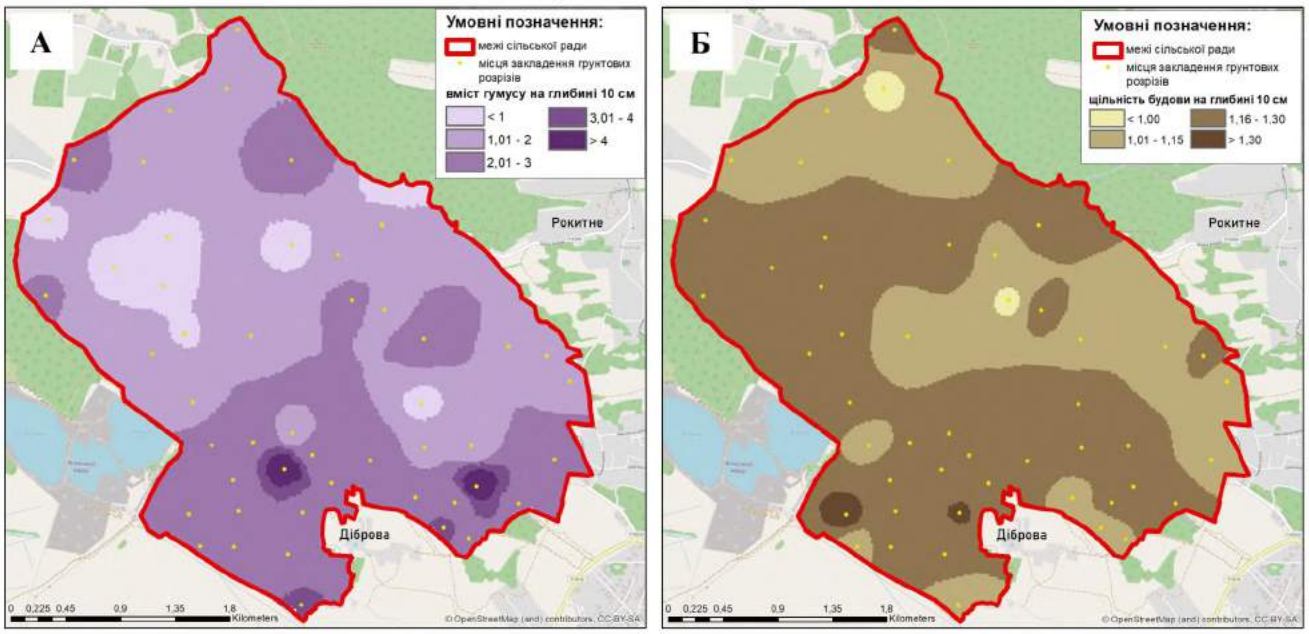


Рисунок 8. Картосхеми просторового розподілу вмісту гумусу (А) і щільності будови (Б) на глибині 10 см.

З метою апробації форм внесення інформацій для опису ґрунтового профіля і генетичних горизонтів вибрано окрему сільську раду і внесено 50 ґрунтових профілів та 120 генетичних горизонтів. Для них внесені всі наявні показники польових і лабораторно-аналітичних визначень.

Розроблена ґрунтова інформаційна система Львівської області дозволяє опрацьовувати будь-який числовий показник властивості ґрунту і створювати тематичні картосхеми просторової зміни цих властивостей на різних глибинах в межах визначеної території (рис. 8).

Крім того, використовуючи загальноприйняту методику, спеціально розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області швидко і ефективно обчислює нормативну грошову оцінку земель сільськогосподарського призначення в межах заданої ділянки.

Перевагою розробленого інструменту є відкритість програмного забезпечення, можливість персоналізації інтерфейсу, використання смартфонів для внесення даних, збереження алгоритмів обробки даних, можливість зміни конфігурації індексованих показників.

У восьмому розділі «Інші види цифрової ґрунтової інформації та їх прикладне застосування» встановлено, що одним із сучасних напрямків в інформаційному ґрунтознавстві є використання технологій створення тематичних віртуальних карт, їх розміщення та аналіз в мережі інтернет. Основними завданнями таких технологій є візуалізація існуючої інформації, ефективне вирішення прикладних завдань із залученням онлайн ресурсів, пошук даних, планування польових ґрунтових досліджень тощо. Зокрема, проаналізовано найбільші онлайн проекти із розміщення і роботи з ґрунтовими даними, зокрема: національну онлайн систему «Веб-обстеження ґрунтів США» («USA Web Soil Survey»), глобальну карту ґрунтів (Global Soil Regions Map), гармонізовану світову базу даних ґрунтів (Harmonized World Soil Database), європейський цифровий архів ґрунтових карт (European digital archive on soil maps (EuDASM)), світову базу даних ґрунтових профілів ISRIC-WISE. Ефективним комплексним онлайн-інструментом для вирішення багатьох прикладних завдань вважають публічну кадастрову карту України, яка містить відомості про земельні ділянки, що містяться в Державному земельному кадастрі України. Завдяки інформаційному шару «*ґрунти*» можна отримати дані про ґрунтовий покрив території.

