

Львівський національний університет імені Івана Франка

Міністерство освіти і науки України

Кваліфікаційна наукова праця

на правах рукопису

ЯМЕЛИНЕЦЬ ТАРАС СТЕПАНОВИЧ

УДК [631.44+631.48+504:025.4.03]

ДИСЕРТАЦІЯ

**ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ І ПРАКТИКА
ІНФОРМАЦІЙНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА**

11.00.05 – біогеографія і географія ґрунтів

Природничі науки

Подається на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ Т.С. Ямелинець

Науковий консультант:

Позняк Степан Павлович,

доктор географічних наук, професор

Львів – 2020

АНОТАЦІЯ

Ямелинець Т. С. Теоретичні основи і практика інформаційного ґрунтознавства. - Кваліфікаційна наукова праця 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, 2020.

Поняття інформації є одним з фундаментальних не тільки в інформаціології (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 нової термінології та сучасних методів, які запозичені з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, також значно розширюється словник понять з математичної галузі. Це неминучий і необхідний для ґрунтознавства процес, що сприяє підвищенню ефективності роботи із ґрунтовими даними, використання новітніх технологій і методів тощо.

Запропоновано визначення інформаційного ґрунтознавства як нового напрямку 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. Особливо ефективним є історичний аналіз ґрунтово-картографічних досліджень на національному, регіональному і глобальному рівнях, що дозволяє провести оцінку світових ґрунтових ресурсів та наблизитись до єдиних вимог і підходів у вивченні і

картографуванні ґрунтового покриву планети. Окрім того, надзвичайно актуальними сучасними тенденціями в ґрунтознавстві є формування «банків» ґрунтової інформації і створення різнорівневих ґрунтових інформаційних систем, що забезпечить впорядкування накопиченої інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив та дозволить ефективно використовувати інформацію в наукових і прикладних цілях. Також проаналізовано сучасні підходи до організації та аналізу даних з метою отримання інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив певного регіону. Проведено розширений огляд основних ґрунтових інформаційних систем: SOTER (глобальна), LUCAS (Європа), ESDB (Європа), NASIS (США), CanSIS (Канада) та інші. Більшість систем були апробовані і протестовані. Встановлено, що методи вивчення ґрунтів і ґрунтових властивостей різних наукових шкіл не є стандартизованими, що ускладнює гармонізацію даних для використання в рамках єдиних баз даних.

Об'єктом вивчення інформаційного ґрунтознавства визначено інформацію про ґрунт, його властивості і процеси у всіх її проявах і формах. Предметом дослідження інформаційного ґрунтознавства є всі аспекти функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління інформаційними процесами; (3) загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій в ґрунтознавстві.

Встановлено, що 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. Висвітлено нерозривний взаємозв'язок ґрунтового покриву із умовами та історією формування фізико-географічного середовища. Встановлено, що ці зв'язки між ґрунтом і умовами ґрунтоутворення є закономірними, а ґрунт є інтегрованим відображенням такої взаємодії, або іншими словами «дзеркалом» ландшафту. Подано поділ ґрунтової інформації на три різні типи: абіотичну, біотичну і соціогенну. Тип

імперичної інформації поділяємо на емпірично-землеробську, 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 більше 90% накопичено науково-технічної інформації. В даний час налічується, щонайменше 2000 різних наукових дисциплін, кожна з них підрозділяється на окремі наукові галузі.

Основним завданням наукового напрямку 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. Мета систематизації полягає у тому, щоб виділити, впровадити та розвинути передові, найбільш ефективні технології автоматизації етапів роботи з даними, а також методично забезпечити нові технологічні дослідження в ґрунтознавстві.

Розроблено інформаційну модель опису ґрунту для використання в електронному середовищі зберігання і обробки даних, і запропоновано систему формалізації різнорідних ґрунтових даних та створено структуру бази даних. 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 (EGA, Profile, Layer, Morphon, Sample).

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. Інформаційна 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. 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 регіональна ґрунтова інформаційна система Львівської області дозволяє опрацювати будь-який числовий показник властивості ґрунту і створювати тематичні картосхеми просторової зміни цих властивостей для певної глибини в межах визначеної території. Крім того, використовуючи загальноприйнятту методику, спеціально розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області швидко і ефективно виконує 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) леєрів.

Ключові слова: цифрова інформація, ґрунтово-географічна база даних, ґрунтова інформаційна система, векторні дані, QGIS, просторово-семантична інформаційна модель, ґрунтова система координат.

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, 2020.

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. This is an inevitable and necessary process for soil science, which helps to increase the efficiency of working with soil data, the use of the latest technologies and methods etc.

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. In addition, extremely relevant current trends in soil science are the formation of “banks” of soil information and the creation of multilevel soil information systems, which will organize the accumulated information about soils and soil cover and allow effective

use of information for scientific and applied purposes. Modern approaches to the organization and analysis of data in order to obtain information about the soils and soil cover of a particular region are also analyzed. 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 and soil properties 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: (1) the processes of origin, transmission, storage, processing, dissemination of information about the soil, its properties and soil processes; (2) approaches to manage information processes; (3) 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 so-called internal information model, which is a holistic multi-stage organized information system and contains information about all stages of development of matter – from space to social. The inseparable interrelation of the soil cover with the conditions and history of the formation of the physical-geographical environment is highlighted. It is established that these connections between soil and conditions of soil formation are natural, and the soil is an integrated reflection of such interaction, or in other words a “mirror” of the landscape. 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. Only the last century has given about 70% of scientific knowledge and more than 90% of accumulated scientific and technical information. Currently, there are at least 2,000 different scientific disciplines, each is also divided into separate scientific branches.

The main task of the scientific direction is the systematization of techniques and methods of working with hardware and software in order to create, analyze and store information about the soil, its properties and soil processes. The purpose of systematization is to identify, implement and develop advanced, most effective technologies for automation of data working stages, as well as methodically provide new technological research in soil science.

An information model of soil description for use in the electronic environment of 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 (sections (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 (coordinates) specifying the affiliation of soil properties to one of the soil objects within the soil system coordinates (EGA, Profile, Layer, Morphon, Sample).

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 tool combines the principles of spatial GIS analysis and mathematical algorithms, which allows you to effectively use the formalized spatial and semantic information available in the database. 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-geographical database, soil information system, vector data, QGIS, spatial-semantic information model, soil coordinate system.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Монографії

1. Ямелинець Т. С., Кіт М. Г. Просторовий аналіз деградаційних процесів сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу: монографія. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 204 с. (9,22 д. а.) (Особистий внесок: написання розділів I-IV, висновків, додатків, що становить 8,12 д. а.).

2. Гаськевич В., Паньків З., Папіш І., Ямелинець Т. Ґрунти // Львівська область: природні умови і ресурси: монографія / за заг. ред. М. М. Назарука. Львів : Видавн. Старого Лева, 2018. С. 117–156. (2,48 д. а.) (Особистий внесок: карта ґрунтів та інформ. макет, БД, інтерпретація результатів – 0,90 д. а.).

Наукові праці у фахових виданнях України

3. Ямелинець Т.С., Елбакідзе М.М., Завадович О.М. Методичні аспекти інвентаризації зелених зон урбанізованих територій (на прикладі регіонального ландшафтного парку «Знесіння») // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 2005. Вип. 32. С. 42–58. (0,58 д. а.) (Особ. вн.: геобаза з векторним шаром ґрунтів, рельєфу, БД інвентаризації об'єктів – 0,30 д. а.).

4. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу України та критерії її оцінки // Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки: зб. наук. пр. Серія: Географія. 2006. № 2 С. 165–171. (0,36 д. а.)

5. Ямелинець Т. С., Телегуз О. Г. Застосування ГІС при дослідженні впливу геоморфологічного чинника на потенційну ерозійну небезпеку сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: Географія. 2012. Вип. 32. № 2. С. 33–40. (0,45 д. а.) (Особистий внесок: обґрунтування методології, ГІС-аналіз ґрунтових показників і створення БД, геоаналіз ґрунтових даних, 3D модель – 0,35 д. а.)

6. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів та взаємозв'язок з іншими типами деградації в межах Західного регіону України // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. Вип. 44. 2013. С. 388–397. (0,45 д. а.)

7. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. Історичний аспект та проблеми вивчення структури ґрунтового покриву // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: Географія. 2016. Вип. 40. № 1. С. 30–36. (0,71 д. а.) (Особистий внесок: обґрунтування мети, аналіз методів ДДЗ для вивчення СГП, методичних проблем, істор. аналіз теорії ЕГА, розділи, що становить 0,45 д. а.)

8. Ямелинець Т.С. Федотіков М.О. The elementary soil areas of the Mukolaiiv-Horodok Opillia // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 2016. Вип. 50. С. 386–394. (0,56 д. а.) (Особистий внесок: векторні ґрунтові дані (1:10 000), атрибутивна БД, геопросторові методи інтерпретації СГП – 0,35 д. а.)

9. Ямелинець Т.С., Папіш І.Я., Позняк С.П., Іванюк Г.С. Ґрунтово-географічне районування Українського Полісся // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: Географія. 2016. Вип. 41. № 2. С. 31–42. (1,25 д. а.) (Особистий внесок: методологія районування, векторизація різномасштабних ґрунтових карт, карта пластики рельєфу, ГІС БД одиниць р-ння – 0,45 д. а.)

10. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. The soil cover structure and elementary soil areas of the Opillia // Вісник Львівського ун-ту. Серія

географічна. 2017. Вип. 51. С. 390–398. (0,65 д. а.) (Особистий внесок: ГІС при вивченні СГП, векторні ґрунтові дані, атрибутивна БД, розділи – 0,35 д. а.).

11. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. Характеристика елементарних ґрунтових ареалів Ходорівсько-Бучацького Опілля // Вісник Київського нац. ун-ту. Серія: Фізична географія та геоморфологія. 2017. Вип. 3 (87). С. 127–134. (0,65 д. а.) (Особистий внесок: методи ГІС разом із натурно-картометричним аналізом ЕґА, інформаційні показники СГП, розділи статті – 0,40 д. а.).

12. Ямелинець Т.С. Позняк. С.П., Папіш І.Я., Іванюк Г.С. Ґрунтово-географічне районування Львівської області: структура та принципи // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 2018. Вип. 52. С. 251–265. (1,24 д. а.) (Особистий внесок: обґрунтування завдання, векторизація різномасштабних ґрунтових карт, карта пластики рельєфу, четверт.відкладів, ГІС БД – 0,55 д. а.).

13. Ямелинець Т. С., Позняк С.П., Папіш І. Я., Іванюк Г.С. Ґрунтово-географічне районування широколистяно-лісової ґрунтово-біокліматичної зони України // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: географія. 2019. Вип. 46. № 1 С. 26–39. (1,15 д. а.) (Особ. вн.: методологія районування, векторизація ґрунт. даних, карта пластики рельєфу, база даних – 0,49 д. а.).

14. Ямелинець Т.С. Історичні етапи формалізації ґрунтових даних і трансформація ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: географія. 2020. Вип. 48. № 1. С. 32–42 DOI:<https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.1.4> (1,06 д. а.)

15. Ямелинець Т. С., Позняк С. П., Паньків З. П., Гавриш Н. С. Інвестиційна привабливість ґрунтів Карпатського регіону України // Український географічний журнал. 2020. № 1. С. 26–34. <https://doi.org/10.15407/ugz2020.01> (*Scopus*) (0,80 д. а.) (Особистий внесок: БД агровиробничих властивостей ґрунтів регіону, розробка картографічно-інформаційної системи інвестиційної привабливості ґрунтів, що становить 0,40 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*. 2013. № 40 (2). P. 157–166. doi:10.1017/S0376892912000434 (*Scopus, Q1*) (1,26 д. а.) (Особистий внесок: обґрунтування мети, аналіз нормативного забезпечення, створення інформаційного векторного шару об'єктів ПЗФ, наповнення БД, написання статті, що становить 0,35 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*. 2017. № 24 (1–2). P. 41–58. (*Scopus, Q2*) (1,96 д. а.) (Особистий внесок: формування БД тематичних об'єктів регіону (грунтовий покрив, природні комплекси), інтерпретація результатів і написання статті, що становить 1,00 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*. 2017. Vol. 168. P. 72–83. (*Scopus, Q1*) (1,36 д. а.) (Особистий внесок: семантична ГІС БД, використання методу геостатистики для аналізу наземного покриття, «гарячих точок», інтерпретація результатів, що становить 0,45 д. а.).

19. Yamelynets, T. 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. Vol. 193, P. 300–311. (*Scopus, Q1*) (1,98 д. а.) (Особистий внесок: концепція статті, створення інформ. наборів даних Західної України, конвертація даних у зовн. моделі гео зв'язків, модель просторово-семантичної БД, написання статті, що становить 0,50 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*. 2019. №34 P. 1–24 (*Scopus, Q1*) (2,23 д. а.) (Особистий внесок: розробка набору

векторних різномасштабних шарів, формування семантичної БД платформи LTSEER, інформаційне наповнення БД, що становить 0,45 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*. 2018. Vol. 218 P. 1–13. (*Scopus, Q1*) (2,03 д. а.) (Особистий внесок: створення картографічних баз даних із використанням ДДЗ, отриманні інформації про часову і просторову зміну наземного покриву, написання розділів статті, що становить 0,33 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. Vol. 10, №6. P. 1–23 (*Scopus, Q2*) (2,34 д. а.) (Особистий внесок: створення семантичної ГІС БД, геоаналіз трансформації наземного покриву, методи геостатистики «гарячих точок», інтерпретація результатів, становить 0,55 д. а.).

23. Pankiv Z., Malyk S., Yamelynets T. Diagnostic criteria for lessivage of profile-differentiated soils of the Precarpathian region (Ukraine) // *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*. 2019. Vol. 70. Iss. 4. P. 189–207 (*Scopus*) (0,64 д. а.) (Особистий внесок: формалізація метаданих для опису ґрунтових показників, створення векторних шарів, систематизація польових і лабор. даних для внесення в ґрунтову ІС, що становить 0,25 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. Vol. 9. № 5. P. 1–27 (*Scopus, Q2*) (2,71 д. а.) (Особистий внесок: аналіз ДДЗ, інформ. блоків, методи геоаналізу для оцінки трансформації природних об’єктів, розділи статті, що становить 0,75 д. а.).

25. Yamelynets T., Pankiv Z. Ferrum concretions forms in the mollic gley soils of Low (Male) Polissya // *Polish Journal of Soil Science*. 2020. Vol. 53 (1).

P. 137–149. (*Scopus*) (0,63 д. а.) (Особистий внесок: метадані опису ґрунтових показників, методів визначення, векторні дані і БД, що становить 0,35 д. а.).

Наукові публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

26. Yamelynets T., Yamelynets A. Organization of GIS systems performance. An example of computational modeling of hydrodynamic processes // 21st. European Regional Conference: Integrated land and water resources management: towards sustainable rural development. Frankfurt (Oder). Germany, 2005. P. 101–108. (0,51 д. а., з них автору належить 0,45 д. а.)

27. Yamelynets T., Elbakidze M., Zavadovych O. Landscape-Ecological Approach to the Assessment of Urban Green Zones Using GIS Tools // Critical Areas in a Landscape: From Theory to Mapping and Management: Abstracts of International Conference (Тбілісі, 3-10 травня 2005 р.). Tbilisi, Georgia, 2005. P. 48–52. (0,40 д. а., з них автору належить 0,20 д. а.)

28. Ямелинець Т.С., Ямелинець С.П., Завадович О.М. Створення тривимірної карти ландшафтного парку «Знесіння» у Львові // Історична топографія і соціотопографія України: зб. наук. пр. Львів, 2006. С. 456–461. (0,25 д. а., з них автору належить 0,20 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 // Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на поч. 21 ст.: міжнар. наук.-практ. конф.: тези доп. (Харьків, 15-16 травня 2006 р.) – Харьков, 2006. С. 164–168. (0,15 д. а.)

30. 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. // ГІС-Форум 2006: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 17-19 травня 2006 р.). Київ, 2006. С. 28–32. (0,36 д. а., з них автору належить 0,20 д. а.)

31. Ямелинець Т.С. Аналіз цифрової моделі рельєфу для оцінки потенційної ерозійної небезпеки сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України // Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. пр. Львів, 2008. С. 602–611. (0,33 д. а.)
32. Ямелинець Т.С., Позняк С.П., Папіш І.Я., Іванюк Г.С. Принципи та критерії ґрунтово-географічного районування Західного регіону України // Агрохімія і ґрунтознавство. Харків, 2011. № 75. С. 69–74. (0,25 д. а., з них автору належить 0,10 д. а.)
33. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. Дернові оглеєні ґрунти (Phaeozems) в структурі ґрунтового покриву Малого Полісся // Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. пр. Львів: Видавн. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2015. С. 221–230. (0,32 д. а., з них автору належить 0,15 д. а.)
34. Yamelynets T., Angelstam P., Elbakidze M. Compass and gyroscope for sustainable landscapes: gap analyses of green infrastructure functionality in Georgia and what can be learned from comparisons of landscapes // International Conference «Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance» (Tbilisi, 4–6 October, 2017), Tbilisi, Georgia, 2017. P. 30. (0,09 д. а., з них автору належить 0,03 д. а.)
35. Yamelynets T., Angelstam P., Fedoriak M., Common challenges for functional green infrastructure at high latitude and high altitude forests: a comparison between Sweden and the Carpathian Mountains // International conference “Cool forests at risk? The critical role of boreal and mountain ecosystems for people, bioeconomy, and climate. (Лаксенбург, 17-18 вересня 2018 р). Laxenburg: IASA. 2018– P. 106–110. (0,12 д. а., з них автору належить 0,06 д. а.)
36. Паньків З. П., Малик С. З., Ямелинець Т. С. Діагностичні критерії елементарних ґрунтоутворних процесів у профільно-диференційованих ґрунтах Передкарпаття // Агрохімія і ґрунтознавство. Харків, 2020. № 89. С. 34–40. (0,74 д. а., з них автору належить 0,30 д. а.)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. ІСТОРИЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ҐРУНТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ.....	32
1.1. Історичні етапи розвитку ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт.....	35
1.2. Еволюція моделі опису ґрунту як самостійного природного тіла...	50
Висновки до розділу 1.....	57
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ҐРУНТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ КРАЇН СВІТУ.....	59
2.1. Міжнародна цифрова база даних ґрунтів і територій SOTER.....	60
2.2. Ґрунтова база даних Європейського Союзу.....	65
2.3. Ґрунтові інформаційні системи і бази даних Сполучених Штатів Америки.....	71
2.4. Ґрунтова інформаційна система Канади CanSIS.....	74
2.5. Цифрова ґрунтова карта світу GlobalSoilMap.....	76
2.6. Ґрунтові інформаційні системи України.....	78
2.7. Інші ґрунтові інформаційні системи і бази даних.....	84
Висновки до розділу 2.....	87
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НАУКОВОГО НАПРЯМУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА	88
3.1. Інформація, дані і знання як базові поняття інформаційного ґрунтознавства.....	88
3.2. Інформаційна модель ґрунту.....	94
3.3. Об'єкт, предмет та завдання інформаційного ґрунтознавства.....	101
3.4. Методи дослідження інформаційного ґрунтознавства.....	105
3.5. Нормативно-правове регулювання інформаційного забезпечення в ґрунтознавстві.....	107
Висновки до розділу 3.....	116
РОЗДІЛ 4. ГЕОГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК ОСНОВА АНАЛІЗУ ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ	119
4.1. Географічні інформаційні системи та аналіз ґрунтових ресурсів..	122
4.2. Особливості інформаційного забезпечення географічних інформаційних систем.....	131
4.3. Картографічний інструмент.....	135
4.4. Використання даних дистанційного зондування Землі.....	145

4.5. Просторове моделювання в ГІС.....	155
Висновки до розділу 4.....	163
РОЗДІЛ 5. ГРУНТОВА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА – БАЗОВА ОДИНИЦЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ГРУНТОЗНАВСТВА	165
5.1. Функціональні та технічні обмеження сучасних ґрунтових інформаційних систем.....	166
5.2. Етапи створення ґрунтової інформаційної системи.....	169
5.3. Структура бази даних ґрунтової інформаційної системи.....	174
5.4. Класифікація ґрунтових інформаційних систем.....	185
5.5. Проблемні аспекти створення та функціонування ґрунтової інформаційної системи.....	188
Висновки до розділу 5.....	192
РОЗДІЛ 6. ПРОЕКТУВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ ГРУНТОВОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ.....	194
6.1. Семантична модель опису ґрунту.....	194
6.2. Формалізація ґрунтових метаданих.....	212
Висновки до розділу 6.....	223
РОЗДІЛ 7. ГРУНТОВА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ	224
7.1. Особливості різномірного формування ґрунтових та інших тематичних даних.....	225
7.2. Розробка аплікації в відкритій ГІС – QGIS. Створення та наповнення бази даних на різних організаційних рівнях.....	242
7.3. Аналітичні та прикладні можливості інформаційної системи.....	266
Висновки до розділу 7.....	288
РОЗДІЛ 8. ІНШІ ВИДИ ЦИФРОВОЇ ГРУНТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЇХ ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ	290
8.1. Веб-орієнтовані рішення та публічна кадастрова карта.....	290
8.2. Цифрова ґрунтова карта України.....	299
8.3. Ґрунтово-географічне районування України.....	303
Висновки до розділу 8.....	313
ВИСНОВКИ.....	315
Список використаних джерел.....	321
Додатки.....	347

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

- ГІС – географічні інформаційні системи;
- ГрІС-ЛО – ґрунтова інформаційна система Львівської області;
- ДДЗ – дані дистанційне зондування;
- ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;
- ЕґА – елементарний ґрунтовий ареал;
- СУБД – системи управління базами даних;
- CanSIS – національна ґрунтова інформаційна система Канади (Canada National Soil Information System);
- CORINE – міжнародний проект з обстеження і визначення наземного покриття (Coordination of Information on the Environment);
- GNU GPL – ліцензія на вільне програмне забезпечення;
- KASSA – міжнародний проект (Knowledge Assessment and Sharing on Sustainable Agriculture);
- LUCAS – міжнародний проект Європейської комісії зі статистичного обстеження земної поверхні і землекористування (Land Use and Coverage Area frame Survey);
- NASIS – національна ґрунтова інформаційна система США (National Soil Information System of USA);
- Python – інтерпретована об'єктно-орієнтована мова програмування високого рівня зі строгою динамічною типізацією;
- QGIS – відкрита крос-платформена геоінформаційна система;
- QField – програма для польового збору даних на базі QGIS;
- SOTER – Міжнародна цифрова база даних ґрунтів і ландшафтів (Global Soil and Terrain Database);
- SQL – універсальна мова запитів;
- WISE – міжнародний проект з обстеження потенціалу емісії парникових газів в ґрунтах світу (World Inventory of Soil Emission Potentials);
- WRB – міжнародна класифікація ґрунтів (The World Reference Base).

ВСТУП

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. Саме поняття інформації все ширше використовується в різних областях знання, тим самим викликаючи підвищений інтерес з боку вчених різних галузей науки. Осмислення феномена інформації почалося порівняно недавно. Тим часом, 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 нашої науки 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 напрямку в ґрунтознавстві – інформаційного ґрунтознавства. Потрібно 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 напрямку складають інформаційні технології або прикладна ґрунтова інформатика – сукупність конкретних технічних і програмних засобів, за допомогою яких виконуються різноманітні операції з обробки ґрунтових даних. Вирішальне значення для прикладної ґрунтової інформатики мають безпосередньо засоби обчислювальної і телекомунікаційної техніки, зокрема, комп'ютер як технічний пристрій, призначений для обробки ґрунтової інформації. Ці засоби, в комплексі з спеціальним програмним забезпеченням, а також ґрунтовими базами даних дозволяють розробляти спеціальні ґрунтові інформаційні системи, які мають надзвичайно велике прикладне значення і є предметом нашого дослідження. 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.

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: (1) геоінформаційні системи, що дають можливість працювати з просторовими даними; (2) реляційні бази даних, що забезпечують функціональність роботи з великою кількістю морфологічних, фізичних і фізико-хімічних показників властивостей ґрунтів; (3) використання методів дистанційного аналізу, зокрема мереж інтернет і мобільних пристроїв, що забезпечує мобільний доступ до системи. Подібні системи використовують для прогнозування, моделювання та інших прикладних ґрунтових досліджень, наприклад прогноз ерозійної небезпеки, різних видів хімічної, біологічної і фізичної деградації ґрунтів, контроль за врожайми і продуктивністю ґрунтів, зонування території тощо.

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 напрямку, який називають інформаційним ґрунтознавством.

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

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

Предметом досліджень є інформаційна модель опису ґрунту як самостійного природного тіла, історична інтерпретації 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.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Вибраний напрямок 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.), «Тенеза, 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» підготовлений науковий звіт і векторизовано карту ґрунтів реального масштабу 1:200 000 на всю територію України, також сформовану базу даних (колектив авторів, 2014 р.). За результатами держбюджетної теми 0115U003247 «ґрунтово-географічне районування України» підготовлений науковий звіт і

векторизовано карту таксономічних одиниць ґрунтово-географічного районування України (колектив авторів, 2016 р.).

Проведені наукові дослідження також тісно пов'язані із трьома міжнародними проектами, участь в яких дозволила на якісно новому рівні застосовувати сучасні ГІС-підходи для аналізу ґрунтових даних і розробки тематичних інформаційних систем.

Зокрема використано спільні результати міжнародних наукових проектів «Оцінка втрат: показники біорізноманіття лісового ландшафту», 2019-2021 рр. за підтримки агенції з охорони навколишнього середовища Швеції («Coping with the loss of the last: indicators for forest landscape biodiversity», Swedish Environmental Protection Agency), «Стале землекористування навзаєм – фрагментації з метою забезпечення функціональності зеленої інфраструктури – Європейські ініціативи ландшафтного підходу для регіонально-адаптованих рішень», 2018-2019 рр., за підтримки AlterNet High Impact Action («Land-sparing vs. land-sharing for functional green infrastructure – European landscape approach initiatives for regionally adapted solutions» (АНІА), «Соціальні цінності в лісових ландшафтах: визначення та картографування місць проживання людини для комплексного просторового планування», 2013-2020, за підтримки FORMAS («Social values in forest landscapes: Defining and mapping human habitats for integrated spatial planning», (FORMAS). 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 концепції “Національної програми охорони земель на 1996–2005 роки” і розробленому “Координаційному плану з проблем ґрунтознавства, агрохімії, меліорації та охорони ґрунтів на 1996–2000 роки”. Методи географічних інформаційних систем, а також результати досліджень у вигляді локальних атрибутивних баз даних були використані при складанні карти вмісту загального органічного С гумусу ґрунтів України (2018 р.).

Мета і завдання досліджень. Основна мета дисертаційної роботи полягає у комплексному аналізі інформаційної моделі ґрунту та підходів до інтерпретації ґрунтової інформації, формулювання теоретичних, понятійних і методологічних категорій наукового напрямку 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 нового напрямку 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) подати інформаційну характеристику документам предметної області дослідження, оцінити проблеми і можливості переходу від візуальних форм зберігання ґрунтових даних до електронних;
- 5) розробити інформаційну модель опису ґрунту для використання в електронному середовищі 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) дослідити принципи побудови та функціонування різноматичної цифрової ґрунтової інформації та можливості прикладного застосування.

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, методи проектування та побудови моделей, методи перетворення та кодування інформації для її подання в цифрових форматах і методи комп'ютерного моделювання і 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. Мірошніченка, 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 протягом 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 автора і працівників лабораторії протягом 2000–2020 років, картографічні матеріали використані з фондів державного підприємства «Львівський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою». Використані результати, отримані автором як одним з

виконавців, державних бюджетних тем 0113U003050 «Створення цифрової картографічної бази даних ґрунтового покриття України» (ВГ-144П, 2012-2014 рр.) і 0115U003247 «Ґрунтово-географічне районування України» (ВГ-03, 2014-2016 рр.) та власний практичний досвід автора, пов'язаний і участю у трьох наукових міжнародних проектах (2013-2020 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 напрямку 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 покриття для моделювання й збалансованого використання, відтворення і управління ґрунтовими ресурсами на основі природоохоронних, соціальних, екологічних, економічних і правових вимог;
- визначено об'єкт і предмет дослідження інформаційного ґрунтознавства. Об'єкт вивчення інформаційного ґрунтознавства – це інформація про ґрунт, його властивості і процеси у всіх її проявах і формах. Предмет дослідження охоплює всі аспекти функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління інформаційними процесами; (3) 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 (EGA, Profile, Layer, Morphon, Sample);

- виконано математичну інтерпретацію опису ґрунтового профілю у вигляді асоційованого масиву показників властивостей ґрунтів, що дозволяє встановлювати зв'язки між елементами будови ґрунту і їх 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: (1) показники, які характеризують місце розташування розрізу, природні умови (чинники ґрунтоутворення), польову характеристику ґрунту, включно з описом основних морфологічних властивостей; (2) 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 і 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 – об'єкти, наявність яких є необхідною умовою опису ґрунту) 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 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 відносинами, які зберігаються у різних формах – вербальній, візуальній або цифровій. Підхід 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 додано один ієрархічний рівень, який визначається певною таксономічною одиницею і залежить від масштабу ґрунтово-картографічного знімання.

Набули подальшого розвитку:

- відкритість програмного забезпечення в якому створена ґрунтова інформаційна система Львівської області дозволяє вдосконалювати окремі інструменти або створювати нові, також існує можливість персоналізації інтерфейсу та модифікації 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 Львівської області в комплексі із профільними ґрунтовими даними. 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) леєрів.
- систематизований перелік показників з допомогою яких описують ґрунтові розрізи і окремі генетичні горизонти може бути доповнений користувачем у випадку наявності додаткових ґрунтових параметрів чи 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 ГрІС-ЛО.

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 за допомогою формальної логіки із використанням набору певних алгоритмів, що дозволяє опрацьовувати великі масиви інформації. Завдяки концепції мінімальної інформаційної ґрунтової одиниці, яка відіграє роль своєрідного кванта ґрунтової інформації, розроблена ґрунтова

інформаційна система Львівської області є гнучкою і відкритою системою. Крім того розроблена інформаційна 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. 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 регіональна ґрунтова інформаційна система Львівської області дозволяє опрацьовувати будь-який числовий показник властивості ґрунту і створювати тематичні картосхеми просторової зміни цих властивостей для певної глибини в межах визначеної території. Крім того, використовуючи загальноприйнятту методику, спеціально розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області швидко і ефективно виконує 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.

Беззаперечною є прикладна цінність розробленого інформаційного інструменту, що підтверджується отриманими листами-довідками про впровадження результатів наукових досліджень в практичну діяльність Львівської філії державного підприємства «Тернопільський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» та районних підрозділів головного управління Держгеокадастру у Львівській області України.

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. З наукових праць, опублікованих у співавторстві, використані лише ті ідеї та положення, які є результатом особистих досліджень здобувача. 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 ґрунтознавців і агрохіміків України (Харків, 2006), вітчизняних і зарубіжних наукових конференціях і семінарах, а саме: матеріали міжнародної науково-практичної конференції «21st. European Regional Conference: Integrated land and water resources management: towards sustainable rural development» (Франкфурт на Одері, Німеччина, 2005), матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Critical Areas in a Landscape: From Theory to Mapping and Management» (Тбілісі, Грузія, 2005), матеріали міжнародної науково-практичної конференції «ГІС-Форум 2006» (Київ, 2006), матеріали міжнародної конференції «Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance» (Тбілісі, Грузія, 2017), матеріали міжнародної конференції «Cool forests at risk? The critical role of boreal and mountain ecosystems for people, bioeconomy, and climate» (Лаксенбург, Австрія, 2018), звітних наукових конференціях у Львівському національному університеті імені Івана Франка (2004–2018 рр.).

Публікації. На тему дисертації автором та за його участю опубліковано 25 наукових праць, з яких одна монографія, один розділ в монографії, 13 у фахових виданнях України і 10 у міжнародних періодичних виданнях.

Обсяг і структура роботи. 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.

РОЗДІЛ 1. ІСТОРИЧНА ІНТЕРПРЕТАЦІЯ ҐРУНТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Знання про ґрунт в історії людства накопичувались ще починаючи з появи землеробства близько 9000 р. до н.е., під час вдосконалення обробітку ґрунтів та впровадження різних технічних нововведень (плуг, техніка зрошення, контурний обробіток тощо), більшість з яких винайшли в проміжку між 9000 р. до н.е. та 1500 р. н.е. [129; 179]. Людство здобувало знання про ґрунт протягом всього свого існування, намагалось якимось чином систематизувати та впорядкувати величезний обсяг інформації про цей найцінніший природний ресурс [11].

Джерела та види інформації про ґрунт змінювались та вдосконалювались в процесі розвитку людської цивілізації. Виділяють декілька історичних етапів накопичення та формалізації інформації про ґрунти [11; 20; 28; 190]:

1) початок накопичення розрізненої інформації про властивості ґрунтів, їх родючість і способи обробітку (неоліт, бронзовий вік);

2) створення перших систем зрошення ґрунтів, винахід методів боротьби із засоленням ґрунтів, формування примітивного кадастру земель (Єгипет, Месопотамія, Індостан, Китай);

3) первинна систематизація відомостей про ґрунти (Феофраст, Катон, Пліній), перші спроби їх класифікації (Колумелла) та перший досвід внесення добрив в ґрунти (Варрон), проведення географічного опису ґрунтів (Геродот, Страбон), включення уявлень про ґрунти у філософські і релігійні концепції. В цей час людина починає усвідомлювати відмінність ґрунтів, необхідність їх класифікації з метою використання і оподаткування. З'являються перші письмові відомості (єгипетські папіруси, стели) з описом якості землі - Палермський камінь, Бруклінський папірус, Кодекс Хаммурапі тощо (IV ст. до н. е.- IV ст. н. е.);

4) опис ґрунтів як основна характеристика земельних угідь з метою встановлення феодальних повинностей і привілеїв, створення китайських кадастрів, «геопоніки» в Візантії, землеоціночних актів в Німеччині, Англії,

Франції та інших країнах Західної Європи; проведення оцінки ґрунтів в Литві, Білорусії та Україні (VI-XVI ст.);

5) отримання нових знань про ґрунти в епоху Відродження, поява агрономічних трактатів Альберта Великого і Петра Кресценція, поняття про ґрунт Абу Ібн Сіні, гіпотеза утворення ґрунтів під впливом рослин (Леонардо да Вінчі), наукові підходи про роль солей ґрунту в живленні рослин (Бернар Паліссі) (XV - XVII ст.);

6) зародження сучасних поглядів на родючість ґрунтів і їх зв'язок з гірськими породами, посилення ролі ґрунту в агрономічних працях (Хом, Ліванов та інші), використання даних про ґрунти в економічних вченнях фізіократів;

7) розширення і поглиблення досліджень ґрунтів і проведення спорадичних теоретичних узагальнень, гумусова теорія живлення рослин (Кюльбель, Теєр, Комов, Павлов), відкриття Лібіха про використання рослиною «солей» ґрунту, початок вікової дискусії про чорноземи, створення перших ґрунтових (Сташиц, Гроссул-Толстой, Веселовський) і агрогеологічних карт (Лоренц), поява і розвиток геологічного ґрунтознавства в Німеччині та інших країнах (Фаллу, Берендт, Севергін) (кінець XVIII - середина XIX ст.) [212];

8) розвиток теоретичного ґрунтознавства та формування найважливіших його концепцій, а саме встановлено, що ґрунт – це самостійне природне історичне тіло, що має профільну будову, а родючість є його визначальною якістю. Зародження вчення про типи ґрунту, їх генезис і еволюцію. Проведення перших класифікацій ґрунтів та встановлення законів зональності (Докучаєв, Сибірцев, Костичев, Вільямс, Гільгард, Раманн, Трейтц, Мургоць та інші), зародження окремого напрямку ґрунтової мікробіології (Бейерінк, Виноградський, Омелянський);

9) розвиток докучаєвського вчення в ґрунтознавстві, нові класифікації ґрунтів в різних країнах, диференціація ґрунтознавства на окремі наукові напрямки (географія ґрунтів, фізика ґрунтів, хімія ґрунтів тощо), створення перших світових ґрунтових карт (Глінка, Прасолов), розвиток ґрунтознавства в

країнах, що розвиваються Азії, Африки, Латинської Америки, вчення про вбирну здатність ґрунтів (Гедройц, Матсон, Вігнер, Дайкухара);

10) зародження конструктивного ґрунтознавства (сучасний період), а саме: широке використання новітніх методів математики, фізики, хімії; розвиток педостатистики і педоніки; моделювання ґрунтових процесів; розробка методів меліорації і охорони ґрунтів; створення світової ґрунтової карти ФАО-ЮНЕСКО; поява напряму суспільного ґрунтознавства (Монтгомері Д., Медведєв В., Позняк С., Дмитрук Ю.).

Короткий історичний аналіз розвитку уявлень про ґрунт, зокрема накопичення інформації про його генезис, властивості та географію вказує на те, що основоположні ідеї ґрунтознавства мають багатовікову або, у всякому разі, тривалу історію. Головна теза про те, що ґрунт в природі та житті людини є чимось особливим і надзвичайно важливим простежується ще з часів стародавньої Месопотамії, коли вважали, ніби люди створені богами з ґрунту, відомі алегорії Платона, вірші Лукреція, полум'яні виступи Колумелли, слова про ґрунт Альберта Великого, а пізніше Ломоносова, Тєєра, Фодора і, нарешті, Докучаєва, безпосередньо переходять в думки одного з наших сучасників, відомого вченого-ґрунтознавця Сімонсона К. про те, що «ґрунт - головна речовина всесвіту» [231].

Ґрунт давно став міждисциплінарним об'єктом, оскільки його досліджують не тільки ґрунтознавці, але і агрохіміки, агрономи, географи, ботаніки, зоологи, археологи. З цієї точки зору, інформація яка накопичується є дуже різносторонньою і потребує систематизації та аналізу. Тому надзвичайно актуальними сучасними тенденціями в ґрунтознавстві є формування «банків» ґрунтової інформації, розробка автоматизованих систем управління ґрунтовими ресурсами на всіх рівнях (від регіональних і національних до загальносвітових), а також створення різнорівневих ґрунтових інформаційних систем, що забезпечить впорядкування накопиченої інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив території та дозволить ефективно використовувати цю інформацію в наукових і прикладних цілях.

1.1. Історичні етапи розвитку ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт

Протягом тривалого часу науковці розробляють відповідні та ефективні методи прогнозування просторового поширення ґрунтів та їх місця у ландшафті. Фактично з допомогою карти відбувається процес просторової інтерпретації зібраної інформації про ґрунти для певної території.

Картографія ґрунтів – це наука про ґрунтові карти, методи їх створення, їх зміст, оформлення та використання. Картографування ґрунтів – термін, який часто використовується для опису процесу розуміння та прогнозування просторового розподілу ґрунтів [44]. Цей процес передбачає збір польових спостережень (включно з описами ґрунтового профілю), лабораторні аналізи різних властивостей ґрунтів, опис чинників ґрунтоутворення, і, зрештою, створення самих ґрунтових карт. Саме карти є найбільш широко використовуваними кінцевими продуктами процесу ґрунтового картографування, оскільки вони ілюструють географічний розподіл типів ґрунтів, певні властивості ґрунту (фізичні, хімічні та біологічні), а також опосередковано вказують на основні ландшафтні характеристики території [9; 203].

Перші ґрунтові карти були створені в Китаї понад 4000 років до н.е., коли вчений Югонг розробив карту, на якій зображено поширення ґрунтів дев'яти провінцій імперії [157]. Створення таких карт було зумовлено потребою обліку та оподаткування земель провінцій. Ґрунтові карти були складені з використанням таких характеристик, як ґрунтова родючість, колір ґрунту, будова ґрунту та вологість ґрунту.

Згодом, вже на іншому континенті, ацтеки створили карти де одночасно показано землеволодіння, продуктивність та окремі властивості ґрунтів. Варто згадати коди Санта-Марія Ассунта і Вергара в яких закартовано ділянки, які належать кожній родині громади, де всі ділянки містять інформацію про тип ґрунту у вигляді спеціальних позначок. Для опису ґрунтів було використано 132 позначки, зокрема каміння, схил, нанесений матеріал, вода, перегній,

кукурудза та інші [254; 255]. Крім того ацтеки розробили класифікацію ґрунтів на основі ґрунтових властивостей (родючість, структура, вологість і генезис), топографічного розташування, типу рослинності та особливостей використання. Ця класифікація ґрунтів містила 45 класів і використовувалася для декількох цілей, включаючи оподаткування, використання ґрунтів, вирощування лікарських рослин, а також для примітивного будівництва [168].

В 1850-х і 1860-х роках розпочалось картографування ґрунтів в Німеччині, Франції, Австрії, Росії, Нідерландах та Бельгії, яке проводилось базуючись на ідеях та класифікаційних підходах поширеного на той час напрямку – агрогеології. У 1806 р. С. Сташиц склав геологічну, геоморфологічну і ґрунтову карту Східної Європи [160].

Початок наукового вивчення ґрунтів зазвичай датується серединою ХІХ століття та пов'язаний в першу чергу з працями Зенфта (1857), Фаллу (1862) та Орта (1877). Ці автори розробили ґрунтові або агрогеологічні карти на основі структури та вмісту гумусу в ґрунтах [109]. У 1875 р. Орт А. запропонував ґрунтовий профіль як базовий елемент агрогеологічної карти в Німеччині [120]. Розвиваючи цей підхід, німецький вчений Феска М. опублікував в 1887 році агрогеологічну та ґрунтову карти Японії [120]. Раніше подібні спроби були зроблені в Ірландії сером Робертом Кейном з акцентом на оцінку ґрунтів, та в Англії, де ґрунтові карти були створені на основі даних про материнські породи [165]. В Нідерландах перші ґрунтові карти були виготовлені в 60-х роках ХІХ століття (масштаб 1:200 000) і містили суттєву літологічну відмінність між алювіальними (голоценовими), делювіальними (плейстоценовими) і третинними ґрунтами [165].

Варто зазначити, що на той час запит на ґрунтові карти був більшим у Російській імперії та Сполучених штатах Америки аніж в Європі, що пов'язано з необхідністю освоєння нових території для сільського господарства [174]. Починаючи з 1812 р. у Російській імперії військовий департамент опублікував багато картографічних матеріалів, на яких відображена інформація про військові події та воєнні операції, але одночасно ці карти містили певну

інформацію і про ґрунти. У 1838 році Міністерство державної власності Російської імперії розпочало картування ґрунтів для цілей оподаткування [178]. Першу ґрунтову карту для європейської частини країни склав Веселовський К. С. у 1851 р. (масштаб 1: 8 400 000), а потім Чаславський В. І. у 1879 році в масштабі 1: 2 520 000. Ці ґрунтові карти були розроблені базуючись на аналізі даних землеволодінь великих землевласників [77].