ВИСНОВКИ

В результаті дисертаційного дослідження, виконаного на основі історичної інтерпретації ґрунтової інформації та аналізу сучасних ґрунтових інформаційних систем країн світу, теоретичного осмислення

ряду наукових праць, прикладного застосування сучасних методів формалізації інформації, побудови баз даних, ГІС-аналізу, логіко-формальних підходів, автором сформульовано ряд висновків, пропозицій та рекомендацій, спрямованих на визначення місця в ґрунтознавчій науці такого напряму, як інформаційне ґрунтознавство, а також принципів та підходів до створення ґрунтових інформаційних систем. Основні з них такі:

1. Сучасне ґрунтознавство продукує безпрецедентно величезні обсяги експериментальних даних, осмислення яких неможливо без залучення сучасних інформаційних технологій і ефективних математичних методів аналізу даних, моделювання ґрунтових систем і процесів. Інформаційні системи є сучасним засобом організації та аналізу даних з метою отримання інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив. Актуальними тенденціями в ґрунтознавстві є формування «банків» ґрунтової інформації, розробка автоматизованих систем управління ґрунтовими ресурсами на всіх адміністративних рівнях, а також створення різнорівневих ґрунтових інформаційних систем. Це забезпечить впорядкування накопиченої інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив території та дозволить ефективно використовувати отриману інформацію в наукових і прикладних цілях.

2. Досліджено, що міжнародна ґрунтова інформаційна система SOTER, європейська EUROPEAN SOIL DATABASE, американська NASIS, канадська CANSIS цифрові моделі ґрунтів розроблені із використанням реляційних баз даних, ГІС-методів, онлайн технологій. Вони дозволяють здійснювати моделювання окремих ґрунтових процесів, знаходити оптимальні та оперативні рішення щодо трансформації систем землекористування, контролювати і передбачати результати впливу людини на навколишнє середовище.

3. Застосовано нову термінологію запозичену з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, що значно розширює понятійний словник науки про ґрунти. Розглянуто базові поняття інформаційного ґрунтознавства – інформація, дані і знання.

4. Встановлено, що інформаційне ґрунтознавство – це прикладний науковий напрям науки про ґрунти, який вивчає структуру і загальні властивості ґрунтової інформації, закономірності її створення, передачі та використання в різних сферах діяльності людини і суспільства, а також включає систему впорядкування, збору, зберігання і аналізу даних про ґрунти на різних ієрархічних рівнях, отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання і збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими

ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, економічних і правових вимог. Прикладною метою інформаційного ґрунтознавства є розробка ефективних методів використання інформаційних потоків і визначення шляхів оптимізації процесів практичного використання різноманітної ґрунтової інформації. Основним завданням наукового напряму є систематизація прийомів та методів роботи з апаратними та програмними засобами з метою створення, аналізу та зберігання інформації про ґрунт, його властивості та ґрунтові процеси.

5. Об'єктом вивчення інформаційного ґрунтознавства визначено інформацію про ґрунт, його властивості і процеси у всіх її проявах і формах. Предметом дослідження – різні аспекти функціонування інформації, а саме: процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; способи управління інформаційними процесами; загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій в ґрунтознавстві.

6. Аналіз нормативного забезпечення показав, що в Україні на достатньому рівні розроблена законодавча база з питань розвитку інформаційних технологій в управлінні та охороні ґрунтових ресурсів, проте чітко простежується необхідність вдосконалення нормативно-правової бази інформаційного і організаційного забезпечення для інвентаризації ґрунтово-земельних ресурсів, виконання землевпорядних робіт і проектів, формуванням ринку земель, бонітування і проведення земельно-оцінювальних робіт, впровадження адаптивно-ландшафтних систем землеробства і ринкових механізмів в сільському господарстві.

7. Доведено, що застосування ГІС в ґрунтознавстві відкриває додаткові можливості просторового аналізу ґрунтів, їх властивостей і процесів на якісно новому науковому рівні, дає змогу здійснити цифрове картографування ґрунтів, подати наукову оцінку ґрунтовим ресурсам, впровадити сучасні методи досліджень ґрунтів в агрономії, земельному кадастрі, моніторингу і охороні ґрунтів. На прикладі дослідження ґрунтових ресурсів описано технологічний механізм картографічного методу дослідження в ГІС.

8. Ґрунтова інформаційна система – це інформаційна система, створена з метою вивчення, планування і прийняття оптимальних рекомендацій і рішень стосовно використання ґрунтів і управління ґрунтовими ресурсами на регіональному, національному і глобальному рівнях, і яка включає семантичний і геоінформаційний набори даних. Дослідження сучасного стану зарубіжних і національних напрацювань в галузі використання інформаційних технологій для роботи з ґрунтовими

даними показало, що найбільш актуальними є ґрунтові інформаційні системи третього покоління, в яких присутні три компоненти: геоінформаційні системи, що дають можливість працювати з просторовими даними; бази даних, що забезпечують функціональність роботи з великою кількістю морфологічних, фізичних і фізико-хімічних показників властивостей ґрунтів; використання методів дистанційного аналізу, зокрема мереж інтернет і мобільних пристроїв, що забезпечує мобільний доступ до системи.

9. Введено поняття ґрунтової системи координат або системи координат ґрунтових об'єктів. Систематизовано ґрунтові об'єкти вертикальної будови ґрунтів (розрізи (профілі), горизонти (шари), морфони, зразки) і просторові ґрунтові об'єкти (площинні (контури, полігони), лінійні (трансекти, катени), точкові (профілі, розрізи). Розроблена ґрунтова система координат дозволяє визначити положення ґрунтового об'єкта в просторі серед інших складових елементів будови ґрунтового тіла і має вигляд набору індексів (координат), що конкретизують приналежність показника властивості ґрунту до одного з ґрунтових об'єктів ґрунтової системи координат. Розроблено модель ґрунтових даних, яка передбачає поділ ґрунтових об'єктів на аксіоматичні об'єкти (елементарний ґрунтовий ареал, профіль і горизонт, тобто об'єкти, наявність яких є необхідною умовою опису ґрунту) і дуальні або похідні об'єкти (ґрунтовий контур, морфон, конкреція, новоутворення).

10. Розроблена ґрунтова інформаційна модель як індексований масив дискретних даних, яка містить просторову і семантичну складові і дозволяє використовувати показники ґрунту спільно з визначеними показниками профілю чи горизонту в одній системі координат. Описано ґрунтовий профіль у вигляді асоційованого масиву показників властивостей ґрунтів, що дозволяє встановлювати зв'язки між елементами будови ґрунту і їх показниками через формальні логічні відносини.

11. Розроблено ґрунтову інформаційну систему Львівської області, яка дозволяє вносити, зберігати і опрацьовувати велику кількість фактичних ґрунтових даних. Створена система забезпечує повноцінний опис ґрунтового розрізу в тому ж вигляді, в якому він існував на паперовому носії, тим самим зберігаючи всі смислові і логічні зв'язки між ґрунтовими показниками та об'єктами. Розроблено 36 таблиць довідників-класифікаторів для внесення і опису класифікаторів ґрунтових властивостей. Структура блоку атрибутивної інформації

включає 41 показник для ґрунтового профілю, 78 показників для кожного з горизонтів (зразків).

12. В базу даних ґрунтової інформаційної системи Львівської області внесено 1350 одиниць векторизованих ґрунтових контурів з карти ґрунтів масштабу 1:200 000, векторизовано близько 4400 ґрунтових контурів, охоплено всі фонові ґрунти області, загальна площа векторизованих ґрунтових даних майже 27 000 гектарів. Для векторних даних створено та наповнено атрибутивну базу даних. З метою апробації форм внесення інформацій для опису ґрунтового профіля і генетичних горизонтів вибрано окрему сільську раду і внесено 50 ґрунтових профілів та близько 120 генетичних горизонтів. Для них внесено всі наявні показники польових і лабораторно-аналітичних визначень.

13. Розроблена регіональна ґрунтова інформаційна система Львівської області має важливий прикладний характер, а саме дозволяє опрацьовувати будь-який числовий показник властивості ґрунту і створювати тематичні картосхеми просторової зміни цих властивостей на різних глибинах в межах визначеної території. Крім того, використовуючи загальноприйняту методику, спеціально розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області швидко і достовірно виконує нормативну грошову оцінку земель сільськогосподарського призначення. В інструменті поєднуються принципи просторового ГІС-аналізу і математичні алгоритми, що дозволяє ефективно використовувати формалізовану просторову і семантичну інформацію створеної бази даних. Принципи створення єдиної ґрунтової бази даних базуються на відкритості, доступності, можливості поповнення інформацією з використанням різних джерел і залученням широкого кола спеціалістів. Вирішене важливе завдання обліку великого обсягу ґрунтової інформації, об'єднання даних різної тематики, використання в якості основи цифрових ґрунтових карт і матеріалів великомасштабних ґрунтових обстежень Львівської області. Практична цінність розробленої системи підтверджується отриманими листами-довідками про впровадження результатів наукових досліджень в практичну діяльності державного підприємства «Львівський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» та районних підрозділів Держгеокадастру України.

14. Використання відкритої ГІС-програми QGIS в комплексі з ґрунтовими базами даних відповідає всім необхідним стандартам, що дозволить використовувати та інтегрувати накопичені дані в міжнародні інформаційні системи глобального рівня (таких як SOTER, ISRIC). Більше того, можемо стверджувати, що запропонована нами деталізація

ієрархічного рівня опису генетичних горизонтів ґрунту перевершує рівень інформаційних систем багатьох сусідніх країн.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Ямелинець Т. С. Просторовий аналіз деградаційних процесів сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу України: монографія / Т. С. Ямелинець, М. Г. Кіт // Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2007. – 204 с. (18,1 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування цілей, завдань і методології дослідження, створення бази даних ґрунтових показників, розробка моделі обчислення ерозійних втрат ґрунту, застосування геоінформаційних систем для просторового моделювання ерозійних процесів, написання розділів монографії, що становить 17,2 д. а.).*
2. Ґрунти // Львівська область : природні умови і ресурси : монографія / Гаськевич В., Паньків З., Папіш І., Ямелинець Т.; ред. М. М. Назарука. – Львів : Видавництво Старого Лева, 2018. – С. 117–156. (2,9 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування методології дослідження, створення середньомасштабної карти ґрунтового покриву Львівської області, наповнення атрибутивної бази даних, розробка інформаційного макету карти, інтерпретація результатів, що становить 0,9 д. а.).*

Наукові праці у фахових виданнях України

3. Методичні аспекти інвентаризації зелених зон урбанізованих територій (на прикладі регіонального ландшафтного парку «Знесіння») / М.М. Елбакідзе, О.М. Завадович, Т.С. Ямелинець // Вісник Львівського університету. Серія географічна. 2005. Випуск 32. – С. 42–58. (1,2 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування цілей, завдань і методології дослідження, формування просторової бази з векторними шарами ґрунтового покриву (1:10 000), рельєфу та іншими тематичними шарами, вибір ГІС-методів для аналізу просторових даних, розробка семантичної бази даних з метою інвентаризації природних об'єктів, написання статті, що становить 0,5 д. а.).*
4. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу України та критерії її оцінки / Т.С. Ямелинець // Наук. вісн. Волинського державного ун-ту імені Лесі Українки: Зб. наук. праць. Серія: Географія. №2 – Луцьк, 2006. – С. 165-171. (0,5 д. а.)
5. Ямелинець Т. С. Застосування ГІС при дослідженні впливу геоморфологічного чинника на потенційну ерозійну небезпеку сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України. / Т. С. Ямелинець, О. Г. Телегуз // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2012. - № 2 (32). – С. 33–40. (0,6 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування цілей, завдань і методології дослідження, застосування методів геопросторового аналізу ґрунтових*

показників, проведенні оверлейнового аналізу векторних даних ґрунтового покриву та рельєфу, побудова тривимірної моделі рельєфу, створення бази даних ґрунтових показників, написання статті, що становить 0,5 д. а.).

6. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів та взаємозв'язок з іншими типами деградації в межах Західного регіону України / Т.С. Ямелинець // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. Вип. 44. – Львів. – 2013. – С. 388-397. (0,7 д. а.)

7. Історичний аспект та проблеми вивчення структури ґрунтового покриву / М.О. Федотіков, Т.С. Ямелинець // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2016. - № 1 (40). – С. 30–36. (0,6 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, аналіз методів використання ДДЗ для вивчення структури ґрунтового покриву та висвітлення методичних проблем, історичний аналіз розвитку теорії виділення елементарного ґрунтового ареалу як базової одиниці найвищого ієрархічного рівня просторово-семантичної інформаційної бази даних, написання статті, що становить 0,4 д. а.).*

8. The elementary soil areas of the Mykolaiv-Horodok Opillia / М.О. Федотіков, Т.С. Ямелинець // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 2016. – Вип. 50. – С. 386–394. (0,6 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, створення векторних ґрунтових даних (цифрова карта ґрунтів масштабу 1:10 000, карта агровиробничих груп ґрунтів), наповнення атрибутивної бази даних. використання геопросторових методів виявлення (натурно-картометричний, пластики рельєфу, якісно-генетичний) та інтерпретації (статистико-картометричний, функціонально-аналітичний) структури ґрунтового покриву, написання окремих розділів статті, що становить 0,4 д. а.).*

9. Ґрунтово-географічне районування Українського Полісся / І.Я. Папіш, С.П. Позняк, Г.С. Іванюк, Т.С. Ямелинець // Наукові записки Тернопільського національного пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2016. – № 2 (41). – С. 31–42. (1,0 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування методології ґрунтово-географічного районування, векторизація середньо- та великомасштабних ґрунтових карт на територію Малого Полісся, створення карти пластики рельєфу, четвертинних відкладів, наповнення геоінформаційної бази даних, розробка і наповнення бази даних таксономічних одиниць ґрунтово-географічного районування, що становить 0,4 д. а.).*

10. The soil cover structure and elementary soil areas of the Opillia / М.О. Федотіков, Т.С. Ямелинець // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 2017. – Вип. 51. – С. 390–398. (0,6 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування завдань і підходів щодо*

застосування ГІС при вивченні структури ґрунтового покриву, створення векторних ґрунтових даних (цифрова карта ґрунтів масштабу 1:25 000, карта агровиробничих груп ґрунтів) на територію дослідження, наповнення атрибутивної бази даних, написання окремих розділів статті, що становить 0,3 д. а.).

11. Характеристика елементарних ґрунтових ареалів Ходорівсько-Бучацького Опілля / М.О. Федотіков, Т.С. Ямелинець // Вісник Київського національного ун-ту. Серія: Фізична географія та геоморфологія. – Київ: КНУ, 2017. – Вип. 3 (87). – С. 127–134. (0,6 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, розробка методики використання ГІС в комплексі із натурно-картометричним методом аналізу елементарних ґрунтових ареалів (ЕҐА) для отримання інформаційних показників структури ґрунтового покриву: склад та співвідношення площ, складність, дрібність, розчленування, неоднорідність та контрастність ЕҐА, написання окремих розділів статті, що становить 0,4 д. а.).*

12. Ґрунтово-географічне районування Львівської області: структура та принципи / С.П. Позняк, І.Я. Папіш, Г.С. Іванюк, Т.С. Ямелинець // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 2018. Вип. 52. – С. 251–265. (1,1 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, векторизація середньо- та великомасштабних ґрунтових карт на територію Львівської області, створення карти пластики рельєфу, четвертинних відкладів, наповнення геоінформаційної бази даних, наповнення бази даних таксономічних одиниць ґрунтово-географічного районування, що становить 0,5 д. а.).*

13. Ґрунтово-географічне районування широколистяно-лісової ґрунтово-біокліматичної зони України / С.П. Позняк, І.Я. Папіш, Г.С. Іванюк, Т.С. Ямелинець // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія: географія. 2019. № 1 (46). – С. 26–39. (1,2 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування методології ґрунтово-географічного районування, векторизація середньо- та великомасштабних ґрунтових карт на територію Розточько-Опільського ґрунтового краю, створення карти пластики рельєфу, четвертинних відкладів, наповнення геоінформаційної бази даних, розробка і наповнення бази даних таксономічних одиниць ґрунтово-географічного районування, написання окремих розділів статті, що становить 0,5 д. а.).*

14. Ямелинець Т.С. Історичні етапи формалізації ґрунтових даних і трансформація ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт / Т.С. Ямелинець // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. Володимира Гнатюка. Серія : географія. – Тернопіль: СМП "Тайп", 2020. – №1 (48). – С. 32–42 DOI:https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.1.4 (0,9 д. а.)