Перші ґрунтові карти в Сполучених штатах Америки були частиною проведених раніше геологічних досліджень. Першою була ґрунтова карта штату Массачусетс опублікована у 1841 році, яка радше була геологічною картою, що містила ґрунтові одиниці виділені базуючись на геологічних даних [120]. Карта ґрунтів штату Вісконсин створена в 1882 році Чемберліном була унікальна через те, що завдяки цій карті вперше було визначено відмінності між геологічною і ґрунтовою картами. Картування ґрунтів майже повністю базувалося на даних про структуру ґрунтів та геологічну природу ґрунтового матеріалу. Дещо подібний підхід був прийнятий пізніше для всієї системи обстеження ґрунтів у Сполучених штатах Америки, а саме ґрунтові серії виділялися переважно за структурою і деякими характерними морфологічними особливостями [120; 165].

В Російській імперії вперше на основі польових методів дослідження і картографування, розроблених Докучаєвим В.В. і його учнем і послідовником Сибірцевим Н.М., були складені ґрунтові карти Нижньгородської (1882-1886 рр.) і Полтавської (1888-1894 рр.) губерній (в масштабі 1: 420 000), а пізніше для більшості інших губерній імперії.

На основі узагальнення матеріалів польових ґрунтово-картографічних досліджень в 1900-1901 роках Сибірцевим Н.М., Танфільєвим Г.І. і Ферхміним А.Р. була складена і опублікована зведена ґрунтова карта Європейської Росії в масштабі 1: 2 520 000. Вона відображала зонально-регіональні закономірності географії поширення ґрунтів Європейської Росії, а легенда карти і номенклатура ґрунтів була розроблена згідно класифікаційних підходів запропонованих Докучаєвим і Сибірцевим [178].

Розвиток вчення про структуру ґрунтового покриву пов'язують з Сибірцевим М.М. та його працею “Ґрунтознавство” (1900 р.) [72]. Вивчення структури ґрунтового покриву можна вважати одним з основних напрямів в сучасній географії ґрунтів на якому будуються принципи картографування ґрунтового покриву, а отже є базовою одиницею інформаційного ґрунтознавства. Ґрунтовий покрив будь-якої території має складну, мозаїчну структуру, яка є наслідком взаємозв'язку окремих ґрунтів, їх просторового розміщення, ступеня їх відмінності [18]. Тільки спільне дослідження як горизонтальної так і вертикальної структури ґрунтового покриву дає можливість характеризувати ґрунт як самостійне тіло природи, а також дозволяє сформуванню набір властивостей та ознак окремих ґрунтових одиниць, які в подальшому є основою для формування просторових інформаційних баз даних. Саме така характеристика ґрунту вимагала наукового пізнання різних сторін зонально-провінційних закономірностей поширення ґрунтів у просторі, що зумовило виникнення вчення про структуру ґрунтового покриву [83].

В цій науковій праці Сибірцевим М.М. вводить поняття “комбінації ґрунтів” (для позначення строкатості орних ґрунтів підзолистої, лісостепової та степової зон) та “ґрунтового типу” (для позначення ґрунтового покриву) і звертає увагу на відмінності між комбінаціями, що зумовлені ґрунтоутворюючими породами, геологією та певними зовнішніми, щодо ґрунту, процесами. Сибірцев М.М. писав, що строкатість ґрунтового покриву однотипова і розглядається як певна одиниця ґрунтового покриву. Вчений першим дав рекомендацію давати відсотковий склад ґрунтового комплексу. Ним же була запропонована перша класифікація структури ґрунтового покриву [72]. У ці ж роки (1899-1900) Докучаєвим В.В. була складена перша в історії ґрунтознавства схематична карта ґрунтів світу на якій була показана широтна зональність географічного поширення ґрунтів (рис. 1.1). У 1900 році ця карта ґрунтів, разом з ґрунтовою картою Європейської Росії, і супровідними ґрунтовними пояснювальними записками успішно демонструвалися на всесвітній науковій виставці в Парижі [28].

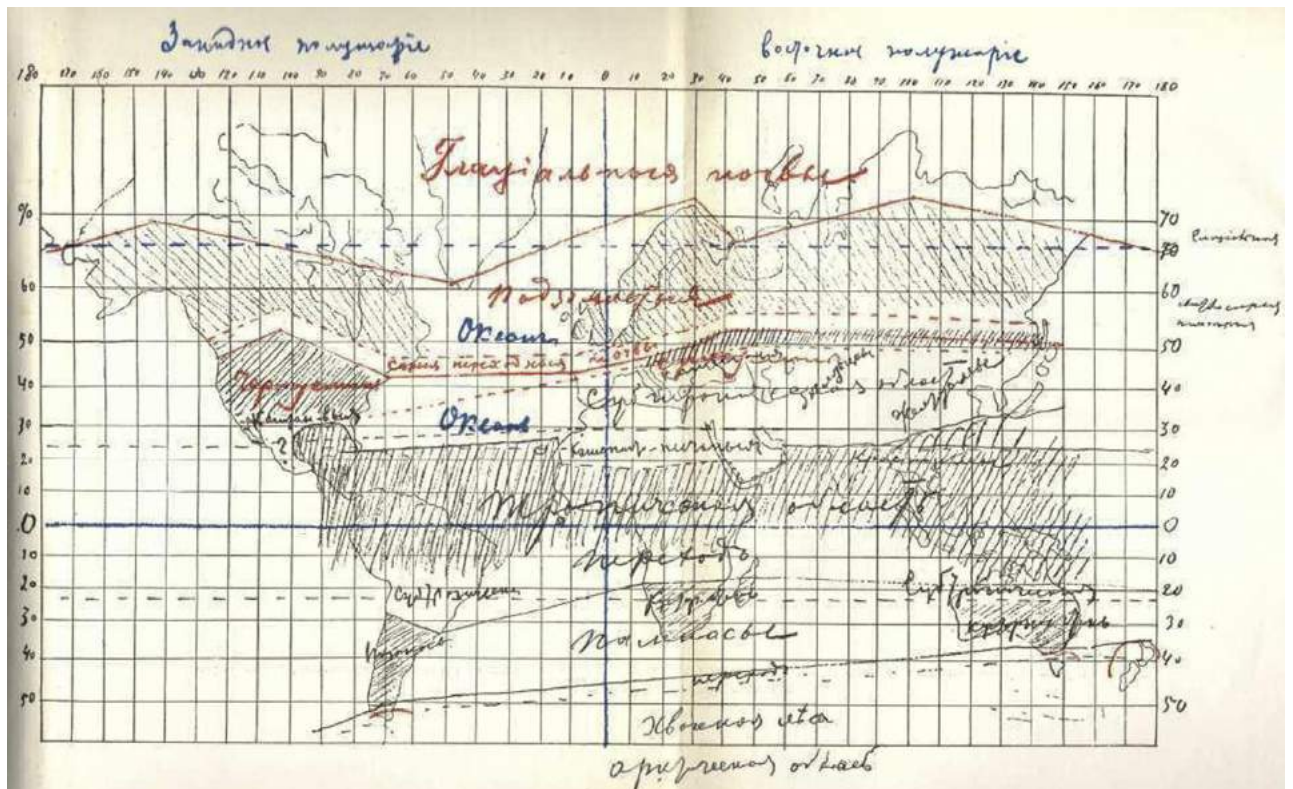


Рисунок 1.1. Схематична карта ґрунтів світу складена Докучаєвим В.В. в 1883 році [28].

Згодом Глінка К.Д., один з учнів Докучаєва В.В., продовжив роботу над розвитком ґрунтово-географічної концепції. У 1908 році академік Глінка К.Д. розробив першу схему ґрунтової карти світу в масштабі 1:80 000 000, яка була представлена у його підручнику з ґрунтознавства (рис. 1.2) [20]. На відміну від ґрунтової карти світу Докучаєва В.В., де подані ґрунтово-кліматичні пояси, на карті Глінки К.Д. представлені окремі типи ґрунтів. Одночасно Глінка К.Д. не заперечує зв'язок окремих типів ґрунтів з певними кліматичними особливостями території. Легенда цієї карти, опублікована в 1908 році, включала 19 класів: 1 - підзолисті і дернові ґрунти, 2 - лісові ґрунти та деградовані чорноземи, 3 - чорноземи, 4 - каштанові ґрунти, 5 - стратифіковані стовпчасті ґрунти пустель, 6 - пустельні кори, 7 - червоноземи (terra rosa), 8 - латерити, 9 - жовтоземи, 10 - ґрунти сухих тундр, 11 - лучні і лучно-степові ґрунти, 12 - червоноземи тропічних і субтропічних пустель, 13 - пустельні кори

субтропічних пустель, 14 - вертикальні пояси гірських країн, 15 - озера, 16 - болотні ґрунти, 17 - піски пустель, 18 - солонці, 19 - темні ґрунти тропічних саван [20].

З метою проведення детального картографування ґрунтів академік Глінка К.Д. організував понад 100 польових експедицій до віддалених районів Російської імперії. Також академік підтримував тісні зв'язки з міжнародною спільнотою ґрунтознавців, відвідав перший агрогеологічний конгрес у Будапешті 1909 р., вів активну переписку з багатьма європейськими ґрунтознавцями. В 1915 році Глінка К.Д. опублікував вдосконалену ґрунтову карту світу. Це видання мало важливе значення для поширення ідей російської ґрунтознавчої наукової школи у світі, зокрема її скорочена версія була перекладена на німецьку мову, а згодом з німецької на англійську [20; 129; 179].

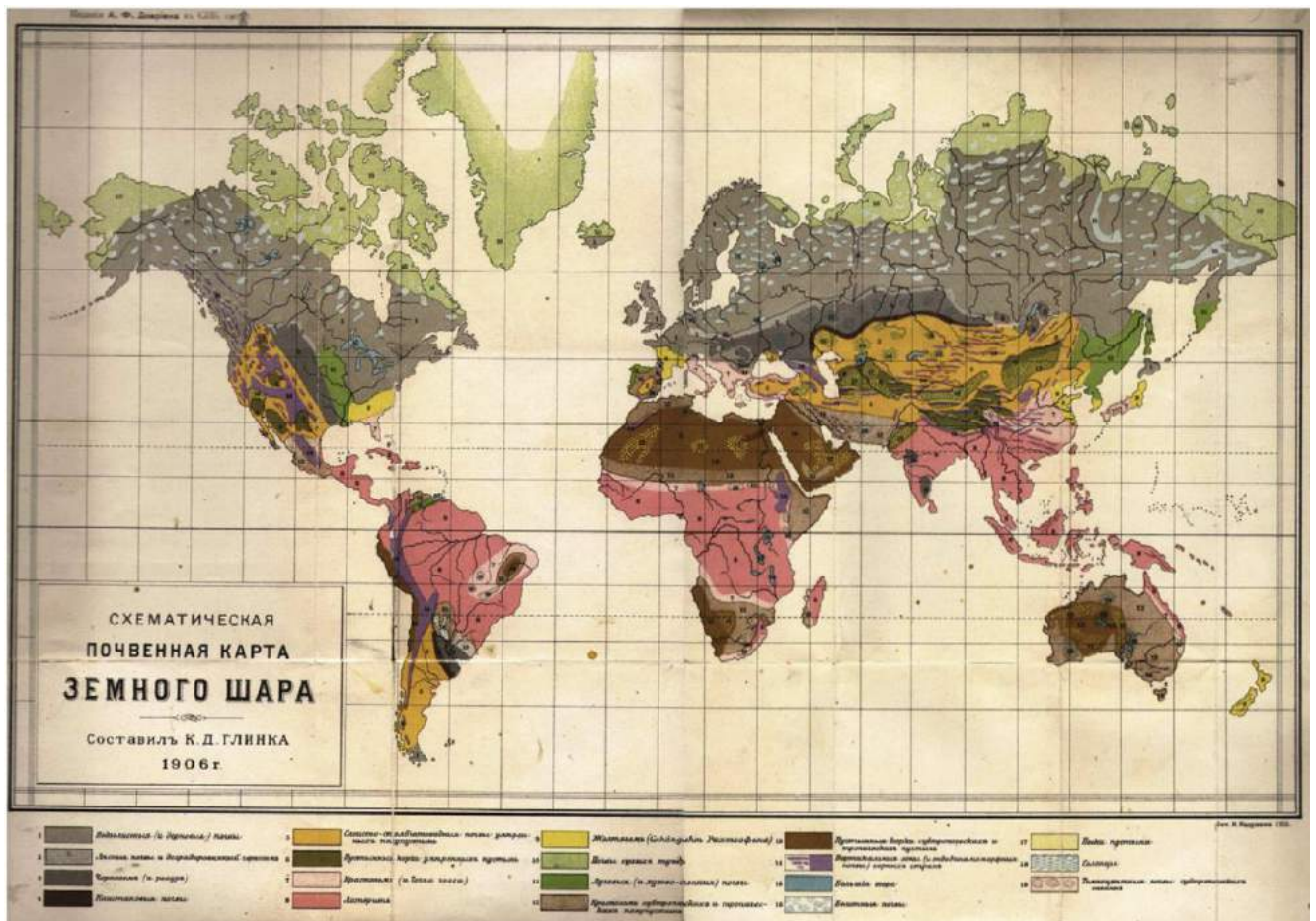


Рисунок 1.2. Схематична карта ґрунтів світу, масштаб 1:80 000 000 [13].

Остання версія карти Глінки К.Д. була представлена на першому світовому конгресі ґрунтознавців у Вашингтоні, який відбувся у 1927 році. Ця карта включала інформацію отриману шляхом обстеження ґрунтів у різних частинах земної кулі [28].

В США систематичне картографування ґрунтів пов'язане з початком національної програми обстеження ґрунтів, яка розпочалась в 1899 році. У 1909 р. Мілтон Уїтні опублікував першу дрібномасштабну карту типів ґрунтів США. Легенда цієї карти включала типи ландшафтів, види осадових порід, проте у ній були відсутні ґрунтові контури. Розвиток дрібномасштабного картографування ґрунтів зумовив появу декількох ґрунтових класифікацій. Перша ґрунтова карта всієї країни з'явилася 16 років пізніше, разом із класифікацією ґрунтів США за Болдуїном, Келлогг і Торп [120]. Ця карта опублікована в масштабі 1:80 000 000 та була наочною ілюстрацією до запропонованої класифікації. Легенда карти складалася лише з 9 одиниць. Класифікація включала лише зональну ґрунтову послідовність, проте внутрішньозональні та азональні ґрунти були відсутні.

В ґрунтовій картографії США наприкінці 40-х років з'явилось поняття “асоціація”, тобто комбінація ґрунтів. Вперше асоціації були відображені на ґрунтовій карті США 1938 року, яка була складена К. Келогом, тодішнім головою ґрунтової зйомки в США [83].

У 1930 році німецький вчений Хольштейн В. опублікував схематичну ґрунтову карту світу в масштабі 1: 125 000 000, на якій було подано 14 типів ґрунтів (рис. 1.3) [167]. Через десять років після останньої версії карти академіка Глінки, ще один російський вчений-ґрунтознавець Прасолов Л. І., який на той час був директором Докучаївського інституту ґрунтознавства в Москві, створив ґрунтову карту світу 1:50 000 000 для великого радянського атласу світу [178]. Це була перша карта світу повністю генералізована з ґрунтових карт континентів та окремих регіонів. Також карта містила розширену легенду. Особливістю цієї карти було широке застосування в назвах

ґрунтів таких термінів як "лісові", "лучні" та "пустельні" ґрунти, що вплинуло на подальший розвиток класифікації ґрунтів в колишньому Радянському Союзі [178].

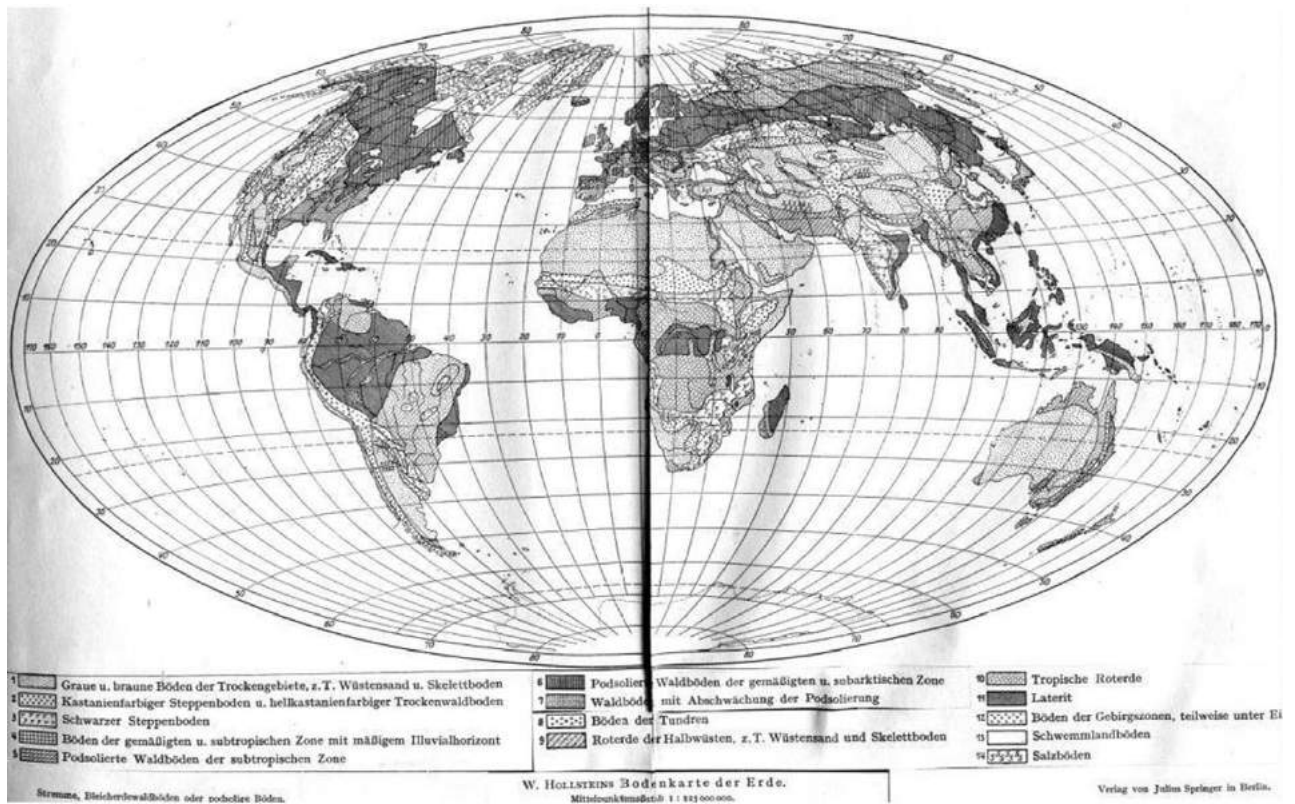


Рисунок 1.3. Схематична карта ґрунтів в масштабі 1:125 000 000 за Хольштейном [167].

Декілька ґрунтових карт світу було виготовлено в проміжку 1960-1980 роки. Кольорові ґрунтові карти континентів в масштабі 1:80 000 000 були розроблені Ганссеном Р. та Хадрічем Ф. з Фрайбурга, Німеччина [151]. В 1970 році англійський вчений-ґрунтознавець Бріджес включив у свій підручник невелику карту ґрунтів світу в масштабі 1:100 000 000.

У колишньому Радянському Союзі також було виготовлено декілька ґрунтових карт світу. В 1960 році радянський вчений-ґрунтознавець Герасимов І.П. підготував для географічного атласу серію карт ґрунтів світу. Крім того, для Всесвітнього географічного конгресу у Стокгольмі, який пройшов у 1960 році, було підготовлено карту в масштабі 1:60 000 000, яка була згодом вдосконалена і видана у фізико-географічному атласі світу.

Важливим здобутком цього періоду була ґрунтова карта світу в масштабі 1:10 000 000 розроблена Ковдою В.А., Добровольським Г.В. та Лобовою Є.В. [177]. Ще одним прикладом узагальнення результатів ґрунтово-картографічних досліджень була карта ґрунтів світу видана в 1982 році для вищої школи за редакцією Глазовської М.А. та Фрідланда В.М. [37]. Ці карти відрізнялися за змістом та легендами, зокрема на карті Ковди В.А. підкреслено геохімію та гідроморфізм ґрунтів, тоді як на карті Фрідланда В.М. основний наголос зроблено на геохімічній регіоналізації і температурному режимі ґрунтів [153; 177].

Основною заслугою Фрідланда В.М. була розробка концепції структури ґрунтового, який першим написав монографію повністю присвячену ґрунтовим комбінаціям та їх генезі [83]. Для оформлення монографії було зібрано достатній фактичний матеріал, в першу чергу використані матеріали великомасштабного дослідження ґрунтового покриву проведеного в Радянському союзі в 50-60-х роках 20 століття. Системний підхід у вивченні ґрунтового покриву дозволив В.М. Фрідланду дати визначення структури ґрунтового покриву як багаторазово та ритмічно повторюваних в просторі ареалів певних ґрунтів, які створюють усталений склад і малюнок ґрунтового покриву, і стійкі механізми геохімічних та географічних зв'язків між ґрунтами, що входять в цю структуру [83]. Вивчення структури ґрунтового покриву було б неможливим без визначення вихідних структурних одиниць, зокрема найменших об'єктів організації. Фрідланд В.М. називає таку найменшу структурну одиницю елементарним ґрунтовим ареалом, закладаючи в суть цього поняття те, що з боку географії ґрунтів такий ареал є гомогенним та неподільним. Близькими до визначення “елементарний ґрунтовий ареал” є поняття “поліпедон” (америк.) та “педотоп” (нім.), проте їх не варто ототожнювати. Так, поліпедон може включати в себе різні види ґрунтів, а педотоп бути поліморфним чи напівполіморфним, що відповідає вже більш складним ґрунтовим утворенням [83].

В американському ґрунтознавстві найбільш близьким до поняття елементарного ґрунтового ареалу є поняття “ґрунтовий індивідуум”, введений в «сьомому наближенні» у 1960 р. Потім воно отримало назву “поліпедон”. Поліпедон характеризується певними ґрунтовими серіями, що обмежені іншими серіями. Педон всередині поліпедона варіюється в своїх властивостях в середині границь певних серій. Таким чином, поліпедон є подібним до елементарного ґрунтового ареалу, але приймаючи до уваги те, що серія в американській класифікації складна й включає в себе різноманітні фази ґрунтів (солонцюватість, гідроморфність й інші властивості), то однорідним його вважати не можна. Тобто, поліпедон достатньо складне утворення [83].

У США єдиною картою ґрунтів світу в цей період була карта подана в підручнику з ґрунтознавства групою вчених-ґрунтознавців на чолі з Акерсоном К.Т. [100].

У 1964 р. відомий ґрунтознавець Пападакіс Д. видав книгу «Ґрунти світу», яка містила карти для всіх країн світу [210; 211]. Карти були видані в масштабі 1:10 000 000, а розроблена легенда базувалася на діагностиці горизонтів ґрунту. Пападакіс Д. визначив шість великих ґрунтових регіонів: підзолистий (P), коричневих ґрунтів (C), чорноземний (Ch), каолінітних ґрунтів (K), пустельний (D) та гірський (M) (рис. 4). Для кожного регіону визначені переважаючий ґрунтоутворний процес та рослинність, а також здійснена оцінка сільськогосподарського потенціалу. Ця робота була опублікована як окрема карта, а не як збірка національних чи регіональних ґрунтових карт.

Важливою подією в ґрунтознавчій науці колишнього Радянського Союзу стало видання в 1988 році ґрунтової карти Української РСР масштабу 1:2 500 000, створеної колективом співробітників Ґрунтового інституту імені В.В. Докучаєва, а також ґрунтознавців різних науково-дослідних і проектних інститутів, вищих навчальних закладів країни [178].

В 1960 році на 7-му Всесвітньому конгресі ґрунтознавців в Медісоні, США були представлені континентальні та регіональні карти для Південної Америки,

Африки (на південь від Сахари), Азії, східної частини Європи, а також окремі ґрунтові карти країн в масштабах від 1: 5 000 000 до 1:10 000 000.

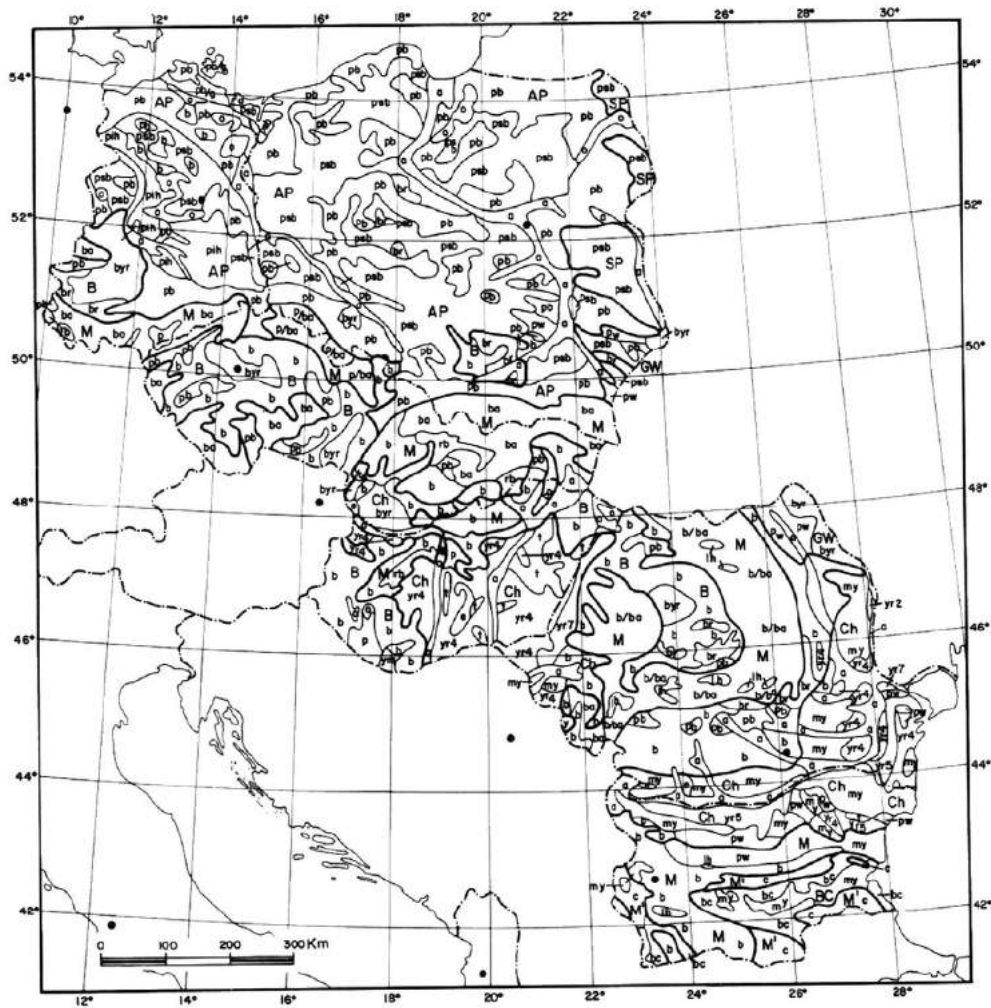


Рисунок 1.4. Фрагмент європейської частини карти ґрунтів світу за Пападакісом Д. [211].

Під час конгресу міжнародне товариство ґрунтознавців та міжнародний союз ґрунтознавчої науки запропонували здійснити гармонізацію та синтез здобутих знань про ґрунти світу [139]. Дотримуючись цієї рекомендації, в 1961 році відбулося засідання дорадчої колегії в штабі продовольчої та сільськогосподарської організації ФАО ООН в Римі. На цій зустрічі було започатковано процес створення міжнародної легенди, здійснено підбір топографічної бази для ґрунтової карти світу, а також досягнуто домовленостей про організацію польових досліджень із уточнення та корегування наявних картографічних матеріалів.

Передбачено шість завдань, які виконує ґрунтова карта світу ФАО, а саме: (1) проведення першої оцінки світових ґрунтових ресурсів; (2) забезпечення обміну науковими знаннями; (3) створення загальноновизнаної системи класифікації ґрунтів та номенклатури ґрунтів; (4) встановлення єдиних вимог та умов для детальних досліджень в межах окремих країн; (5) підготовка документів для освітніх цілей, наукових досліджень та технічних розробок; (6) зміцнення міжнародних контактів у ґрунтознавстві [146; 165].

Першим етапом був збір, аналіз та впорядкування понад 10000 карт, звітів та пояснювальних документів багатьох національних і приватних географічних установ. Карти відрізнялися за форматом, масштабом, проекцією, термінологією та мовою. Оскільки для цих карт були характерні розбіжності та певні неточності, виконавці з ФАО провели додаткові польові обстеження ґрунтів у багатьох країнах світу в проміжку між 1961-1972 роках. В 1966 році було досягнуто загальної згоди щодо основних принципів побудови легенди карти ґрунтів. В 1968 році під час 9-го Всесвітнього конгресу ґрунтознавців в Аделаїді (Австралія) представлений перший проект карти (рис. 4). Масштаб карти становив 1:5 000 000. Карта складалася з понад 5000 ґрунтових одиниць. Гетерогенні картографічні одиниці вказані з домінантними та асоційованими ґрунтами (> 20% площі). Легенда ґрунтів складалася з 106 ґрунтових класів, що відображали загальні процеси ґрунтоутворення та включали структуру верхнього горизонту домінуючого ґрунту, домінуючий клас схилу (0–8%, 8–30%, > 30%). Згодом, в 1984 році, ґрунтові карти були відскановані та оцифровані у векторному форматі [146; 165].

Отже, як бачимо, друга половина 20 століття також характеризується підвищеним зацікавленням до вивчення просторово-генетичних закономірностей будови ґрунтового покриву, причини виникнення його неоднорідності та розробки методів вивчення структури ґрунтового покриву. У зв'язку з цим спостерігаються значні успіхи у розвитку теорії ґрунтової картографії. В роботах В.М. Фрідланда, Л.І. Прасолова, Т.І. Євдокимова та

інших, розглядаються методичні та практичні аспекти складання ґрунтових карт, які відображають структуру ґрунтового покриву [242].

Також, широкого розвитку набули дистанційні методи вивчення структури ґрунтового покриву. Матеріали аеро- та космічної фотозйомок характеризуються найбільш комплексним змістом зображення ґрунтів, рельєфу та рослинного покриву. Вони містять інформацію про шляхи генералізації, межі конкретних поєднань ґрунтів, склад ґрунтового покриву [242]. З аеро-фотознімків та великомасштабних космічних знімків отримують інформацію про наявність, поширення, склад елементарних ґрунтових структур (комплексів, плямистостей) та літологічно-геоморфологічну характеристику території.

Варто відзначити методичні проблеми, пов'язані з використанням дистанційних методів у вивченні структури ґрунтового покриву, а саме (1) виявлення факторів диференціації ґрунтового покриву і пошук ландшафтно-індикаційних характеристик, які були б найбільш інформативними для діагностики; (2) врахування характеру приуроченості структур (категорій) ґрунтового покриву до виявлених станів факторів навколишнього середовища; (3) оцінка точності отриманих результатів [242].

У 2006 році в Сполучених штатах Америки була опублікована ґрунтова карта Soil Taxonomy в масштабі 1: 7 500 000, яка містила 12 порядків таксономії ґрунтів. У тому ж році ця карта була представлена на 18-ому Всесвітньому конгресі ґрунтознавців. Саме на цьому конгресі вперше визначено процедуру створення цифрової карти ґрунтів світу. Оскільки вже існуючі карти та їх похідні (SOTER, HWSD, e-SOTER) були створені за даними обстежень ґрунтів в 1960-х роках, і за сорокарічний період з'явилася велика кількість нової інформації про ґрунти, потрібно було її певним чином систематизувати і впорядкувати.

WORLD SOIL RESOURCES

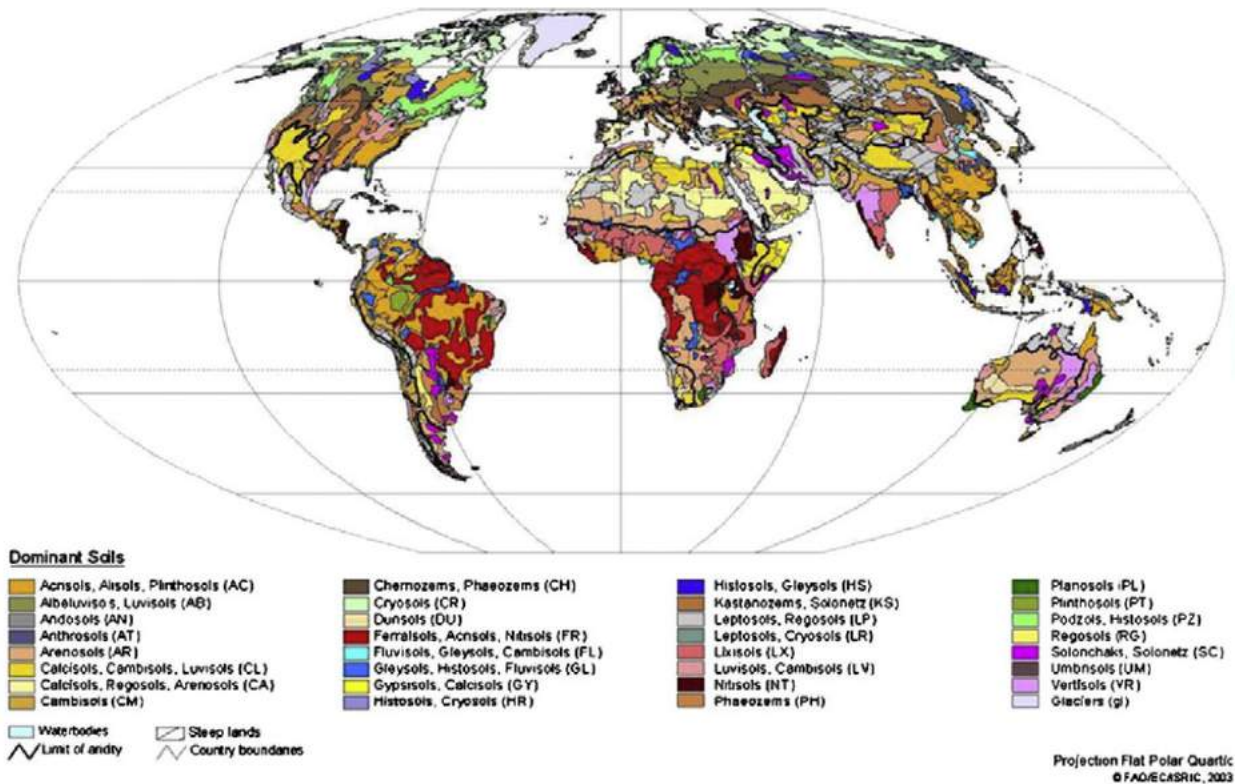


Рисунок 1.4. Карта ґрунтів світу ФАО-ЮНЕСКО (EC-ISRIC) [146].

Такі обставини сприяли впровадженню нових проектів із створення сучасних ґрунтових карт світу, зокрема у 2009 році було офіційно започаткований проект GlobalSoilMap. Проект повинен забезпечити збір та впорядкування даних про ґрунти, з подальшим використання їх широким колом користувачів, в першу чергу урядами країн, їх галузевими управліннями, освітніми та дослідними установами, аграрним сектором тощо. Крім того, використання інтернет технологій забезпечить доступ до повноцінної інформації про ґрунти та земельні ресурси у доступному форматі.

Проект мав дві основні цілі: (1) створити цифрову карту властивостей ґрунтів та (2) забезпечити доступ для наукових спільнот до ґрунтової інформаційної системи, яка може бути використана для моделювання та дослідження ґрунтів, покращення ефективності прийняття управлінських рішень тощо.

Цей проект фактично став початком системного переходу від аналогових картографічних ґрунтових матеріалів до створення перших цифрових ґрунтових інформаційних систем.

Оскільки зараз ми живемо в епоху глобалізації, коли вирішення політичних, економічних, соціальних чи екологічних питань здійснюється на всіх рівнях організації суспільства, від локального до національного чи навіть глобального, що в свою чергу вимагає актуальної систематизованої інформації про природні ресурси планети. Одним із важливих природних чинників, які безпосередньо впливають на продовольче забезпечення населення планети, визначають економічний та екологічний стан регіону, є ґрунтові ресурси. Стале та ефективне використання цього ресурсу можливе лише за умови створення систематизованої глобальної ґрунтової інформаційної системи. 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 [94]. На сьогодні існують суттєві відмінності між країнами у кількості та якості наявних картографічних матеріалів, а також відрізняються підходи до методів переносу цієї інформації у цифровий вигляд [189]. У багатьох випадках сканують та оцифровують паперові ґрунтові карти, які були створені у 1960–1990-х роках, але в той самий час сучасні технології дозволяють створювати якісно новий продукт, в першу чергу з використанням даних дистанційного зондування та ГІС-інструментів [94].

Перехід до цифрових методів і електронних карт дозволив автоматизувати процес ґрунтового картографування, а розвиток ґрунтових інформаційних систем третього покоління – створити регіональні цифрові моделі ґрунтів [94]. Ґрунтові інформаційні системи третього покоління ще називають мережевими, оскільки вони пов'язані з використанням зв'язків реляційних баз даних, ГІС-методів і можливостей глобальної мережі Інтернет. За цими принципами були розроблені міжнародна SOTER, європейська EUROPEAN SOIL DATABASE, австралійська ASRIS, канадська CANSYS цифрові моделі ґрунтів. У поєднанні

із кліматичними та геоморфологічними моделями вони дозволяють ґрунтознавцям здійснювати моделювання окремих ґрунтових процесів, знаходити оптимальні та оперативні рішення щодо трансформації систем землекористування, контролювати і передбачати результати впливу людини на навколишнє середовище тощо [165; 189; 204].

1.2. Еволюція моделі математичного опису ґрунту як самостійного природного тіла

Вперше питання про можливість використання математичних методів в ґрунтознавстві було поставлене через формулювання визначення ґрунту В.В. Докучаєвим як функціональної залежності властивостей ґрунту від факторів ґрунтоутворення:

$$Г = f(К, П, Р, О) Т,$$

де Г - ґрунт, К - клімат, П - материнська порода, Р - рельєф, О - організми, Т - час.

Символьне визначення ґрунту, подане В.В. Докучаєвим, є фактично першим вирішенням проблеми математичного опису ґрунту [63; 203].

Протягом тривалого часу це рівняння розглядалося ґрунтознавцями лише як один з варіантів визначення, що вказує на відмінність ґрунтів від інших природних тіл. При цьому поза увагою опинився найважливіший висновок з цього визначення, а саме перехід до символічного опису ґрунту, як перший крок до формалізації і застосування математичних методів для вивчення об'єкта дослідження.

Будь-який логічно-функціональний апарат науки завжди працює з визначеним формалізованим поданням про досліджуваний об'єкт. Інакше кажучи, необхідною умовою математичного розуміння формули Докучаєва є наявність модельних уявлень про ґрунти і фактори ґрунтоутворення.

Однією з головних перешкод на шляху до математичного тлумачення формули Докучаєва є невизначеність функції основних аргументів формули - чинників К, П, Р, О в контексті їх використання як фізичних показників і

невизначеність параметрів моделей відповідних факторів, що разом із загальним виглядом рівняння значно ускладнює формулювання поняття ґрунту як математичної моделі, що відрізняється від традиційного розуміння цього природного тіла. Тому, це є одне з пояснень, чому на сьогодні основою теоретичного ґрунтознавства є класифікаційна модель ґрунтів.

Виникає питання, а чи можемо ми трактувати формули Докучаєва як математичний вираз? Можна спробувати знайти способи вирішення цього рівняння, тобто оцінити чи можливо описати цим рівнянням певні природні явища, використовуючи прості математичні функції.

Щоб довести можливість математичного трактування формули Докучаєва, скористаємося особливостями кількісної поведінки чинників К, П, Р, О які визначаються за кількісними значеннями показників, що моделюють різні природні чинники, в даному випадку аргументи формули. Безперечно, що таких значень може бути безліч, так само як і логічних операцій, які з ними можна проводити.

Встановлено, що при малих показниках приросту чинника ΔО (організми) формули Докучаєва описує утворення біогеннозмінених гірських порід, примітивних ґрунтів або палеоґрунтів, а при чиннику О, який прямує до 0, перетворюється в рівняння, що описує фізико-хімічне вивітрювання гірської породи без впливу біогенного чинника:

$$\lim_{\Delta O \rightarrow 0} f(K, O, P, R) T = (K, P, R) T \equiv P_w(K, P, R) T$$

Також фізичну інтерпретацію має другу граничне рішення:

$$\lim_{O \rightarrow \infty} f(K, O, P, R) T = P_o(K, O, P, R) T$$

Його можна інтерпретувати як рівняння, що формулює умови утворення різних органогенних порід при максимально сприятливому розвитку біогенних чинників - торфовищ, вугілля, вапняків та інших відкладів біогенного походження.

Ще один висновок простого математичного аналізу дозволяє виявити основний недолік рівняння, пов'язаний з бажанням В.В. Докучаєва розділити "нефізичні" і фізичні фактори. Недолік проявляється при спробі

використовувати рівняння для оцінки динаміки змін і розвитку ґрунту, а саме через поділ В.В. Докучаєвим чинників, що автоматично зменшує змістовий сенс функції $f(K, O, P, R)$ відносно швидкості формування ґрунту (фактор часу):

$$V_{\Gamma} = d\Gamma/dt = f(K, O, P, R)$$

Така умова зумовлює суттєві розходження у трактуванні природних процесів, оскільки виходить, що $\Gamma \rightarrow \infty$ при $T \rightarrow \infty$, а це суперечить визначенню ґрунту як самостійного природного тіла, здатного до саморозвитку.

Таким чином можна зробити певні висновки щодо рівняння Докучаєва та його спроби математичного опису ґрунту як природного тіла:

- символічне визначення ґрунту, подане В.В. Докучаєвим, є першою спробою математичного опису ґрунту;

- основною проблемою теоретичного і практичного використання рівняння є недолік модельних уявлень про ґрунти, що зумовлено складністю фізичної інтерпретації чинників ґрунтоутворення;

- найпростіший математичний аналіз деяких граничних показників рівняння вказує на те, що вони можуть бути інтерпретовані як цілком реальні ситуації;

- форма запису формули Докучаєва щодо чинника часу є некоректною, оскільки суперечить визначенню ґрунту по відношенню до біологічних законів його розвитку.