15. Інвестиційна привабливість ґрунтів Карпатського регіону України / С. П. Позняк, З. П. Паньків, Т. С. Ямелинець, Н. С. Гавриш // Український географічний журнал. – 2020. – № 1. – С. 26–34. https://doi.org/10.15407/ugz2020.01 *(Scopus)* (0,8 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, формування просторової бази даних агровиробничих властивостей модальних типів ґрунтів Карпатського регіону, розробка картографічно-інформаційної системи інвестиційної привабливості модальних типів ґрунтів Карпатського регіону України, що становить 0,4 д. а.).*

Наукові праці у періодичних виданнях інших держав

16. Biodiversity Governance in Central and Eastern Europe Biosphere Reserves for conservation and development in Ukraine? Legal recognition and establishment of the Roztochya initiative. / Elbakidze, M., Angelstam, P., Sandstrom, C., Stryamets, N., Crow, S., Axelsson, R., Stryamets, G., Yamelynets, T. // Environmental Conservation 40 (2) – 2013. – P. 157–166. doi:10.1017/S037689291200043 *(Scopus, Q1)* (1,1 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, аналіз нормативного забезпечення, створення інформаційного векторного шару природно-заповідних об'єктів Львівської області, наповнення атрибутивної бази даних, написання статті, що становить 0,3 д. а.).*

17. Gap analysis as a basis for strategic spatial planning of green infrastructure: a case study in the Ukrainian Carpathians. / Angelstam, P., Yamelynets, T, Elbakidze, M., Prots, B., Manton, M. // Écoscience 24 (1-2). – 2017. – P. 41-58. *(Scopus, Q2)* (1,8 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, підготовка концепції статті, формування просторової бази даних тематичних об'єктів Українських Карпат (ґрунтовий покрив, природні комплекси, рослинність), розробка і застосування методів геопросторового аналізу (оверлейновий, картографо-статистичний метод), інтерпретація результатів і написання статті, що становить 1,0 д. а.).*

18. A bottom-up approach to map land covers as potential green infrastructure hubs for human well-being in rural settings: a case study from Sweden. / Elbakidze M., Angelstam P., Yamelynets T., Dawson L., Gebrehiwot, M., Stryamets, N., Johansson, K., Garrido, P., Naumov, V., Manton M. // Landscape and Urban Planning 168. – 2017. – P. 72-83 *(Scopus, Q1)* (1,0 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, розробка підходів до створення семантичної і просторової баз даних, використання методу просторової статистики Getis-Ord Gi для аналізу наземного покриву та одиниць землекористування, аналіз «гарячих точок» (hot spot), оцінки ваги окремого показника властивості просторових*

об'єктів, інтерпретація результатів, написання статті, що становить 0,4 д. а.).

19. Green infrastructure development at European Union's eastern border: Effects of road infrastructure and forest habitat loss. / Angelstam, P., Khaulyak, O., Yamelynets, T., Mozgeris, G., Naumov, V., Chmielewski, T. J., ... & Valasiuk, S. // Journal of Environmental Management. – 2017. – 193, P. 300-311. *(Scopus, Q1)* (1,0 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, створення інформаційних наборів полігональних даних західного регіону України (екологічні коридори, старовікові ліси, наземний і ґрунтовий покрив), конвертації даних у зовнішні моделі просторових структурних і функціональних зв'язків, розробці концептуальної моделі просторово-семантичної бази даних, написання статті, що становить 0,4 д. а.).*

20. LTSER platforms as a place-based transdisciplinary research infrastructure: learning landscape approach through evaluation / Angelstam, P., Manton, M., Elbakidze, M., Yamelynets, T. et al. // Springer: Landscape Ecology. – 2018. – P. 1–24 https://doi.org/10.1007/s10980-018-0737-6 *(Scopus, Q1)* (1,9 д. а.) *(Особистий внесок автора: розробка набору векторних середньо- і дрібно масштабних тематичних шарів, формування семантичної бази даних платформи LTSER, інформаційне наповнення і просторовий аналіз бази даних, інтерпретація результатів дослідження, що становить 0,4 д. а.).*

21. How to reconcile wood production and biodiversity conservation? The Pan-European boreal forest history gradient as an "experiment". / Naumov V., Manton M., Elbakidze M., Rendenieks Z., Priednieks J., Uhlianets S., Yamelynets T., Zhivotov A., Angelstam P. // Journal of Environmental Management, Volume 218 – 2018. – 1–13. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.095 *(Scopus, Q1)* (1,2 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, створення актуальних картографічних баз даних із використанням даних дистанційного зондування Землі, отриманні інформації про часову і просторову зміну наземного покриву, написання окремих розділів статті, що становить 0,3 д. а.).*

22. Defining Priority Land Covers that Secure the Livelihoods of Urban and Rural People in Ethiopia: a Case Study Based on Citizens' Preferences. / Elbakidze, M., Gebrehiwot, M., Angelstam, P., Yamelynets, T., Surová, D. // Sustainability. – 2018. – 10(6):1701. *(Scopus)* (2,2 д. а.) *(Особистий внесок автора: розробка підходів до створення і наповнення семантичної і просторової баз даних, здійснення просторового аналізу трансформації наземного покриву, використання методу просторової статистики Getis-Ord Gi для визначення «гарячих точок» (hot spot), інтерпретація одержаних результатів, що становить 0,5 д. а.).*