Варто зауважити, що після запропонованої В.В. Докучаєвим формули, протягом тривалого періоду, існували тільки класифікаційні моделі ґрунту, побудовані на основі врахування загальних ознак об'єктів, закономірних зв'язків між ними і розподілу об'єктів за певними класами і групами [11; 63; 129]. Класифікаційні моделі ґрунту побудовані не на математиці, а на логіці розуміння природи.

Наступні важливі етапи теорії математичного опису і моделювання ґрунтів припадають на період появи концептуально нових методів обробки інформації:

- 1) початком розробки і побудови цифрових ЕОМ (приблизно 1935-1945 рр.);

2) зростанням швидкодії ЕОМ і появою мов програмування високого рівня (приблизно 1960-1980 рр.);

3) розвитком засобів зберігання даних і появою персональних ЕОМ (приблизно 1980-1990 рр.);

4) розвитком методів передачі даних і появою глобальних комп'ютерних мереж (від 1990-х років і до нашого часу).

Зокрема, з етапом появи перших ЕОМ, збігається розгляд проблеми математичного опису ґрунтів, запропонований ще в 1941 році вченим Г. Йенні [172]. Підхід Г. Йенні дозволив здійснити перехід до окремих фізико-математичних моделей опису властивостей ґрунтів. Аналізуючи ґрунт як відкриту систему з притаманним для природних тіл обміном речовиною і енергією, він припустив наявність певних взаємозв'язків між ґрунтовими властивостями, які можуть бути виражені математичними співвідношеннями. Виділивши ґрунтоутвірні чинники, в тому числі і час, в групу незалежних змінних, що визначають ґрунтову систему, Г. Йенні записав цей зв'язок у формі основного рівняння ґрунтоутвірних чинників по відношенню до навколишнього середовища, забезпечивши можливість додавання до цього рівняння додаткових ґрунтоутвірних параметрів:

$$s = f(cl, o, r, p, t, \dots),$$

де s - ґрунт, cl - клімат, o - організми, r - рельєф, p - порода, t - час.

Проаналізувавши формули Докучаєва він переніс чинник часу (t) під дужку, тим самим перетворив рівняння швидкості зміни ґрунту на рівняння ґрунтоутворення, з появою якого стало можливим провести стандартний математичний аналіз.

Залишивши на майбутнє теоретичні проблеми складання і вирішення цього рівняння, Г. Йенні вказав на загальну закономірність зміни будь-якої властивості ґрунту як диференціала від всіх змін чинників ґрунтоутворення:

$$ds = \left(\frac{\partial s}{\partial cl} \right)_{o,r,p,t} dcl + \left(\frac{\partial s}{\partial o} \right)_{cl,r,p,t} do + \left(\frac{\partial s}{\partial r} \right)_{cl,o,p,t} dr + \left(\frac{\partial s}{\partial p} \right)_{cl,o,r,t} dp + \left(\frac{\partial s}{\partial t} \right)_{cl,o,r,p} dt$$

Крім того, Г. Йенні якісно розглянув окремі емпіричні приклади вирішення цього рівняння, у разі зміни лише одного чинника:

$$s = f(cl) |_{o,r,p,t, =const}$$

$$s = f(o) |_{cl,r,p,t, =const}$$

$$s = f(r) |_{cl,o,p,t, =const}$$

$$s = f(p) |_{cl,o,r,t, =const}$$

$$s = f(t) |_{cl,o,r,p, =const}$$

Г. Йенні один з перших намагався вивести кореляційні зв'язки між ґрунтом і зовнішніми чинниками, які впливають на ґрунт, використовуючи фізичні показники, що призвело до ряду спроб побудувати імітаційні математичні моделі ґрунтоутворення на основі вже вивчених окремих і загальних закономірностей з використанням Докучаєвської ідеї функціональних залежностей.

Таким чином, рівняння Йенні зняло протиріччя між описом об'єкта і законами його функціонування, які були виявлені для рівняння Докучаєва. Рівняння Йенні описує ґрунт як продукт динамічного процесу. Це рівняння 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 пошуку рішення проблеми побудови моделей ґрунтів як теоретичної завдання ґрунтознавства.

Подальший інтерес до математичних методів моделювання ґрунтів віродився з появою обчислювальної техніки в 60-70-х роках ХХ століття. Найвищим досягненням цього етапу є узагальнене трактування рівнянь Докучаєва і Йенні з позицій системного аналізу. В кінці 70-х рр. ХХ ст. Т.Г. Гільманов вніс ґрунтову складову в фізико-математичне моделювання за допомогою системного підходу і провів аналіз формули Докучаєва з точки зору його використання в моделюванні за допомогою ЕОМ. Застосовуючи системний аналіз для вивчення складного, ієрархічно побудованого природного

об'єкта - ґрунту, Т.Г.Гільманов показав, що формули Докучаєва і Йенні варто розглядати як набір окремих функцій, для яких існує визначена алгоритмічна процедура побудови і знаходження чисельних вирішень з використанням ЕОМ [12]:

$$x^s(t) = F(x_0^s, v^s, c^s, t),$$

де x - змінні стану, x_0 - початкові умови, v - допоміжні змінні, c - параметри, t - час.

Саме на початку 70-х років, відбувається зародження нового класу моделей, пов'язаних з особливостями розвитку комп'ютерів, зокрема вдосконалення обчислювального процесу і зростання швидкості доступу до даних. З'являються нові фізичні форми носіїв інформації, вдосконалюються методи її зберігання, доступу та обробки, а саме електронні сховища та бази даних. Саме в цей час в ґрунтознавстві з'являються ідеї впорядкування інформації про ґрунти у вигляді баз даних. Перші інформаційні системи в ґрунтознавстві почали створюватися з 1966 році. Фактично, це означало появу нового класу ґрунтових моделей – інформаційних. Їх принципова відмінність від фізико-математичних моделей полягає в можливості використовувати будь-які (не тільки функціональні) логічні взаємозв'язки між різноманітними за походженням показниками властивостей ґрунтів, інколи навіть такими, що не є фізичними величинами.

Можливість роботи з абсолютно різними типами показників властивостей ґрунтів є особливістю баз даних. З'являються і розвиваються нові методи кодування і опису даних, їх пошуку і обробки, які інтегруються в універсальну мову запитів SQL [126]. Іншою важливою складовою баз даних є застосування нових методів опису точкових, лінійних і полігональних об'єктів, що згодом зумовило появу географічних інформаційних систем (ГІС). Таким чином, завдяки інформаційним моделям вдалося подолати перешкоди до використання логіко-функціонального апарату для вирішення рівняння Докучаєва.

Системний підхід, можливість працювати з великими масивами даних, збільшення швидкості розрахунків, цифрові методи вирішення складних

рівнянь зумовили необхідність вирішення проблеми збору фактичних даних і трансформації сформованих понять і термінів у формат, доступний для обробки математичним апаратом, мова йде про формалізацію даних. Виникла потреба в фактичних даних, яка в свою чергу зумовила появу нової форми організації даних у вигляді баз даних, а це в свою чергу вимагало проведення робіт із формалізації понять і гіпотез ґрунтознавства. Важливо, щоб робота із формалізації даних відбувалась під керівництвом не лише технічних працівників та інженерів, а також і фахівців-ґрунтознавців, які добре розуміють предметну область.

Першим важливим кроком є формалізація базових термінів та уточнення понятійного апарату у ґрунтознавстві [8; 169; 204]. Особливо зручною для ґрунтової практики виявилася організація даних з використанням візуальних можливостей картографічного подання інформації, що пов'язано із появою географічних інформаційних систем. Розвиток методів обробки даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з використанням аерокосмічних методів збору інформації зумовив можливість використання різноманітних параметрів даних дистанційного зондування, в першу чергу різночасових та в різних спектральних діапазонах. Це дозволило отримувати достовірну та повноцінну інформацію про стан ґрунтового покриву та його просторовий розподіл. З'явилися такі наукові напрями як геостатистика і педометрика зі своїм розрахунковим апаратом, кінцевою метою яких є визначення просторового географічного розподілу ґрунтового покриву (вираженого в координатах X, Y). Почався розвиток цифрової картографії ґрунтів.

Варто відзначити, що саме це дозволило повернутися до формули Йенні, зокрема вчений-ґрунтознавець А. Мак Бретні із співавторами, розглядали можливість цифрового ґрунтового картографування з використанням методів геостатистики, педометрики, цифрової моделі рельєфу і даних ДЗЗ [189].

Розглядаючи різні методи моделювання просторового розміщення ґрунтів А. Мак Бретні модифікував формулу Докучаєва, додавши в нього просторове розташування ґрунтового профілю, і подав модифіковане рівняння як систему

рівнянь, яке стало основою цифрового ґрунтового картографування [189]. А. МакБретні проаналізував методи моделювання просторового розміщення ґрунтів та узагальнив їх у модифікованому рівнянні Докучаєва-Йенні, розглядаючи ґрунтовий клас (класифікатор) - Sc або ґрунтову властивість (атрибут, показник) – Sa, як функцію для визначення емпіричних кількісних відносин між ґрунтом і чинниками, а саме:

$$Sc = f(s, c, o, r, p, a, n)$$

або

$$Sa = f(s, c, o, r, p, a, n),$$

де s (ґрунт) - властивості конкретного ґрунту у визначеній точці; c (клімат) - кліматичні властивості у визначеній точці; o (організми) - рослинність, фауна і людська діяльність; r (топографія) - ландшафтні умови; p (материнська порода) - літологія, a (вік) - фактор часу; n (місце) - просторове положення ґрунту серед сусідніх ґрунтів.

Визначення класів Sc і показників властивостей Sa відбувається за умови використання кореляцій між даними дистанційного зондування Землі, цифровими моделями рельєфу, клімату і показниками властивостей ґрунтових профілів з точною географічною прив'язкою.

У рівнянні А.Мак Бретні розглядається не ґрунт, як в рівняннях Докучаєва-Йенні, а ґрунтові показники і ґрунтові класи. Таким чином він вирішив проблему неоднорідності показників, оскільки в лівій частині рівняння стоїть фізична характеристика або, іншими словами, якісна характеристика фізичної властивості ґрунту. Клас – це контрольний показник, тобто це фізична властивість, визначена за допомогою номінальних шкал.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

Проведені дослідження дають можливість зробити наступні висновки.

1. Досліджено десять історичних етапів накопичення та формалізації інформації про ґрунти. Встановлено, що джерела та види інформації про ґрунт змінювались та вдосконалювались в процесі розвитку людської цивілізації.

2. Модель опису ґрунту пройшла складну історичну трансформацію і завдяки розвитку сучасних інформаційних технологій вийшла на якісно новий рівень, що підтверджується працями багатьох вчених [3; 8; 12; 20; 77; 120]. Перед нами стоїть завдання сформулювати концепцію інформаційної моделі ґрунту, визначити принципи впорядкування категорій і понять інформації про ґрунт, а також показати можливості реляційних та ієрархічних баз даних у побудові національної ґрунтової інформаційної системи.
3. 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.
4. 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 пошуку рішення проблеми побудови моделей ґрунтів як теоретичної завдання ґрунтознавства.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ҐРУНТОВИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ КРАЇН СВІТУ

Починаючи з кінця ХХ століття вченими-ґрунтознавцями різних країн світу було розроблено і реалізовано ґрунтові інформаційні системи та інформаційні бази даних. Станом на сьогодні існує понад два десятки великих ґрунтових інформаційних систем різного масштабу, в першу чергу з метою визначення параметрів і необхідних ресурсів для розробки власної ґрунтової інформаційної системи, яка буде детально описана в наступних розділах дисертації. Проведено розширений огляд основних інформаційних систем: SOTER (глобальна), GlobalSoilMap (глобальна), ESDB (Європа), NASIS (США), CanSIS (Канада), WISE (Нідерланди) та інші. Більшість систем були апробовані і протестовані.

Впродовж всієї історії розвитку ґрунтознавства накопичений великий обсяг документальних і фактографічних матеріалів про ґрунти і ґрунтовий покрив країн і регіонів. Висока продуктивність сучасних методів дослідження ґрунтів і велика кількість науково-дослідних установ зумовлює величезний потік даних. Одночасно з розвитком підходів до зберігання, аналізу і представлення просторово орієнтованих ґрунтових даних вдосконалюються методи їх збору. Однією з основних цілей такого вдосконалення є запровадження новітніх технологій, що в свою чергу передбачає дотримання чіткої послідовності виконання операцій, стандартизації і впорядкованості даних. Інформаційні системи є сучасним засобом організації та аналізу даних з метою отримання інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив певного регіону. Дані, якими оперує ґрунтознавець (опис розрізів, результати дослідів), мають формалізований вигляд, що дозволяє певним чином передавати або опрацьовувати їх з допомогою сучасних технологічних процесів [17; 74]. Встановлено, що дані та інформація не є цілком ідентичними поняттями [3; 128]. Дані – це первинні відомості про об'єкт, в той час інформація – це знання отримане з цих даних. У свою чергу, щоб збільшити швидкість обробки даних і отримання інформації використовують різні системи. Під системою розуміють

впорядкований набір методів і процедур, які прискорюють досягнення встановлених цілей [110]. Виходячи з цих понять, будь-яка система, яка перетворює дані в інформацію, може називатися інформаційною системою.

Отже, інформаційна система – це система, яка перетворює дані в інформацію [64]. У ґрунтознавстві інформаційна система визначається як «система, що включає методи аналізу, апаратне та програмне забезпечення, носії інформації і дані про ґрунти і ґрунтовий покрив, які можуть бути використані для виконання необхідних інформаційних процесів» [110].

Користуються двома основними підходами до накопичення даних у ґрунтовій інформаційній системі. Перший підхід полягає у залученні даних з різних ґрунтових обстежень, виконаних за різними методиками, з їх подальшою стандартизацією та поєднанням у єдиній базі даних. Інший підхід наповнення ґрунтової інформаційної системи полягає у розробці єдиної методології ґрунтового обстеження та отриманні даних через проведення нових обстежень за цією методологією. Зокрема, відбувається перехід від ери, коли для ідентифікації елементів ґрунтового покриву під час картографування ґрунтів ґрунтознавці зазвичай спиралися на геоморфологічний чинник, до ери коли картографування базується, перш за все, на даних дистанційного зондування [49; 77; 126].

Ґрунтові інформаційні системи допоможуть вирішити ряд проблем, в тому числі таку актуальну, як вивчення впливу ґрунтів на зміну клімату і навпаки, зокрема яким чином підвищення температури впливає на вміст органічного вуглецю в ґрунтах [248; 249]. Вивчення динаміки органічного вуглецю є одним з основних напрямків в роботі глобальних ґрунтових інформаційних систем, наприклад Global Earth Observation System of Systems – GEOSS [154]. Дослідження на цю тему зараз активно розвиваються і в Україні [41; 154].

2.1. Міжнародна цифрова база даних ґрунтів і ландшафтів SOTER

Міжнародна цифрова база даних ґрунтів і ландшафтів – Global Soil and Terrain Database (SOTER) має на меті розробку стандартних форматів

представлення цифрових карт і додаткових даних про ґрунти для світової бази даних ґрунтів і ландшафтів [241]. Вперше питання про необхідність створення глобальної ґрунтової бази даних було підняте в 1984 р. [240], а через два роки FAO, UNEP і ISRIC почали роботу над цим проектом. Розробка системи велася під егідою IUSS у співпраці з великою кількістю національних ґрунтових інститутів. Оскільки SOTER замислювалася як глобальна система, тому в ній використовується ґрунтова класифікація WRB [257]. Передбачалося, що результатом роботи SOTER буде оновлення ґрунтової карти світу FAO-UNESCO.

Проект був ініційований для подолання головних перешкод на шляху до глобального моделювання і проведення комплексних досліджень, а саме відсутність стандартизованої бази даних ґрунтів. Він був задуманий як універсальна система ґрунтової легенди до світової цифрової бази даних ґрунтів і ландшафтів, яка повинна визначити мінімальний набір ознак ґрунтів і ландшафтів, необхідних для побудови карт ґрунтових ресурсів. За вихідну картографічну основу взятий масштаб 1: 1 000 000 [161].

Головні цілі проекту:

- надання інформації про ґрунтові і ландшафтні ресурси в глобальному масштабі (1: 5 000 000), з метою моделювання потенціалу виробництва продуктів харчування, планування сектору тваринництва, дослідження змін клімату, річкових потоків, конструювання ландшафтів та загального управління земельними ресурсами;

- створення освітнього інструменту;

- забезпечення узгоджених норм і правил ґрунтової картографії, класифікації, аналізу ґрунтів, а також інтерпретації інформації про ґрунтові ресурси.

Фактично SOTER є не лише ґрунтовою інформаційною системою, а також методологію або концепцію на основі якої будь-який дослідник може розробити свою власну систему. Проект SOTER має різні версії, які

змінювалися в процесі розвитку проекту. Остання, п'ята версія опублікована в 1995 році.

Основні етапи впровадження проекту SOTER:

- 1) 1986 р. – ініціатива ISSS - (SOTER - World Soils and Terrain Digital Data Base);
- 2) у 1987 і 1992 роках – дві робочих наради в Найробі, Кенія;
- 3) 1988-1995 рр. – випущено 5 версій робочих документів;
- 4) 1998-2008 рр. – створення глобальних, регіональних і національних ґрунтових баз даних на основі SOTER;
- 5) 2009 р. - проект SOTER взятий за основу для Harmonized World Soil Database;
- 6) 2008-2013 рр. – розвиток методології і поява eSOTER [163].

Методологія картографування SOTER базується на тому, що виділені ландшафтні одиниці (з набором фізичних характеристик, а також ґрунтовим покривом) об'єднують процеси і системи взаємозв'язків між фізичними, біологічними і соціальними явищами, що розвиваються протягом часу. Ця ідея була розвинена спочатку в Німеччині (ландшафтознавство) і поступово почала впроваджуватись у всьому світі. Тому SOTER розглядає ландшафт, як природний об'єкт, що складається з комбінацій фізичних особливостей місцевості і ґрунтових індивідуумів [244].

В основі SOTER лежить визначення ландшафтів за літологічними, геоморфологічними і ґрунтовими ознаками. Ландшафти, які відрізняються за цими ознаками, називають одиницями SOTER. Таким чином, кожна одиниця SOTER представляє одну унікальну комбінацію фізичних особливостей місцевості і характеристик ґрунтів.

Критеріями поділу на першому рівні є фізикогеографічні особливості місцевості: домінуючі градієнти нахилу, інтенсивність їх прояву, гіпсометричні характеристики, ступінь розчленування рельєфу, літологічні відмінності ґрунотворних порід.

На другому рівні виділяють компоненти ландшафту, а саме частини територіальних одиниць SOTER, що відрізняються формами рельєфу, нахилом, мезорельєфом, текстурою материнської породи. Залежно від масштабу карти, часто виділяють компоненти ландшафту, які не картуються. У цьому випадку інформація про них заноситься в атрибутивну частину бази даних, але не містить просторового відображення.

На третьому рівні проводиться ідентифікація ґрунтових одиниць всередині компонентів ландшафту. Залежно від масштабу карти, кожен закартований компонент ландшафту розглядається як певна ґрунтова одиниця або комплекс чи комбінація ґрунтів (два або більше ґрунти, які не можуть бути просторово розділені при заданому масштабі).

База даних SOTER розроблена згідно однакової методики, затвердженої FAO, UNEP і IUSS, тому для внесення чи представлення інформації використовують стандартне програмне забезпечення. База даних розроблена для роботи з масштабами карт від 1: 500 000 до 1: 5 000 000, і залежить від кінцевих вимог користувачів.

Варто зазначити, що з метою пошуку помилок і неточностей, аналітичні дані в системі аналізуються з допомогою декількох статистичних методів, точність даних перевіряється різними установами. «Порожні» значення, які були загублені або відкинуті в процесі гармонізації, автоматично відновлюються за допомогою спеціально розроблених методик [111; 112].

Дані SOTER використовують в практичних цілях, зокрема для оцінки деградації і родючості ґрунтів, дослідження вразливості ґрунтів до забруднення, моделювання вмісту органічного вуглецю в ґрунтах на національному та місцевому рівнях.

Ще одним важливим здобутком цієї системи, було те, що на основі методології SOTER були розроблені ґрунтові інформаційні системи таких країн як Аргентина [113], Бразилія [130], Індія [115], Непал, Уругвай [186], Туніс, Угорщина, Сенегал, Гамбія, Куба, Кенія, Китай (в тому числі великомасштабні 1: 250 000 системи окремих провінцій [187]; і окремих регіонів - Центральної

Африки [111], Латинської Америки і Карибського басейну [111], Південної Африки [165], Центральної та Східної Європи [198] і ін.

У 2008 році розроблена нова методологія, яка отримала назву e-SOTER [144]. Роботи над цим проектом тривали до 2012 року. До робочої групи було включено 14 наукових центрів в Європі, Китаї та Марокко під егідою ISRIC, JRC і FAO. Координатори проекту: Міжнародний центр інформації про ґрунти Нідерландів, Центр геопросторових досліджень Ноттінгемського університету Великої Британії, Лабораторія геоінформаційних досліджень і дистанційного зондування Вагенінгенського університету Нідерландів. Проект створено як європейський внесок у програму "Глобальна система спостереження за ґрунтами".

Географічна інформаційна система, яка була розроблена в рамках реалізації проекту, оперує даними про ґрунти, геологію, рельєф та дистанційне зондування. До основних завдань ГІС-сервісу належать: перевірка і корегування даних обстежень на основі даних дистанційного зондування, створення нових тематичних даних, підвищення якості отриманих результатів на основі порівняння різночасових даних, формування регіональної електронної бази даних.

Кінцева мета проекту e-SOTER – внесок в створення Global Soil Information System (GLOSIS), яка буде частиною Global Earth Observation System of Systems (GEOSS). GEOSS націлена на пошук інструментів підтримки прийняття рішень і методів вивчення глобальних процесів на планеті. Кінцевий результат проекту – глобальна публічна інфраструктура з доступом в Інтернет, яка в реальному часі продукує потік інформації і аналізує її для широкого кола користувачів.

Проект складається з восьми робочих пакетів (Work Package, WP) (рис. 2.1). В пакетах WP1, WP2 описуються способи обстеження ґрунтів і місцевості в масштабі 1:1 000 000. У WP3 викладено рекомендації щодо методології інтегрування накопичених даних про ґрунти і даних дистанційного зондування в масштабі 1:250 000. WP4 пропонує правила перевірки точності даних. У

пакеті WP5 вміщено правила використання даних у прикладних програмах. У пакетах WP6 і WP7 містяться правила поширення інформації через веб-сервіс. У пакеті WP8 подано рекомендації щодо загального управління проектом.

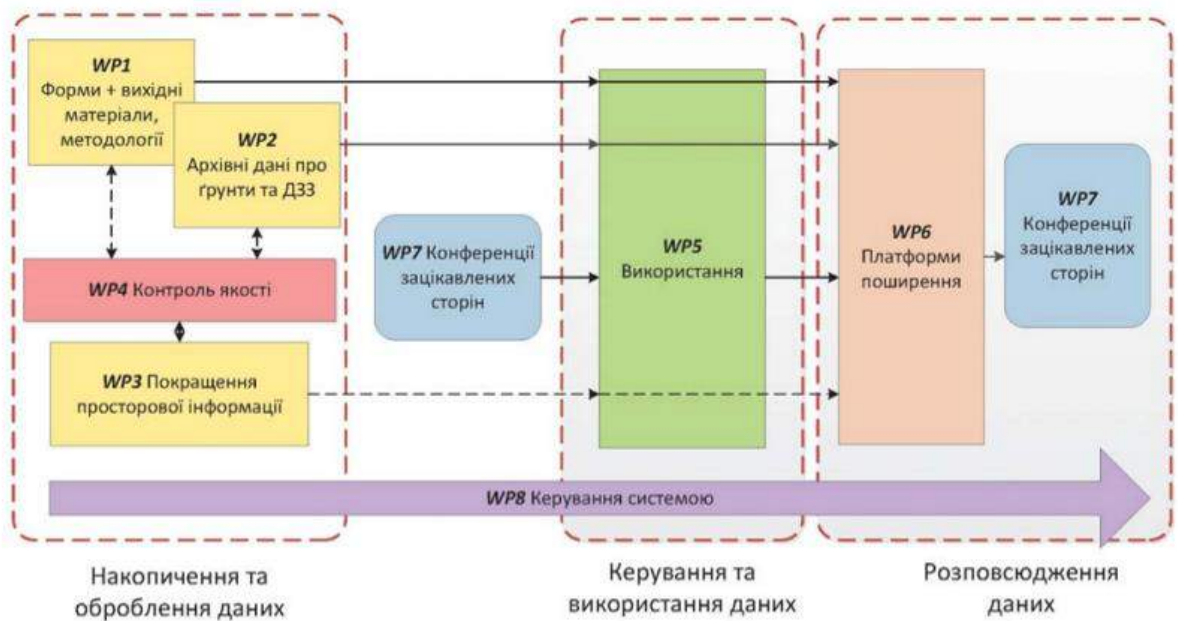


Рисунок 2.1. Структура даних e-SOTER [144].

Основні вдосконалення в методиці e-SOTER:

- використання технологій обробки даних зондування Землі для перевірки і виправлень уже існуючих, а так само для отримання нових даних;
- покращення якості результатів, отриманих на основі архівних даних;
- розробка загальнодоступного інтернет-ресурсу для отримання даних кінцевими користувачами і використання просторово розподілених додатків для забезпечення доступу до інформації за допомогою Інтернет.

2.2 Грунтова база даних Європейського Союзу

Один з підходів до створення ґрунтової інформаційної системи полягає у розробці єдиної методології ґрунтового обстеження та збиранні даних шляхом нового обстеження за цією методологією. Прикладом такого підходу є проект Європейської комісії зі статистичного обстеження земної поверхні і землекористування (LUCAS) [183]. Цей проект передбачає узгоджену методику

збору та використання даних земного покриву та землекористування, яка використовується по всій території Європейського Союзу. Обстеження у певному місці на земній поверхні (*in situ*) передбачає, що дані збираються з допомогою прямих спостережень, зроблених ґрунтознавцями (*surveyors*) на місцях, які включають аналіз основних властивостей ґрунту у межах поверхневого шару ґрунту. Для збирання ґрунтових даних вибрано 20 000 точок у різних країнах Європейського Союзу. Для визначення місць відбирання проб використано підхід багатоступеневої стратифікованої довільної вибірки на основі двох шарів – рельєфу та землекористування. Це дозволило у подальшому використовувати дані LUCAS для цифрового картографування властивостей ґрунтів на території Європейського Союзу. Дані, зібрані за допомогою LUCAS, забезпечують узгоджену інформацію для вивчення цілого ряду соціальних проблем довкілля, таких як освоєння землі, деградація ґрунтів та біорізноманіття [183].

Починаючи з 2006 року Європейська комісія зі статистичного обстеження земної поверхні і землекористування проводить такі обстеження кожних 3 роки для виявлення змін в землекористуванні та наземному покриву країн Європейського Союзу [183]. Обстеження LUCAS проводяться у конкретних місцях на земній поверхні. Це означає, що польові спостереження проводяться і реєструються у межах всіх країн Європейського Союзу. З останніх можна відзначити опубліковані результати обстежень LUCAS 2012 року, які охоплюють понад 27 країн-членів ЄС у більш, ніж 270 000 точках. Наприклад, у 2015 році проект провів обстеження LUCAS в період з березня по жовтень. Ґрунтознавці 28 держав-членів відвідали у цілому 273 401 точок [183].

Ще один проект з обстеження і визначення наземного покриву (CORINE Land Cover - CLC) перебуває під спільним керівництвом Об'єднаного дослідницького центру (Joint Research Centre, JRC) та Європейського агентства з навколишнього середовища (European Environment Agency, EEA) [245]. CORINE реалізує методологію, спрямовану на формування і періодичне оновлення бази даних CLC земного покриву у Європі і комп'ютерне

картографування цих даних на основі фотоінтерпретації радіометрично і геометрично скоригованих орторектифікованих супутникових зображень, отриманих у межах, зокрема, проекту IMAGE, та інших супутникових проектів спостереження Землі. База даних CORINE є доступною в операційному режимі для більшості регіонів Європи за звітні 1990, 2000, 2006, 2012 роки у межах Copernicus Land Monitoring Service і містить інформацію про поточний стан наземного покриву. Використано мінімальний розмір одиниці картографування – 25 га. Поріг для виявлення змін земного покриву встановлений у розмірі 5 га, з метою не втратити істотні просторові зміни наземного покриву [245].

Географічна база даних CORINE у масштабі 1:250 000 містить змішану номенклатуру ділянок землекористування та наземного покриву у 44 класах на 3-х рівнях ієрархії. Проект CORINE використовує децентралізований підхід, тобто кожна країна-член проекту створює національну базу даних, здійснює вклад у конкретні регіональні знання і створення національного потенціалу у галузі картографування наземного покриву. Окремі вибірки даних конкретної країни пізніше об'єднуються у цілісний просторовий набір даних, що містить узгоджені об'єкти земного покриву, оконтурені багатогранниками (полігонами) [245].

Методології і бази даних проектів CORINE і LUCAS використовуються для валідації географічної бази даних наземного покриву, проведення оцінки її точності. Валідація базується на використанні при перевірці достовірності даних високого розрізнення LUCAS, які пов'язані з тим самим періодом збору даних і не використовувались при складанні цільової бази даних CLC. Валідація заснована на реінтерпретації даних супутникових зображень у точках вторинних одиниць вибірки LUCAS на основі фотографій поля у поєднанні з кодами LUCAS у цих точках.

У 1986 році з метою створення ґрунтової бази даних в складі проекту CORINE була оцифрована ґрунтова карта Європейського Союзу в масштабі 1: 1 000 000. Створена база ґрунтових даних отримала назву ґрунтово-географічна база даних Європейського співтовариства [246].

На виконання проекту Моніторингу сільського господарства дистанційними методами (MARS) в 1990-1991 рр. база даних була доповнена матеріалами з архівних документів вихідної ґрунтової карти ЄС і поширювалась як версія 2.0.

З метою забезпечення оптимального застосування бази і подальшого її вдосконалення, в рамках проекту MARS була сформована група експертів в галузі ґрунтознавства та ГІС. Співробітники групи виробили рекомендації, згідно з якими нова інформація повинна бути доступна кожному, хто працює над розробкою і наповненням бази даних. В результаті з'явилася версія 3.0, що покриває територію 15 країн-членів Європейського Союзу.

Остання версія ґрунтово-географічної бази даних в масштабі 1: 1 000 000 містить набір гармонізованих параметрів ґрунтового покриву країн Євразії і Середземномор'я, придатний для агрометеорологічного і екологічного моделювання на регіональному, національному та континентальному рівнях [150]. Метою ґрунтово-географічної бази даних є введення необхідних ґрунтових параметрів, об'єднаних з даними про фізичні, кліматичні, рослинні і літологічні особливості місцевості. Ця база даних використовується для регіонального планування, агрометеорологічного та екологічного моделювання на регіональному, національному та континентальному рівнях.

Європейська ґрунтово-географічна база даних складається з чотирьох компонентів:

- Soil Geographical Database of Eurasia at scale 1: 1 000 000 (SGDBE) - власне сама ґрунтово-географічна база даних, яка побудована на ґрунтово-картографічних і класифікаційних уявленнях;

- PedoTransfer Rules Database (PTRDB), яка містить педотрансферні правила, що застосовуються до ґрунтово-географічної бази даних. База даних містить в собі алгоритми переводу і перерахунку з реальних розрізів в географічну базу даних, тобто містить в собі алгоритми, які можуть бути застосовані до ґрунтово-географічної бази даних для моделювання та просторового аналізу;

- Soil Profile Analytical Database of Europa (SPADBE) - містить описи ґрунтових розрізів і використовується для формування кожної ґрунтової типологічної одиниці;

- Database of Hydraulic Properties of European Soils (HYPRES) - містить дані про водний режим, оскільки водний режим впливає на перенесення речовини і забезпечує динаміку всієї сукупності бази даних.

Починаючи з 1986 року з'явилося безліч концептуальних модифікацій ґрунтової бази даних, а саме система Центрально-Східно-Європейського і Європейської-Північно-Азіатського рівнів [80б], також триває інтеграція регіональних баз даних.

Єдиний підхід та уніфікація даних дозволили на основі отриманих результатів запустити цілу серію національних інформаційних систем і ресурсів в окремих країнах і регіонах країн Європи [196; 197] (табл. 2.1).

Поступово на основі архітектури EuroDB були створені ґрунтові бази даних Албанії, Австрії, Бельгії, Чехії, Фінляндії, Франції, Німеччини, Угорщини, Італії, Литви, Польщі, Румунії, Словаччини, Туреччини, Великобританії та інших країн. Ці системи сумісні і разом формують ґрунтову інформаційну систему Європи [195].

Вчені-ґрунтознавці України, Молдови, Білорусії і Російської Федерації також підключилися до роботи в рамках цієї програми [80б]. Метою проекту було розширення Європейської географічної і аналітичної ґрунтової бази даних на території цих країн для здійснення аналізу земельних ресурсів, розробки та провадження політики землекористування, проведення сільськогосподарського моніторингу, уніфікованої оцінки якості навколишнього середовища тощо.

Створена база даних містить аналітичну характеристику для більш ніж 400 опорних ґрунтових профілів. Геометрична частина бази даних складається з більш ніж 40000 полігонів. Особливу увагу приділено кореляції національних класифікацій ґрунтів з картографічними одиницями Європейської географічної бази даних. Станом на 2020 рік проект заморожений в силу певних обставин.

Таблиця 2.1.

Приклади національних ґрунтових інформаційних систем окремих країн і регіонів країн Європи.

Назва ресурса	Країна	Адрес в Інтернет
Ґрунтова ІС BORIS	Австрія	http://www.umweltbundesamt.at/en/umweltsc_hutz/boden/boris/
Регіональна Ґрунтова ІС П'ємонта	Італія	http://www.regione.piemonte.it/agri/suoliter_reni/index.htm
Ґрунтова ІС регіону Ломбардія	Італія	http://www.cartografia.regione.lombardia.it/geoportale/ptk
Карта ґрунтів регіону Тосканія	Італія	http://www.rete.toscana.it/sett/pta/terra/geologia/pedologia.htm
Карта ґрунтів регіону Венето	Італія	http://www.arpa.veneto.it/suolo/html/carte_web.asp
Типологічні ґрунтові одиниці регіону Емілія-Романія	Італія	http://gias.regione.emilia-romagna.it/suoli/
Геологічна і ґрунтова карта регіону Емілія-Романія	Італія	http://www.regione.emilia-romagna.it/wcm/geologia/canali/cartografia
Ґрунтова ІС SIS	Іспанія	http://www.soilinformationssystem.com/
Цифрова ґрунтова карта Саксонії	Німеччина	http://www.smul.sachsen.de/de/wu/umwelt/lfig/lfig-internet/boden_14507.html
Ґрунтова ІС Баварії	Німеччина	http://www.bis.bayern.de/
Ґрунтова ІС Північної Рейн-Вестфалії	Німеччина	http://www.lanuv.nrw.de/boden/bis_nrw.htm
Ґрунтова ІС Нижньої Саксонії	Німеччина	http://memas01.lbeg.de/lucidamap/index.asp
Ґрунтова ІС регіону Рона-Альпи	Франція	http://213,244.7.93/flash/index.php

Таким чином, європейська система є однією з перших принципово нових ґрунтових інформаційних систем, основними відмінними ознаками якої є використання програмних платформ, які об'єднують принципи роботи з цифровими геоінформаційними даними, реляційними базами даних і мережевими протоколами.

2.3 Ґрунтові інформаційні системи і бази даних Сполучених Штатів Америки

У Сполучених Штатах Америки основною базою даних ґрунтових обстежень є національна ґрунтова інформаційна система (NASIS), яку створено з метою переходу від статичних роздрукованих звітів ґрунтових обстежень до динамічного ресурсу ґрунтової інформації, який задовольняв би широке коло потреб.

Діяльність національної ґрунтової інформаційної системи США (NASIS) охоплює усі напрямки – від створення статичних друкованих звітів обстеження ґрунтів до надання динамічного ресурсу інформації про ґрунти для широкого спектру потреб. Система даних NASIS складається з багатьох взаємопов'язаних ґрунтових додатків та баз даних. Ця система даних допомагає збирати, зберігати, аналізувати та поширювати інформацію про ґрунти.

Служба з охорони природних ресурсів (NRCS) є провідною агенцією національного обстеження ґрунтів (NCSS). Основним завданням цієї служби є підтримка національної ґрунтової інформаційної системи (NASIS) для збору, управління та поширення інформації. Доступ до NASIS надається партнерам служби та уповноваженим агентам з метою створення, збереження або інтерпретації інформації про ґрунти. NASIS містить інформацію, яка може бути захищена різними законами, правилами, договорами та угодами. Користувачі NASIS без спеціальних дозволів не можуть видавати захищену інформацію фізичним особам.

Крім того, в США розробляються багато інших ґрунтових інформаційних систем і баз даних різних масштабів і призначень, проте майже всі вони є складовою національної ґрунтової інформаційної системи [133; 200].

На даний момент служба з охорони природних ресурсів завершила роботи зі створення карт ґрунтового покриву в дрібному (1: 5 000 000) і середньому масштабі (STATSGO 1: 250 000). Службою проведені численні детальні ґрунтові обстеження (масштабу від 1: 24 000 до 1: 12 000), результати яких доступні онлайн в комплексі з метаданими, роз'яснювальними таблицями і описами ґрунтів. США також відкрили доступ до детального опису ґрунтових досліджень [235], польовим щоденникам дослідників [226], опису методів лабораторних досліджень ґрунтових зразків [238], а також до національного посібника із проведення ґрунтових досліджень [237], яке включає роз'яснення до описів ґрунтів.

Лабораторія обстеження ґрунтів з Американського національного центру ґрунтових досліджень надала у відкритий доступ аналітичні дані про більш ніж 20 000 ґрунтів США і близько 1 100 ґрунтів інших країн. Ця інформація доступна на веб-сайті та на CD-диску. Більша частина даних включає докладні морфологічні описи ґрунтів [221].

У 2005 році стартувала програма WebSoilSurvey (WSS), якою опікується Міністерство сільського господарства та служба охорони природи США. Мета програми – забезпечити накопичення даних про ґрунтовий покрив та надання доступу до тематичних карт ґрунтів [247]. У ході реалізації проекту розроблено веб-сервіс для надання користувачам необхідних даних.

Послугами системи користуються Міністерство сільського господарства, служба охорони природи, бюро земельних відносин, служба національних парків, лісова служба та інші споживачі. WSS накопичує дані про фізичні (гранулометричний склад, водний режим, структура тощо), хімічні (вміст речовин, кислотність та ін.) і біологічні (наявність твердих органічних речовин, шкідників тощо) властивості ґрунтів. Програма є важливою складовою сучасного комплексного підходу до підвищення ефективності та підтримки

прийняття рішення шляхом впровадження комп'ютеризованих інтелектуальних систем для дослідження і обстеження земель [247].

Розроблена система дозволяє:

- поліпшувати проведення інвентаризації та оцінювання якості даних про ґрунти;
- накопичувати інформацію про них;
- надавати рекомендації з адміністрування геопросторових даних;
- підтримувати інтеграцію нових геопросторових технологій тощо.

Окремі штати країни створили свої власні бази просторових даних, зазвичай представлені у вигляді веб-сайтів, які об'єднують масиви даних, підготовлені різними установами.

Ґрунтові дані в США представлені трьома основними базами даних, а саме: державна ґрунтово-географічна база даних середнього масштабу (1: 250000) STATSGO [201], географічна база даних ґрунтового покриття великого масштабу (1 : 12000, 1: 15840, 1: 20000, 1: 24000 , 1: 31680) SSURGO [236] і національна ґрунтово-географічна бази даних дрібного масштабу (1: 7 500 000). Кожна база даних складається з двох частин – набору просторових даних і набору атрибутивних даних. На основі цих баз даних, які є фактично просторовими ґрунтовими інформаційними системами побудованими з використанням ГІС-технологій, запущені просторово-розподілені веб-сервіси Web Soil Survey, Soil Extent Mapping Tool тощо. Вони досить часто використовуються в США, оскільки в них реалізований інструментарій різних онлайн запитів у роботі з базами даних, що робить їх корисними для широкого кола споживачів.

Варто відмітити єдиний недолік всіх ґрунтових систем США, який полягає у використанні класифікації ґрунтів США - Soil Taxonomy [239], що створює труднощі при використанні цієї системи міжнародною спільнотою, а також містить певні описові і класифікаційні обмеження характерні цій класифікації.

2.4 Ґрунтова інформаційна система Канади CanSIS

Канадська служба ґрунтової інформації (CanSIS) – це платформа для поширення даних про земельні ресурси Канади [127]. Розробляти її почали ще в 1972 році. Платформа забезпечує доступ громадськості до національної бази даних про ґрунти (NSDB), яка містить дані про ґрунт, ландшафт та клімат Канади, і служить національним архівом інформації про земельні ресурси, зібраної під час федеральних і провінційних польових досліджень, або створеної шляхом аналізу даних про ґрунти, отриманих в попередніх проєктів. NSDB включає картографічне покриття ГІС у різних масштабах та характеристики кожної названої серії ґрунтів.

Національна бази даних про ґрунти Канади (NSDB) містить [127]:

- 1) різномасштабні (від 1:30 000 000 до 1: 1 000 000) екорегіональні набори даних;
- 2) базу даних ґрунтових карт та земельних угідь Канади в масштабі 1: 5 000 000;
- 3) бази даних агроєкологічних ресурсів в масштабі 1: 2 000 000.

Агроєкологічні ресурсні райони представляють райони сільськогосподарського потенціалу і виділяються за принципом еокліматичної зональності, геоморфологічними і ґрунтовими особливостями. Фактично вони є еквівалентами агроєкологічних зон. Крім того вони охоплюють лише три провінції Канади. Агроєкологічні ресурсні райони є зручними одиницями для просторового планування, в межах яких накопичують дані для використання в сільськогосподарських дослідженнях.

4) ґрунтові ареали Канади - це серія шарів ГІС, які містять основні характеристики ґрунту та землі для всієї країни. Матеріали були складені в масштабі 1: 1 000 000 на основі існуючих карт ґрунтових обстежень, а інформація організована відповідно до єдиного національного набору ґрунтових та ландшафтних критеріїв на основі постійних природних ознак.

5) Canada Land Inventory – національна багатодисциплінарна інвентаризація земель сільськогосподарської частини Канади, що охоплює

понад 2 500 000 квадратних кілометрів території в масштабі 1: 250 000. Визначено придатність ґрунтів для використання в сільському господарстві, лісовому господарстві, рекреації тощо.

б) Детальні обстеження ґрунтів у різних масштабах (від 1: 20 000 до 1: 250 000), що охоплюють більшу частину сільськогосподарських районів Канади.