23. Diagnostic criteria for lessivage of profile-differentiated soils of the Precarpathian region (Ukraine) / Pankiv Z., Malyk S., Yamelynets T. // Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment. – 2019. – Volume 70, Issue 4. P. 189–207 (https://doi.org/10.2478/boku-2019-0018) *(Scopus)* (1,2 д. а.) *(Особистий внесок автора: формалізація переліку метаданих для опису набору ґрунтових показників і методів їх визначення, створення векторних шарів і атрибутивних даних ґрунтового покриву Передкарпаття, систематизація польових і лабораторних даних, закладених ґрунтових профілів з можливістю подальшого внесення в ґрунтову інформаційну систему, інтерпретація одержаних результатів, що становить 0,4 д. а.).*

24. Landscape Approach towards Integrated Conservation and Use of Primeval Forests: The Transboundary Kovda River Catchment in Russia and Finland / Angelstam, P.; Manton, M.; Yamelynets, T.; Sørensen, O.J.; Kondrateva (Stepanova), S.V. // Land. – 2020. – № 9(5), 144. – P. 1-27 (https://doi.org/10.3390/land9050144) *(Scopus, Q2)* (2,6 д. а.) *(Особистий внесок автора: розробка підходів для класифікації та аналізу ДДЗ, використання просторового аналізу в комплексі з растровим і оверлейновим методами для оцінки трансформації природних об'єктів, формування інформаційних тематичних блоків, інтерпретація одержаних результатів, що становить 0,7 д. а.).*

25. Ferrum concretions forms in the mollic gley soils of Low (Male) Polissya / Pankiv, Z., Yamelynets, T. // Polish Journal of Soil Science. – 2020. – 53(1). – P. 137–149. (doi:http://dx.doi.org/10.17951/pjss.2020.53.1.137) *(Scopus)* (0,8 д. а.) *(Особистий внесок автора: обґрунтування мети і завдання дослідження, формалізація переліку метаданих для опису набору ґрунтових показників і методів їх визначення, створення векторних шарів і атрибутивних даних ґрунтового покриву Малого Полісся, написання окремих розділів статті, що становить 0,4 д. а.).*

Наукові праці апробаційного характеру

26. Yamelynets T. Organization of GIS systems performance. An example of computational modeling of hydrodynamic processes. / T. Yamelynets, A. Yamelynets // 21st. European Regional Conference: Integrated land and water resources management: towards sustainable rural development. Frankfurt (Oder). Germany. – 2005. – P. 101-108. *(0,7 д. а., з них автору належить 0,6 д. а.)*

27. Landscape-Ecological Approach to the Assessment of Urban Green Zones Using GIS Tools. / Elbakidze M., Zavadovych O., Yamelynets T. // Abstracts of International Conference "Critical Areas in a Landscape: From Theory to Mapping and Management", Tbilisi, Georgia – 2005. – P. 48-52. *(0,4 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

28. Ямелинець Т.С. Створення тривимірної карти ландшафтного парку «Знесіння» у Львові. / Т.С. Ямелинець, С.П. Ямелинець, О.М. Завадович // Зб. наук. праць «Історична топографія і соціотопографія України». – Львів, 2006. – С. 456-461. *(0,4 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

29. Ямелинець Т.С. Застосування модифікованого універсального ерозійного рівняння (RUSLE) для обчислення потенційних ерозійних втрат ґрунту на прикладі сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу. / Ямелинець Т.С. // Міжн. наук.-практ. конф. "Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21-го століття". – Харків: Вид-во ННУ "Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського", 2006. – С. 164-168. *(0,3 д. а.)*

30. Ямелинець Т. Створення банку даних і ГІС українсько-німецького проекту «Трансформаційні процеси в басейні верхнього Дністра» (Під егідою ЮНЕСКО). / Ямелинець Т., Морус М., Ямелинець А., Ямелинець С., Гонек Ю. // Матеріали IV Міжн. наук.-практ. конференції «ГІС-Форум 2006» – Київ, 2006. – С. 28-32. *(0,4 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

31. Ямелинець Т.С. Аналіз цифрової моделі рельєфу для оцінки потенційної ерозійної небезпеки сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України. / Т.С. Ямелинець // Зб. наук. праць «Генеза, географія та екологія ґрунтів». – Львів, 2008. – С. 602-611. *(0,6 д. а.)*

32. Принципи та критерії ґрунтово-географічного районування Західного регіону України. / С.П. Позняк, І.Я. Папіш, Г.С. Іванюк, Т.С. Ямелинець // Агрохімія і ґрунтознавство. – № 75. – Харків, 2011. – С. 69–74. *(0,4 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

33. Дернові оглеєні ґрунти (Phaozems) в структурі ґрунтового покриву Малого Полісся / М.О. Федотіков, Т.С. Ямелинець // Збірник наукових праць „Ґенеза, географія та екологія ґрунтів". – Львів : Видавничий центр ЛНУ ім. І. Франка, 2015. – С. 221–230. *(0,5 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

34. Compass and gyroscope for sustainable landscapes: gap analyses of green infrastructure functionality in Georgia and what can be learned from comparisons of landscapes. / P. Angelstam, M. Elbakidze, T. Yamelynets // International Conference "Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance", 4-6 October 2017, Tbilisi, Georgia *(0,4 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

35. Common challenges for functional green infrastructure at high latitude and high altitude forests: a comparison between Sweden and the Carpathian Mountains. / P. Angelstam, M. Fedoriak, T. Yamelynets // Abstract. International conference "Cool forests at risk? The critical role of boreal and mountain ecosystems for people, bioeconomy, and climate. – 2018. – IIASA, Laxenburg. – P. 106-110. *(0,5 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

36. Діагностичні критерії елементарних ґрунтотворних процесів у профільно-диференційованих ґрунтах Передкарпаття / З. П. Паньків, С. З. Малик, Т. С. Ямелинець // Агрохімія і ґрунтознавство. – Харків, 2020. – № 89. – С. 34–40. DOI: https://doi.org/10.31073/acss89 *(0,5 д. а., з них автору належить 0,2 д. а.)*

АНОТАЦІЯ

Ямелинець Т. С. Теоретичні основи і практика інформаційного ґрунтознавства. На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук за спеціальністю 11.00.05 – біогеографія та географія ґрунтів. – Львівський національний університет імені Івана Франка, МОН України, Львів, 2021.