CanSIS є частиною Східного науково-дослідного центру злакових та олійних культур (ECORC) і розташована в місті Отава в межах Центральної експериментальної установи. CanSIS є джерелом інформаційних продуктів в галузі ґрунтознавства, а також надає спеціальні експертні послуги [127].

Набір даних Канадської служби ґрунтової інформації (версія 3.1.1.) включає:

- Наземний покрив. Містить дані про розташування головних штучних об'єктів включно з залізничними і автомобільними дорогами та містами в масштабі 1: 1 000 000. ГІС шари використовуються тільки в цілях орієнтації і містять менше інформації, ніж на оригінальній топографічній карті;
- Гідрологічні об'єкти. Містить дані про джерела прісної і морської води в межах території картування, опис берегової зони і використовується для оцінки гідрологічного стану ландшафтів;
- Ґрунтовий покрив. Містить дані про ґрунтові ареали. Кожен полігон є ґрунтовою картографічною одиницею, зв'язок з даними в реляційних таблицях виконується через спеціальні таблиці атрибутів полігонів;
- Таблиця атрибутів полігонів. Забезпечує зв'язок між географічним даними, а саме місцем розташування кожного полігону на карті в ГІС базі даних, і атрибутами відповідних ґрунтових одиниць реляційної бази даних.

CanSIS забезпечує доступ до державної інформації за допомогою засобів ГІС та системи управління базою даних через Канадську мережу управління земельними ресурсами (CLRN). Засоби запитів та інтерактивні карти доступні на сайті ресурсу [127].

2.5 Цифрова ґрунтова карта світу GlobalSoilMap

GlobalSoilMap – це один із найбільших проєктів дослідження ґрунтового покриву світу. Розпочався проєкт у 2009 році та об'єднує дванадцять дослідницьких центрів на всіх континентах планети з чотирма координаторами в США, Європі та Австралії (рис. 2.2). Також участь у проєкті беруть великі національні та регіональні центри з дослідження ґрунтів [155]. В GlobalSoilMap опрацювання даних здійснюється настільними програмними засобами, а також розміщені дані на веб-сервісах інших проєктів. Мета цього проєкту – розробка нової цифрової карти ґрунтів світу, яка базується на використанні сучасних технологій картографування і методів прогнозування стану ґрунтів. Завдання проєкту полягає у забезпеченні підтримки прийняття рішень на різних рівнях – від фермерського господарства до глобального рівня.



Рисунок 2.2. Локалізація координаційних центрів та партнерів проєкту GlobalSoilMap [155].

В основі проєкту GlobalSoilMap використана теорія цифрового ґрунтового картографування (ЦГК), яка зводиться до створення просторових ґрунтових інформаційних систем. ЦГК активно тестується на багатьох територіях, в тому числі Африці та Австралії [180].

Під час реалізації проекту використані новітні технології ґрунтового картографування і визначення ґрунтових властивостей у високій роздільній здатності [155]. Відбір тестових ґрунтових зразків в польових умовах проводився стратифіковано з метою встановлення просторового розподілу ґрунтових властивостей для розробки бібліотек даних дистанційного зондування Землі, в яких описані характеристики окремих ґрунтових властивостей [229].

Отримані дані потім використовуються для визначення властивостей ґрунтів в тих областях, де ґрунтові зразки не відбиралися [155].

Методологічний підхід, який використовується в GlobalSoilMap включає кілька послідовних етапів, перші три з яких мають на меті створення електронної ґрунтової карти.

На першому етапі здійснюється внесення даних і формування базових карт по декільком змінним, які відображають основні чинники ґрунтоутворення. На цьому етапі активно використовують існуючі традиційні ґрунтові карти і дані на паперових носіях [128].

Другий етап включає в себе оцінку ґрунтових властивостей, яка здійснюється із використанням аналітичних функцій, що показують імовірність появи конкретної величини.

На третьому етапі отримані, просторово визначені, ґрунтові властивості використовуються для передбачення більш складних для вимірювання ґрунтових характеристик, наприклад таких як оцінка запасу доступної ґрунтової вологи і фіксації фосфору. Це реалізується за допомогою використання педотрансферних функцій. Інноваційним елементом підходу є те, що вихідні ймовірні дані в результаті стають чітко визначеними за рахунок об'єднання вихідних даних, виведених просторових даних і ґрунтових функцій [128].

У зв'язку із великою протяжністю і комплексністю ґрунтового покриття, а також недостатньо великим масштабом наявних ґрунтових карт характерним є висока просторова варіабельність при перенесенні даних із аналогових

матеріалів ґрунтових досліджень в цифрові ґрунтові карти. Тому можливість враховувати потреби користувачів, а також виконання робіт з просторовими змінними та тимчасовими масивами даних повинні бути ключовими параметрами будь-якого нового підходу.

Розроблена загальна структура і певні процедури функціонування системи, визначені регіони для яких необхідне уточнення просторових ґрунтових даних. В даний час дослідження спрямовані на розробку блоків системи, формування вимог до даних, оптимізацію форм виведення і на формування адекватного відображення результатів цифрового ґрунтового картографування.

Кінцевим результатом реалізації проекту має стати цифрова карта ґрунтів світу в зручних для користувача форматах (*.kml, *.shp та інші) з даними про номер, координати і глибину ґрунтового профілю, кислотність, вміст поживних речовин, гранулометричний склад, назву ґрунту й інше [155].

2.6 Ґрунтові інформаційні системи України

Однією з провідних наукових установ, які працюють над створенням ґрунтових інформаційних систем в Україні, є Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського». Саме фахівці наукового центру працюють над створенням ґрунтових баз даних, які згодом можна буде об'єднати в цілісну ґрунтову інформаційну систему [31; 181].

Лабораторія геофізики ґрунтів Українського науково-дослідного інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського впродовж численних експедицій з обстеження ґрунтів Степу України (1961-1974 рр.) з метою визначення можливості їх зрошення, зібрала великий обсяг даних з описом основних фізичних характеристик ґрунтів. Ці дані стали вхідним матеріалом для розробленої на основі VisualFoxPro бази даних «Властивості ґрунтів України». Джерелами інформації слугували ґрунтові нариси за результатами картографування по адміністративних районах, відомості й звіти з аналітичних робіт і карти ґрунтів масштабу 1:100000 і 1:200000, що були наявними в архіві наукового центру. Великий обсяг інформації отримано також з опублікованих

матеріалів великомасштабного обстеження. У цей період кількість описаних профілів на всій території України досяг 520.

Станом на 2018 рік реляційна база даних «Властивості ґрунтів України» включає 2075 описаних ґрунтових профілів (записи постійно доповнюються), точки закладання яких поширено на всю територію України. Ґрунтова інформація доповнена характеристиками всіх факторів ґрунтоутворення та необхідними екологічними параметрами.

Дані властивостей ґрунтів використовуються у наукових дослідженнях і прикладних розробках наукового центру за такими основними тематичними напрямками:

- картографічний аналіз і районування земель за якістю ґрунтів;
- прогнозування зміни якості ґрунтів за базовими властивостями із застосуванням педотрансферних правил;
- детальна характеристика сільськогосподарських земель України за базовими фізичними властивостями ґрунтів – щільність будови, гранулометричний склад, водний режим і гідрофізичні властивості, структура;
- оцінка ступеня інвестиційної привабливості земель;
- визначення типів деградації і ступенів деградованості ґрунтів.

База даних також слугувала інформаційним арсеналом для створення інших баз і наборів даних, для участі у багатьох національних і міжнародних проектах [77].

Інтернаціональну діяльність наукового центру підтверджено внеском у базу даних WoSIS (World Soil Information Service) – Світової ґрунтової інформаційної служби, де представлено 79 ґрунтових профілів.

До процесу збирання і внесення інформації у базу даних, упорядкування й корегування даних долучались такі співробітники інституту: Т.М. Лактіонова, В.В. Медведєв, Р.Г. Дерев'янка, К.В. Савченко, О.М. Бігун, І.В. Гайворонський, Л.В. Донцова, О.І. Дружинінська, Т.Є. Линдіна, В.І. Лісова, Д.І. Назарова, С.Г.

Накісько, В.А. Панченко, І.В. Пліско, Л.Г. Почепцова, Л.П. Тимошенко, В.П. Філатов, С.М. Шейко та інші [32].

Ще однією інформаційною базою даних є база даних польових дослідів з вивчення впливу агрозаходів на властивості ґрунту. Створено її засобами Excel в межах міжнародного проекту INCO COPERNICUS, що виконувався під егідою FAO великим інтернаціональним колективом з різних країн Європи (1999-2002).

До бази даних внесені результати польових дослідів із вивчення впливу агрозаходів на ущільнення орного і підорного шарів ґрунту. Інформацію збирали з дослідів, що реалізовано впродовж багатьох років на території України силами співробітників науково-дослідного інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського із залученням працівників інших установ [31; 32].

Метою роботи було узагальнити в одній базі даних відомості про місце і час закладення дослідів (адреса), морфологічні та аналітичні характеристики профілю ґрунту, кліматичні особливості території, список публікацій за матеріалами досліджень (перелік джерел) і результати вимірювань і лабораторних аналізів ґрунту.

Ця база даних містить відомості про 43 об'єкти, і опис кожного розміщено в одній книзі Excel. Об'єкт – це стаціонарний польовий або мікропольовий дослід з певним набором варіантів – досліджуваних компонентів схеми дослідів або певної комбінації компонентів (у складних багатофакторних схемах) на об'єкті.

Також інститутом ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського велися роботи із наповнення міжнародної база даних SOTER про яку детальніше описано в розділі 2.1. Фактично за методологією SOTER у Excel формі сформовано базу даних фізичних характеристик території України (рельєф, клімат, ґрунтовий покрив, водний режим та дренажність ґрунтів, наявні види деградацій ґрунтів, тип землекористування).

Структурною одиницею бази даних є лист Excel, де зібрано відомості про кожну територіальну одиницю, виокремлення якої на карті ґрунтів масштабу 1:1 500 000 виконували, згідно з методологією SOTER, з урахуванням таких чинників: геоморфологія, рельєф, форма поверхні, форма схилів, материнська порода, структура ґрунтового покриву.

Інформацію до бази даних збирали та опрацьовували В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова, Н.М. Бреус. Робота над проектом SOTER і створення бази даних послугувало каталізатором розвитку й уточнення національної нормативної бази для класифікації й оцінки деградації ґрунтів [35].

Результати досліджень інноваційних агротехнологічних прийомів у польових дослідах з обробітку, удобрення й екологічного землеробства сформовано у вигляді окремої бази даних. База даних створена у рамках міжнародного проекту «KASSA» (Knowledge Assessment and Sharing on Sustainable Agriculture (2004-2006. INTAS), GOCE-CT-2004-505582) метою якого було зібрати відомості про найефективніші світові агротехнології для того, щоб поширити позитивний досвід господарювання на інші території [176]. Особливу увагу звернули на спосіб обробітку ґрунту з акцентом на безплужному та нульовому обробітку. У форматі Excel сформовано базу даних результатів інноваційних експериментів з обробітку ґрунту, удобрення рослин та екологічного землеробства.

Основні розділи структури БД «KASSA» включають таку інформацію:

1. Друковані праці про наукові дослідження (назва установи, точні бібліографічні посилання);
2. Загальна характеристика дослідження (мета, терміни проведення, місце проведення - область, район, село, координати місцевості, у т.ч. висота над рівнем моря, тип дослідження (А,Б,В,Г,Д), схема дослідження, керівник, відповідальний виконавець, поштова адреса, телефон, факс, e-mail);
3. Природні умови у місці проведення дослідження (природна зона, основні характеристики клімату (середньорічна температура, опади, ГТК тощо), найбільш суттєві недоліки клімату, назва ґрунту, характерні властивості ґрунту

в орному шарі (рН, рівноважна щільність будови, польова вологоємність, вміст гумусу, рухомих форм макро- і мікроелементів, фізичної глини, піску, мулу), суттєві недоліки ґрунту;

4. Технологія вирощування культур (перелік культур у сівозміні, сорти, способи обробітку (основного, передпосівного і міжрядкового), перелік знарядь, найбільш характерні особливості й умови виконання операцій, методи поводження з рослинними рештками (видаляються, залишаються у вигляді мульчі, спалюються, приорюються тощо), система удобрення, система боротьби з бур'янами (хімічна, механічна, біологічна), система захисту рослин (фунгіциди, інсектициди, обробка насіння);

5. Характеристика здобутих у дослідіах результатів:

5.1 Соціально–економічні наслідки (урожай (окремо за варіантами дослідіа, культурами і узагальнені дані), економічна ефективність на підставі співставлення витрат і прибутку, економія праці і ресурсів, якість продукції за стандартами;

5.2 Ґрунтово–екологічні наслідки (фізичні властивості ґрунту, динаміка органічної речовини, режиму вологості, хімічні властивості, біологічні властивості;

6. Висновки і пропозиції дослідників щодо впровадження результатів.

Таким чином, база даних включає не лише фактичні результати досліджень, але й аналіз змін окремих властивостей ґрунту внаслідок застосування у дослідіах технологічних або агротехнічних інновацій. До української частини бази даних залучено опрацьовані результати з 45 польових дослідіах, з яких 19 в основному спрямовані на вивчення ефективності різних способів обробітку ґрунту, 21 – на розробку систем удобрення, і 5 – на дослідіах інновацій в органічному землеробстві. Експерименти проводились у попередні 30-40 років, в географічному плані охоплюють основні землеробські території і певним чином відображують полігенетичний характер ґрунтового покриву й економічних умов в Україні [32].

У 2013 році українські вчені-грунтознавці брали участь у розробці європейської бази гідропедологічних даних (EU-HYDI) у межах міжнародного проекту European Hydropedological Data Inventory (EU-HYDI), проведеного за ініціативою Європейської Комісії (European Commission) і координованого Інститутом екології та стійкого розвитку (Institute for Environment and Sustainability) Спільного дослідницького центру (Joint Research Centre). У проекті було зведено дані з 29 інститутів у 18 країнах Європи [32]. Зібрано інформацію стосовно фізичних, хімічних і гідрологічних властивостей ґрунтів Європи. До бази даних залучено відомості про географічне розміщення об'єктів, класифікацію ґрунтів і тип землекористування на час відбирання проб.

Українська частина складається з 529 зразків із 95 ґрунтових профілів [32]. Джерелом інформації була БД «Властивості ґрунтів України». Упорядкування і систематизування даних виконано за методологією і структурою бази даних EU-HYDI.

Окрім вищезгаданих баз даних роботи в цьому напрямку виконуються вузькогалузеві дослідження багатьма науковими установами України. Серед найбільш вагомих проектів варто згадати створення бази даних аналітично-інформаційної системи управління ґрунтовими режимами за краплинного зрошення [2], бази даних біологічних властивостей ґрунтів України як інформаційне забезпечення збалансованого використання ґрунтових ресурсів [32] та інші.

Підсумовуючи можна стверджувати, що в Україні зроблена значна робота із впорядкування ґрунтової інформації, методологія формування баз даних базується на принципі збереження всієї доступної інформації, що стосується обстежень і досліджень ґрунтового покриву України. Було зібрано як безпосередні характеристики ґрунтів, так і супутні фізичні дані, пов'язані з формуванням і варіабельністю властивостей ґрунтів. Одними з новітніх методичних підходів у формуванні сучасних баз даних є забезпечення їхньої багатофункціональності та асоціативності. Цей принцип дозволив широко використовувати набори даних у наукових дослідженнях і прикладних

розробках, а також делегувати набори даних до міжнаціональних геоінформаційних систем. З метою опрацювання накопичених даних було поступово розроблено спеціальні методичні підходи й алгоритми картографо-аналітичного оцінювання стану і якості ґрунтів та прогнозування їх змін з використанням педотрансферних правил.

Всі згадані вище бази даних розглядаються як внесок у розроблювану національну ґрунтову інформаційну систему України, яка є методологічною основою майбутньої діяльності українського ґрунтового інформаційного центру.

2.7 Інші ґрунтові інформаційні системи і бази даних

Крім розглянутих вище систем існує багато інших - на регіональному рівні, наприклад ґрунтова інформаційна система Африки [101], національному рівні – ґрунтова інформаційна система Великобританії [182], Туреччини [138], Нідерландів [122], Німеччини [233], Нової Зеландії [184], Марокко [110], Руанди [199].

Серед глобальних проєктів, які варто розглянути, є розробка універсальної методології для глобальної ґрунтової бази даних під назвою «Обстеження потенціалу емісії парникових газів в ґрунтах світу» (WISE). Розпочався він у 1991 р на базі Всесвітнього міжнародного інформаційного ґрунтового центру ISRIC [170].

Проєкт WISE спрямований на кількісну оцінку основних ґрунтових факторів, що впливають на процеси зміни клімату в глобальному масштабі [162]. Використана база даних ґрунтових властивостей з описом ґрунтових розрізів і точними координатами їх розташування. Отримані масиви даних використовуються для вивчення зв'язків у поширенні ґрунтів і для інформаційної підтримки різних проєктів, в тому числі проєкту з цифрового картографування ґрунтів [247].

Хімічні та фізичні аналізи ґрунтових зразків проводилися як мінімум в 150 різних лабораторіях по всьому світу з використанням різноманітних методів,

що відображено в докладних описах WISE. Це дозволило провести різноманітні агрохімічні, сільськогосподарські і природоохоронні дослідження на глобальному і континентальному рівнях (1: 500 000 і більше). Опубліковані результати досліджень включають гармонізовані масиви даних описів ґрунтових властивостей для основних типів ґрунтів світу, відновлення відсутніх описів в основній базі даних SOTER на підставі педотрансферних функцій, моделювання глобальних природних змін, аналіз глобальних екосистем, оцінку емісії парникових газів, прогнозування врожаїв сільськогосподарських культур і виділення агроекологічних зон [114]. Результати відновлення відсутніх значень представлені у вторинній базі даних SOTWIS.

В процесі збору матеріалів для створення бази даних описів ґрунтів ретельно оцінювалися якість і точність вихідних даних, присвоювалися індикатори якості описів ґрунтів, щоб забезпечити збереження інформації про проведену експертну оцінку вихідних даних (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Кількість профілів в WISE розподілених відповідно до
градацій якості описів [114]

Континент	Якість опису ґрунтів*				Разом
	1	2	3	4	
Африка	421	1337	2392	23	4173
Азія	441	970	426	10	1847
Антарктика	4	6	0	0	10
Європа	225	712	359	20	1316
Північна Америка	495	222	127	11	855
Океанія	50	49	106	4	209
Південна Америка	149	1380	313	1	1843
Разом	1785	4676	3723	69	10253

* - Числовий код відповідає кількості і достовірності опису ґрунтового профіля, а також доступності даних аналітичних лабораторних досліджень ґрунтових зразків; найбільш повний і якісний опис відповідає 1, найменш – 4.

Профілі зі статусом 4 (погана якість) замінялися в WISE на більш якісні дані, коли вони ставали доступні для такої ґрунтової одиниці.

Всі результати роботи опубліковані на сайті ISRJC у вільному доступі. Дані про ґрунти, що вносяться до WISE, збиралися більш ніж з 260 різних паперових та електронних джерел. Близько 40% профілів були взяті з допоміжних масивів, включаючи ґрунтову інформаційну систему ISIS [234], ґрунтову базу даних США NASIS [200], ґрунтові бази даних SOTER [244].

Остання опублікована версія WISE (версія 3.1) містить дані з 149 країн, 10250 профілів і 47800 ґрунтових горизонтів. Найбільше описів ґрунтів для Африки (41%), Азії (18%), Південної Америки (18%) і Європи (13%).

Важливе прикладне значення такого широкомасштабного об'єднання описів ґрунтів і гармонізації даних в базі даних WISE полягає в можливості активного використання світовою спільнотою різномірних ґрунтових баз даних. WISE дозволила за допомогою статистичного аналізу та використання педотрансферних функцій заповнювати відсутні відомості про ґрунти, необхідні для побудови моделей без збереження первинної інформації про ґрунти [162]. Таким чином, розробники бази даних SOTER частково вирішили проблему зберігання вихідних даних, використовуючи проект WISE. На жаль, це рішення в повній мірі не позбавляє користувачів SOTER від трудомістких ручних методів опрацювання даних.

Ґрунтові інформаційні системи відрізняються за масштабом відображення даних і за кількісним наповненням. Наприклад ґрунтова інформаційна система ISIS містить інформацію про ґрунти, що містяться в колекції Всесвітнього музею ґрунтів в Нідерландах, а саме Всесвітньої ґрунтової реферативної колекції, яка включає в себе близько 950 монолітів з більш ніж 70 країн світу, що супроводжуються детальними описами ґрунтових профілів і відомостями про основні чинники ґрунтоутворення. База даних відкрита для безкоштовного доступу через сайт [234]. В базі даних міститься понад 60 показників, які описують місце закладення розрізу (місце розташування, геологія, форми рельєфу, характеристики ґрунтового покриву, гідрологія, тип використання

земель, рослинність і клімат) і понад 100 показників, що відносяться безпосередньо до опису ґрунтових властивостей (опису ґрунтових розрізів згідно з методологією ФАО; 100 фізичних, хімічних і мінералогічних атрибутів; атрибути згідно ґрунтової класифікації відповідно до легенди Ґрунтової карти Світу ФАО-ЮНЕСКО (1974), доопрацьованій карти ґрунтів ФАО-ЮНЕСКО (1988), а також WRB, американської Soil Taxonomy і національних ґрунтових класифікацій).

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

1. 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.
2. Аналіз різних ґрунтових баз даних та інформаційних систем показав, що незважаючи на досягнення в цьому напрямку, більшість ґрунтових інформаційних систем ще не подають адекватної інформації для прогнозу глобальних змін ґрунтів на більшості територій земної кулі. Методи вивчення ґрунтових властивостей не стандартизовані, що ускладнює гармонізацію даних для використання в рамках єдиних баз даних. Існує необхідність щодо продовження робіт по формалізації інформаційного ґрунтознавства, з використанням багатого досвіду, накопиченого ґрунтознавцями впродовж всієї історії людства. У зв'язку з цим, необхідно посилити розробки в цій галузі, що дозволить збільшити внесок української школи ґрунтознавства у формалізацію ґрунтових досліджень на світовому рівні.

РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ НАУКОВОГО НАПРЯМУ ІНФОРМАЦІЙНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА

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. Саме поняття інформації все ширше використовується в різних областях знання, тим самим викликаючи підвищений інтерес з боку вчених різних галузей науки. Осмислення феномена інформації почалося порівняно недавно. Тим часом, сьогодні поняття інформації є одним з фундаментальних не тільки в інформаціології (науці про інформацію), але і в інших галузях науки, зокрема і в ґрунтознавстві.

3.1 Інформація, дані і знання як базові поняття інформаційного ґрунтознавства

Останнім часом на роль метадисципліни, що розглядає проблеми різних галузей знань (природничо-наукових або гуманітарних) з єдиних інформаційних позицій, претендує інформаціологія [23; 92; 191]. З точки зору цієї дисципліни, інформатика є її базовою одиницею, яка вивчає інформацію, отриману в результаті наукової та виробничої діяльності, досліджує методи і засоби її створення. Інформатика виступає, з одного боку, як галузь знань інформаційної діяльності та комунікації, а з іншого як технологія управління інформацією.

Слід зазначити, що інформаціологія як наукова дисципліна формувалася поступово. Протягом понад півстоліття в ній неодноразово виникали і зникали ті чи інші напрямки. Можливість розширення області застосування визначалися, в першу чергу, розвитком засобів обчислювальної техніки і накопиченням моделей і методів їх застосування при вирішенні задач різного типу. На сьогодні до інформаціології відносять наступні області дослідження,

методи і підходи яких ми можемо широко використовувати в інформаційному ґрунтознавстві [92]:

- теорія алгоритмів (формальні моделі алгоритмів, проблеми та складність обчислень);
- логічні моделі (дедуктивні системи, складність виведення, нетрадиційні обчислення: індуктивний і абдуктивний висновок, висновок за аналогією, правдоподібний висновок тощо);
- бази даних (структури даних, пошук відповідей на запити, логічний висновок у базах даних, активні бази);
- розпізнавання навколишнього світу і обробка зорових сцен (статистичні методи розпізнавання, використання різних просторів, теорія визначення алгоритмів, тривимірні сцени);
- інженерія математичного забезпечення (мови програмування, технології створення програмних систем, інструментальні системи);
- теорія комп'ютерів і обчислювальних мереж (архітектурні рішення, багатоагентні системи, нові принципи обробки інформації);
- використання комп'ютерів в замкнених системах (моделі реального часу, системи моніторингу).

Інформація має ряд властивостей, основними серед яких є достовірність, повнота та актуальність (оперативність). З точки зору загальної теорії інформації ці властивості можна охарактеризувати наступним чином [191]:

1. Інформація достовірна, якщо вона відображає дійсний стан суті об'єкту в поточний момент часу.
2. Інформація повна, якщо її достатньо для розуміння і прийняття ефективних рішень або рекомендацій.
3. Інформація актуальна (оперативна), якщо вона отримана своєчасно і може бути використана для прийняття ефективних рішень або рекомендацій.

Отже, інформація – найважливіший компонент будь-якого інформаційного процесу. Під інформаційним процесом розуміємо процес збору (відображення, сприйняття), фіксування, збереження на різні носії, передачі, обробки

(перетворення), зберігання та використання інформації. Інформаційний процес може відбутися тільки при наявності інформаційної системи, що забезпечує всі його складові – джерело інформації, канал зв'язку, правила інтерпретації сигналів і приймач інформації [23]. Іншими словами, інформація — це сукупність відомостей (даних), які сприймають із навколишнього середовища (вхідна інформація), видають у навколишнє середовище (вихідна інформація) або зберігають всередині певної системи.

Під інформацією (лат. *informatio* – роз'яснення, виклад) розуміють суть, знання, отримані з даних, які є результатом вимірів або іншої оцінки значень будь-яких показників [92]. Інформація – це нематеріальна сутність, за допомогою якої з будь-якою точністю можна описати реальні (матеріальні), віртуальні (можливі) і понятійні сутності.

Найбільш важливими властивостями інформації є:

- об'єктивність та суб'єктивність;
- повнота;
- достовірність;
- адекватність;
- доступність;
- актуальність.

Таким чином, дані і інформація не ідентичні поняття, хоча і використовуються часто як синоніми. Дані – це відомості про об'єкт, а інформація – це знання, отримані з цих даних [92].

Сукупність необхідних надалі понять може бути представлена у вигляді узагальненої схеми (рис. 3.1).

Дані можуть бути фактографічними (цифровими, алфавітно-цифровими позначеннями) або документальними (тексти). Дані в ґрунтознавстві часто подаються у вигляді ґрунтових карт, як форми представлення просторово орієнтованих, тобто просторово визначених об'єктів.

Під час інформаційного процесу дані перетворюються з одного виду в інший за допомогою різних методів. Обробка даних може передбачати велику кількість різних операцій, а саме:

- збір даних – накопичення інформації з метою забезпечення достатньої обсягу для прийняття рішення;
- формалізація даних – приведення даних, що надходять із різних джерел до однакової форми;
- фільтрація даних – усунення зайвих даних, які не потрібні для аналізу чи прийняття рішень;
- сортування даних – впорядкування даних за заданою ознакою з метою зручності використання;
- архівація даних – збереження даних у зручній та доступній формі;
- захист даних – комплекс дій, що скеровані на запобігання втрат, відтворення та модифікації даних;



Рисунок 3.1. Базові поняття інформаційного ґрунтознавства.

- транспортування даних – прийом та передача даних між віддаленими користувачами інформаційного процесу. Джерело даних прийнято називати сервером, а споживача – клієнтом;
- перетворення даних – перетворення даних з однієї форми в іншу, або з однієї структури в іншу, або зміна типу носія.

Система, яка перетворює дані в інформацію, є інформаційною системою. Оскільки функції інформаційної системи нерозривні з пошуком даних, а нерідко тільки цим і обмежені, часто в зазначеному сенсі використовується поняття інформаційно-пошукової системи.

Якщо в якості технічних засобів інформаційно-пошукової системи використовується комп'ютер, то це – автоматизована інформаційно-пошукова система. У загальному сенсі, коли крім пошуку даних передбачається використання також математичних методів аналізу даних, вживають термін – автоматизована інформаційна система, автоматизований банк даних, інформаційно-обчислювальна система, банк даних тощо. Надалі всі ці терміни ми будемо використовувати як синоніми.

Інформація може бути представлена у вигляді аналітичних виразів (формул), моделей, у вигляді змістовних узагальнень, текстів тощо. Сучасні технічні засоби дозволяють візуальне подання інформації у вигляді графіків, діаграм, схем, карт і фотографій.

Інформація, яку ми отримуємо з даних, а також результати її подальшого аналізу слід називати знаннями [64]. Розрізняють знання декларативні (фіксовані факти) і процедурні (правила, алгоритми). З розвитком інтелектуальних програмних засобів, зокрема комп'ютерної графіки, з'явилася можливість представлення образних знань у вигляді зображень.

Знання також можна зберігати в комп'ютері для подальшого використання, формуючи таким чином бази знань. На їх основі працюють експертні системи, які є найбільш складними видами систем штучного інтелекту. До систем штучного інтелекту відносяться також розрахунково-логічні системи, які здатні до логічних висновків і інформаційні дорадчі

системи, які поряд з інформацією надають рекомендації із її використання. Фактично можна стверджувати, що в напрямку до експертних систем відбувається підвищення інтелектуальності таких систем.

Вся сукупність даних об'єднується в системі у єдину базу даних, яка визначається як сукупність взаємопов'язаних даних, які зберігаються разом, і у такому вигляді, щоб вони були незалежні від програм (забезпечений доступ з будь-якої програми), а також володіють уніфікованими способами додавання нових або модифікації існуючих даних, пошуку та інших дій з даними [64].

Сукупність комп'ютерних програм, які здійснюють управління даними бази даних, а саме пошук, вибірку, оновлення, сортування, аналіз даних, а також забезпечують незалежність від програм і простий доступ до даних, називаються системою управління базами даних.

Аналіз даних передбачає пізнання цілого через його частини і базується на розчленуванні предмета на його властивості, об'єкти – на класи. Основне призначення аналізу даних полягає в отриманні інформації і накопиченні знань про досліджувані явища з наявних емпіричних даних.

Таким чином, під автоматизованими інформаційними системами розуміємо єдність однієї або декількох баз даних, які керуються комплексом спеціальних програм, пакетом обробки даних і комп'ютером з необхідними зовнішніми пристроями, що працюють під управлінням кваліфікованого користувача. В цілому можемо стверджувати, що автоматизована інформаційна система є сучасною формою інформаційного забезпечення ґрунтознавства.

Можна стверджувати, що інформатика передбачає створення систем, що працюють зі знаннями, а не тільки з даними. Саме для таких цілей розробляються комп'ютери нового покоління, що володіють можливостями, які дозволяють створювати системи штучного інтелекту. Сукупність алгоритмів і програм для комп'ютерів створюють математичне і програмне забезпечення, а комп'ютери разом із зовнішніми пристроями – технічне забезпечення інформаційних систем.

Під ґрунтовою інформаційною системою (ГрІС) ми розуміємо систему, яка працює на базі комп'ютера під управлінням оператора та містить дані про ґрунти, володіє програмними засобами для внесення, пошуку і аналізу ґрунтових даних. Якщо мова іде про створення та підтримку картографічних баз даних тоді ми повинні говорити про застосування географічних інформаційних систем (ГІС).

Отже, у зв'язку з розвитком нового напрямку організації та аналізу ґрунтових даних на основі автоматизованих інформаційних систем, в ґрунтознавстві починає широко застосовуватись нова термінологія запозичена з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, значно розширюється словник понять з математичної галузі. Це неминучий і необхідний для нашої науки процес, що сприяє підвищенню її ефективності в зв'язку з використанням сучасних досягнень цих порівняно нових дисциплін.

3.2 Інформаційна модель ґрунту

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 [79]. 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.

Ґрунтовий покрив нерозривно пов'язаний з умовами та історією формування фізико-географічного середовища і знаходиться в постійній взаємодії з літосферою, атмосферою, гідросферою і рельєфом місцевості, організмами. Встановлено, що ці зв'язки між ґрунтом і умовами ґрунтоутворення є закономірними, а ґрунт є інтегрованим відображенням такої взаємодії, або іншими словами "дзеркалом" ландшафту [76; 80a]. Відомо, що знаючи умови ґрунтоутворення, можна прогнозувати тип ґрунту і, навпаки,

маючи інформацію про ґрунт можна визначити тип ландшафту, в якому він утворився.

Ґрунт відображає середовище, запам'ятовуючи або кодує в своїх властивостях інформацію про чинники ґрунтоутворення, тобто про географічне середовище. Ґрунт як природно-історичне і одночасно живе тіло, є двоєдиний об'єктом, в якому поєднуються властивості ґрунту-пам'яті і ґрунту-моменту [80].

Ґрунт-пам'ять – це сукупність стійких і консервативних властивостей ґрунтового профілю, що є інтегральним результатом дії факторів і процесів ґрунтоутворення протягом всього періоду ґрунтоутворення, від його початку (нуль-моменту) до моменту спостереження [80].

Ґрунт-момент – це сукупність динамічних властивостей, які є результатом сукупності факторів і процесів в момент спостереження. До таких властивостей відносять властивості з короткими характерними часовими періодами формування та зникання. Властивості ґрунту-пам'яті утворені внаслідок залишкових результатів функціонування ґрунту-моменту протягом всієї історії ґрунтоутворення [80].

Відтинок часу, необхідний для того, щоб дане тіло (ознака, процес), що розвивається під впливом певної комбінації чинників середовища, прийшло в рівновагу або квазірівновагу з цими факторами, називають характерним часом природного тіла, окремої ознаки або процесу. Різні ґрунтові властивості мають різний характерний час - від годин, діб (вологість і температура) до мільйонів років (вивітрювання кварцу, циркону, рутилу тощо) [80].

Можемо зробити висновок, що з усіх констант ландшафту (біогеоценозу, екосистеми) саме ґрунт має оптимальну здатність записувати і зберігати в своїх властивостях максимальну кількість інформації.

Як будь-яке природне тіло, ґрунт складається з атомів – продуктів космічної стадії розвитку матерії, під час якої сформувались хімічні елементи в середовищі заряджених частинок або нейтронному середовищі при високій температурі і щільності. В свою чергу атоми складаються з елементарних

частинок. Таким чином ми можемо говорити про збереження інформації в ґрунті на найнижчому рівні, а саме на стадії первинного розвитку матерії.

Наявність в ґрунті вторинних мінералів і колоїдів як форми речовини відображає стадію розвитку земної кори. Під дією зовнішніх факторів і в першу чергу сонячної енергії, відбуваються процеси фізичного і хімічного вивітрювання первинних масивно-кристалічних порід, утворення і ресинтез вторинних мінералів, колоїдів і інших хімічних сполук. Саме тут вже проявляються властивості складних поєднань атомів: молекул і колоїдних систем. Здатність елементів до утворення ковалентних зв'язків є головним фактором, що визначає можливість їхньої міграції.

Для ґрунту характерним є і протилежний вивітрюванню процес – ресинтез мінералів з кінцевих продуктів вивітрювання, які за своєю будовою та хімічним складом істотно відрізняються від первинних уламкових порід. Однак в ґрунтах, поряд з вторинними, містяться і первинні мінерали, що вказує на збереження первинної інформації навіть після складних трансформаційних перетворень речовини.

Наявність в ґрунті гумусу є найбільш виразним показником стадії формування живої енергії. Але було б помилкою обмежитися тільки вивченням кількісного і якісного складу органічної речовини в ґрунті. Рослини активно впливають не тільки на хімічний, а й на мінералогічний склад ґрунтів. Значна частина мінералів утворюється безпосередньо в тканинах рослин (мінерали-фітоліти) і після їх відмирання потрапляють в ґрунт. У біогенному мінералоутворенні беруть участь не тільки вищі рослини, але і мікроорганізми (утворення ортштейнів) та тварини (спікули губок, раковини молюсків, кальцій в кишечнику дощових черв'яків тощо). Існує й інший шлях утворення біогенних мінералів, що обумовлює синтез їх з продуктів мінералізації відмерлих організмів. В зв'язку з цим глинисті мінерали варто розглядати як біогенні продукти. Беззаперечно, що вони містять в собі найважливішу інформацію про процеси вивітрювання і ґрунтоутворення [79].

Інформація в ґрунті, за винятком палеонтологічних залишків і включень, механічних антропогенних впливів, записана на атомарному рівні, тому і зчитуватися вона повинна за результатами проявів всіх вище перерахованих властивостей атомів, які проявляються поетапно в процесі розвитку матерії.

Звичайно у ґрунті накопичується також інформація про господарську діяльність людини. Формування соціосфери зумовило появу антропогенної енергії і матерії. Тому крім встановлених в геохімії [39; 91] п'яти основних стадій атомів в природі (космічна, планетарна, магматична, земної кори і живої енергії) слід виділити шосту, новітню – техногенну [79]. Швидкість процесів, що відбуваються в природі і обумовлені людською діяльністю є на багато порядків вищою швидкості власне природних процесів [94; 193]. Має місце так звана техногенна міграція хімічних елементів. З точки зору накопиченої інформації всі ці явища в тій чи іншій мірі знаходять своє відображення в ґрунтах внаслідок обробітку, меліорації, руйнування профілю, деформацій, механічних, хімічних, радіоактивних, санітарних та інших форм забруднень, археологічних досліджень тощо.

Існувало декілька спроб класифікації ґрунтової інформації, проте для нас найбільш близькою є класифікація запропонована Стасьєвим [79]. Базуючись на запропонованих підходах нами запропонована вдосконалена і модифікована власна класифікація ґрунтової інформації (табл. 3.1).

За своєю природою вона ділиться на два класи: матеріальна та ідеальна. Ґрунт містить три різні типи інформації: абіотичну, біотичну і соціогенну [79].

Абіотична – це інформація, успадкована і збережена від космічної стадії історії атомів в природі, а саме абіотичного розвитку нашої планети. У свою чергу даний тип інформації може бути розділений на три види, що відображають стадії розвитку матерії: 1) космічну, яка встановлюється на атомарному-нуклеарному та молекулярному рівнях, характерні для будь-якого матеріального об'єкта Землі; 2) магматичну, яка розкривається на атомарному-молекулярно-мінералого-петрографічному рівні, характерну для ґрунту та літосфери в цілому; 4) інформація земної кори, яка встановлюється на

атомарному-молекулярно-вторинномінеральному, гранулометричному і неорганічному рівні, характерну не тільки для ґрунту, але і для пухких осадових порід.

Біотичний тип інформації пов'язаний безпосередньо з процесом ґрунтоутворення під впливом живих організмів. Цей тип інформації поділяється на види: 1) морфолого-генетична; 2) природна фізична; 3) природна фізико-хімічна і хімічна; 4) біологічна. Своєрідну інформацію про властивості ґрунту, її родючість містять рослинні формації та біоценози в цілому. Саме тому їх виділяють в окремий четвертий вид - біологічна інформація.

Таблиця 3.1.

Класифікація ґрунтової інформації

Клас інформації	Тип інформації	Вид інформації	Форма і носій інформації
Матеріальна	Абіотична	Космічна	Атомарно-нуклеарна, атомно-гравітаційний; природна радіоактивність
		Магматична	Атомарно-молекулярна, петрографічна; мінерали
		Земної кори	Атомарно-молекулярний; вторинні мінерали
	Біотична	Морфолого-генетична	Профільна; ґрунтовий профіль і генетичні горизонти
		Природна фізична	Природні фізичні властивості
		Природна фізико-хімічна	Природні фізико-хімічні і хімічні властивості, органічні і органо-мінеральні сполуки, новоутворення і включення
		Біологічна	Біоценози
	Соціогенна	Морфолого-техногенна	Антропогенний ґрунтовий профіль і порушені генетичні горизонти
		Техногенна фізична	Антропогенні зміни фізичних властивостей, механічне забруднення

		Техногенна фізико-хімічна	Антропогенні зміни фізико-хімічних і хімічних властивостей, хімічне забруднення, штучна радіоактивність
		Біолого-санітарна	Санітарне забруднення, застосування мікробіопрепаратів
		Археологічна	Історичні залишки господарської діяльності людини
		Агрокультурна	Агрокультурні ландшафти, агробіоценози
Ідеальна	Імперична	Популярна емпірично-землеробська	Звичай, традиції
		Експериментальне ґрунтознавство	Експериментальні наукові знання, технології, ґрунтові карти, звіти, публікації
		Теоретичне ґрунтознавство	Теоретичні наукові знання, наукові публікації

Соціогенний тип інформації пов'язаний із господарською діяльністю людини. Він поділяється на такі види інформації: 1) морфолого-техногенна, як результат руйнування профілю ґрунту, зміни природних генетичних горизонтів ґрунту; 2) техногенна фізична, обумовлена антропогенним зміною фізичних властивостей ґрунту; 3) техногенна фізико-хімічна, обумовлена антропогенним зміною фізико-хімічних і хімічних властивостей ґрунту; 4) біолого-санітарна, під якою розуміють антропогенну зміну мікробного і мезофауністичного складу ґрунту під впливом санітарне забруднення, застосування мікробіопрепаратів тощо; 5) археологічна - інформація, представлена залишками предметів історичного минулого людства; 6) агрокультурна, пов'язана зі зміною природних ландшафтів на агрокультурні, формування агробіоценозів.

Крім перерахованих вище в природі існує ще один самостійний клас інформації про ґрунт – ідеальна інформація. Йде мова про ідеальне відображення матеріального, тобто відділення інформації від її матеріального

носія. В такому випадку інформація набуває ідеальної форми і існує за своїми визначеними законами. Субстанційним носієм четвертого класу інформації є мозок людини, а також певним чином її свідомість.

Тип імперичної інформації можна поділити на види:

1) популярна емпірично-землеробська. До цього виду відносять народні навички і знання про ґрунт, які виникли в результаті появи і розвитку землеробства і передаються з покоління в покоління;

2) експериментальне ґрунтознавство. Це наукові знання про ґрунт, отримані в результаті проведених польових і лабораторних досліджень;

3) теоретичне ґрунтознавство. Це найвищий вид інформації даного типу, який синтезує експериментальні дані, створює загальні теоретичні основи і прогнози науки про ґрунт, його зв'язків з іншими компонентами природи, біосферної і ноосферної ролі. Важливо, що цей вид інформації може існувати і зберігатися поза людським мозком у формі епосу, ґрунтових карт, звітів про проведені дослідження, технічних робочих проектів, наукових публікацій тощо. Навіть у випадку коли той чи інший раніше описаний і вивчений ґрунт був знищений чи піддався змінам (з причин ерозії, антропогенної діяльності тощо), то інформація про нього, як ідеальне відображення матеріального, може зберігатися у вигляді перерахованих вище документів.

Подібна інформація накопичується, зберігається, аналізується і в цілому або частково відтворюється знову, тобто має місце її циркуляція вже за своїми законами, без зв'язку з її матеріальним носієм, чи конкретної людини-дослідника. З покоління в покоління накопичується і зростає частка ідеального, що, на нашу думку, обумовлено не стільки зростанням кількості населення, як в першу чергу підвищенням рівня освіти (середньої, середньо-спеціальної, вищої), кількості наукових і творчих працівників. Об'єм такого виду інформації стрімко зростає, що призводить до так званих інформаційних вибухів [79]. Лише минуле століття дало близько 70% наукових знань і більше 90% накопичено науково-технічної інформації. В даний час налічується,

щонайменше 2000 різних наукових дисциплін, кожна з них підрозділяється на окремі наукові галузі.

3.3 Об'єкт, предмет та завдання інформаційного ґрунтознавства

Впродовж історії розвитку ґрунтознавства накопичено великий обсяг документальних і фактографічних матеріалів про ґрунти і ґрунтовий покрив. Висока продуктивність сучасних методів дослідження ґрунтів і велика кількість науково-дослідних установ зумовлює величезний потік даних. Одночасно з розвитком підходів до зберігання, аналізу і представлення просторово орієнтованих ґрунтових даних вдосконалюються методи їх збору, формуються вимоги до послідовності виконання операцій, стандартизації і впорядкованості цих даних. Інформаційні системи стали сучасним засобом організації та аналізу даних з метою отримання інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив. З іншого боку, сучасне ґрунтознавство стало виробником безпрецедентно величезних обсягів експериментальних даних, осмислення яких неможливо без залучення сучасних інформаційних технологій і ефективних математичних методів аналізу даних і моделювання ґрунтових систем і процесів [64; 150; 189; 221]. Таке активне втілення новітніх інформаційних технологій у ґрунтознавчу науку зумовило формування окремого наукового напрямку, який називають інформаційним ґрунтознавством.

На нашу думку інформаційне ґрунтознавство – це міждисциплінарний науковий напрям, який об'єднує науку про вивчення ґрунтів і ґрунтового покриву з комп'ютерними науками (англ. computer science), математикою і статистикою. Різноманітні ґрунтознавчі проблеми, які вимагають аналізу великих обсягів даних, вирішуються з допомогою математичних методів та методів геопросторового аналізу. Тому, інформаційне ґрунтознавство включає в себе вивчення та розробку комп'ютерних методів просторового аналізу даних і спрямоване на отримання, аналіз, зберігання, організацію та візуалізацію ґрунтових даних. Мова йде не тільки про комп'ютерний аналіз інформації, отриманої в результаті польових та лабораторних досліджень, а й про те, що

завданням інформаційного ґрунтознавства є створення підходів до зберігання, реалізації і передачі ґрунтової інформації.

Ядро інформаційного ґрунтознавства як прикладного наукового напрямку складають інформаційні технології або прикладна ґрунтова інформатика - сукупність конкретних технічних і програмних засобів, за допомогою яких виконуються різноманітні операції з обробки ґрунтових даних. Вирішальне значення для прикладної ґрунтової інформатики мають безпосередньо засоби обчислювальної і телекомунікаційної техніки, зокрема, комп'ютер як технічний пристрій, призначений для обробки ґрунтової інформації.

Узагальнююче визначення інформаційного ґрунтознавства, яке відображає в найбільш короткій формі його основні риси, можна сформулювати таким чином: **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 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 більш ефективних методів використання інформаційних потоків і визначення шляхів оптимізації процесів практичного використання різноманітної ґрунтової інформації.

Основним завданням цього наукового напрямку 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 виділити, впровадити та розвинути передові, найбільш 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, а отже, якісна зміна природи їх перебігу на основі застосування сучасних засобів обчислювальної і телекомунікаційної техніки, математичного моделювання й програмного управління.

Відомо, що будь-який з сучасних наукових напрямків покликаний виробляти і систематизувати об'єктивні знання про дійсність з метою їх опису і пояснення, формулювати і тлумачити основні закономірності, що складають об'єкт його вивчення. Базуючись на цих твердженнях вважаємо, що об'єктом вивчення інформаційного ґрунтознавства є інформація про ґрунт, його властивості і процеси, у всіх її проявах і формах.

Предметом дослідження є напрями функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління інформаційними процесами; (3) загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій в 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 повинні проходити перевірку на практиці і прийматися в тих випадках, коли вони відповідають критерію підвищення ефективності.

Варто виділити такі основні прикладні складові інформаційного ґрунтознавства:

- архітектура ґрунтових інформаційних систем, а саме прийоми та методи побудови таких систем, основним завданням яких є автоматична обробка ґрунтових даних;
- інтерфейси ґрунтових інформаційних систем, а саме прийоми та методи керування апаратним та програмним забезпеченням;

- програмування, а саме прийоми, методи та засоби розробки комплексних програм;
- перетворення ґрунтових даних, а саме прийоми та методи перетворення структур даних;
- захист інформації, а саме узагальнення прийомів, розробка методів і засобів захисту даних;
- автоматизація, а саме функціонування програмно-апаратних засобів без участі людини;
- стандартизація, а саме забезпечення сумісності між апаратними та програмними засобами, між форматами представлення ґрунтових даних.

Пропонуємо розділити інформаційне ґрунтознавство на декілька основних напрямків за характером та рівнем опрацювання різносторонньої інформації про ґрунт, а саме:

1. Інформаційне забезпечення ґрунтокористування, просторового моделювання та управління ґрунтовими ресурсами.
2. База просторово розподілених даних про ґрунти і система керування нею.
3. Інформаційна технологія одержання, обробки та візуалізації ґрунтових даних.
4. Інструмент для аналізу, синтезу та виробництва нових ґрунтових тематичних карт.
5. Інформаційна модель ґрунтових ресурсів та система підтримки прийняття управлінських рішень.
6. Інструмент раціонального використання та організації ґрунтових інформаційних ресурсів певної території.
7. Системно-організоване знання про ґрунтові ресурси певної території.

Нами запропоноване визначення інформаційного ґрунтознавства як нового напрямку 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.

3.4 Методи дослідження інформаційного ґрунтознавства

Інформаційне ґрунтознавство у своїх дослідженнях використовує широкий арсенал методів, як традиційних, так і нових. Оскільки для ефективного вирішення проблем в ґрунтознавстві необхідно мати фактичний і науковий матеріал дотичних прикладних та фундаментальних наук, а також володіти можливостями статистичної обробки, програмування, моделювання різних процесів, синтезування й прогнозування, інформаційне ґрунтознавство використовує всі ефективні, найновіші методи і технічні рішення. Серед них, наприклад, статистичний метод, який дає змогу отримувати, обробляти та аналізувати первинні статистичні матеріали. Порівняльний метод передбачає вивчення об'єктів шляхом порівняння з іншими об'єктами. Широко використовують порівняно прості методи математичної статистики, а саме: обробку варіаційних рядів з визначенням математичного очікування, дисперсії, середнього квадратичного відхилення, отримання інтенсивних та екстенсивних показників для порівняння тощо.

За допомогою методів математичного моделювання можна встановити взаємозв'язки між чинниками ґрунтоутворення, ґрунтовими процесами і окремими властивостями ґрунту, залежність змін окремих властивостей ґрунтів від дії зовнішніх факторів та ін. Математичні моделі дають змогу прогнозувати можливі варіанти перебігу подій, виділяти окремі зв'язки, комбінувати їх. Сьогодні завдяки потужним комп'ютерам нового покоління і засобам програмування з'явилися можливості вирішення найскладніших системних ґрунтознавчих завдань. Дедалі більшого значення набувають такі методи, як застосування технології нейронних мереж та апарату теорії нечітких множин. Удосконалюються прийоми глобального моделювання з використанням моделей, які базуються на проблемно-прогнозному підході і дають змогу

розглядати варіанти сценаріїв (прогнозів) глобального розвитку чи змін певних ґрунтів чи ґрунтового покриву в цілому.

В останні десятиріччя у дослідженні ґрунтового покриву та окремих ґрунтів все більше значення надається аерокосмічним методам дослідження. В багатьох країнах створені та функціонують експериментальні системи моніторингу за ґрунтовими ресурсами, куди входять аеро- і космічний комплекси збору інформації та наземний комплекс її приймання, обробки, збереження, поширення і використання. Специфіка застосування космічних зйомок і отримання за їх допомогою нової інформації зумовлена їх оглядовістю, можливістю вивчення поверхні Землі на різних рівнях генералізації.

Аерокосмічні методи дають змогу отримувати якісно нову інформацію про ґрунти і ґрунтовий покрив, дозволяють проводити моніторинг за ґрунтовими ресурсами, оцінювати в динаміці певні процеси в ґрунтах, що відбуваються на локальному, регіональному чи глобальному масштабах.

Основним принципом дистанційного методу вивчення ґрунту є використання даних про кількість та розподіл діапазонів спектру радіації для одержання інформації про фізичні та хімічні властивості ґрунту.

Дешифрування аерофотознімків для картографування ґрунтів поділяється на генетичне та контурне. Генетичне дешифрування дозволяє отримати інформацію про ґрунтовий зміст контуру, а контурне дешифрування забезпечує точне проведення границь між різними ґрунтами.

Для дешифрування ґрунтів можна використовувати прямі дешифрувальні ознаки (тон, колір, розмір і форма контурів, малюнок зображення поверхні, а при багатозональних знімках - спектральний вигляд об'єкта) [25; 90]. Проте завжди необхідно пам'ятати про те, що ґрунт як цілісний природний об'єкт часто не відображається безпосередньо на знімках. Тільки у випадку оранки та відсутності посівів на знімках стає видимою поверхня ґрунту та проявляються окремі його властивості (гумусованість, вологість, карбонатність, засоленість, гранулометричний склад верхнього шару тощо). Проте однієї поверхні ґрунту

недостатньо, щоб визначити окремі ґрунтові контури. Тому в ґрунтовому дешифруванні дуже важливу роль відіграють непрямі ознаки: форми рельєфу, рослинність, геологічна будова, результати господарської діяльності людини, компоненти ландшафту. Для дешифрування ґрунтів заліснених територій, алювіальних, лучних, болотних ґрунтів найбільший ефект дає застосування спектрональних знімків [90].

Принципи і методи дешифрування ґрунтів спочатку були розроблені для аерофотознімків, які використовувались для ґрунтового картографування у великих і середніх масштабах. Поява космічних знімків дозволила використовувати їх при складанні та коректуванні середньо-, дрібномасштабних і оглядових ґрунтових карт, формувати актуальні ґрунтові бази даних та здійснювати моніторинг за ґрунтовими ресурсами.

Отже, розглянуті традиційні та сучасні методи аналізу ґрунтової інформації формують сучасний методологічний апарат інформаційного ґрунтознавства. Оскільки інформаційне ґрунтознавство, як прикладний напрям ґрунтознавства, вважається інтегральним науковим напрямом, тому воно використовує методи і досягнення багатьох точних і гуманітарних наук.

3.5 Нормативно-правове регулювання інформаційного забезпечення в ґрунтознавстві

В попередніх розділах дисертаційної роботи відзначено, що впродовж тривалого періоду досліджень накопичено значний обсяг інформації про ґрунтовий покрив та ґрунти країни. Мова йде про різноманітні ґрунтово-аналітичні, ґрунтово-картографічні матеріали, численні літературні дані, атласи, національні доповіді, дисертації, матеріали ґрунтових обстежень, агрохімічної паспортизації, еколого-меліоративного моніторингу та цифрові картографічні матеріали. Водночас накопичена інформація є здебільшого розрізнена, уривчаста, результати оцінки стану та властивостей ґрунтів одержані з використанням різних методик, які важко співставити, а це відповідно ускладнює їх використання. Крім того, більша частина ґрунтових

даних застаріла, вони зберігаються на паперових носіях, у відомчих базах даних, які не можуть бути використані в сучасних інформаційних технологіях для оцінки та прогнозу змін стану ґрунтового покриву з метою його управління та охорони. Беззаперечним є факт, що основою ефективного управління або охорони ґрунтових ресурсів є наявність впорядкованих інформаційних ресурсів, а в кращому випадку, сформованих ґрунтових інформаційних систем регіонального чи національного рівня.

Звичайно, що визначальну роль у створенні сучасних повноцінних і ефективних ґрунтових інформаційних систем відіграє політика держави у цій галузі, зокрема через прийняття нормативно-правових документів, передбачених для регулювання питань обліку ґрунтових ресурсів країни, підходів до інформатизації ґрунтознавства, вдосконалення інформаційного забезпечення в цій галузі тощо.

Станом на кінець 2020 року в Україні прийнято декілька важливих законів та інших нормативних документів в галузі інформатизації, які визначають загальні принципи та підходи до створення і ведення інформаційних технологій, і можуть бути застосовані при створення ґрунтових інформаційних систем, тематичних баз даних тощо.

Першим важливим нормативним документом є Закон України «Про інформацію» [55], який закріплює право громадян України на інформацію, закладає правові основи інформаційної діяльності. Закон встановлює загальні правові основи одержання, використання, поширення та зберігання інформації, закріплює право особи на інформацію в усіх сферах суспільного і державного життя України, а також систему інформації, її джерела, визначає статус учасників інформаційних відносин, регулює доступ до інформації та забезпечує її охорону, захищає особу та суспільство від неправдивої інформації. Дія цього Закону поширюється на інформаційні відносини, які виникають у всіх сферах життя і діяльності суспільства і держави при одержанні, використанні, поширенні та зберіганні інформації. Важливо, що згідно цього Закону основними принципами інформаційних відносин є:

- гарантованість права на інформацію;
- відкритість, доступність інформації та свобода її обміну;
- об'єктивність, вірогідність інформації;
- повнота і точність інформації;
- законність одержання, використання, поширення та зберігання інформації.

Згідно цього Закону головними напрямками і способами державної інформаційної політики є:

- забезпечення доступу громадян до інформації;
- створення національних систем і мереж інформації;
- зміцнення матеріально-технічних, фінансових, організаційних, правових і наукових основ інформаційної діяльності
- забезпечення ефективного використання інформації;
- сприяння постійному оновленню, збагаченню та зберіганню національних інформаційних ресурсів;
- створення загальної системи охорони інформації;
- сприяння міжнародному співробітництву в галузі інформації і гарантування інформаційного суверенітету України.

Державну інформаційну політику розробляють і здійснюють органи державної влади загальної компетенції, а також відповідні органи спеціальної компетенції.

В статті 10 цього Закону вказано, що право на інформацію забезпечується:

- обов'язком органів державної влади, а також органів місцевого і регіонального самоврядування інформувати про свою діяльність та прийняті рішення;
- створенням у державних органах спеціальних інформаційних служб або систем, що забезпечували б у встановленому порядку доступ до інформації;
- вільним доступом суб'єктів інформаційних відносин до статистичних даних, архівних, бібліотечних і музейних фондів;

- обмеження цього доступу зумовлюються лише специфікою цінностей та особливими умовами їх схоронності, що визначаються законодавством;
- створенням механізму здійснення права на інформацію;
- здійсненням державного контролю за дотриманням законодавства про інформацію;
- встановленням відповідальності за порушення законодавства про інформацію.

В пункті 2 цієї статті передбачено створення у державних органах спеціальних інформаційних служб або систем, що забезпечували б у встановленому порядку доступ до інформації. Тобто, цей закон дозволяє і визначає порядок створення окремих тематичних інформаційних систем, зокрема мова йде про розробку ґрунтових інформаційних систем та баз даних локального, регіонального чи національного рівня.

Закон України «Про науково-технічну інформацію» [57] визначає основи державної політики в галузі науково-технічної інформації, порядок її формування і реалізації в інтересах науково-технічного, економічного і соціального прогресу країни. Метою Закону є створення в Україні правової бази для одержання та використання науково-технічної інформації, в тому числі і в галузі управління земельними і ґрунтовими ресурсами.

Цим Законом регулюються правові і економічні відносини громадян, юридичних осіб, держави, що виникають при створенні, одержанні, використанні та поширенні науково-технічної інформації, а також визначаються правові форми міжнародного співробітництва в цій галузі.

Дія Закону поширюється на підприємства, установи, організації незалежно від форм власності, а також громадян, які мають право на одержання, використання та поширення науково-технічної інформації. Дія Закону не поширюється на інформацію, що містить державну та іншу охоронювану законом таємницю. Фактично під дію цього закону підпадають ґрунтові інформаційні ресурси, які становлять сукупність довідково-інформаційних фондів з необхідним довідково-пошуковим апаратом і відповідними

технічними засобами зберігання, обробки і передачі, що є у володінні, розпорядженні, користуванні державних органів і служб науково-технічної інформації, наукових і науково-технічних бібліотек, комерційних центрів, підприємств, установ і організацій (Розділ III, стаття 10 Закону України «Про науково-технічну інформацію»).

Метою Закону України «Про захист інформації в автоматизованих системах» [53] є встановлення основ регулювання правових відносин щодо захисту інформації в автоматизованих системах за умови дотримання права власності громадян України і юридичних осіб на інформацію та права доступу до неї, права власника інформації на її захист, а також встановленого чинним законодавством обмеження на доступ до інформації. Дія Закону поширюється на будь-яку інформацію, що обробляється в автоматизованих системах, а отже може застосовуватись для розробки ґрунтових інформаційних систем, цифрових ґрунтових баз даних тощо. Цим Законом передбачені вимоги щодо захисту інформації в автоматизованих системах, відповідальність за несанкціоноване використання інформації, розтлумачено особливості міжнародного співробітництва у цій сфері.

Ще один Закон України «Про Концепцію Національної програми інформатизації» [56] у розділі 4, стаття 8 вказує на необхідність інформатизації в галузі екології та використання природних ресурсів. Зокрема, на основі картографічних баз даних передбачається створення багатоцільової інформаційно-технологічної бази з використанням геоінформаційних технологій збирання, зберігання, аналізу всієї сукупності відомостей для моделювання і подальшого прогнозування екологічного стану територій.

Також передбачається створення комплексу програмно-апаратних засобів для вирішення питань прогнозування забруднення навколишнього середовища, аналізу та оцінки ризику еколого-економічних конфліктів, прогнозування наслідків техногенного впливу і природних катастроф для надійного захисту екологічного простору України, раціонального використання природних

ресурсів на основі підвищення узгодженості управління різними видами виробничої діяльності.

Також є ряд постанов Верховної ради України, указів Президента України, які стосуються інформатизації та впровадження інформаційних технологій на державному рівні.

Окрім вищезгаданих законів, які стосуються суто інформаційної сфери, є декілька законів, що регулюють питання земельних відносин, зокрема ґрунтів, їх охорони та використання.

Закон України «Про охорону земель» [59] визначає правові, економічні та соціальні основи охорони земель з метою забезпечення їх раціонального використання, відтворення та підвищення родючості ґрунтів, інших корисних властивостей землі, збереження екологічних функцій ґрунтового покриву та охорони довкілля. В цьому законі згадується про ґрунтові бази даних, зокрема в розділі 6, стаття 23 йдеться про державну комплексну систему спостережень, яка включає топографо-геодезичні, картографічні, ґрунтові, агрохімічні, радіологічні та інші обстеження і розвідування стану земель і ґрунтів, їх моніторинг. На базі даних державної комплексної системи спостережень формуються національний, регіональний та місцевий банки даних про стан земель і ґрунтів.

В Законі України «Про охорону земель» [59] також йдеться про збір інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив країни, а саме через організацію моніторингу земель і ґрунтів, який проводиться з метою своєчасного виявлення зміни стану земель та властивостей ґрунтів, оцінки здійснення заходів щодо охорони земель, збереження та відтворення родючості ґрунтів, попередження впливу негативних процесів і ліквідації наслідків цього впливу.

Згідно Закону залежно від цілей спостережень та охоплення територій моніторинг земель може бути національним, регіональним і локальним.

Для ведення моніторингу земель на національному рівні рішенням центральних органів виконавчої влади, що реалізують державну політику у сферах земельних відносин, охорони навколишнього природного середовища,

на всій території України створюється мережа дослідних земельних ділянок та ділянок з еталонними ґрунтами з метою проведення на них необхідних спостережень, вимірювань та обстежень екологічного стану земель, зміни показників корисних властивостей ґрунтів під впливом господарської та інших видів діяльності.

Одержана інформація надсилається органам виконавчої влади та органам місцевого самоврядування для розроблення науково обґрунтованих рекомендацій і своєчасного прийняття рішень щодо поліпшення охорони земель, запобігання негативним змінам їх стану та додержання вимог екологічної безпеки.

З метою своєчасного виявлення змін стану земель, їх оцінки, відвернення та ліквідації наслідків негативних процесів ведеться моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення.

Моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення включає:

- агрохімічне обстеження ґрунтів;
- контроль змін якісного стану ґрунтів;
- агрохімічну паспортизацію земельних ділянок.

Агрохімічна паспортизація орних земель здійснюється через кожні 5 років, сіножатей, пасовищ і багаторічних насаджень - через кожні 5-10 років.

Суцільне ґрунтове обстеження проводиться через кожні 20 років.

Згідно Закону «Про охорону земель» [59] моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення здійснюється центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері земельних відносин.

В цьому контексті застосовується ряд інших нормативних документів, які регулюють правові відносини у сфері охорони земель, в тому числі і ґрунтів, зокрема Закон України «Про природно-заповідний фонд України» [61].

Цей Закон визначає правові основи організації, охорони, ефективного використання природно-заповідного фонду України, відтворення його природних комплексів та об'єктів.

Природно-заповідний фонд становлять ділянки суші і водного простору, природні комплекси та об'єкти яких мають особливу природоохоронну, наукову, естетичну, рекреаційну та іншу цінність і виділені з метою збереження природної різноманітності ландшафтів, генофонду тваринного і рослинного світу, підтримання загального екологічного балансу та забезпечення фонового моніторингу навколишнього природного середовища.

У зв'язку з цим законодавством України природно-заповідний фонд охороняється як національне надбання, щодо якого встановлюється особливий режим охорони, відтворення і використання. Україна розглядає цей фонд як складову частину світової системи природних територій та об'єктів, що перебувають під особливою охороною.

Згідно статті 7 цього Закону на використання земельної ділянки або її частини в межах природно-заповідного фонду може бути встановлено обмеження (обтяження) в обсязі, передбаченому законом або договором. Обмеження (обтяження) підлягає державній реєстрації і діє протягом строку, встановленого законом або договором [61].

Дію цього закону детально досліджено на прикладі Біосферного заповідника «Розточчя», який знаходиться в межах Львівської області і становить подвійний інтерес для нашої роботи, оскільки природо-заповідні об'єкти, які входять до його складу біосферного заповідника повинні бути внесені як окремий важливий ГІС-шар в розроблену та представлену в розділі 7 дисертаційної роботи ґрунтову інформаційну систему Львівської області. Зумовлено це тим, що окремі функціональні зони заповідника «Розточчя», Яворівського національного природного парку, регіонального ландшафтного парку «Равське-Розточчя» та інші менші об'єкти ПЗФ цього біосферного заповідника визначають умови природокористування і відповідно накладають обмеження на використання ґрунтових ресурсів регіону [140]. Власне це є одним з висновків дослідження [140], де обґрунтовується важливість встановлення сервітутів та сприйняття і відношення місцевого населення і державних органів до питань збереження цінних природних комплексів, де

грунтовий покрив відіграє ключову роль. З іншого боку, аналіз міжнародного законодавства у питаннях збереження природних ресурсів довів необхідність прийняття додаткових національних законодавчих актів, які б урегулювали окремі питання збереження цінних природних комплексів та привели національне законодавство України у відповідність до міжнародних норм [140].

Прикладне застосування сучасних геоінформаційних систем вперше згадується в Законі України «Про державний земельний кадастр» [50], де подане визначення державного земельного кадастру, як єдиної державної геоінформаційної системи відомостей про землі, розташовані в межах державного кордону України, їх цільове призначення, обмеження у їх використанні, а також дані про кількісну і якісну характеристику земель, їх оцінку, про розподіл земель між власниками і користувачами. Державний земельний кадастр включає геопросторові дані, метадані та сервіси, оприлюднення, інша діяльність з якими та доступ до яких здійснюються у мережі Інтернет згідно із Законом України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних" [58].

Саме в Законі України "Про національну інфраструктуру геопросторових даних" [58] серед набору геопросторових даних передбачено створення цифрового набору даних «Ґрунти», куди повинні ввійти генетичні типи ґрунтів, агровиробничі групи ґрунтів, природно-сільськогосподарське районування, материнські породи, стратиграфічні підрозділи, генетичні типи четвертинних відкладень, гранулометричний склад, кам'янистість, еродованість, середній кут нахилу, потенційна вологоємність.

Дія цього Закону поширюється на відносини, що виникають у зв'язку із створенням, функціонуванням та розвитком системи геопросторових даних, метаданих, геопорталів, геоінформаційних систем.

Ще варто згадати Закон України «Про державний контроль за використанням та охороною земель» [51], який визначає правові, економічні та соціальні основи організації здійснення державного контролю за використанням та охороною земель і спрямований на забезпечення

раціонального використання і відтворення природних ресурсів та охорону довкілля.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

1. Визначено, що в ґрунтознавстві широко застосовують нову термінологія запозичену з інформатики, теорії обчислювальної техніки та програмування, значно розширюється словник понять з математичної галузі. Розглянуто базові поняття інформаційного ґрунтознавства – інформація, дані і знання.

2. Встановлено, що ґрунт, як самостійне природно-історичне тіло містить інформацію в різних формах 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 більше 90% накопичено науково-технічної інформації. В даний час налічується, щонайменше 2000 різних наукових дисциплін, кожна з них підрозділяється на окремі наукові галузі.

3. 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.

4. Доведено, що прикладною метою інформаційного ґрунтознавства є розробка ефективних методів використання інформаційних потоків і визначення шляхів оптимізації процесів практичного використання різноманітної ґрунтової інформації. Основним завданням наукового напрямку 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. Мета систематизації полягає у тому, щоб виділити, впровадити та розвинути передові, найбільш ефективні технології автоматизації етапів роботи з даними, а також методично забезпечити нові технологічні дослідження в ґрунтознавстві.

5. Об'єктом вивчення інформаційного ґрунтознавства визначено інформацію про ґрунт, його властивості і процеси у всіх її проявах і формах. Предметом дослідження – всі аспекти функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління інформаційними процесами; (3) загальні закономірності впливу інформаційних процесів на характер прикладних комунікацій в ґрунтознавстві.

6. Для інформаційного ґрунтознавства виділено декілька основних напрямків за характером та рівнем опрацювання різносторонньої інформації про ґрунт, а саме:

- інформаційне забезпечення ґрунтокористування, просторового моделювання та управління ґрунтовими ресурсами;
- база просторово розподілених даних про ґрунти і система управління цією базою даних;
- інформаційна технологія одержання, обробки та візуалізації ґрунтових даних;

- інструмент для аналізу, синтезу та виробництва нових ґрунтових тематичних карт;
- інформаційна модель ґрунтових ресурсів та система підтримки прийняття управлінських рішень;
- інструмент раціонального використання та організації ґрунтових інформаційних ресурсів певної території;
- системно-організоване знання про ґрунтові ресурси певної території.

7. 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 агросфері. Оскільки загальновідомо, що детальна й точна інформація про стан ґрунтів і ґрунтового покриву – основа державної земельної політики.

РОЗДІЛ 4. ГЕОГРАФІЧНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ ЯК ОСНОВА АНАЛІЗУ ҐРУНТОВИХ РЕСУРСІВ

Загальноприйнятими підходами для аналізу тих чи інших об'єктів, процесів або явищ в науці традиційно є застосування літературних, статистичних, картографічних, аеро- і космічних матеріалів та даних. Як правило, їх підбір і систематизація для подальшого використання здійснюється вручну або з використанням простих комп'ютерних програм чи інших доступних технологічних рішень. Цей підхід добре відомий, став вже традиційним і продовжує широко застосовуватися. Іншим, сучасним підходом, є підхід, коли в накопиченні та обробці даних про об'єкти, процеси та явища використовується комп'ютерна техніка, спеціальні програмні засоби, сучасні методи обробки даних, інформаційні системи і технології тощо [125; 135; 185].

У тому випадку, коли ті чи інші об'єкти розташовані в просторі і мають координатну прив'язку з певною точністю, можна говорити, що такий об'єкт є просторово описаний і він повинен вивчатися методами і засобами геоінформатики. Геоінформатика – це галузь науки, яка дозволяє завдяки автоматизованим технологіям формалізувати і реалізовувати операції накопичення, зберігання, обробки і візуалізації просторово-координованих даних за допомогою засобів географічних інформаційних систем (ГІС) [70].

Аналізуючи велику кількість іноземних літературних джерел подаємо визначення географічних інформаційних систем з позиції декількох різних підходів і наукових шкіл, зокрема:

1. Визначення ГІС з точки зору інструментарію (toolbox-based definition):

Географічні інформаційні системи – це потужний набір інструментів для збору, внесення, зберігання, трансформації та відображення просторових даних [123; 124].

2. Визначення ГІС з точки зору залучення користувачів та набору інструментів (user communities as well as tools definitions):

Географічні інформаційні системи – це комп'ютерна система, яка забезпечує збір, зберігання, маніпулювання та відображення інформації з

географічною складовою, і передбачене залучення кваліфікованого персоналу та наявність наборів даних, які використовуються в системі [185].

3. Визначення ГІС з точки зору широкого прикладного застосування (larger context in which GIS operate):

Географічні інформаційні системи – це організована діяльність, за допомогою якої користувачі вимірюють і представляють географічні явища, а потім трансформують ці уявлення в інші форми, взаємодіючи з соціальними структурами [131].

4. Окремі наукові школи подають поняття геоінформатики як науки, технології та виробничої діяльності, що спрямована на наукове обґрунтування, проектування, створення, експлуатацію та використання географічних інформаційних систем, розробку геоінформаційних технологій, прикладних аспектів використання ГІС в практичних і наукових цілях. Існує твердження, що геоінформатика частково є складовою геоматики або предметно і методично перетинається з нею. Під геоматикою розуміють сукупність застосувань інформаційних технологій, мультимедіа та засобів телекомунікації для обробки даних і аналізу геосистем. Часто геоматика вживається як синонім геоінформатики [102; 135].

5. Подаємо визначення географічних інформаційних систем, яке найчастіше зустрічається в наукових школах України:

Географічні інформаційні системи – це інтегрована сукупність апаратних, програмних і інформаційних засобів, що забезпечують введення, збереження, обробку, маніпулювання, аналіз і відображення (представлення) просторово-координованих даних [71]. Це інформаційні системи, які від інших інформаційних систем відрізняються тим, що це, по-перше, автоматизовані інформаційні системи, орієнтовані на використання можливостей ЕОМ, по-друге, вони призначені для роботи з просторово-координованою інформацією, і, по-третє, ГІС здатні продукувати нове знання на основі використання досить широкого спектра аналітичних методів і процедур. Приставка гео- у всіх цих словах (геоінформатика, геоматика, ГІС) походить не від слова «географія», а

від слова геос- земля; ця приставка характеризує простір (геос – просторова характеристика), роботу з просторово-координованими даними.

6. Визначення геоінформаційної науки (Geographical Information Science):

Геоінформаційна наука (GISc) займається вивченням проблем, що виникають при обробці просторової інформації в системах ГІС, тобто вона передбачає пошук вирішення проблем, пов'язаних із використанням безпосередньо географічних інформаційних систем [158; 205].

7. Визначення взаємодії географічної інформації та суспільства (Geographic Information and Society). Професор Пікліс Дж. досліджував застосування ГІС в соціальній сфері і відзначав, що така взаємодія стосується таких ключових питань, як переваги та недоліки ГІС у роботі і отриманні даних для певних соціальних верств населення [215].

У сучасних ГІС здійснюється комплексна обробка інформації – від її збору до зберігання, поновлення, аналізу та подання (візуалізації). У зв'язку з цим ГІС можна розглядати з різних прикладних позицій. Наприклад, слід вважати ГІС як систему управління, оскільки вони в ряді проблемних областей призначені для забезпечення прийняття рішень з оптимального управління ґрунтовими ресурсами, земельними угіддями, екологічним станом тощо. Крім того, ГІС як системи, що використовують бази даних, є автоматизованими інформаційними системами. При цьому слід підкреслити, що ГІС об'єднують в собі як бази даних з атрибутивними (звичайними або традиційними даними), так і графічні бази даних, які ще називають просторовими базами даних [70].

Виділяємо п'ять основних обов'язкових ознак, які притаманні географічним інформаційним системам:

- Географічна (просторова) прив'язка даних;
- Генерування нової інформації на основі синтезу наявних даних;
- Відображення просторово-часових зв'язків об'єктів;
- Забезпечення прийняття рішень;
- Можливість оперативного оновлення баз даних за рахунок інформації, яка постійно надходить в систему.

У літературі найбільш часто звертається увага на зв'язок геоінформатики та картографії. Зазвичай вказують на проблему подвійності, тобто з одного боку мова йде про геоінформаційне забезпечення картографії, а з іншого боку, картографічного забезпечення геоінформатики. Взаємозв'язки картографії, в тому числі картографування ґрунтового покриву, та геоінформатики проявляються в таких аспектах:

- тематичні та топографічні карти – головне джерело просторово-часових даних для ГІС. Ці дані служать базовими картографічними шарами для створення ґрунтових інформаційних систем певної території;

- системи географічних і прямокутних координат і картографічна лінійка служать основою для координатної прив'язки (географічної локалізації) всієї інформації, що надходить і зберігається в ГІС;

- карти – основний засіб географічної інтерпретації та організації даних дистанційного зондування Землі та іншої використовуваної в ГІС інформації (статистичної, аналітичної тощо);

- карти – один з найбільш важливих джерел масових даних для формування позиційної і змістовної частини баз даних ГІС у вигляді цифрових карт-основ; пошаровий розподіл просторових об'єктів має прямі аналогії з поелементним поділом тематичного змісту карт.

Зрозуміло, що можливості застосування географічних інформаційних систем давно вийшли за межі картографії, відбулося повноцінне інтегрування підходів і методів ГІС в ґрунтознавство, що дозволило перейти на якісно новий рівень проведення комплексних ґрунтознавчих досліджень, використовувати аналітичний апарат для опрацювання даних про фізичні, фізико-хімічні та морфологічні властивості ґрунтів, відкрило нові можливості просторового аналізу ґрунтових ресурсів [134; 216; 230; 243].

4.1. Географічні інформаційні системи та аналіз ґрунтових ресурсів

Використання географічних інформаційних технологій в ґрунтознавчих дослідженнях є відносно новим напрямом географічних досліджень. Саме

здатність комп'ютера до швидкого та якісного перетворення великих масивів цифрових і текстових даних, з якими маємо справу у процесі вивчення ґрунтів і ґрунтового покриву певної території, надає переваги ГІС над іншими методами досліджень. Отримані дані служать носіями інформації. Перевагою їхнього використання є простота та низький ступінь спотворення результатів.

Будь-яка географічна інформаційна система базується на апаратних засобах – різних типах комп'ютерів; програмному забезпеченні, а саме програмних продуктах, що забезпечують зберігання, аналіз, візуалізацію просторової інформації тощо; інформаційному забезпеченні, мова йде про просторові дані, включаючи матеріали дистанційного зондування, кадастру тощо; різного рівня користувачів (чи виконавців), які розробляють і підтримують систему або просто вирішують поставлені завдання.

Структуру ГІС зазвичай представляють як набір інформаційних шарів. Шар (layer) – це сукупність однотипних просторових об'єктів, що відносяться до однієї теми або класу об'єктів в межах певної території, мають відповідну систему координат, яка дозволяє просторове розміщення даних [117; 118]. Наприклад, базовий шар може містити дані про рельєф і гідрографію, а додаткові тематичні шари ґрунтового покриву, одиниць землеустрою, місць відбору ґрунтових зразків тощо, слугують шарами, з якими в подальшому будуть проведені комплексні аналітичні процедури засобами ГІС (рис. 4.1) [90].

Сукупність шарів утворює інтегровану основу графічної частини ГІС, і приналежність об'єкта або його частини до шару дозволяє додавати групові властивості об'єктів конкретного шару [125].

Наприклад, за векторними ізолініями висот або цифровою моделлю рельєфу можна побудувати похідний шар кутів нахилу місцевості, який в подальшому можна використати для визначення ерозійної небезпеки території або оцінки ерозійної деградації ґрунтів [99].

Можливе комбінування різних тематичних шарів, наприклад ландшафтних карт з топографічними або ґрунтових карт з картами землекористування. В кожному конкретному випадку вибір і додаткова підготовка базової карти

(наприклад, її розвантаження або нанесення додаткової інформації) є основним завданням етапу картографічного обґрунтування ГІС.

Використання різної кількості векторних і растрових ГІС-шарів дозволяє не тільки зберігати великий обсяг просторової інформації, але і проводити вибірку даних, їх аналіз, здійснювати візуалізацію, підвищувати ефективність інтерактивної обробки.

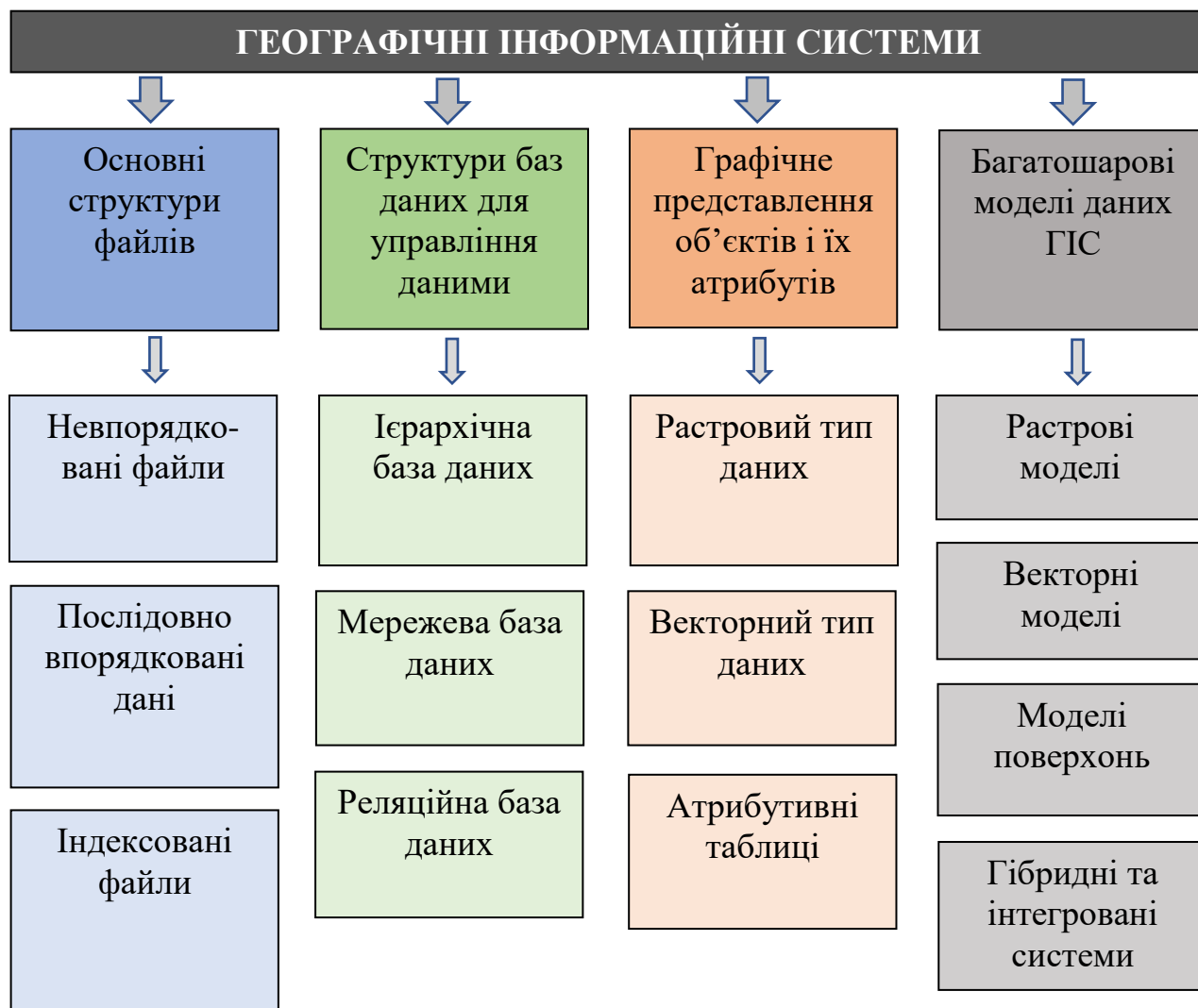


Рисунок 4.1. Картографічна і геоінформаційна структура даних в ГІС.

У процесі вирішення поставлених завдань шари аналізують окремо або спільно в різних комбінаціях, виконують їх взаємне накладення – оверлей (overlay). Оверлейні операції – це накладення тематичних шарів з генерацією

похідних об'єктів, що виникають при їх геометричному накладення. Найчастіше оверлей проводять з двома полігональними шарами.

Використання оверлейових операцій в поєднанні з статистичними методами аналізу просторових даних нами застосовано під час дослідження деградації природного середовища в процесі сільськогосподарського та лісогосподарського освоєння Українських Карпат (рис. 4.2.) [106]. Використовуючи методи оверлейового аналізу проведено обчислення растру змін наземного покриву CORINE відносно векторного полігонального шару потенційної рослинності (рис. 4.2. – А), здійснено кількісний GAP-аналіз за прийнятою методикою Дженінгса [171], враховано позитивний вплив природоохоронних територій (полігональний векторний шар). Статистичне опрацювання результатів засобами ГІС дозволило отримати тематичні дані про втрати (деградацію) наземного покриву під впливом освоєння (рис. 4.2 – Б), та наочно показати зміни наземного покриву під впливом заселення та сільськогосподарського освоєння ґрунтів, вказати характер впливу природоохоронного чинника на ці процеси (рис. 4.2 – Г) [106].

Представлені та апробовані власні підходи до оверлейового аналізу та статистичного опрацювання даних про наземний покрив, зміни під впливом сільськогосподарського освоєння [106] дозволили застосувати їх під час розробки власного ГІС-інструменту, а саме ґрунтової інформаційної системи Львівської області. Описаний підхід оверлейового аналізу реалізовано в прикладних можливостях розробленої інформаційної системи від самих простих геометричних операцій, до складних обчислень для оцінки ґрунтових ресурсів в межах окремих земельних ділянок, здійснення просторової вибірки окремих властивостей ґрунтів тощо.