Запропоновано визначення інформаційного ґрунтознавства як нового напряму науки про ґрунти, який включає систему впорядкування, збору, зберігання і аналізу даних про ґрунти на різних ієрархічних рівнях, отримання безперервної в просторі і часі інформації про стан ґрунтового покриву для моделювання й збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, екологічних, економічних і правових вимог.

Для того, щоб зрозуміти специфіку та особливі умови формування інформаційного ресурсу в ґрунтознавстві досліджено історичні етапи накопичення та формалізації інформації про ґрунти.

Об'єктом вивчення інформаційного ґрунтознавства визначено інформацію про ґрунт, його властивості і процеси у всіх її проявах і формах. Предметом дослідження інформаційного ґрунтознавства є різні аспекти функціонування інформації, а саме: процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; способи управління інформаційними процесами; загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій в ґрунтознавстві. Основним завданням наукового напряму є систематизація прийомів та методів роботи з апаратними та програмними засобами з метою створення, аналізу та зберігання інформації про ґрунт та ґрунтові процеси.

Встановлено, що в процесі свого виникнення і розвитку, ґрунт формує так звану внутрішню інформаційну модель, яка є цілісною організованою інформаційною системою і містить інформацію про всі стадії розвитку матерії – від космічної до соціальної.

Розроблено інформаційну модель опису ґрунту, запропоновано систему формалізації різнорідних ґрунтових даних та створено структуру бази даних. Ґрунтуючись на природній ієрархії ґрунтів, систематизовано ґрунтові об'єкти вертикальної будови грунтів (розрізи (профілі), горизонти

(шари), морфони, зразки) і просторові ґрунтові об'єкти (площинні (контури, полігони), лінійні (трансекти, катени), точкові (профілі, розрізи).

У відкритій ГІС-програмі QGIS спроектовано і розроблено регіональну ґрунтову інформаційну систему Львівської області як засіб формалізації ґрунтових даних на різних організаційних рівнях, а також прикладний інструмент для вирішення окремих технологічних завдань в ґрунтознавстві і землекористуванні. Розроблена ґрунтова інформаційна система містить дані про ґрунти Львівської області, впорядковані архівні дані обстежень, забезпечує можливість внесення, зберігання і опрацювання великої кількості фактичних ґрунтових даних. Розроблена регіональна ґрунтова інформаційна система Львівської області дозволяє опрацьовувати будь-який числовий показник властивостей ґрунту і створювати тематичні картосхеми просторової зміни цих властивостей на різній глибині в межах визначеної території. Крім того, використовуючи загальноприйняту методику, спеціально розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області швидко і достовірно обчислює нормативну грошову оцінку земель сільськогосподарського призначення. В інструменті поєднуються принципи просторового ГІС-аналізу і математичні алгоритми, що дозволяє ефективно використовувати доступну в базі даних формалізовану просторову і семантичну інформацію. Доступність інтерфейсу розробленої програми та наявність зрозумілих класифікаторів ґрунтових параметрів дозволяє розширювати базу даних і створювати регіональні масиви ґрунтових даних у вигляді полігональних (ґрунтові контури) і точкових (ґрунтові профілі) шарів. Вирішене важливе завдання обліку ґрунтової інформації, об'єднання даних різної тематики, використання цифрових ґрунтових карт і матеріалів великомасштабних ґрунтових обстежень Львівської області.

Ключові слова: цифрова інформація, ґрунтова інформаційна система, векторні дані, QGIS, просторово-семантична інформаційна модель.

АННОТАЦИЯ

Ямелинець Т. С. Теоретические основы и практика информационного почвоведения. На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени доктора географических наук по специальности 11.00.05 - биогеография и география почв. - Львовский национальный университет имени Ивана Франко, МОН Украины, Львов, 2021.

Предложено определение информационного почвоведения как нового направления науки о почвах, включающий систему сбора, хранения и анализа данных о почвах на различных иерархических уровнях, получение непрерывной в пространстве и времени информации о состоянии почвенного покрова для моделирования и сбалансированного

использования, воспроизводства и управления почвенными ресурсами на основе природоохранных, социальных, экологических, экономических и правовых требований.

Для того, чтобы понять специфику и особые условия формирования информационного ресурса в почвоведении исследованы исторические этапы накопления и формализации информации о почвах.

Объектом изучения информационного почвоведения определено информацию о почве, его свойства и процессы во всех ее проявлениях и формах. Предметом исследования информационного почвоведения есть аспекты функционирования информации, а именно: процессы возникновения, передачи, хранения, обработки, распространения информации о почве; способы управления информационными процессами; общие закономерности влияния информационных процессов на характер прикладных задач в почвоведении. Разработана информационная модель описания почвы, предложена система формализации разнородных почвенных данных и создана структура базы данных. Основываясь на естественной иерархии почв, систематизированы почвенные объекты вертикального строения и пространственные почвенные объекты.