Оскільки базовим елементом в ГІС є карта, тому основу будь-якої ГІС становить автоматизована картографічна система. Під такою системою розуміємо комплекс приладів і програмних засобів, що забезпечують створення і використання карт, яка складається з ряду підсистем введення, обробки, аналізу і виведення інформації.

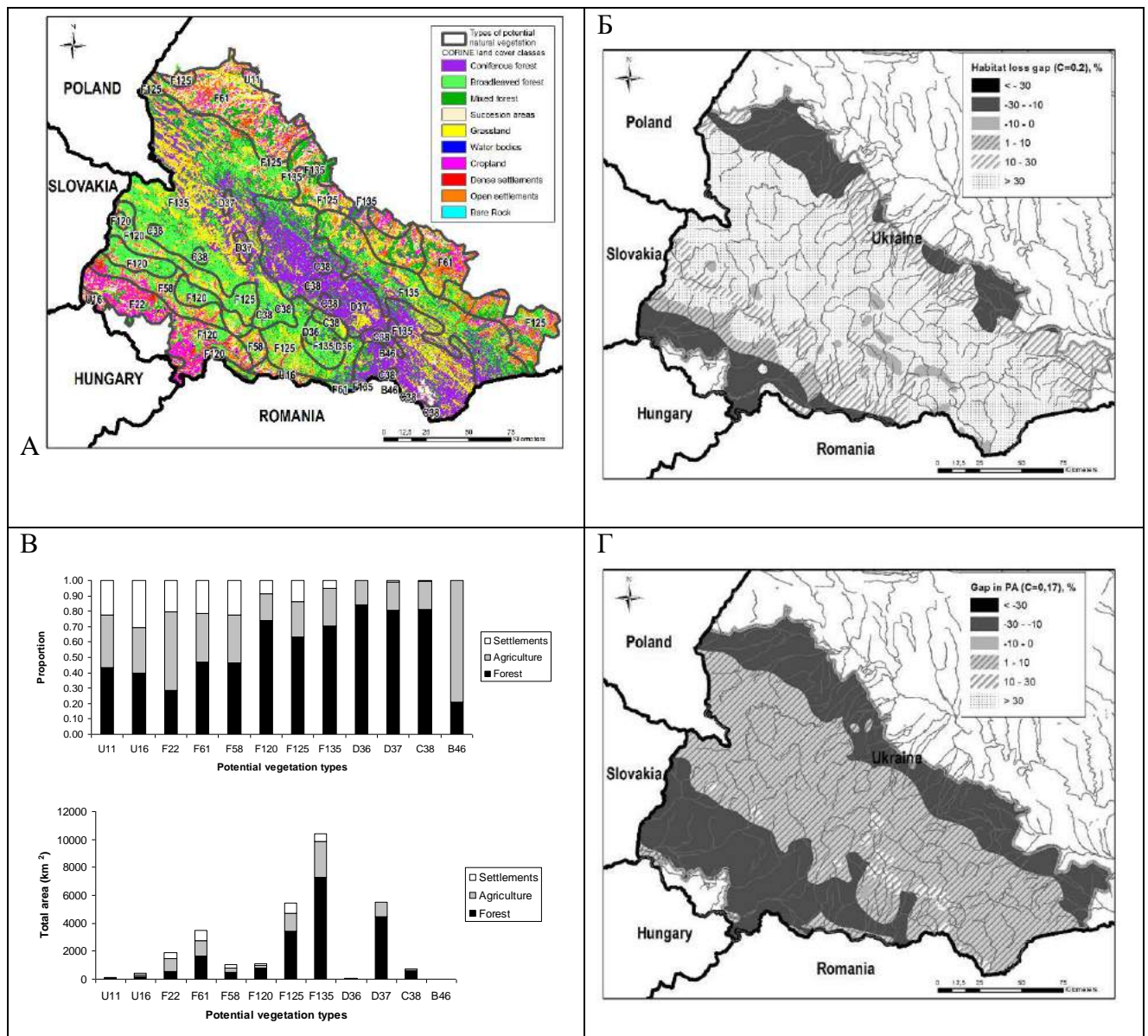


Рисунок 4.2. Приклад застосування оверлейних операцій в ГІС в комплексі із статистичними методами обробки результатів [106].

Серед основних функціональних можливостей ГІС виділяють: (1) внесення в комп'ютер цифрових даних; (2) перетворення даних, трансформація картографічних проєкцій, конвертація даних в різні формати; (3) зберігання та менеджмент даними; (4) картометричні операції; (5) розробка ГІС-аплікацій (рис. 4.3).

Набір даних, які можуть бути використані при створенні ґрунтових інформаційних систем або ґрунтових ГІС може складатися як з растрових, так і векторних даних. Зазвичай векторні дані використовуються для опису об'єктів

з дискретними властивостями. Це можуть бути точки закладення ґрунтових розрізів, різні лінійні об'єкти, ґрунтові контури, одиниці землекористування тощо. Растрові набори даних переважно використовують для роботи з об'єктами, які мають просторове заповнення і зазвичай є безперервними в просторі.

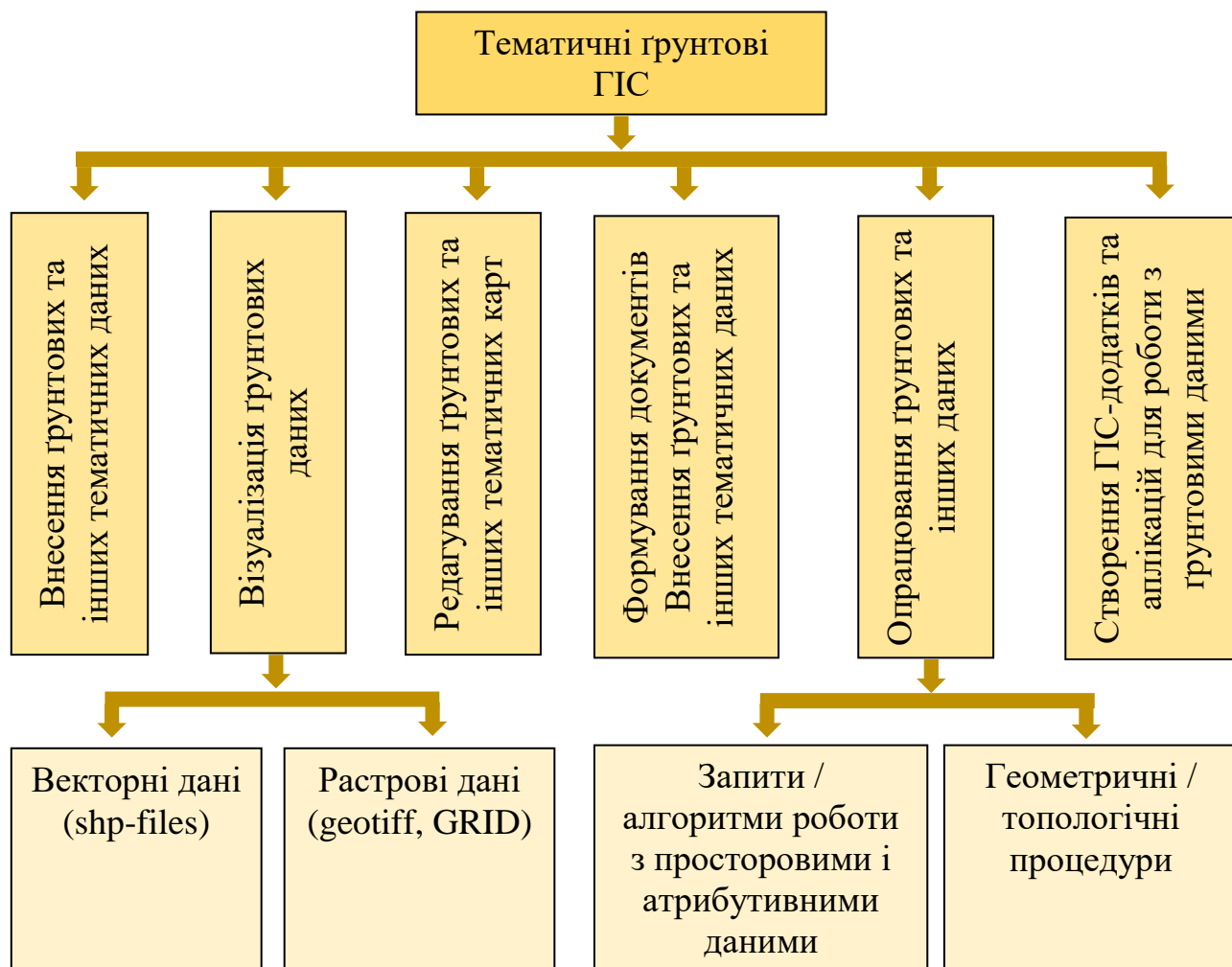


Рисунок 4.3. Функції тематичних ґрунтових ГІС.

Якщо розподілити ГІС за основними функціями, то в ґрунтознавстві, як і в будь-якій іншій науці про Землю, ГІС складається з підсистем внесення ґрунтових та інших тематичних даних, редагування ґрунтових та інших карт, формування ґрунтових звітів, технічних документів тощо, та розробка ГІС-

додатків, наприклад ГІС-аплікацій ґрунтових інформаційних систем певного регіону або країни загалом [118].

Підсистема внесення інформації – це пристрої для перетворення просторової інформації в цифрову форму, внесення і зберігання її в пам'яті комп'ютера або в базі даних. Для цифрування використовують сканери, рідше дигітайзери. Сканери здійснюють автоматичне зчитування інформації послідовно по всьому полю карти, рядок за рядком. Сама карта розміщується на планшеті або на барабані. Сканування виконується з визначеною точністю і швидкістю. В результаті створюється растровий файл, який в подальшому може бути поділений на окремі елементи відсканованої карти: ґрунтові контури, гідрографічні об'єкти, дороги тощо. Якісні та кількісні характеристики об'єктів, а також інші статистичні дані вводять з клавіатури комп'ютера. Вся цифрова інформація може зберігатися в комп'ютері в тематичних папках або у вигляді структурованої бази даних.

Ще одна підсистема тематичних ГІС – це бази даних. Під ними розуміють впорядковані масиви даних на певну тематику, подані в цифровій формі. Ґрунтові бази даних містять інформацію про властивості ґрунтових одиниць певної території, їхній просторовий розподіл, дані ґрунтових обстежень, в тому числі місця закладенні ґрунтових розрізів, їх описи, а також інші допоміжні тематичні дані про чинники ґрунтоутворення, тип землекористування тощо.

Значні за обсягом масиви інформації і впорядковані дані мають вигляд структурованих систем або систем з реляційними зв'язками. У ГІС найчастіше застосовують реляційні бази даних, найпростішим видом яких є таблиці у вигляді матриці [205]. Існує багато програм створення баз даних (dBase, Oracle, Access тощо), адаптованих до передавання атрибутів геопросторових об'єктів. На особливу увагу заслуговують об'єктно-орієнтовані бази даних, оскільки в них значення відповідає просторовій одиниці.

Формування баз даних, доступ і роботу з ними забезпечує система управління базами даних (СУБД), яка дозволяє швидко знаходити необхідну інформацію і здійснювати її подальшу обробку. Якщо бази даних розміщені на

декількох комп'ютерах (наприклад, в різних установах), то їх називають розподіленими базами даних. З одного боку, це надає таким базам даних ряд переваг, оскільки кожна організація формує свій масив даних залежно від тематики, відповідає за ці дані, здійснює оновлення даних тощо. З іншого боку, недоліком є те, що у випадку непередбачуваних організаційних змін є ризик втрати окремих блоків інформації, або в кращому випадку інформація не буде оновлюватися і втратить актуальність. Поєднання баз даних і засобів управління ними формують банки даних. Банки даних об'єднують комп'ютерними мережами, відповідно доступ до них (запити, пошук, оновлення) здійснюється під єдиним управлінням [230].

Підсистема обробки інформації складається з самого комп'ютера, системи управління і програмного забезпечення. Створені сотні різноманітних спеціалізованих програм (пакетів програм), які дозволяють вибирати потрібну проекцію картографічних даних, прийоми генералізації і способи відображення, будувати карти, накладати різні тематичні шари, візуалізувати і виводити на друк. Програмні комплекси здатні виконувати роботи різної складності: проводити аналіз території, розшифрувати аеро- і сателітні знімки, здійснювати класифікацію картографічних об'єктів, моделювати процеси, виконувати пошук альтернативних варіантів або вибирати оптимальний шлях вирішення поставленого завдання. Робота з інформацією здійснюється з допомогою спеціалізованих ГІС-програм в діалоговому (інтерактивному) режимі, під час якого відбувається безпосередній двосторонній обмін інформацією між користувачем і комп'ютером.

Підсистема виведення (представлення) інформації – це комплекс пристроїв для візуалізації обробленої інформації в картографічній формі. Це можуть бути екрани (дисплеї), пристрої друку (принтери або плотери), проектори тощо. З їх допомогою можна швидко представляти результати ГІС опрацювання ґрунтових даних у формі, яка є найбільш зручна для користувачів. Це можуть бути не тільки ґрунтові карти, але і текстові звіти, графіки, тривимірні моделі,

таблиці тощо. Звичайно, що якщо мова йде про представлення просторової інформації, то найчастіше вона подається у картографічному вигляді [118].

До ГІС також відносять всі підсистеми, які входять в систему цифрового картографування. Тобто, до складу картографічної ГІС виробничого призначення включають підсистему видання карт, яка дозволяє виготовляти друковані форми і тиражувати картографічну продукцію.

Географічні інформаційні системи, які передбачають роботу з даними дистанційного зондування, в тому числі і для аналізу ґрунтових ресурсів чи вивчення певних властивостей ґрунтів з допомогою сателітних і ортофотознімків, повинні включати спеціалізовану підсистему обробки зображень. В цьому випадку програмне забезпечення дозволяє виконувати різні операції зі знімками: проводити їх корекцію, перетворення, поліпшення, автоматичне розпізнавання і дешифрування, класифікацію тощо [69].

Особливу підсистему сучасних ГІС-аплікацій становить так звана база знань [215]. Мова йде про сукупність формалізованих знань, логічних правил, алгоритмів і програмних засобів для вирішення завдань певного типу (наприклад, для проведення грошової оцінки земель території, визначення особливо цінних ґрунтів, моделювання ерозійних процесів тощо). Бази знань допомагають діагностувати стан геосистем, пропонувати варіанти вирішення проблемних ситуацій, давати прогнози щодо їх розвитку. Одним з таких прикладів є ґрунтова інформаційна модель Львівської області, яка побудована з використанням ГІС-інструментів, проте містить додатковий набір функцій і алгоритмів, які дозволяють отримувати якісно нову інформацію про ґрунти і ґрунтові ресурси регіону. Можна стверджувати, що в базах знань реалізуються деякі принципи функціонування штучного інтелекту.

Отже, геоінформатика сьогодні постає у вигляді складної системи, що об'єднує науку, техніку і виробництво. Це типова ситуація на сучасному рівні розвитку науково-технічного прогресу, коли спостерігається активна інтеграція науки і виробництва. Географічні інформаційні системи, з однієї сторони передбачають відображення і пізнання явищ природи і суспільства через карти

як моделі дійсності, а з іншої – область техніки і технологій створення та використання картографічної продукції. Водночас, це галузь виробництва, що випускає продукцію у вигляді карти чи атласів, використовується для виробничої діяльності в агрономії чи оцінці ґрунтових ресурсів, в земельному кадастрі тощо. Саме ця триєдність “наука – техніка – виробництво” складає одну з причин інтеграції картографії, дистанційного зондування і геоінформатики як галузей, близьких за своєю структурою [117; 243]. З цієї точки зору, 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 ґрунтових ресурсів, впровадити сучасні методи досліджень ґрунтів в агрономії, земельному кадастрі, моніторингу і охороні ґрунтів. На сучасному етапі ГІС розвиваються на локальному, регіональному, національному і глобальному рівнях. Перевагою використання ГІС є те, що географічна інформація має властивість здешевлення з часом або появою конкурентного збору даних. Темпи зменшення вартості географічних даних залежать від інтенсивності трансформації природного середовища. Простота і швидкість опрацювання вхідних даних та їх актуалізації, яку забезпечують сучасні комп’ютери, призвела до того, що вартість географічної інформації підтримується на сталому рівні, що дозволяє розвивати інформаційне ґрунтознавство через створення відносно не дорогих ґрунтових інформаційних систем, формування ґрунтових баз даних, цифрових картографічних матеріалів тощо.

4.2. Особливості інформаційного забезпечення географічних інформаційних систем

Процеси управління завжди пов’язані з переробкою інформації. Комплексне використання технічних засобів отримання, передачі, обробки інформації та, в першу чергу, використання швидкодіючої електронно-обчислювальної техніки в умовах використання автоматизованих систем

управління, важливою складовою яких є географічні інформаційні системи, сприяє розвитку і широкому застосуванню інформатики, кібернетики, системотехніки, математичних методів, що відіграють важливу роль у вирішенні теоретичних і прикладних проблем управління ресурсами. На сучасному етапі науковим інструментом вдосконалення управлінської роботи є системний підхід, який розглядає будь-яку область управління як динамічну і складну систему, що складається з функціонально і структурно відокремлених підсистем, які утворюють декілька рівнів управління. Важливою перевагою системного підходу є можливість моделювання інформаційних процесів з подальшою реалізацією цих моделей з допомогою комп'ютерної техніки, що дозволяє розширити аналітичні можливості системи [4; 5; 82].

Географічна інформаційна система складається із набору важливих компонентів, які логічно взаємопов'язані між собою і системою в цілому. Залежно від призначення, в будь-якій ГІС можна виділити функціональні компоненти і компоненти підтримки, які сприяють розвитку та ефективному використанню системи в цілому і окремих її частин.

До функціональних компонентів ГІС відносимо: (1) системи управління базами даних (СУБД); (2) методи накопичення та обробки інформації; (3) методи аналізу; (4) методи оперативного відображення даних. Ці функціональні компоненти детально розглянуто в підрозділі 4.1 дисертаційної роботи.

До компонентів підтримки відносимо: (1) інформаційна підтримка; (2) математичне забезпечення; (3) лінгвістичне забезпечення; (4) технічна підтримка [70; 71]. Саме комплекс інформаційного, математичного, лінгвістичного і технічного компонентів повинен підтримувати нормальне функціонування інформаційних потоків в ГІС, які включають збір (отримання), обробку та передачу картографічних та інших даних.

Компонент інформаційної підтримки є найважливішим, оскільки без нього не можлие функціонування повноцінних географічних інформаційних систем. Він включає в себе всю сукупність інформації, якою оперує ГІС, забезпечує процес її збору (отримання), обробки і передачі, а також служить основою

інформаційного зв'язку із зовнішнім середовищем. Найбільш важливою складовою частиною ГІС є її інформаційне забезпечення. Фактично це є вся сукупність інформації про просторові об'єкти, способи її подання, зберігання, перетворення і передачі.

Спочатку створення інформаційного забезпечення для ГІС базувалося на оцифрування традиційного паперового картографічного матеріалу. Отримання цифрової картографічної інформації здійснювалося в кілька етапів [33]:

1. сканування паперового оригіналу (отримання растрового зображення);
2. усунення помилок сканування;
3. геоприв'язку растрового зображення;
4. векторизація растрового зображення.
5. формування цифрової картографічної та іншої просторової інформації.

Під час роботи з інформацією, отриманою з паперових картографічних матеріалів, виникали і виникають проблеми з її достовірністю. В першу чергу це пов'язано із застарілістю топографічних, ґрунтових та інших тематичних карт. У зв'язку з цим сьогодні гостро стоїть завдання їх актуалізації. Застосування традиційних технологій поновлення і складання карт робить цей процес довгим і трудомістким, і навіть після його завершення часто виникає питання про актуальність таких даних [70; 82].

Сучасні інформаційні технології надають можливість оперативно отримувати просторові дані, що значно підвищує їх актуальність і багаторазово скорочує час їх формування.

У ГІС застосовуються два основні методи отримання просторової інформації: польовий і дистанційний. Польовий метод включає геодезичні роботи, польове дешифрування аерофотознімків, польову магнітну зйомку тощо. Дистанційний метод передбачає роботу з даними без виїзду на місцевість, отриманими за допомогою технологій дистанційного зондування Землі. Часто для створення повноцінної просторової інформації застосовується комбінований метод. Детальніше про цей компонент розглянемо в наступних підрозділах дисертаційної роботи, які стосуються особливостей застосування

даних дистанційного зондування Землі та використання картографічного інструменту в ГІС.

Ще одним компонентом підтримки є компонент математичного забезпечення, який включає набір математичних методів, моделей і алгоритмів обробки просторових даних, а також комплектів типових і стандартних програм і процедур, що реалізують з допомогою комп'ютерів.

Компонент технічного забезпечення складається із комплексу технічних засобів збору (отримання), передачі, обробки, зберігання та накопичення, відображення і видачі просторової інформації.

Компонент лінгвістичного забезпечення включає сукупність формалізованих мовних засобів і засобів управління ГІС, що забезпечують взаємодію її компонентів з оператором.

Вивчаючи будову ГІС поряд із загальними властивостями, необхідно враховувати певні специфічні особливості системи, а саме [158]:

- чітке тематичне призначення ГІС, наприклад для обслуговування ґрунтових інформаційних систем;
- складна модель і структура ГІС;
- наявність великої кількості складових елементів, які пов'язані між собою тематичними потоками даних;
- функціонування ГІС в умовах взаємодії із зовнішнім середовищем;
- гнучкість структури і алгоритмів управління даними на всіх рівнях;
- наявність досвідчених фахівців (операторів) в якості елемента керування і взаємодії з ГІС в процесі виконання функцій управління.

Інформаційне забезпечення ГІС повинне включати всю сукупність просторових і атрибутивних даних, що формуються в цій системі.

Варто виділити п'ять основних складових з яких складається інформаційне забезпечення сучасних геоінформаційних систем, а саме [124]:

- система понять і визначень просторових даних;
- система класифікації та кодування просторових даних;
- система цифрового опису і зберігання даних на апаратних засобах;

- система нормативно-правової і технологічної документації;
- масиви картографічної та спеціальної інформації.

Зміст інформаційного забезпечення конкретної ГІС залежить від її призначення і розв'язуваних функціональних завдань.

Інформаційні зв'язки в ГІС реалізуються в процесі збору (отримання), реєстрації первинної інформації, підготовки вхідних масивів, передачі даних, накопичення, зберігання та обробки інформації, видачі її користувачам, створення вихідних документів з метою прийняття управлінських рішень.

Отже, сучасні інформаційні технології застосовують технологічні процеси як комплекс послідовних перетворень первинної і проміжної інформації в якісно новий вид інформації, з послідовним контролем і фіксацією за допомогою технічних засобів на автоматизованих носіях. В процесі таких перетворень інформація змінює свої кількісні і якісні показники залежно від вимог споживача кінцевої інформації.

4.3. Картографічний інструмент ГІС

Картографічний метод наукового дослідження є найважливішим інструментом в ГІС і побудований на вивченні карти як моделі досліджуваного об'єкта, тобто проміжної ланки між об'єктом і дослідником [4]. Цей метод володіє великою кількістю прийомів аналізу картографічних даних. За допомогою цих методів досліджують структуру і морфологію явищ з їх кількісною морфометричною і статистичною оцінкою; вивчають динаміку і розвиток явищ; дають оцінку природного, соціально-економічного, екологічного стану об'єкту; проводять інженерно-географічні дослідження для визначення можливостей господарського, рекреаційного та іншого освоєння територій; виконують індикаційні і прогностичні дослідження; визначають заходи щодо запобігання ризику небезпечних явищ і поліпшенню екологічних ситуацій тощо. Дослідження можуть виконувати на окремих картках або у вигляді серій карт різної тематики.

Найбільш ефективним є застосування картографічних методів засобами ГІС в комплексі з дистанційними методами, математичним моделюванням, іншими методами наукових досліджень. Можна стверджувати, що картографічний метод є базовим інструментом, який застосовується в ГІС.

Загалом вивчення картографічної інформації, яка використовується в ГІС, підпорядковується загальним методам вивчення інформації і містить три основні підходи: прагматичний, семантичний і синтаксичний [6].

Прагматичний підхід розглядає інформацію з точки зору її призначення і властивостей. Він орієнтований на конкретних користувачів і передбачає, що просторова інформація, якою ми користуємося в ГІС є корисною, достовірною, її можна виміряти і оцінити [6].

Семантичний підхід у вивченні інформації дозволяє розкрити її зміст, вказати стан картографічного об'єкта, розкрити відношення між картографічними знаками і символами, їх предметним смисловим значенням і вибрати смислові одиниці виміру картографічної інформації. Семантичний підхід сприяє більш повному вивченню станів просторових об'єктів, їх характеристик та розташування, підвищує обґрунтованість прийнятих рішень [6]. Для створення і вдосконалення ГІС, систем обробки даних, особливе значення має розгляд картографічної інформації з використанням синтаксичного підходу, при якому розкриваються відносини між об'єктами в ГІС незалежно від змісту інформації і характеру її використання [6].

Ще одним важливим питанням є класифікація просторової інформації і встановлення її кількісних характеристик. Так, інформацію, яка використовується в ГІС, можна класифікувати за різними ознаками: рівень опрацювання, спосіб відображення і характер обробки даних, стабільність даних тощо.

За ступенем обробки картографічна інформація поділяється на первинну і вторинну (похідну). Первинна виникає на початковій стадії процесу збору даних про місцевість і відображає стан об'єктів місцевості або процесу управління в часі. Вторинну інформацію отримуємо в результаті обробки

первинної картографічної інформації і вона може бути проміжною або кінцевою [33].

Проміжна інформація містить попередні результати розрахунку кількісних даних, що використовуються в якості вихідних для створення картографічних даних. Кінцеву інформацію отримують в процесі обробки первинної або проміжної інформації і використовують в ГІС для прийняття рішень і вирішення прикладних завдань.

За способом відображення даних картографічна інформація поділяється на графічну і текстову [173].

За стабільністю картографічну інформацію можна поділити на поточну або таку, що постійно змінюється, і умовно постійну або постійну.

У процесі створення ГІС виникає необхідність встановлення кількісних характеристик інформації для визначення величин потоків інформації в часі, виявлення найбільших інформаційних навантажень, вибору найбільш оптимального варіанта створення інформаційних масивів, їх зберігання тощо. Залежно від призначення обсяг інформації може виражатися числом номенклатурних аркушів, картографічних об'єктів, алфавітно-цифрових або графічних знаків або числом двійкових розрядів (біт) [149].

Сучасний механізм інформаційно-картографічного перетворення просторово-часової інформації в інформаційну ГІС модель з метою використання в практичних цілях, може бути поділений на декілька послідовних етапів [33; 132]:

1) створення просторово-координованої інформації (геоінформації) в результаті локалізації просторових геоданих за допомогою методів ГІС з використанням спеціальних інструментів та визначення картографічної проекції;

2) перетворення картографічної інформації за допомогою кодування геоданих спеціальними елементами мови карти для забезпечення візуальної комунікації просторової інформації;

3) перетворення картографічної інформації за допомогою картографічного моделювання та інших засобів просторового аналізу;

4) відтворення і оновлення картографічної інформації для прикладних цілей та прийняття управлінських рішень.

Кожен етап інформаційно-картографічного перетворення просторової інформації здійснюється з допомогою комплексу методів ГІС, характеризується певним набором властивостей отриманих даних, методами та формами зберігання та подання даних, можливим прикладним застосуванням, а також виконуваними соціальними функціями отриманих даних.

На першому етапі, в результаті поєднання просторових і субстанціональних геоданих об'єктів в ГІС, виконується локалізація просторових геоданих за допомогою методів ГІС з використанням спеціальних інструментів та визначенням картографічної проекції. Мова йде про визначення місцезрештування об'єкту в просторі та присвоєння відповідних географічних координат. Відповідна інформація фіксується в програмному середовищі у вигляді сукупності геодезичних координат і атрибутивних таблиць, представлена в цифровій формі і призначена для процесорного зберігання і подальшої обробки.

На цьому етапі відбувається формалізація геоданих, тобто процес перетворення їх метричних і субстанціональних властивостей в цифрову форму [173]. У польових умовах реєстрація просторових властивостей об'єктів здійснюється за допомогою топографічної зйомки, лазерного сканування, зйомки безпілотним літальним апаратом, засобами глобального позиціонування тощо. Субстанціональні характеристики об'єкту реєструються геофізичними і геохімічними приладами, за допомогою відбору зразків, проб тощо. Оскільки більшість сучасних приладів забезпечено приймачами глобального позиціонування (GPS), такі об'єкти автоматично локалізуються в ГІС [132].

У камеральних умовах для реєстрації властивостей можуть бути використані дані дистанційного зондування Землі, паперові топографічні і тематичні карти, різні відомчі документи, звіти тощо. Найбільш поширеною

процедурою формалізації геоданих є векторизація з подальшим створенням топологічної моделі просторових об'єктів. В результаті експорту векторних даних формуються цифрові тематичні шари просторових об'єктів. Крім того, використання СУБД в ГІС дозволяє здійснювати введення, маніпулювання, обробку і аналіз геоданих, арифметичні і логічні операції, а також складання підсумкових карт.

Для зручності роботи з картографічною інформацією необхідно виділити мінімальну структурну одиницю – елементарний просторовий об'єкт. Під елементарним просторовим об'єктом розуміють картографічну інформаційну сукупність відомостей, що складається з одиночного об'єкта, даних про його місцезнаходження (метричну частину об'єкта), кількісну і якісну характеристики описуваного об'єкта (семантична частина об'єкта). У цьому сенсі елементарний просторовий об'єкт є елементарною одиницею даних, подальше структурне розчленовування якої неможливо. Елементарний просторовий об'єкт є елементом, який в поєднанні з іншими аналогічними елементами створює більш складні інформаційні поєднання.

Другий етап інформаційно-картографічного перетворення просторової інформації базується на принципах картографічної комунікації як інформаційного процесу кодування [173]. Мова йде про трансформацію геоданих з використанням мови картографічних знаків. Основне завдання кодування полягає у відповідному відтворенні географічних об'єктів і процесів за допомогою способів картографічного відображення. Таким чином, в результаті кодування засобами картографічної мови отримана просторова інформація є не що інше, як картографічний еквівалент геооб'єкта. Така інформація зафіксована системою умовних картографічних знаків, наприклад у вигляді штрихових і фонових графічних елементів, різними типами зафарбування, товщиною та типом ліній, набором символічних знаків, представлена цифровими об'єктними шарами і призначена для комунікації просторових даних. Отже, кодування геоданих просторових об'єктів – це

процес візуалізації їх якісно-кількісних параметрів умовними знаками з метою зрозумілого відображення певних процесів чи явищ.

При кодуванні геоданих статичного об'єкта відображається його одномоментний якісно-кількісний стан, що не складає особливих труднощів і легко реалізується засобами ГІС [149]. Коли ж мова йде про кодування динамічного об'єкта, тоді відображення процесу розвитку чи зміни цього об'єкта в єдиному просторі-часі вимагає використання більш складних графічних ГІС моделей. В цьому випадку зазвичай використовують систему графологічного обчислення Ж. Бертена, яка заснована на константах психологічного сприйняття і дозволяє встановлювати формальну семантичну ієрархію об'єктів, що відображаються за допомогою комбінації графічних засобів [6].

Третій етап інформаційно-картографічного перетворення просторової інформації полягає в маніпулюванні ГІС-шарами за допомогою аналітичних операцій [173]. В першу чергу мова йде про маніпулювання цифровими картографічними шарами, а також картографічними моделями (або уявними картами) з метою отримання нової просторово-часової інформації про просторові об'єкти, процеси і явища. Основним інструментом ГІС-технологій для моделювання картографічної інформації є оверлейнові операції, що забезпечують дослідження просторово-часових об'єктів за допомогою поєднання тематичних шарів, що описують стан і динаміку цих об'єктів. В результаті оверлейнових операцій із тематичними шарами формується так зване картографічне сховище векторних даних, яке складається з робочого векторного шара і реляційної бази даних. Прикладні ГІС-інструменти забезпечують можливість моделювання картографічної інформації із використанням існуючих тематичних шарів з метою створення нових похідних шарів та інших додаткових тематичних даних. При цьому структурна цілісність і зв'язність масивів просторових і атрибутивних даних залишається незмінною. Такий підхід у моделюванні оптимізує рішення традиційних завдань, пов'язаних з вибором математичної основи і компонування карт, дозволяє

оперативну зміну проекції, вільне масштабування, використання алгоритмів автоматичної генералізації тощо. Крім того, розробка математичної основи, складання та оформлення карт, підготовка до видання реалізуються на одному робочому місці в інтерактивному режимі за допомогою єдиної системи логіко-математичних моделей.

Запропонований підхід використання сховища векторних даних завдяки використанню сукупності послідовних операцій програмного ГІС-середовища дозволяє створювати безліч нових картографічних даних і тематичних шарів, в яких змінюються лише елементи змісту і способи картографічного зображення об'єктів, а цілісність масивів даних зберігається та не залежить від їх комбінування. Застосування зазначеного підходу забезпечує топологічну цілісність даних з одночасною можливістю застосування будь-яких перетворень за заданим алгоритмом, як в інтерактивному, так і в автоматичному режимах. Для кожного атрибута бази даних сховища створюється avl-легенда, що дозволяє швидке формування візуального представлення геоданих [173].

Принципи побудови такого сховища даних дозволяють внесення різночасової цифрової картографічної інформації про будь-який просторовий об'єкт. Залежно від цілей і завдань дослідження сховище даних дозволяє створювати похідні ГІС-шари відповідно до визначених просторових критеріїв, наприклад, площа об'єктів землекористування в межах ґрунтових виділів.

Результатом інформаційного картографування є топографічні та різного роду тематичні карти, а результатом моделювання – географічні теорії, концепції та гіпотези [149].

Етап відтворення і оновлення картографічної інформації для прикладних цілей та прийняття управлінських рішень здійснюється за участю спеціалізованих державних і приватних підприємств через безпосередню діяльність геодезичних і картографічних підприємств, профільних освітніх та науково-дослідних установ, що забезпечують безперервне виробництво і поширення в суспільстві картографічної інформації у вигляді картографічних

матеріалів, карт, картосхем, атласів тощо. На цьому етапі картографічна інформація є суспільно корисним продуктом науково-виробничої діяльності. Тобто інформація зафіксована в аналоговій і цифровій формі у вигляді карт, атласів, підручників, наукових праць, фондів, і призначена для масового повсякденного використання і передачі географічних знань від покоління до покоління.

Для розуміння специфіки побудови картографічної складової ґрунтових інформаційних систем з використанням ГІС потрібно детально проаналізувати технологічний механізм застосованого картографічного методу дослідження [5]. Під технологічним механізмом картографічного методу дослідження в ГІС розуміємо сукупність функціональних програмно-технічних пристроїв, комплекс програмних процедур передбачених для створення та використання картографічної інформації в програмному ГІС-середовищі (табл. 4.1).

Виходячи із описаної вище специфіки побудови картографічної складової ґрунтових інформаційних систем з використанням ГІС можна стверджувати, що картографічний метод дослідження займає дуалістичне положення в суспільстві. З одного боку, ми можемо охарактеризувати картографічний метод дослідження як довгострокову соціально-технічну діяльність по створенню, зберіганню і ретрансляції картографічної інформації про ґрунтові ресурси в суспільстві, що визначає його суспільну цінність [215].

Завдяки ефективно побудованій ґрунтовій інформаційній системі можна сформулювати механізм безперервної реєстрації, внесення і оновлення просторово-часової інформації про ґрунти, тим самим забезпечивши безперервне формування важливих територіальних знань про ґрунтові ресурси, як базові ресурси певного регіону. З іншого боку, безперечно картографічний метод дослідження ґрунтових ресурсів є суто технологічним процесом, оскільки його технологічна реалізація здійснюється окремими колективами, науково-дослідними установами, приватними організаціями тощо, через реалізацію різночасових проектів картографічного аналізу і оцінки ґрунтів, ґрунтового покриття і ґрунтових ресурсів певного регіону.

Технологічний механізм картографічного методу дослідження в ГІС (на прикладі дослідження ґрунтових ресурсів).

Процедури картографічного методу дослідження	Операції картографічного методу дослідження
I. Підготовчі роботи	Вивчення території, аналіз картографічних матеріалів, даних дистанційного зондування Землі, розробка методичних вказівок, підбір тематичних карт ґрунтових ресурсів регіону
II. Створення об'єктів ґрунтових одиниць і базових просторових об'єктів засобами ГІС	<p style="text-align: center;"><i>Камеральні роботи.</i></p> <p>Векторизація ґрунтових контурів з використанням тематичних карт (EasyTrace, ArcGIS, QGIS). Вибір важливих або проблемних полігонів ґрунтових одиниць для проведення польових досліджень. Картографування наземного покриття як додаткового тематичного шару. Вибір т.зв. «навчальних полігонів» із використанням ДДЗ, попередня автоматична класифікація об'єктів наземного покриття і ґрунтових одиниць на базі ДДЗ і створення тематичних растрових покриттів (наприклад ENVI).</p> <p style="text-align: center;"><i>Польові роботи</i></p> <p>Реєстрація базових просторових об'єктів і об'єктів ґрунтових досліджень (наприклад місць закладення розрізів) з допомогою геодезичних приладів, безпілотних літальних апаратів тощо. Польові дослідження проблемних полігонів</p>

	<p>ґрунтових одиниць і «навчальних полігонів» для дешифрування засобами ДДЗ (геоприв'язка, фотографування та опис).</p>
<p>III. Формування об'єктних шарів</p>	<p><i>Створення векторних шарів</i></p> <p>Кінцева класифікація растрових даних з використанням польових досліджень «навчальних полігонів». Експорт і геометрична корекція растрових даних і векторних шарів в середовищі ArcGIS. Об'єднання (merge) об'єктних шарів, редагування шарів, створення топології (ArcGIS, QGIS).</p> <p><i>Наповнення таблиці атрибутів</i></p> <p>Розробка системи класифікації і кодування параметрів полігональних об'єктів ґрунтових одиниць, внесення атрибутивних даних для окремих шарів, редагування шарів, створення топології (ArcGIS, QGIS).</p>
<p>IV. Створення об'єктних сховищ векторних даних</p>	<p>Поєднання і співставлення об'єктних шарів, видалення залишкових/помилкових полігонів, корекція і оновлення топології, редагування таблиць атрибутів (ArcGIS, QGIS).</p>
<p>V. Інформаційне картографування</p>	<p>Розробка ГІС-проекта, створення інвентаризаційних карт ґрунтових ресурсів регіону, просторовий аналіз ґрунтових ресурсів в комплексі з іншими тематичними даними (ArcMap, QGIS).</p>
<p>VI. Інформаційне моделювання</p>	<p>Просторове моделювання ґрунтових ресурсів (геометричний, мережевий аналіз, буферизація), моделювання параметрів окремих ґрунтів, їх</p>

	<p>властивостей, аналіз ґрунтових ресурсів, створення цифрових моделей рельєфу (ArcScene), розробка системи запитів і команд для аналізу ґрунтових ресурсів регіону, моделювання з використанням визначених команд і запитів (ArcGIS).</p>
<p>VII. Картографічний аналіз ґрунтових ресурсів</p>	<p>Створення синтетичних карт взаємозв'язків ґрунтових ресурсів з іншими природними та антропогенними об'єктами, аналітичних карт зонування і районування території на основі даних про ґрунтові ресурси, створення прогнозних карт сценаріїв розвитку і потенційних змін ґрунтового покриву, створення табличних і графічних матеріалів (ArcMap).</p>

Отже, під картографічною інформацією розуміємо сукупність однорідних просторових даних, які є актуальними і дозволяють вирішувати просторові задачі. Ця інформація зафіксована в географічному інформаційному середовищі у вигляді цифрових векторних або растрових шарів, і призначена для кількісної або якісної оцінки просторових об'єктів і дозволяє планувати прийняття певних управлінських рішень. Створення та підтримка в робочому стані масивів даних, що містять повну і точну інформацію про просторові об'єкти, а також дозволяють своєчасно отримувати всю необхідну кінцеву картографічну інформацію для прийняття управлінських рішень, є кінцевою метою проектування ефективних ГІС-інструментів, окремих тематичних просторових інформаційних систем та баз даних.

4.4. Використання даних дистанційного зондування Землі

Ефективним засобом формування і актуалізації картографічного забезпечення ГІС є дані дистанційного зондування Землі, які можна отримувати

за допомогою аерофотозйомки, повітряної магнітної або гравіметричної зйомки, а також різних видів супутникової зйомки.

Аерофотозйомка призначена для створення та оновлення топографічних карт і виконується з допомогою керованих повітряних суден або безпілотниками. Під час зйомки отримують стереопари – фотографії з перекриттями, що дозволяє створити стереоефект для відтворення рельєфу, з подальшим використанням під час картування ґрунтового покриву. Крім того, на основі результатів аерофотозйомки створюється ортофотоплан, який можна використовувати для оновлення існуючих карт, а також як самостійний картографічний матеріал.

Аеромагнітна зйомка широко застосовується в процесі пошуку і розвідки родовищ корисних копалин, оскільки ця зйомка призначена для отримання геофізичних даних про гравітаційне поле Землі. Результати, отримані при цих видах повітряної зйомки, також можуть візуалізуватися і інтерпретуватися засобами ПС.

Повітряна зйомка має достатньо багато передумов, які часто вимагають значних фінансових витрат, а також є не завжди технологічно обґрунтованими. Також сам процес опрацювання отриманих результатів є досить складний і вимагає великої кількості часу. У зв'язку з цим поширення набула супутникова зйомка, де процеси підготовки отримання інформації мінімізовані. Результатом супутникової зйомки є актуальні дані про місцевість, які мають точність від кілька десятків метрів до декількох сантиметрів.

Залежно від бажаного типу, якості і актуальності просторових даних, а також завдань, які потрібно вирішити, вибирають відповідний тип космічної зйомки [68]:

- оптична зйомка або зйомка у видимій частині спектру;
- зйомка у невидимій частині спектра (інфрачервона, ультрафіолетова тощо);
- радіолокаційна.

Наприклад, дані, отримані в інфрачервоному діапазоні з високою роздільною здатністю, дозволяють визначати теплові втрати розораного ґрунту,

порівняти такі втрати із ґрунтом різного гранулометричного складу, вологості тощо. Застосування радіолокаційної зйомки дає можливість отримувати дані на території, що має високу хмарність, наприклад дані про структуру землекористування чи контурність ґрунтового покриву в межах гірських систем, які часто можуть бути вкриті хмарами.

Широко використовується зйомка в оптичному діапазоні. Інформація, отримана під час такої супутникової зйомки, потрапляє до користувача у вигляді супутникових фотографій, які формуються в різних кольорових діапазонах. Результати застосовуються як у вигляді самостійного картографічного матеріалу, так і для створення з них мозаїки – ортофотопланів. Ортофотоплани можуть використовуватися у вигляді геоприв'язаних растрових підкладок в ГІС або в якості самостійного картографічного матеріалу, який наочно відображає місцевість [253]. Наприклад, сучасні цифрові фотограмметричні станції та відповідне спеціалізоване програмне забезпечення дозволяють отримувати цифрову модель рельєфу в 2D- і 3D-форматах. При цьому в якості текстури в 3D-форматах часто використовуються ортофотоплани.

Дані супутникової зйомки дозволяють здійснювати актуалізацію наявної картографічної інформації, проводити моніторинг зміни ситуації в режимі реального часу, формувати актуальні цифрові картографічні бази даних.

Одним з прикладів моніторингу за станом наземного покриву і створення актуальних картографічних баз даних для подальшого ГІС-аналізу є проведений нами просторовий аналіз змін наземного покриву в різних природних регіонах Європи (зокрема в Швеції, Латвії, Білорусі і Росії), та отримання, на основі ДДЗ, інформації про часову зміну рослинного покриву. Аналіз цих змін дав можливість визначити території з найбільш інтенсивним природокористуванням, встановити обсяги втрат лісового покриву, можливість появи супутніх негативних природних явищ, зокрема ерозійних процесів тощо [202]. Апробовані підходи до використання ДДЗ в екології та природокористуванні використані під час формування структури і наповнення

грунтової інформаційної системи, а також для аналізу ґрунтових ресурсів, як одного з важливих природних ресурсів, для моніторингу за яким обґрунтовано можна використовувати ДДЗ [202].

Сьогодні для аналізу і моделювання природних і техногенних ситуацій з використанням геоінформаційних технологій використовують тривимірну модель рельєфу. Наприклад, просторова оцінка ерозійних втрат ґрунтів не можлива без обчислення фактору рельєфа, який отримують на основі аналізу тривимірної моделі [99].

Одним з методів отримання тривимірної моделі будь-якого об'єкта є технологія лазерного сканування. Існує наземне і повітряне лазерне сканування. При наземному скануванні зйомка проводиться апаратом, встановленим на земній поверхні. При повітряному методі сканер (LIDAR) встановлюється на борту повітряного судна і зйомка відбувається під час польоту супутника. Під час зйомки прив'язка до місцевості здійснюється за допомогою глобальних навігаційних супутникових систем.

Наземна лазерна зйомка використовується для створення тривимірних моделей різних наземних об'єктів (промисловості, архітектури тощо). Невеликий час зйомки і обробки даних, а також можливість роботи з важкодоступними об'єктами робить технологію затребуваною при проектних роботах і моніторингу експлуатаційного стану об'єктів.

Оскільки інформація, яку ми отримуємо з допомогою ДДЗ є по своїй суті первинною, то вона вимагає подальшої обробки [69]. Завдання обробки полягає в інтерпретації наявних даних для отримання інформації про властивості досліджуваних об'єктів, для чого використовується геоінформаційний аналіз даних дистанційного зондування Землі, який забезпечує оперативність і об'єктивність одержуваної інформації. ГІС-аналіз використовує різноманітні методи для поетапної обробки ДДЗ, тому виділяють декілька стадій обробки даних в дистанційному зондуванні (рис. 4.4) [69; 253].

На першому етапі обробки здійснюється внесення або імпорт даних, отриманих із супутника. У випадку внесення аерофотознімків необхідно їх відсканувати.

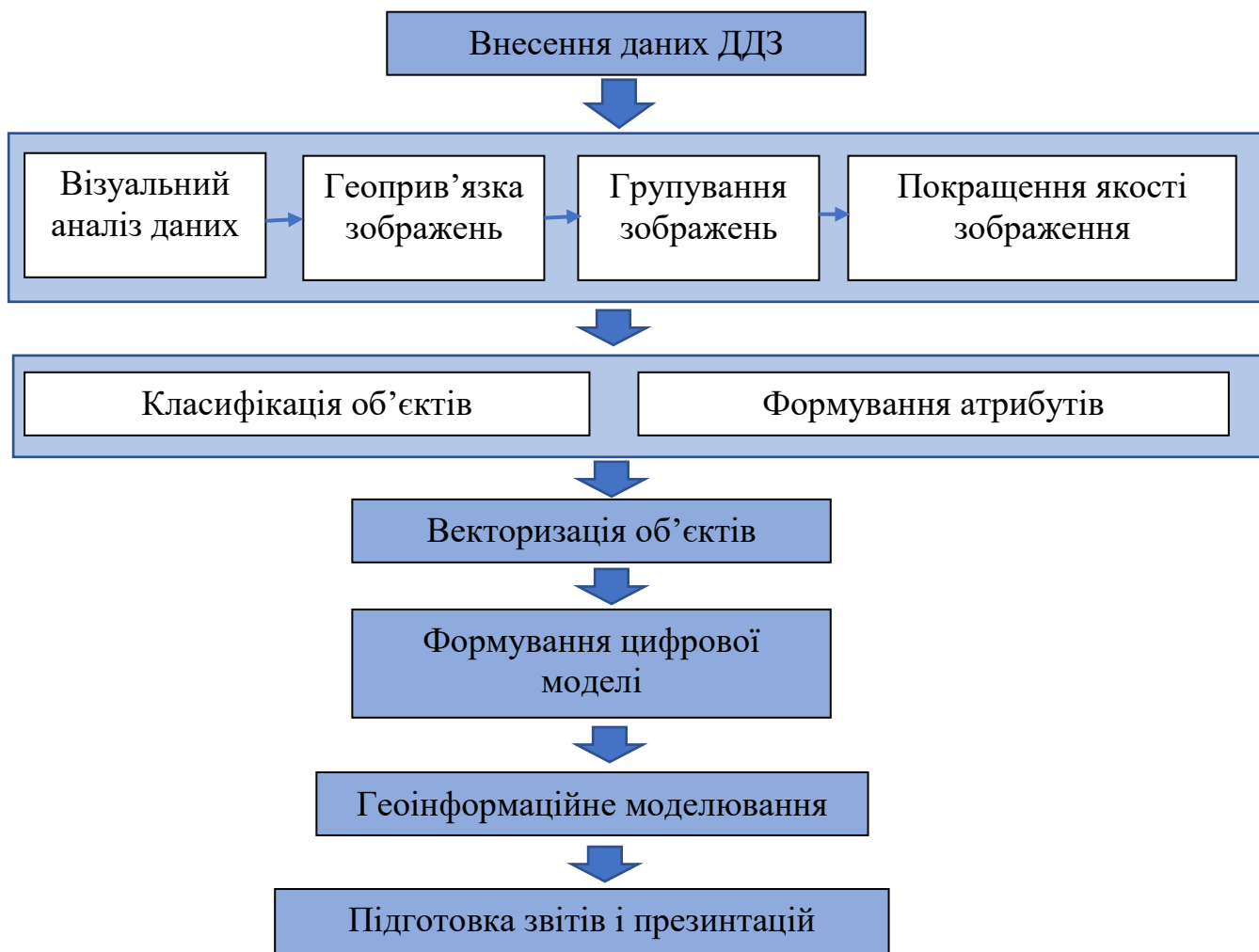


Рис. 4.4. Технологічна схема обробки даних ДДЗ засобами ГІС [69].

Другий етап передбачає візуальний аналіз даних для подальшого складання плану їх технологічної обробки.

На третьому етапі здійснюється геоприв'язка зображення, тобто присвоєння йому відповідної картографічної проекції.

Четвертий етап передбачає групування або комбінування декількох зображень з метою отримання цілісної картини досліджуваного об'єкта або явища.

На наступному етапі зображення, синтезоване з декількох інших, піддається обробці, тобто покращується його якість, приводяться всі його характеристики до спільних показників.

На шостому етапі здійснюється автоматизована класифікація об'єктів зображення і виконується групування за властивостями (атрибутам). Цей етап суттєво спрощує процес організації атрибутивних даних на основі автоматизованого вирішення цього завдання.

Саме під час виконання сьомого етапу ми повноцінно використовуємо ГІС-технології. Тобто, на даному етапі відбувається створення структури атрибутивних даних відповідно до вимог конкретної ГІС і створюється структура зв'язків просторових і атрибутивних даних.

На восьмому етапі здійснюється векторизація растрового зображення засобами ГІС з використанням даних класифікації. Векторизація може бути частковою (вибірковою), тобто лише для вибраних об'єктів, або ж суцільною. У випадку суцільної векторизації відбувається опрацювання зображення і створення повністю тематичного шару, наприклад одиниць землекористування.

На дев'ятому етапі будують цифрову модель як основу для накладання інших тематичних даних, а також для просторового моделювання в ГІС.

На десятому етапі здійснюється процедура геоінформаційного моделювання, яка може повторно включити ряд процедур, таких, як комбінування об'єктів, ректифікація, класифікація тощо.

Дані та цифрові моделі, отримані із застосуванням дистанційних методів, можуть використовуватися у вигляді самостійного інформаційного ресурсу. Для цього користувачеві необхідно забезпечити доступ до інформації, що реалізується шляхом спільного використання ГІС та інтернет-технологій. Через веб-інтерфейс користувач отримує можливість працювати з просторовими даними без використання спеціалізованого програмного забезпечення. Тим самим здійснюється доступ до актуальної інформації, на основі якої приймаються рішення у багатьох проблемних питаннях – від пошуку об'єкта в просторі до виконання складних картометричних завдань.

Можна виділити певні особливості використання ДДЗ під час дослідження ґрунтів і ґрунтового покриву. Основним принципом дистанційного методу вивчення ґрунтів є використання даних про кількість та розподіл діапазонів спектру радіації для одержання інформації про фізичні та хімічні властивості ґрунтів. Принципи і методи дешифрування ґрунтів спочатку були розроблені для аерофотознімків, які використовувались для ґрунтового картографування у великих і середніх масштабах. Поява космічних знімків дозволила використовувати їх при складанні та коректуванні середньо-, дрібномасштабних і оглядових ґрунтових карт.

Дешифрування аерознімків для картографування ґрунтів поділяється на генетичне та контурне. Генетичне дешифрування дозволяє встановити ґрунтовий зміст контуру. Контурне дешифрування забезпечує точне проведення границь між різними ґрунтами.

Для дешифрування ґрунтів використовують прямі дешифрувальні ознаки (тон, колір, розмір і форма контурів, малюнок зображення поверхні, а при багатозональних знімках - спектральний вигляд об'єкта) [62]. Проте слід пам'ятати, що ґрунт як цілісний природний об'єкт часто не відображається безпосередньо на знімках. Тому в ґрунтовому дешифруванні дуже важливу роль відіграють непрямі ознаки: форми рельєфу, рослинність, геологічна будова, результати господарської діяльності людини, компоненти ландшафту. Для дешифрування ґрунтів заліснених територій, алювіальних, лучних, болотних ґрунтів найбільший ефект дає застосування спектральнозональних знімків.

Структура фотозображення ґрунту виникає найчастіше через неоднорідність ґрунтового покриву в межах контуру і визначається:

- мікрокомбінаціями (комплекси та плямистості), які формують ґрунтовий покрив та утворюють на зображеннях дрібну плямистість;
- мезокомбінаціями (поєднання та варіації), які утворюють на зображенні велику плямистість і смугастість;

- приорюванням підзолистого горизонту, в результаті чого з'являється дрібна переривчаста смугастість;

- ерозією ґрунту, яка відображається лініями неправильної форми.

Важливою непрямою ознакою ґрунтового дешифрування є рельєф. Від характеру рельєфу залежить тип зволоження, ступінь змитості, оглеєння, ступінь опідзолення та інші генетичні ознаки ґрунтів.

Слід зазначити, що найбільш ефективним є застосування аерофотознімків при картографуванні ґрунтів в районах з неоднорідним ґрунтовим покривом, де строкатість пов'язана з наявністю мезо- і мікрорельєфу. При роботі зі знімками в різних природних зонах число контурів ґрунтів та структур ґрунтового покриву на одиницю площі виділених на ґрунтових картах зростає в 1,5 - 5 разів в порівнянні з картами, складеними без знімків, а інформативність карт стає багатшою завдяки відображенню елементарних ґрунтових структур [73].

Розроблені принципи дешифрування ґрунтового покриву з використанням ДДЗ базуються на властивостях і певних особливостях ґрунту, як компонента ландшафту, нерозривно пов'язаного з навколишнім середовищем (факторами ґрунтоутворення). Можна виділити чотири найбільш важливі принципи дешифрування ґрунтів [68; 73]:

1. Ґрунт як цілісний об'єкт безпосередньо на аерофото- чи сателітних знімках не відображається, не відображаються будова генетичного профілю, фізичні і хімічні властивості ґрунтових горизонтів, їх потужність та інші характеристики. Навіть поверхня ґрунтів здебільшого не доступна для безпосереднього знімання. Тільки розорані поля, не вкриті рослинністю, дають змогу отримати на аерофотознімках безпосереднє зображення поверхні ґрунту. Звичайно, що зображення поверхні ґрунту навіть при наземних дослідженнях є недостатнім для визначення типу ґрунту.

2. Дешифрування ґрунтів з використанням аерофото- чи сателітних знімків проводиться переважно опосередковано, через дешифрування форм рельєфу, рослинності, геологічної будови місцевості і результатів господарської діяльності людини. Враховується біокліматична обстановка, встановлюються і

перевіряються в польових умовах взаємозв'язки між факторами ґрунтоутворення і ґрунтами. Все це дозволяє визначити (розшифрувати) ґрунт.

3. На аерофото- чи сателітних знімках, завдяки зміні тону, малюнок зображення, дешифруються деякі властивості ґрунтів, такі як засолення, солонцюватість, зволоження, еродованість тощо. Такі характерні властивості дешифруються за розрідженою рослинністю. Наприклад, зниження вмісту гумусу може виражатися в зміні фототону зображення земної поверхні на знімках, а підвищена зволоженість ґрунтів призводить до зниження яскравості і більш темного тону їх зображення на знімках.

4. При дешифруванні як окремих властивостей ґрунтів, так і компонентів ландшафту використовуються прямі ознаки дешифрування: тон або колір, малюнок зображення, розміри і форма об'єкту, тінь тощо. Компоненти ландшафту (рельєф, рослинність, геологічна будова місцевості, результати господарської діяльності людини тощо), тобто видимі на знімках фактори ґрунтоутворення в свою чергу є непрямими ознаками дешифрування ґрунтів.

Методи комп'ютерного дешифрування і картографування ґрунтів можна поділити на три групи [76]:

1. Візуально-комп'ютерний метод. Проводиться візуальне дешифрування ґрунтів, потім результати оцифровуються і використовуються в якості одного з джерел інформаційного забезпечення (поряд з іншими оцифрованими картами) для комп'ютерного складання ґрунтових і похідних тематичних карт. Таким чином, цей метод є перехідним від візуального до автоматизованого дешифрування ґрунтів.

2. Інтерактивно-комп'ютерний метод. Аерофото- і сателітні знімки вносяться в комп'ютер і коригуються. Потім здійснюється автоматизований аналіз тонових неоднорідностей зображення з метою отримання об'єктів, які характеризуються гомогенним або квазігомогеним (з певною часткою ймовірності) характером зображення. Отримані результати подібної сегментації зображення інтерпретуються візуально ґрунтознавцем-дешифрувальником, і лише після цього складається комп'ютерний варіант ґрунтової карти.

3. Метод повної автоматизації дешифрування і картографування ґрунтів. Тут сегментація зображення проводиться не тільки на основі комп'ютерного аналізу властивостей знімків, але і на основі спеціально розробленого ґрунтознавцем алгоритму обробки зображення. При цьому алгоритм є результатом формалізації ґрунтознавцем-дешифрувальником досвіду візуального дешифрування ґрунтів.

Зазвичай всі три методи можуть використовуватись під час проведення картографування ґрунтового покриву.

Отже, аналіз сучасного стану дистанційних методів в ґрунтознавстві і тенденцій їх розвитку дає змогу визначити наступні найбільш значимі і перспективні напрямки досліджень в цій галузі інформаційного ґрунтознавства на найближчі десятиліття:

1. Встановлення кількісних взаємозв'язків в системі «спектральна відбивна здатність поверхні ґрунту – властивості поверхні ґрунту – властивості верхнього генетичного горизонту ґрунту – властивості інших генетичних горизонтів ґрунту», а також дослідження закономірностей динамічності відбивних властивостей поверхні ґрунту. Лише при наявності подібних знань можна буде створити надійні алгоритми повністю автоматизованого дешифрування ґрунтів із використанням зображення їх відкритої поверхні.

2. Аналіз надійності індикаційного значення рослинного покриву для дешифрування ґрунтів. Необхідно уточнити, які конкретні властивості ґрунтів кількісно визначаються рослинністю, наскільки достовірно межі рослинних асоціацій визначають ґрунтово-географічні межі. Адаптація досвіду індикаційної геоботаніки і постановка спеціальних додаткових експериментів дозволить підвищити надійність і достовірність алгоритмів дешифрування ґрунтів за характером зображення рослинного покриву.

3. Необхідне подальше дослідження потенційних можливостей використання для дешифрування ґрунтів нових видів дистанційних методів (лазерної, радіо, мікрохвильової та інших видів зйомки) і розробка відповідних методичних підходів.

4. Пошук шляхів повної імітації комп'ютером роботи ґрунтознавця-дешифрувальника.

Найбільш перспективним вважаємо дослідження в області створення комп'ютерних систем штучного інтелекту, що базуються на максимальній формалізації візуальних підходів у дешифруванні ґрунтів.

Дослідження в цих напрямках дозволять здійснити перехід від наукових експериментів і розрізнених спроб регіонального практичного впровадження їх результатів до створення регіональних чи глобальних систем комп'ютерного картографування ґрунтів, які будуть базуватися на принципах цифрового картографування ґрунтів і використовувати супутникові дані в якості основного джерела інформації.

Беззаперечним є прогрес у розробці і використанні різних методик і технологій складання ґрунтових карт різних масштабів з використанням даних дистанційного зондування. Проаналізовані сучасні підходи і методи дозволяють отримувати якісно нову інформацію про ґрунти і ґрунтовий покрив шляхом дешифрування знімків з використанням прямих і непрямих ознак, що в свою чергу зумовлює скорочення обсягу дорогих і довготривалих польових робіт.

4.5. Просторове моделювання в ГІС

Серед методів обробки та аналізу геопросторових даних в ґрунтознавстві найбільший прикладний інтерес викликають методи створення експертних систем і баз знань, системне моделювання процесів і явищ, та можливість створення інтелектуальних систем для прийняття певних рішень та менеджменту ґрунтових ресурсів певного регіону. Саме з цією метою нами створено ґрунтову інформаційну систему Львівської області, яка забезпечить виконання багатьох прикладних функцій використанням ГІС-технологій в комплексі із аналітичним інструментом. Для того, щоб зрозуміти принципи створення типової ґрунтової інформаційної системи необхідно здійснити детальний аналіз ГІС-технологій як інструменту, який здатний забезпечити

виконання комплексу аналітичних функцій, виконувати просторове моделювання і статистичний аналіз ґрунтових та інших тематичних даних.

Найбільш сучасним і ефективним підходом аналізу даних в ГІС є об'єктно-орієнтований метод [88]. Використання цього методу для аналізу даних істотно збільшує обсяг прикладних завдань, які можна виконати з допомогою ГІС. Цей підхід базується на об'єктно-топологічному представленні семантичних даних, що зумовило появу в ГІС функціонального блоку аналізу даних. В цьому блоці є можливість вирішувати задачі моделювання життєвих циклів різних систем на певній території використовуючи методи статистики, мережевого моделювання, аналізу просторової топології тощо. Це дозволяє проводити системний аналіз даних, а не лише досліджувати просторово-топологічні відносини між об'єктами, які вивчає картографія.

Традиційне трактування «топологічні відносини» передбачає аналіз таких просторових взаємозв'язків, як сусідство, наявність спільних меж, перекриття тощо. Концепція функціонального блоку аналізу даних є динамічною концепцією. Тобто, якщо ми аналізуємо зміни форм і просторових характеристик об'єктів, то ми також повинні аналізувати рух певних речовин або енергії через об'єкти, які зображені на карті [136]. В нашому випадку найкращим прикладом може бути аналіз просторового переміщення матеріалу під впливом площинної чи лінійної водної ерозії.

Отже, дослідження лише традиційних топологічних просторових взаємозв'язків вважається неповним, оскільки необхідно аналізувати також і топологічні ресурсні зв'язки.

Прийнято використовувати два поняття, які дозволяють поєднати досить складну динамічну реальність з просторовою складовою [88; 89].

Топологічні просторові відносини – це просторові топологічні взаємозв'язки, які характерні для традиційних ГІС-технологій і відображають просторові відносини близькості та взаємного розташування в просторі об'єктів або їх частин (зліва, справа, всередині, близько, далеко тощо).

Топологічні просторові ресурсні зв'язки – це такі відносини, які спільно з просторовими топологічними відносинами відображають потоки речовини і/та енергії в межах певної території.

Тому ГІС сьогодні необхідно розглядати як технології, які дозволяють виконувати динамічне просторове моделювання, а представлені сьогодні на ринку ГІС – це складні, з набором аналітичних інструментів, візуалізатори інформації. Беззаперечно можемо стверджувати про інтенсивний розвиток ГІС-технологій, орієнтованих на аналіз великих наборів неоднорідних даних.

На сьогодні прикладне застосування аналітичного ГІС-інструменту в ґрунтознавстві і землекористуванні дозволяє виконувати [67]:

- контроль за раціональним використанням ґрунтових і земельних ресурсів;
- оцінку ґрунтових ресурсів;
- моніторинг за ґрунтовими властивостями;
- дослідження екологічного і соціально-економічного стану регіону.

Кожна з перерахованих функцій має свої особливості, які повинні бути враховані при побудові просторових інформаційних систем, до яких відносяться і ґрунтові інформаційні системи.

Базовим методом, який застосовують під час внесення даних в просторову інформаційну систему є семантичне кодування [136]. Теоретичною основою семантичного кодування є проектування відповідних алгоритмів за принципом надлишковості. Під принципом надлишковості розуміємо специфіку картографічної інформації, яка за допомогою скорочення другорядних і виділення головних ознак сприяє вдосконаленню процесу її сприйняття. Тобто, під час семантичного кодування важлива інформація повинна зберігатись в бібліотеці кодів і характеристик. Завдяки такому кодуванню можна встановити допустимість того чи іншого коду для аналізованого елемента, допустимість характеру локалізації, кодів, характеристик і їх значень для аналізованого коду, наявність обов'язкових характеристик тощо. Необхідно зауважити, що кожному об'єкту повинен відповідати єдиний запис в метричній та семантичній базі даних.

Від того, наскільки організація структури даних враховує ситуаційну реальність на місцевості, відображає процеси і взаємозв'язки, залежить ступінь точності і правильності моделювання явищ і процесів за допомогою такої структури. Після переведення даних в цифрову форму їх необхідно систематизувати таким чином, щоб вони були доступні для ефективного подальшого аналізу. Наприклад, топографічні і ґрунтово-ресурсні дані для певної території – це дані просторові, тому для їх організації повинні бути застосовані просторові моделі.

Опис просторових об'єктів в ГІС передбачає визначення їх позиційної і змістовної складової. Позиційна частина опису даних (позиційні властивості об'єктів, геометричні, метричні, тополого-геометричні тощо) формує структуру чи моделі просторових даних. Дані в таких моделях між собою пов'язані певними тематичними і просторовими зв'язками [136].

Суть геоінформаційного моделювання полягає у формалізованому описі просторових об'єктів з виділенням певних важливих факторів (властивостей, параметрів), які безпосередньо впливають на стан об'єктів, їх просторові характеристики, а також визначають характер прийняття певного рішення.

Просторові дані, що формують картографічне ГІС-середовище, відображаються у вигляді двох основних типів базових моделей, які побудовані на використанні шарного принципу їх організації та об'єктно-орієнтованого підходу [88; 89].

1. Принцип пошарової організації інформації полягає у створенні серій тематичних шарів, в кожному з яких згруповані певні типи об'єктів. Пошарова організація даних інтуїтивно зрозуміла і звична, оскільки відповідає основним принципам традиційної картографії. Об'єкти одного шару утворюють логічно (і фізично) окрему одиницю даних, зберігаються в окремому файлі, мають свою систему ідентифікаторів. Цей принцип має великий аналітичний потенціал, що визначає його домінування в ГІС. Саме пошарова організація векторних даних робить ГІС об'єктним інструментом. Оскільки векторні дані містять інформацію про об'єкти, а не їх елементи, один шар може містити велику

кількість картографічних моделей певного типу. Використовувана в ГІС багат шарова організація електронної карти дозволяє об'єднати і відобразити велику кількість інформації, а також значно спростити аналіз картографічних даних за допомогою селекції даних, здійснити класифікацію чи перегрупування даних, підвищує ефективність інтерактивної обробки і групового автоматизованого аналізу даних, спрощує процес зберігання інформації в базі даних, спрощує вирішення різноманітних прикладних завдань.

2. Об'єктно-орієнтований підхід акцентує увагу на положенні кожного об'єкта в певній ієрархічній системі класифікації і на зв'язках між об'єктами, не беручи до уваги об'єднання цих об'єктів в шарах [89]. Відображаються так звані генетичні відносини між об'єктами, їх підпорядкованість і функціональний зв'язок між ними. Цей підхід використовується рідше, що зумовлено складною організацією системи взаємозв'язків між об'єктами, великими затратами на підготовчий період формування конкретної структури, а також труднощами при зміні існуючої структури бази даних.

Використання переваг обох підходів здійснено в моделі, побудованій на їх симбіозі, коли кожен індивідуальний об'єкт відображається в окремому тематичному шарі, що забезпечить гнучкість у встановленні логічних взаємозв'язків, характерних для об'єктно-орієнтованого підходу.

Сучасні ГІС-технології дозволяють здійснювати опрацювання, аналіз та представлення просторових об'єктів і явищ. Кожна конкретна геомодель повинна бути найбільш ефективною для тієї проблеми, на яку вона орієнтована. Особливості ГІС дозволяють застосовувати в рівній мірі статичні і динамічні (змінні в часі) моделі [136].

Основу процесів обробки і аналізу в ГІС становить цифрове моделювання, що дозволяє переходити до інших видів моделювання, а саме векторних і растрових моделей, моделей буферизації, аналізу мереж, побудови цифрових моделей місцевості тощо. На основі перерахованих видів моделювання можуть бути побудовані моделі більш високого рівня узагальнення: ієрархічні, мережеві і реляційні моделі.

Особлива роль в геоінформації належить поєднанню математичних і картографічних моделей. Мова йде про поєднання аналітичних систем, орієнтованих на обробку цифрових даних незалежно від їх просторового поширення, з картографічними системами, які призначені для безпосереднього відображення реальності за допомогою картографічного моделювання. Крім того, як різновид аналітичних систем часто розглядають інтелектуальні системи, які призначені для комплексного аналізу багатофакторної просторово-орієнтованої інформації. Інтелектуальні системи, що містять елементи картографічної ГІС, слід розглядати як сучасний рівень інтеграції ГІС-технологій.

Елементарні операції ГІС-моделювання можна об'єднати в наступні класи [88]:

- 1) операції перетворення (з вектору в растр і навпаки, стиснення і розгортка растрових даних);
- 2) трансформація проєкцій і координат;
- 3) обчислювальна геометрія (розрахунок площ, довжин, координат центроїдів полігонів, периметра тощо);
- 4) оверлейнові операції, що супроводжуються накладенням шарів між собою;
- 5) загальноаналітичні, графічно-аналітичні функції і функції моделювання (побудова буферних зон, аналіз мереж, цифрове моделювання рельєфу).

Проблема оптимізації ГІС-моделювання зводиться до розробки ефективних методів збору, первинної обробки інформації і створення уніфікованих моделей, які можуть забезпечити виконання певних типів моделювання, зокрема дозволить поєднання аналітичного моделювання з просторовим. Створення уніфікованих інформаційних моделей дозволяє ефективно використовувати різні види моделювання.

Одним з прикладів використання уніфікованих моделей є побудова аналітичної моделі, яка містить просторову складову на базі математичного рівняння обчислення ерозійних втрат ґрунтової маси під впливом водної ерозії.

Просторове моделювання ерозійних процесів виконане засобами ліцензійної програми ArcGISxx, і проведене в межах Західного лісостепу України.

Оскільки ерозія ґрунту оцінюється, в першу чергу, інтенсивністю змиву та об'ємами винесеного матеріалу, проектування та впровадження на практиці комплексу протиерозійних та ґрунтозахисних заходів потребує кількісних оцінок цих показників, які можна отримати емпірично з використанням просторового моделювання [93]. Нами використана одна з найбільш відомих емпіричних моделей – модифіковане універсальне рівняння оцінки ерозійних втрат ґрунту (Revised Universal Soil Loss Equation – RUSLE) [219]. Саме рівняння RUSLE було використано нами як базове для розробки власного ГІС-інструменту ErosionRUSLE [93]. Цей інструмент використовує практично всі описані в розділі методи просторового аналізу, а саме [99]:

- картометричні операції – вимірювання довжин, площ та периметрів об'єктів, зокрема геоморфологічних одиниць, визначення дистанції, напрямків між об'єктами, побудова профілів;
- просторово-часова статистика (метод геостатистики);
- метод оверлейного аналізу (операція «накладання») з використанням геометричного накладання та алгоритмічних операцій накладання (за допомогою логічних операторів типу AND, OR, NOT);
- аналіз географічних сіток (таких як гідрографічна, орографічна);
- метод аналізу просторових змін (зміна місця розташування, геометрії і властивостей);
- метод інтерполяції даних (Spatial Analyst та 3D Analyst);
- метод аналізу рельєфу з використанням його цифрової моделі, зокрема (1) визначення морфометричних характеристик рельєфу; (2) побудова карти крутизни та експозиції схилів; (3) побудова профілів; (4) побудова ліній стоку; (5) виділення структурних ліній рельєфу.

Базовою моделлю для вивчення всіх основних показників впливу на розвиток ерозійних процесів (крутизна, довжина, форма та експозиція схилу) вважається тривимірна цифрова модель рельєфу, створена засобами ArcGISxx.

Тривимірна цифрова модель рельєфу є основою для створення похідних моделей різних характеристик рельєфу з можливістю подальшого їхнього використання для вивчення інших діагностичних властивостей та ознак. Тому основним завдання є аналіз тривимірної моделі засобами ГІС та створення комплексного показника впливу геоморфологічного чинника на ерозійну небезпеку території [99].

Створення тематичних картосхем за крутизною, формою та експозицією схилів дало можливість засобами ГІС, а саме методами оверлейного аналізу та геостатистики, обчислити та візуалізувати якісно нові просторові дані потенційно можливих проявів водної ерозії, розробити класифікацію з виділенням п'яти класів за величиною потенційної ерозійної небезпеки ґрунтів.

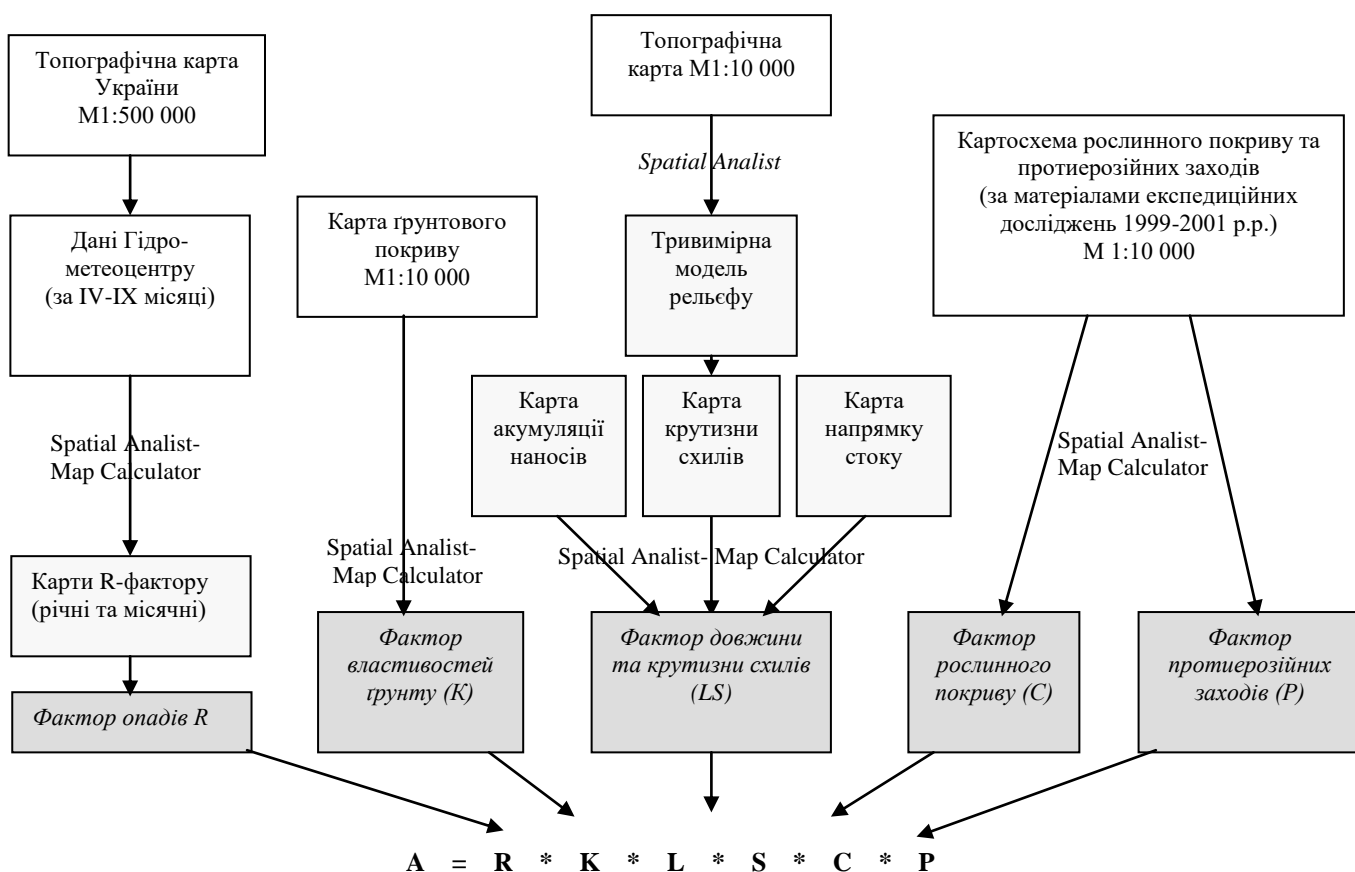


Рисунок 4.5. Використання аналітичних засобів ГІС для обчислення та візуалізації ерозійних втрат ґрунту на основі Модифікованого Універсального Рівняння – RUSLE.

Застосування розробленого ГІС-інструменту ErosionRUSLE при розрахунку параметрів RUSLE значно полегшує процедуру отримання кінцевого результату та сприяє більш комплексному його аналізу. На рисунку 4.5 схематично зображено всі складові процесу введення та розрахунку факторів RUSLE в ГІС, які застосовувались нами для побудови ерозійної моделі для досліджуваної території. Потенційна ерозійна небезпека визначалася на основі природних особливостей території, в першу чергу морфометричних, які є визначальними при оцінці невеликих територій. Фактор опадів визначає відмінності в ерозійній небезпеці для територій значно більших за розміром, а фактор ґрунтових властивостей вважається однаковим за умови однорідності ґрунтового покриву.

Важливим є порівняння потенційної ерозійної небезпеки для дослідних ділянок та даних фактичної змитості ґрунтів отриманих в результаті польових і лабораторних аналізів. Наприклад, засобами ГІС-аналізу встановлено, що на еродованих схилах з прямолінійним профілем потужність гумусового горизонту поступово зменшується від вододілу до нижньої третини профілю. На сильноеродованому схилі з випукло-ввігнутим профілем гумусовий горизонт був повністю змитий на випуклій ділянці, а потужні наноси утворилися на ввігнутій ділянці профілю [99].

Підсумовуючи отримані результати, можемо стверджувати, що RUSLE рекомендоване для розрахунку довготривалих середньорічних втрат ґрунту із розораних територій, може застосовуватися для розробки комплексу заходів з впровадження сталого землекористування з організацією та наступним функціонуванням еколого-безпечних агроєкосистем.

Окрім того, дані отримані під час моделювання та верифікації даних в межах Волинського лісостепового Опілля використані для наповнення бази даних ґрунтової інформаційної системи Львівської області [93].

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 4

1. 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, впровадити 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.

2. 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 ґрунтових ресурсів, впровадити сучасні методи досліджень ґрунтів в агрономії, земельному кадастрі, моніторингу і охороні ґрунтів.
3. Беззаперечним є прогрес у розробці і використанні різних методик і технологій складання ґрунтових карт різних масштабів з використанням даних дистанційного зондування. Проаналізовані сучасні підходи і методи дозволяють отримувати якісно нову інформацію про ґрунти і ґрунтовий покрив шляхом дешифрування знімків з використанням прямих і непрямих ознак, що в свою чергу зумовлює скорочення обсягу дорогих і довготривалих польових робіт.
4. 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 і виявити критерії оптимізації цієї взаємодії. Просторове моделювання є обов'язковим компонентом при управлінні ґрунтовими і земельними ресурсами певної території, прогнозуванні ефективності управління.

РОЗДІЛ 5. ҐРУНТОВА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА – БАЗОВА ОДИНИЦЯ ІНФОРМАЦІЙНОГО ҐРУНТОЗНАВСТВА

Сучасні засоби комп'ютерного моделювання дозволяють ефективно вирішувати завдання кількісного і якісного опису складних динамічних систем природи [75]. В попередніх розділах дисертаційної роботи проаналізовано сучасні інформаційні технології, досліджено широкий спектр інструментів, які дозволяють отримувати актуальну інформацію про ґрунти і опрацьовувати її в реальному часі. Саме для таких завдань розробляють ґрунтові інформаційні системи.

Фактично інформаційні системи є сучасним засобом організації та аналізу даних з метою отримання інформації про ґрунти і ґрунтовий покрив певної території. Дані, якими оперує ґрунтознавець (опис розрізів, результати аналітичних досліджень), мають формалізований вигляд, що дозволяє певним чином передавати або опрацьовувати їх з допомогою сучасних технологічних процесів [17; 74]. Ми вже згадували, що дані та інформація не цілком ідентичні поняття [3; 22]. Під даними ми розуміємо первинні відомості про об'єкт, а інформація це знання отримане з цих даних. У свою чергу, щоб збільшити швидкість обробки даних і отримання інформації використовують різні системи. Під системою розуміють впорядкований набір методів і процедур, які прискорюють досягнення встановлених цілей [22]. Виходячи з цих понять, будь-яка система, яка перетворює дані в інформацію, може називатися інформаційною системою. У ґрунтознавстві інформаційна система визначається як «система, що включає методи аналізу, апаратне та програмне забезпечення, носії інформації і дані про ґрунти і ґрунтовий покрив, які можуть бути використані для виконання необхідних інформаційних процесів» [225].

Отже, 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 складається з комплексу реляційних баз даних та включає семантичний і геоінформаційний

набори даних. Від звичайних ГІС ґрунтова інформаційна система відрізняється інтеграцією двох типів цифрового кодування інформації – просторових ґрунтових об'єктів та атрибутивних ґрунтових баз даних. Комп'ютерні мережі та інтернет дозволяють створювати принципово нові глобальні ґрунтові інформаційні системи, які базуються на використанні мережевого протоколу [http: //](http://) для доступу та відображення інформації.

Подібні системи використовують для прогнозування і моделювання ґрунтових процесів, застосовують під час проведення ґрунтових досліджень, таких як прогноз ерозійної небезпеки, вивчення хімічної, біологічної та фізичної деградації ґрунтів; оцінка ґрунтових ресурсів; контроль за врожайями; контроль за продуктивністю лісів; дослідження глобальних змін ґрунту; моніторинг за зрошенням і осушенням; агроекологічне та інші районування; розрахунок ризиків посухи тощо.

5.1. Функціональні та технічні обмеження сучасних ґрунтових інформаційних систем

Аналіз сучасного стану зарубіжних і вітчизняних розробок в області інформаційних технологій вказує на те, що перехід до електронних форм внесення, зберігання, аналізу, обробки, виведення і обміну ґрунтовими даними є актуальним напрямком розвитку теоретичного і експериментального ґрунтознавства, відповідно є безпосереднім предметом вивчення інформаційного ґрунтознавства.

Сучасним напрямком більшості зарубіжних розробок в цій галузі є створення ґрунтових інформаційних систем з використанням трьох взаємопов'язаних технологій: (1) інтернет-технологій для забезпечення багаторівневого доступу до даних; (2) технологій зберігання і представлення семантичних даних у вигляді ґрунтових баз даних; (3) технологій зберігання і представлення просторових даних засобами ГІС.

Базуючись на аналізі найбільш поширених ґрунтових інформаційних систем, який подано окремим розділом дисертаційної роботи, можна

стверджувати, що міжнародне співтовариство ґрунтознавців в якості еталону сучасних ґрунтових інформаційних систем використовує SOTER [111-113; 241; 244]. Проект SOTER ініційований в 1986 році для подолання головних обмежень і створення передумов для просторового моделювання та проведення всебічних ґрунтових досліджень. Мова йде про формування стандартизованої за єдиними вимогами глобальної бази даних ґрунтів. Концепція проекту SOTER побудована на взаємозв'язках атрибутивних і геоінформаційних баз даних, зараз де-факто є стандартом для більшості ґрунтових інформаційних систем. Проте, основна частина SOTER, зокрема атрибутивна база даних властивостей ґрунтів має достатньо серйозні обмеження.

Модель атрибутивної бази даних SOTER складається з декількох таблиць, з яких дві є основними і містять дані про ґрунтові профілі і горизонти, а решта таблиць є допоміжними, що містять розшифрування кодів показників або методів визначення цих показників.