В открытой ГИС-программе QGIS спроектировано и разработано региональную почвенную информационную систему Львовской области как средство формализации почвенных данных на различных организационных уровнях, а также прикладной инструмент для решения отдельных технологических задач в почвоведении и землепользовании. Разработана почвенная информационная система содержит данные о почвах Львовской области, упорядоченные архивные данные обследований, обеспечивает возможность внесения, хранения и обработки большого количества фактических почвенных данных. Разработана региональная почвенная информационная система Львовской области позволяет анализировать любой числовой показатель качества почвы и создавать тематические картосхемы пространственного изменения этих свойств на разной глубине для определенной территории. Кроме того, используя общепринятую методику, специально разработанный инструмент почвенной информационной системы Львовской области выполняет нормативную денежную оценку земель сельскохозяйственного назначения. Доступность интерфейса разработанной программы и наличие понятных классификаторов почвенных параметров позволяет расширять базу данных и создавать региональные массивы почвенных данных в виде полигональных (почвенные контуры) и точечных (почвенные профили) лееров. Решена важная задача учета почвенной информации, объединение данных различной тематики, использование цифровых почвенных карт и материалов крупномасштабных почвенных обследований Львовской области.

Ключевые слова: цифровая информация, почвенная информационная система, векторные данные, QGIS, пространственно-семантическая информационная модель.

ABSTRACT

Yamelynets T. Theoretical bases and practice of the informational soil science. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The scientific thesis for awarding of a scientific degree of the Doctor of Geography Sciences on a specialty 11.00.05 – Biogeography and Geography of Soils. – Ivan Franko National University of Lviv, Ministry of Education and Science of Ukraine, Lviv, 2021.

The concept of information is one of the fundamental terms in informatiology, but also in other branches of science, including soil science. The development of a new direction of approaches and analysis of soil data based on automated information systems has led to the use in soil science of new terminology and modern methods, which are borrowed from computer science, computer theory and programming.

It is proposed to define informational soil science as a new direction of soil science, which includes a system of ordering, collecting, storing and analyzing soil data at different hierarchical levels, obtaining continuous information in space and time on soil condition for modeling and balanced use, reproduction and management of soil resources based on environmental, social, economic and legal requirements.

In order to understand the specifics and special conditions of the formation of information resources in soil science, the historical stages of accumulation and formalization of information about soils are studied. Especially effective is the historical analysis of soil cartographic research at the national, regional and global levels, which allows us to assess the world's soil resources and approach the common requirements and approaches in the study and mapping of soil cover. An detailed review of the main soil information systems is done: SOTER (global), LUCAS (Europe), ESDB (Europe), NASIS (USA), CanSIS (Canada) and others. Most systems have been tested as well. It is established that the methods of studying soils of different scientific schools are not standardized, which complicates the harmonization of data for use within a single database.

The object of study of informational soil science is information about soils, its properties and processes in all its manifestations and forms. The subject of informational soil science is all aspects of the functioning of information, namely: the processes of origin, transmission, storage, processing, dissemination of information about the soil, its properties and soil processes; approaches to manage information processes; general patterns of influence of information processes on the nature of applied communications in soil science.

It is established that in the process of its origin and development, the soil forms the internal information model, which is a holistic multi-stage organized information system and contains information about all stages of matter development – from space to social. The division of soil information into three different types is given: abiotic, biotic and sociogenic. The type of imperial information is divided into empirical-agricultural, experimental and theoretical soil science. The volume of the imperial type of information is growing rapidly, leading to so-called information explosions.

An information model of soil description for use in the data storage and processing has been developed, and a system of formalization of heterogeneous soil data has been proposed and a database structure has been created. Based on the natural hierarchy of soils, soil objects of vertical soil structure (profiles, horizons (layers), morphons, samples) and spatial soil objects (planar (contours, polygons), linear (transects, catenaries), point (profiles, sections). The developed soil coordinate system allows to determine the position of the soil object in space among other components of the soil body structure and has the form of a set of indices specifying the affiliation of soil properties to one of the soil objects within the soil system.

Based on the open GIS program QGIS a regional soil information system of Lviv region was designed and developed as a means of formalizing soil data at various organizational levels, as well as an application tool for solving certain technological problems in soil science and land use. The developed soil information system contains data on soils of the Lviv region, organized archival survey data provides the ability to enter, store and process a large amount of actual soil data. The information system provides a complete description of the soil section in the same form in which it existed on paper in analogue form, thus preserving all the semantic and logical connections between soil indicators and objects. The important task of accounting for soil information, combining data on various topics, using digital soil maps and materials of large-scale soil surveys of the Lviv region as a basis has been solved.

The developed regional soil information system of Lviv region allows to process any numerical indicator of soil properties and to create thematic maps of spatial distribution of these properties for a certain depth within a certain territory. In addition, using the generally accepted methodology, a specially developed tool of the soil information system of the Lviv region quickly and efficiently performs the normative monetary valuation of agricultural land. The availability of the interface of the developed program and the availability of clear classifiers of soil parameters allows to expand the database and create regional arrays of soil data in the form of polygonal (soil contours) and point (soil profiles) layers.

Keywords: digital information, soil information system, vector data, QGIS, spatial-semantic information model.

Підписано до друку 28.01.2021. Формат 60x84/16
Папір офсетний. Друк різографічний. Ум.-друк. арк. 1,9.
Обл.-вид.арк. 1,9. Тираж 100. Зам. А-1001
Видавництво та друкарня Львівського національного університету імені Івана Франка,
79000, м. Львів, вул. Дорошенка, 41
e-mail: vcentr_lnu@ukr.net

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №123 від 08.04.2002