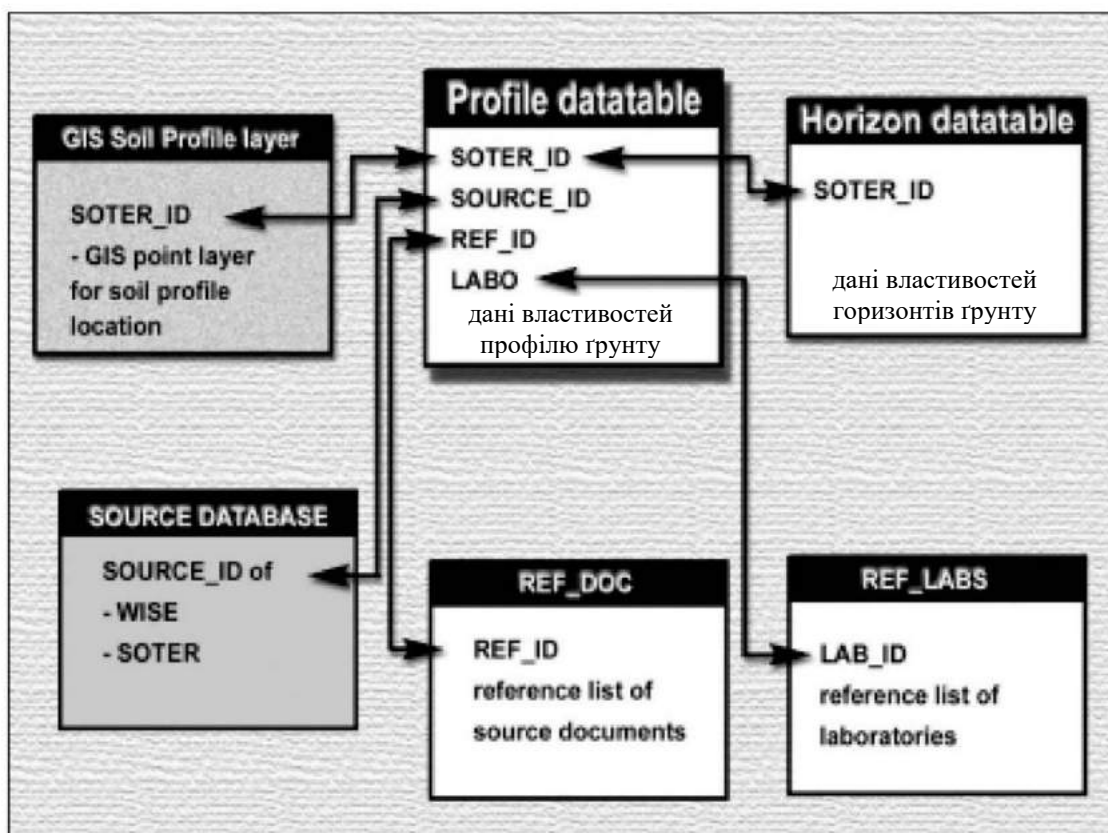


Рисунок 5.1. Зв'язки між основними компонентами бази даних SOTER [244].

Недоліками такого способу організації даних є:

- відсутність інформації про джерела отриманих вхідних значень, а саме: який тип цих значень, чи є вони експериментальними чи розрахунковими;
- методи вказані тільки для частини показників, що ускладнює гармонізацію і обумовлює неоднозначність інтерпретації значень показників;
- здебільшого використовують додаткове (проміжне) шифрування, що приводить до неоднозначності даних, які знаходяться в одному полі таблиці, ускладнює їх розуміння і аналіз;
- необхідність періодичної суттєвої зміни і оновлення програмного коду опрацювання даних (відсутність єдиного системного підходу). Мова йде про те, що додавання нового показника призводить до появи додаткової таблиці, а це відповідно ускладнює інтерпретацію даних;
- багато ручної роботи при формуванні і опрацюванні бази даних, зокрема порожні значення, які неминуче виникають при використуваному способі упорядкування даних, призводять до збільшення обсягу бази даних, що в свою чергу зумовлює її неефективність;
- обмеженість можливостей використання формально-логічного апарату вибірки і операцій з даними;
- використання старого зразка платформи бази даних, тобто обмеженість наявного і потенційно можливого облікового складу показників (максимум 128 показників);
- неефективність при одночасній роботі декількох користувачів із системою, а саме відсутній контроль за поточними версіями бази даних.

Під час аналізу і тестування найбільш поширених ґрунтових інформаційних систем були виявлені ці та інші обмеження, які були враховані при розробці ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

Перераховані обмеження можна згрупувати у дві великі проблемні групи: (1) проблему моделей опису предметної області і (2) проблему формалізації описової мови предметної області.

Крім того, ще однією проблемою, яку слід вирішити є процедура перетворення аналогових (візуально доступних) форм зберігання в цифрові (електронні) та зворотна операція відновлення з електронних форм у візуальну, що часто призводить до втрат і спотворення інформації.

Часто моделі зберігання даних в електронних формах створені для конкретних прикладних завдань без врахування внутрішніх закономірностей і зв'язків між властивостями об'єктів. Звідси виникає обмеженість і вузькість набору показників, які використовуються в конкретному дослідженні і проєктованій з цією метою системі.

Таким чином, при розробці ґрунтової інформаційної системи ми повинні вирішити дві найважливіші проблеми – проблема моделей опису ґрунтів і проблема формалізації описової мови предметної області.

5.2. Етапи створення ґрунтової інформаційної системи

Створення будь якої ґрунтової інформаційної системи складається з таких великих організаційних блоків: (1) підготовчий етап; (2) збір вимог до системи і формування завдань; (3) проєктування системи; (4) тестування і реалізація системи; (5) експлуатація і технічний супровід [14; 147].

Розглянемо детальніше кожен з організаційних блоків створення ґрунтової інформаційної системи.

Підготовчий етап передбачає формування основних цілей і завдань запланованого проєкту. Для цього представники замовника та виконавця обговорюють концепцію інформаційної системи, ключові технічні моменти, терміни і обсяги виконуваних робіт, а також вартість і джерела фінансування.

До методів вивчення і аналізу стану досліджуваного об'єкта, особливостей його функціонування і використання відносять:

- усне і письмове опитування;

- спостереження, вимірювання, оцінка;
- групове обговорення;
- аналіз завдань;
- аналіз інформаційних, управлінських та виробничих процесів.

Під час цього етапу здійснюють аналіз інформаційної бази наявних ґрунтових та інших тематичних даних, всі доступні вхідні документи, їх обсяг, періодичність, алгоритми, вихідні документи, інформаційні зв'язки між ґрунтовими властивостями і певними критеріями тощо. Ці дані обробляються, і будується інформаційна модель об'єктів у вигляді таблиць і графіків.

Підсумком попереднього етапу, крім узгоджених умов майбутнього договору, є базовий проектний документ – статут проекту.

Статут проекту визначає наступні принципові моменти, пов'язані з процесом розробки та впровадження ґрунтової інформаційної системи [14]:

- короткий опис проекту, цілі та завдання створення ґрунтової інформаційної системи.
- загальний опис обсягів робіт.
- базові організаційні аспекти проекту: терміни, бюджет, просторове охоплення і просторові рівні (масштаб) дослідження ґрунтового покриву, тематична деталізація ґрунтової інформації тощо.
- технічний опис кінцевого продукту: перелік апаратного і програмного забезпечення, тип і кількість ліцензій тощо.
- організаційна структура проекту: список і ролі учасників проекту (обох сторін – виконавця і замовника), їх відповідальність і обов'язки, система документообігу проекту.
- основні етапи розробки та впровадження ґрунтової інформаційної системи, орієнтовний план-графік їх реалізації.
- потенційні ризики, які можуть виникнути під час реалізації проекту, а також способи мінімізації таких ризиків.

Отже, статут проекту – це свого роду організаційний план дій, який розробляється керівником проекту спільно з основними учасниками проектної

групи, затверджується виконавцем і замовником. Важливо, що затверджений статут не може суттєво змінюватися в процесі розробки самої інформаційної системи.

Завершенням підготовчого етапу слід вважати підписання договору надання послуг із розробки та реалізації ґрунтової інформаційної системи, а також затверджений статут проекту.

Збір вимог до системи і формування завдань проекту є другим важливим етапом розробки ґрунтової інформаційної системи.

Оскільки, в результаті першого етапу ми вже визначили основні завдання, ключових виконавців, тому на другому етапі слід почати формувати і структурувати вимоги до запланованої ґрунтової інформаційної системи. Зокрема, виконавці спілкуються з майбутніми користувачами та адміністраторами системи. В результаті такого аналізу виконують систематизацію вимог і побажань до запланованої ґрунтової інформаційної системи, проводять детальний аналіз документації, яка є джерелом вхідних даних системи.

Результатом цього етапу є розроблене технічне завдання для створення і впровадження ґрунтової інформаційної системи. Технічне завдання повинно базуватися на умовах договору та вимогах, викладених в статуті проекту і може включати наступні розділи:

- Призначення і цілі створення системи.
- Опис об'єкта автоматизації і основних автоматизованих бізнес-процесів.
- Територія охоплення проекту.
- Рівні просторової та тематичної деталізації даних проекту.
- Вимоги до системи: вимоги до структури; функції (завдання), що вирішуються системою; вимоги до технічного і організаційного забезпечення; вимоги до надійності, безпеки тощо.
- Графік і зміст робіт зі створення ґрунтової інформаційної системи.
- Контроль і порядок приймання результатів робіт.

- Порядок введення в експлуатацію.
- Вимоги до складу проектної документації.
- Умови технічної підтримки та супроводу системи.

Кінцевим кроком цього етапу є затвердження замовником розробленого технічного завдання. В окремих випадках замовник розробляє технічне завдання ще до початку робіт над проектом. В такому випадку результати додаткових обстежень та збір вимог фіксуються в розширених технічних завданнях, які деталізують і конкретизують загальні вимоги до ґрунтової інформаційної системи, подані в попередньому технічному завданні.

На третьому етапі здійснюється безпосереднє проектування системи, тобто виконавець детально проектує всі сценарії, пов'язані із розробкою і впровадженням ґрунтової інформаційної системи. Робиться це відповідно до умов інформаційного середовища замовника та вимог, які передбачають інтеграцію створюваної системи з уже наявними і експлуатованими замовником іншими програмними продуктами (наприклад, інформаційна система земельних ресурсів, система моніторингу за екологічним станом території тощо).

Проектування також передбачає створення паролів, програм, сценаріїв діалогу користувача з інтерфейсом системи, включаючи проектування ієрархічних організованих меню і "вікон". Також можуть бути доступними перелік блоків, модулів і програм, які будуть спроектовані під час розробки системи.

Результатом етапу проектування повинно стати оформлення наступних розділів технічного (концептуального) проекту [232]:

- Архітектура інформаційної системи.
- Опис структур інформаційного сховища (бази даних).
- Проектні рішення, представлені детальним описом сценаріїв автоматизації процесів.
- Сценарії інтеграції ґрунтової інформаційної системи із зовнішніми програмними продуктами.

- Джерела вихідних даних і варіанти початкового інформаційного наповнення системи.
- Концепція розмежування прав доступу до даних на основі прав користувачів, що визначають, в тому числі, всі рівні доступу.
- Навчання користувачів інформаційної системи.

Відповідно до вимог технічного завдання на етапі реалізації виконавець розробляє всі необхідні програмні компоненти, створює структуру бази даних, розробляє програмний продукт, здійснює налаштування і тестування всіх компонентів ґрунтової інформаційної системи, імітує сценарії інтеграції, тестує процедуру внесення даних тощо. Завершення етапу реалізації підтверджується розробкою таких проектних документів, як посібник із встановлення та налагодження системи, програма і методика випробування системи, а також шаблон бази даних і реєстрів всіх створених програмних розробок і компонентів.

Етап експлуатації і технічного супроводу передбачає встановлення і налаштування всіх компонентів системи на апаратних носіях та інформаційному середовищі замовника, проведення попереднього тестування, розробку документації для користувачів, навчання користувачів, проведення випробувань системи відповідно до програми і методики випробувань. Після встановлення і тестування програмного продукту здійснюють наповнення всієї ґрунтової бази даних території дослідження. Наповнення бази даних здійснюють відповідно до технічного завдання, на відповідних рівнях просторової і тематичної деталізації ґрунтових даних.

Регламент експлуатації системи повинен бути розроблений і затверджений до моменту закінчення всіх підготовчих робіт. Регламент повинен визначати користувачів та їх роль у використанні системи, рівні доступу до системи, правила та обмеження тощо.

Важливо, щоб тестування системи замовником було здійснено протягом певного часу передбаченого технічним завданням, з метою виявлення помилок та проведення всіх необхідних доопрацювань. Виконавець усуває помилки,

виконує доопрацювання і за умови, що система починає функціонувати у відповідності з усіма, пред'явленими до неї раніше вимогами, в кінці встановленого періоду отримує протокол про успішне завершення тестової експлуатації.

Як правило саме на цьому етапі завершується дія договору на створення інформаційної системи. Сама система переходить в режим повноцінної експлуатації, а виконавець, якщо в цьому зацікавлений замовник, укладає окремий договір на її технічний супровід.

Зазвичай процес технічного супроводу і вдосконалення системи відносять до окремого етапу, оскільки під час тривалої експлуатації виявляють певні додаткові неточності. Також часто з'являється необхідність у певних програмних доповненнях чи доопрацюваннях. Оскільки не завжди замовник має в своєму штаті персонал, який здатний самостійно вносити в роботу системи певні корективи відповідно до нових вимог чи обставин, тому часто виникає необхідність укласти додатковий договір на технічний супровід розробленої системи [232].

Сам процес технічного супроводу здебільшого відбувається через взаємодію користувачів інформаційної системи із представниками служби підтримки замовника, які приймають від них заявки на доопрацювання функціоналу та усунення дефектів, передають заявки в роботу і періодично сповіщають користувачів щодо статусу їхніх запитів. Перелік можливих доопрацювань і регламент обробки заявок визначається умовами договору.

5.3. Структура бази даних ґрунтової інформаційної системи

База даних є важливою складовою ґрунтових інформаційних систем. Всі дані створюють та використовують з допомогою систем управління базами даних (СУБД), під якими розуміють сукупність програмних засобів, необхідних для створення, роботи і підтримки бази даних, а також пошуку необхідної інформації [108]. Загальноприйнятим є уявлення про бази даних як взаємопов'язаної сукупності таблиць. Кожна таблиця складається з рядків

(записів) і стовпців (полів). Кожен запис містить інформацію про об'єкт, а поле – значення певної властивості цього об'єкта. У найпростішому випадку вся база даних складається з однієї таблиці. Як приклад можна розглянути список ґрунтових одиниць адміністративного утворення, де кожен рядок містить дані про ґрунт, а значеннями полів є назва ґрунту, гранулометричний склад, вміст гумусу, кислотно-основні властивості тощо. Такі дані прийнято називати атрибутивними або фактографічними, або ще простіше – табличними.

Основні операції, які можна виконувати із атрибутивними даними, включають в себе пошук даних за різноманітними запитами, впорядкування даних (наприклад, за алфавітом), об'єднання взаємопов'язаних даних з різних таблиць, обчислення сумарних значень, побудова різноманітних звітів тощо. Крім того, СУБД дозволяє виконувати операції із створення і модифікації баз даних: додавання і видалення записів, редагування (зміна значень) полів записи, зміна структури записів (додавання і видалення полів тощо).

Встановлено, що малоефективно використовувати звичайні (атрибутивні) СУБД в поєднанні з таким специфічним видом даних, як графічні або просторові об'єкти [108].

Графічний об'єкт (далі просто об'єкт) характеризується прив'язкою до визначеної системи координат (наприклад, географічних). Об'єкт визначається, як мінімум, однією парою координат (X , Y), яка вказує на місце його розташування (наприклад місця закладення ґрунтових розрізів). Крім того, об'єкт може мати певну форму і розміри, які визначаються набором точкових координат.

Оскільки координати точок об'єктів є атрибутивними даними, вони можуть зберігатися у звичайній базі даних. Однак такий підхід не дозволяє вирішувати завдання, в яких важливою є просторова складова об'єкта (наприклад елементарного ґрунтового ареалу або ґрунтового контуру іншого рівня). До таких завдань ми можемо віднести важливі для опрацювання ґрунтової інформації функції: просторове відображення об'єктів, просторовий

пошук, оверлейнові операції, редагування об'єктів, а також різноманітні завдання просторового аналізу.

База даних, спроектована для зберігання інформації про просторові ґрунтові об'єкти, називається ґрунтовою геоінформаційною базою даних [29].

Основою розуміння структури та можливостей баз даних служить архітектура СУБД, що передбачає розгляд структури даних одночасно з декількох позицій (рівнів), які ототожнюються з різними уявленнями або моделями баз даних (рис. 5.2).

Зовнішній рівень відображає індивідуальні уявлення про набір тематичних даних різними користувачами і може бути описаний кількома моделями баз даних, кожна з яких відображає абстрактне (логічне) уявлення певної частини бази даних одним користувачем.

Зокрема, керуючись цим принципом, різномасштабні пакети даних лінійних об'єктів різної деталізації були описані і перетворені нами у зовнішню модель даних з метою формування комплексної бази даних, яка дозволила встановити антропогенний вплив на рівень функціональної спроможності окремих природних масивів в межах Західної України і прикордонних регіонів двох сусідніх країн (Польщі і Білорусії) [103]. Окрім пакету даних лінійних об'єктів для згаданого аналізу нами сформовано декілька пакетів полігональних даних (екологічні коридори, старовікові ліси, наземний і ґрунтовий покрив тощо), які конвертовані у дві зовнішні моделі: (1) модель просторових структурних взаємозв'язків умовно антропогенно-непорушених територій; (2) модель функціональних взаємозв'язків умовно антропогенно-непорушених територій. Використання цих моделей в СУБД разом з методами просторового ГІС-аналізу дозволили сформуувати концептуальну модель бази даних, яка окрім згаданих зовнішніх моделей містить похідні растрові і векторні дані щільності лінійних об'єктів, втрат природних типів наземного покриву, величин приросту рослинності тощо [103]. Цей апробований підхід використаний під час підбору пакетів даних, розробки окремих моделей даних і

бази даних в цілому, як важливої складової створеної нами ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

Тобто, результати власних досліджень дозволяють стверджувати, що концептуальний рівень бази даних містить відображення даних користувачами у вигляді узагальненої моделі реального світу або абстрактного уявлення інформації бази даних в цілому. Це доведено на прикладі описаного власного досвіду формування просторової бази даних природних і антропогенних об'єктів, в тому числі в межах Львівської області [103]. Сформована база даних дозволила провести комплексний аналіз впливу лінійних об'єктів на фрагментацію природних середовищ, оцінити масштаби і загрози такої фрагментації в межах Західної України і прикордонних регіонів двох сусідніх країн (Польщі і Білорусії) [103]. Також доведено важливість використання векторної моделі представлення даних в якості основної для розробки цієї бази даних.

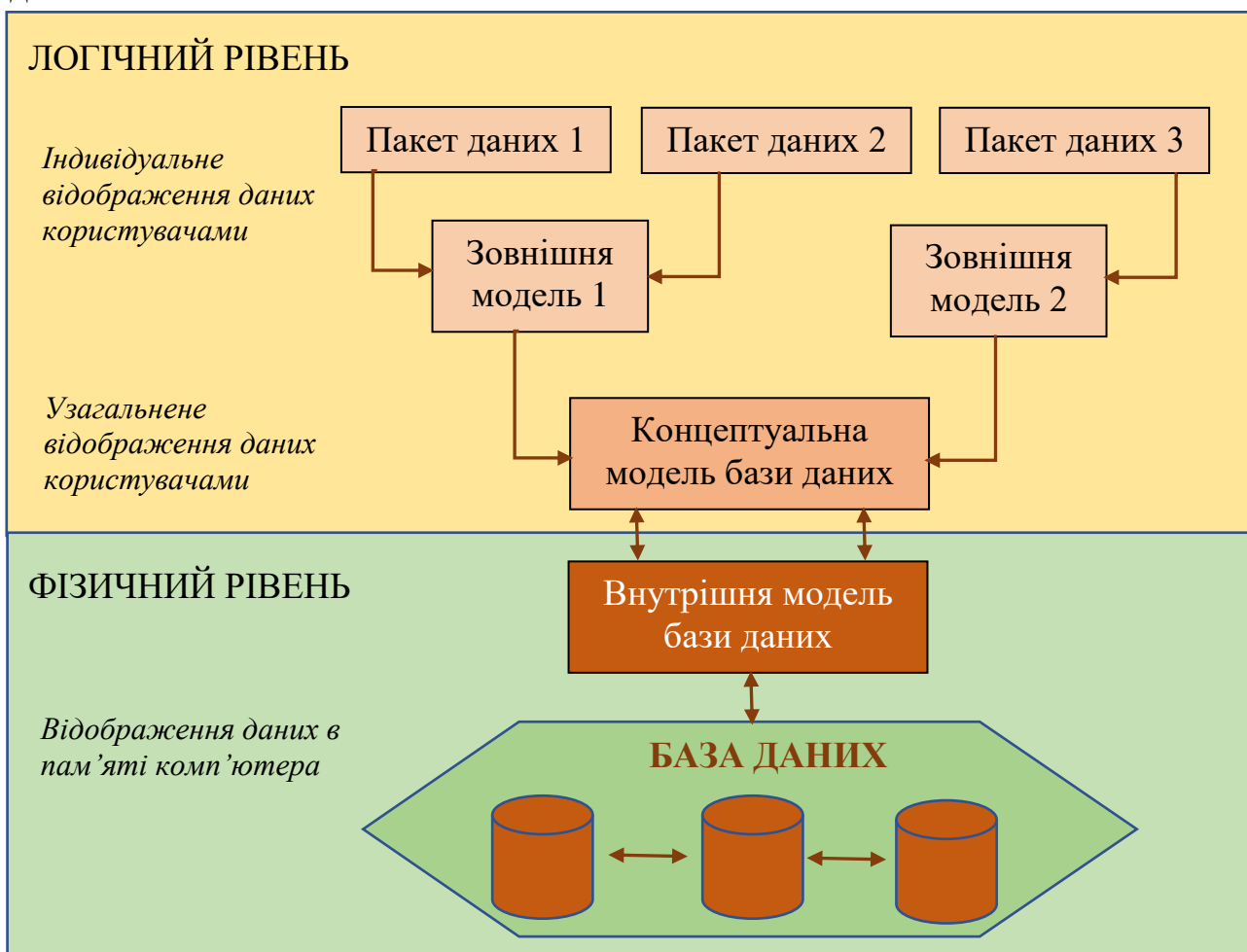


Рисунок 5.2. Багаторівневе представлення бази даних.

Внутрішній рівень близький до фізичного представлення даних в пам'яті комп'ютера і описує структуру файлів, в яких зберігаються дані [34].

Отже, необхідність відображення в ґрунтовій базі даних просторових властивостей об'єктів, тобто даних, які формують графічні образи просторових об'єктів в середовищі ГІС, а також застосування ґрунтово-картографічних та інших тематичних картографічних матеріалів, як первинних джерел інформації, зумовлюють вибір векторної моделі представлення даних в якості основної для розробки ґрунтових баз даних в ГІС [148].

Векторна модель представлення ґрунтових даних є ефективною як на етапах збору та зберігання інформації, так і при безпосередньому здійсненні різного комплексу просторово-аналітичних завдань, що вирішуються в ГІС. Крім того, використання даних дистанційного зондування обумовлює необхідність застосування растрових моделей даних в ґрунтових базах даних ГІС, часто в поєднанні із векторними даними, формуючи таким чином векторно-растрове представлення даних. Це дозволяє спільно використовувати векторні шари (картографічні зображення) і растрові дані (трансформовані фотографічні зображення), що особливо актуально при автоматизації складання ґрунтових карт, їх оновленні, а також при створенні різних похідних тематичних карт, наприклад карт ерозійних процесів, карт динаміки змін різних ґрунтових процесів тощо.

Необхідність дотримання геометричної точності відображення геопросторових об'єктів і наявність численних зв'язків між просторовим об'єктами зумовлює використання комплексної векторної топологічної моделі, яка забезпечує геометричну і топологічну точність картографічних даних [108]. Саме така модель дозволяє здійснювати просторово-аналітичні обчислення, які базуються на різноманітних просторових зв'язках між об'єктами: об'єкти із спільними межами, віддаленість від лінійних та інших об'єктів, включення одних об'єктів в інші (по імені, типу, приналежності до території тощо). З огляду на різноманіття топологічних зв'язків, які існують не тільки в межах одного картографічного шару, але і між об'єктами різних тематичних шарів,

створення таких векторних топологічних моделей вимагає ретельної розробки технології векторизації картографічних матеріалів, в першу чергу узгодження спільних меж різних тематичних шарів. Для забезпечення такого підходу, кожному виду об'єктів визначають всі його потенційні зв'язки з іншими об'єктами, а також топологічні особливості (наприклад, використання кінцевих або вузлових точок, замкнутість полігонів, включення об'єкта в якості підоб'єкту в інший тощо). Використання зовнішніх даних у вигляді тематично розподілених картографічних зображень технологічно спрощує створення повних векторних шарів.

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 [119; 148].

Пошаровий принцип організації просторових даних дозволяє ефективно оперувати групами об'єктів, які згрупованих 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 проводиться уніфікація концептуального уявлення семантично різнорідних даних про об'єкти відповідно до змісту карт і в першу чергу їх легенд, наочно відображають предметну область у всій різноманітності і ієрархії об'єктів місцевості. Саме це робить ґрунтову легенду карти прообразом бази знань, що формується при читанні ґрунтової карти.

При визначенні змісту об'єктів і картографічних шарів слід враховувати також технологічні аспекти: зручність внесення даних (як позиційних, так і

атрибутивних), можливості групового кодування і прописування атрибутів тощо. Також повинна враховуватися специфіка вирішення найбільш типових аналітичних задач ГІС, здійснюваних з певними групами об'єктів.

Модель бази даних, яка розроблена із застосуванням об'єктно-картографічного методу, дає можливість користувачеві наочно сприймати семантичну сутність об'єктів шару або поєднань тематичних шарів. При цьому сутність кожного індивідуального об'єкта і його приналежність до будь-якої ієрархії забезпечується не самим графічно відображуваним об'єктом, як на цифровій карті, а виноситься окремо (по аналогії з легендою карт) в систему класифікації об'єктів, тобто в атрибутивні таблиці [34; 148].

Пошаровий характер запропонованої об'єктно-картографічної моделі бази даних надає гнучкості її структури, можливість її поповнення і вдосконалення шляхом внесення нових картографічних шарів, встановлення відповідних зв'язків між об'єктами в атрибутивних таблицях. За необхідності можлива зміна класифікацій закартованих об'єктів, без зміни самої структури класифікатора. Така процедура передбачає лише зміну зв'язків в атрибутивних таблицях. Маніпулювання даними окремих шарів забезпечує також можливість оверлейових операцій як ефективного способу обробки і аналізу географічної інформації, що міститься в базі даних.

Розробка ґрунтової інформаційної системи окрім ґрунтової картографічної моделі вимагає використання декількох інших базових моделей (наприклад, топографічної, геологічної, землевпорядної та інших цифрових карт) [29]. 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. Кожна з цих груп буде характеризуватися своїми принципами організації, передбаченими в спеціальних класифікаторах. В той самий час, структура моделей об'єктів в комплексній ґрунтовій інформаційній системі може виявитися надмірно насиченою за рахунок виділення в окремих її підрозділах одних і тих же типів об'єктів, які відрізнятимуться між собою лише своїм

картографічним відображенням на вихідній карті. Така надмірна деталізація картографічного опису об'єктів, може бути затребувана в умовах використання всієї повноти функцій ґрунтової інформаційної системи, проте на практиці може виявитися зайвою, ускладнюючи сприйняття користувачем сутності ґрунтових об'єктів або окремих властивостей чи процесів, які просторово відображені засобами ГІС.

Таким чином, розробка ґрунтових інформаційних систем на принципах структурування з використанням існуючих класифікаторів цифрових карт в умовах багатогалузевого характеру баз даних може привести до ускладнення процесів моделювання та просторового аналізу [29]. Зайва «картографічність» у представленні ґрунтових та інших тематичних даних, в цьому випадку як би «перевантажує» або вуалює смисловий зміст модельованих об'єктів. Однією з важливих вимог, які ставлять перед сучасними ґрунтовими інформаційними системами, є простота у маніпулюванні даними різних категорій на основі інтуїтивних понять рядового користувача, що не вимагають від нього глибоких знань мов програмування та математичних методів.

В якості основи формування структури бази даних використовують оптимальний для ґрунтової інформаційної системи набір масивів тематичних даних, які організовані згідно об'єктно-картографічного принципу і є фактично первинними векторними картографічними шарами. Такі дані служать джерелом зовнішніх даних для формування самої моделі даних ґрунтової інформаційної системи. Окрім самого шару ґрунтового покриву сюди ми відносимо базові топографічні шари, просторові дані основних чинників ґрунтоутворення (геологічна і геоморфологічна карти, кліматичні дані тощо). Кожен об'єкт тематичного шару за допомогою ідентифікатора зв'язується за допомогою реляційної СУБД з відповідною таблицею семантичних атрибутів об'єктів ГІС, який розроблений з врахуванням класифікацій, прийнятих в тій чи іншій предметній області. Це забезпечує зв'язок кожного просторового об'єкта з будь-яким класифікаційним угрупованням пропонованої схеми, що дозволяє здійснювати опис його семантичної сутності, а з іншого боку – отримувати

поєднання об'єктів за певними смисловими значенням або характеристиками. Система таких взаємопов'язаних таблиць ефективна для організації даних в ґрунтовій базі даних, яка будується за принципом суворої ієрархічної підпорядкованості, розробленої відповідно до природної класифікації об'єктів і забезпечує в ній підтримку автоматичного зв'язку об'єктів [148].

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. Це становить перший етап формування бази даних за об'єктно-картографічним принципом.

Бази даних, які організовані за об'єктно-картографічним принципом, формують як на основі ґрунтових, топографічних та окремих тематичних картах, доступних для даного регіону, так і інших спеціальних даних, які можуть бути отримані додатково. Структура таких баз даних підпорядкована правилам розуміння картографічних матеріалів на основі змісту умовних знаків і правил просторового поширення різних груп об'єктів, а отже є більше процесом сприйняття, усвідомлення і осмислення людиною таких просторових даних. З іншого боку, комп'ютерний принцип читання просторових даних полягає в розробленій методиці швидкого і наочного автоматизованого аналізу картографічних матеріалів з метою використання результатів для вирішення певних завдань ГІС. Від ступеня структурування і системності впорядкування таких просторових даних, пов'язаних з ними атрибутивних таблиць, залежить ступінь наближення всієї бази даних до категорії інтелектуальних систем. У структурі такої бази даних необхідно відобразити стандартні процеси сприйняття, в першу чергу – від загального до конкретного, або шляхом послідовного наближення до об'єкту в ієрархічній системі даних.

В ґрунтовій інформаційній системі картографічні дані організовано у вигляді вкладених (ієрархічно підпорядкованих) груп об'єктів різної тематики, що утворюють деревоподібну структуру [29]. Фрагмент такої структури, що

ілюструє структуру кількох тематичних розділів ґрунтової бази даних, зображений на рисунку 5.3.










Тематичні карти	Картографічні шари		Семантичні дані (приклад)
Межі	Адміністративні Районування Межі ПЗФ		Типи адміністративних меж (область, район) Вид районування і таксономічні одиниці Межі об'єктів ПЗФ різних рівнів
Ґрунтовий покрив	Ґрунтові контури Розрізи Агрогрупи		Ґрунтові таксономічні одиниці (опис) Тип розрізу, місцезнаходження тощо Характеристика агропромислових груп ґрунтів
Геологічна будова	Четвертинні відклади		Характеристика четвертинних відкладів
Геоморфологічна будова	Ізолінії висот Ерозійні форми Позначки висот		Тип рельєфу Ерозійні процеси (опис)
Рослинний покрив	Рослинні угруповання		Тип рослинності Рослинні асоціації Біотопи
Землеустрій	Земельні ділянки		Характеристика земельної ділянки Сервітути Вартісна оцінка
Природно-заповідний фонд	Об'єкти ПЗФ		Класифікація об'єктів ПЗФ Функціональне зонування
Населені пункти	Міста Селища Села Квартали		Кількість мешканців Демографічні показники
Транспорт	Автомобільні дороги Залізничні шляхи Трубопроводи		Матеріал покриття Клас дороги Призначення

Рисунок 5.3. Фрагмент принципової схеми об'єктно-картографічної організації даних в регіональній ґрунтовій інформаційній системі.

Основа структури становлять об'єкти картографічних шарів (просторові дані) і супутні атрибути, що визначають їх положення в ієрархії тематичних

груп даних (ліва частина схеми) і сукупності характеристик об'єктів (права частина схеми). Крім того, принцип об'єктно-картографічної організації даних передбачає групування даних у вигляді різнорівневих взаємозв'язків між атрибутами різних за тематикою просторових об'єктів.

Перед тим як створювати або оновлювати (редагувати) картографічні шари інформаційної системи потрібно сформулювати нові структурні одиниці (гілки) в класифікаційній структурі бази даних. Це в першу чергу розширення складу словників зв'язаних із об'єктами нового шару, і поява додаткових таблиць в системі класифікації об'єктів бази даних.

Запропонована структура бази даних забезпечує можливість додавання нових гілок (структурних одиниць), у випадку необхідності внесення в систему нових даних, що в свою чергу забезпечує відкритість такої системи.

В якості вхідних даних для бази даних ґрунтової інформаційної системи на кожному рівні можуть бути:

1) дані про геопросторові об'єкти (позиційні, семантичні, атрибутивні), які отримують здебільшого з паперових (аналогових) карт. На сьогодні збільшується частка даних, які отримують в цифровій формі у вигляді векторних (цифрових) карт, растрових карт або первинно уніфікованих семантичних даних;

2) дані, які регламентують порядок збору даних. Такі дані формулюють у вигляді «технічного завдання на збір даних»;

3) дані, які регламентують порядок синтезу і зовнішнього представлення моделей, що використовують при обробці і зберіганні даних, а також моделей, сформованих за запитами в ході вирішення просторово-аналітичних задач інформаційної системи.

Інформаційною основою бази даних ґрунтових інформаційних систем служить сукупність даних, що містять різноманітні характеристики об'єктів місцевості: семантичні, 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.

Основними елементами графічного відображення геопросторових об'єктів в ґрунтовій інформаційній системі є точка, лінія і полігон. Такий елемент як «об'єм» в ґрунтовій інформаційній системі використовується рідше, здебільшого для вирішення окремих спеціальних завдань (наприклад, при об'ємному поданні рельєфу, відображенні ґрунтових властивостей на різних глибинах, структурно-профільному моделюванні тощо). З огляду на вузьку специфіку таких завдань, категорія «об'єм» при необхідності може бути введена в базу даних через визначення третьої координати Z.

5.4. Класифікація ґрунтових інформаційних систем

За типом та логікою організації даних інформаційні системи поділяються на фактографічні, документальні та геоінформаційні [7; 205].

Фактографічні інформаційні системи накопичують і зберігають дані у вигляді сукупності записів одного або декількох типів структурних елементів (інформаційних об'єктів). Кожен з таких записів або їх сукупність відображають відомості про певний факт чи подію окремо від усіх інших відомостей і фактів.

Структура кожного типу інформаційного об'єкта складається з кінцевого набору реквізитів, що відображають основні аспекти та характеристики об'єктів даної предметної області. Комплектування інформаційної бази в фактографічних інформаційних системах включає, як правило, обов'язковий процес структуризації вхідної інформації.

Фактографічні інформаційні системи дозволять отримувати інформацію безпосередньо, тобто шляхом прямого подання споживачам відомостей (даних, фактів, концепцій).

У документальних (документованих) інформаційних системах одиничним елементом інформації є документ, який неподільний на більш дрібні елементи. Тобто інформація при внесенні (вхідний документ), як правило, не

структурується, або структурується в обмеженому вигляді. Для внесення документа можуть встановлюватися деякі формалізовані критерії (дата виготовлення, виконавець, тематика тощо).

Деякі види документальних інформаційних систем забезпечують встановлення логічного взаємозв'язку між документами – підпорядкованість за смисловим змістом, взаємні посилання за певним критерієм тощо.

Визначення і встановлення такого взаємозв'язку є складною багатоаспектною аналітичною задачею, яка не може бути формалізована в повній мірі.

У ґрунтовій інформаційній системі дані організовані у вигляді окремих інформаційних об'єктів (з певним набором реквізитів), прив'язаних до загальної електронної топографічної основи (електронної карти). Геоінформаційні системи застосовуються для інформаційного забезпечення предметних областей, де структура інформаційних об'єктів і процесів містить просторово-географічний компонент [29].

За цільовим призначенням інформаційні системи, які працюють з ґрунтовими даними, можуть бути ґрунтовими, агрохімічними, меліоративними тощо. Зрозуміло, що всередині таких інформаційних систем можуть створюватися різні тематичні блоки: ґрунтового покриву, чинників ґрунтоутворення, окремих властивостей ґрунтів, їх поєднань за хімічними або фізичними показниками, ерозійними процесами, видами меліорації тощо. Важливо, щоб показники, які внесені в базу даних інформаційної системи використовувалися для вирішення різних теоретичних та прикладних завдань.

За просторовим охопленням та характером використовуваних даних ґрунтові інформаційні системи можуть бути глобальними, регіональними або локальними [7]. Наприклад, ми вже згадували про глобальну ґрунтову інформаційну систему SOTER і національні ґрунтові інформаційні системи Канади, США, країн Європейського союзу. Як приклад локальної ґрунтової системи можемо вказати розроблену нами ґрунтову інформаційну систему

Львівської області, хоча розроблений функціонал дозволяє трансформувати її у національну систему.

Якщо говорити про цифрові моделі ґрунтових даних як основний компонент будь якої ґрунтової інформаційної системи, то виділяють шість великих груп типів наборів ґрунтових даних, які використовують для опису ґрунтів і ґрунтового покриву, зокрема [7; 118]:

1. Якісна модель – це набір описових даних з одного-трьох слів, наприклад індекси, градації морфологічних ознак ґрунтових горизонтів, класифікаційних назв ґрунтів, опис типу рослинності, ґрунтоутворюючих порід тощо або короткі текстові описи, наприклад, загальногеографічний опис ґрунтового розрізу або списки методів аналітичних досліджень, які також можуть бути розбиті на короткі символні дані. У комп'ютерному поданні вони можуть бути внесені та опрацьовані як символний тип в базах даних чи електронних таблицях. Можлива їх обробка методами формальної логіки, наприклад «І», «АБО», «НЕ», виявлення бінарних зв'язків «ТАК» або «НІ». Такі описи зручно кодувати у цифровій формі цілими числами, а також здійснювати подальшу обробку статистичними методами.

2. Кількісна модель – набір аналітичних даних, які відображають цифровими значеннями конкретних величин, наприклад хімічні, фізичні та фізико-хімічні властивості ґрунтів, геометричні характеристики ґрунтових контурів тощо. В комп'ютерних форматах вони можуть входити в склад баз даних, масивів, параметрів аналітичної моделі і зазвичай виражаються дійсними числами з різним ступенем точності. Такі дані можна використовувати для проведення певних обчислень і виконувати формальні логічні взаємозв'язки. Ці дані використовують для статистичної обробки, а також як граничні значення при побудові одновимірних, двовимірних і тривимірних ґрунтових математичних моделей.

3. Одномірна лінійна модель – основна модель опису вертикального будови профілю ґрунтів, тобто одномірна функція по осі z , або опису катени ґрунтів, в такому випадку це лінійна функція координат (x, y) . У першому

випадку даними є якісні і кількісні моделі властивостей профілю ґрунтів по всій глибині профіля, у другому – теж саме, але для певної трансекти. Така модель використовує дані як символного, так і числового типів. Можлива обробка розрахунковими і формальними логічними методами. Додатково можливе залучення растрових форматів зображень.

4. Плоска двовимірною модель $f(x, y)$ - в основному використовується для картографічних цілей. У ґрунтових інформаційних системах найчастіше використовують полігони, які відображають географічні просторові закономірності розподілу ґрунтів. Ця модель використовує дані символних і числових типів, а також векторних і растрових зображень.

5. Об'ємну тривимірну модель $f(x, y, z)$ використовують для розрахунків і моделювання переміщення ґрунтової вологи, газової, твердої і живої фаз ґрунтів.

6. Часова модель описує зміну ґрунтів в часі $f(t)$. Зазвичай виражається у вигляді символних і цифрових типів даних. Додатково можна використовувати зображення, що відображають розвиток профільних і картографічних моделей в часі. Цифрові параметри також можуть використовуватися як початкові значення в аналітичних моделях генези ґрунтів.

Хоча перераховані моделі знаходяться на різних стадіях розробки, сучасні можливості комп'ютерної обробки даних дозволяють інтегрувати перші чотири типи моделей в єдину комплексну цифрову модель ґрунтових даних, реалізовану нами у вигляді ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

5.5. Проблемні аспекти створення та функціонування ґрунтової інформаційної системи

Основна умова для розуміння ґрунту як частини ландшафтів і екосистем – це наявність достовірної інформації про морфологічну будову ґрунтів і про інші характеристики, отримані під час досліджень та опису ґрунтів в польових умовах.

Встановлено, що наукові дослідження в різних країнах світу зазвичай проводять за допомогою різних методик у зв'язку з чим дані, які вносять в бази даних, часто є негармонізованим масивом даних. Тому, одним із завдань сучасної ґрунтової інформаційної системи є підвищення інтерпретабельності та забезпечення можливості гармонізації ґрунтових описів, виконаних з використанням різних методик дослідження ґрунтів.

Більше того, ґрунтовий розріз є матеріальним об'єктом, який описують різні вчені-ґрунтознавці використовуючи власне сприйняття дійсності, що зумовлює різну інтерпретацію одних і тих властивостей, навіть за умови використання однакових методів дослідження. З іншого боку, наприклад якщо дослідники використовують різні підходи до опису розрізу, може виникнути проблема точності відповідності таких описів один одному, а також можуть виникнути невідповідності при спробі їх гармонізувати.

В інформаційному ґрунтознавстві неодноразово здійснювались спроби провести кореляцію термінів національної ґрунтової класифікації з термінами міжнародних класифікацій. Крім того, зауважимо, що опис різних ґрунтів не може бути однотипним, оскільки окремі ґрунтові властивості для певних ґрунтів можуть бути відсутні у інших (наприклад, вміст карбонатів чи солей). Набір ґрунтових ознак може визначатися також метою досліджень або відмінністю підходів, прийнятих різними школами ґрунтознавців, пов'язаних з особистими вподобаннями дослідників, їх можливостями тощо.

Необхідно розуміти базові принципи побудови використовуваних нами класифікацій, щоб оцінити можливості гармонізації отриманих польових даних. Класифікація ґрунтів України є факторно-генетичною з ієрархічною таксономією і дифузними межами. Діагностику вищих таксонів здійснюють за якісними ознаками профілю, кількісні критерії дозволяють виділяти фаціальні підтипи і поділяти ґрунти на підтипи і різновиди. Основним предметом діагностики є ґрунтовий профіль з певним набором ґрунтових горизонтів. Світова реферативна база ґрунтових ресурсів (WRB) не є класифікацією в звичному сенсі [257]. Її суть зводиться до кореляції різноманітних

національних ґрунтових класифікацій. Автори намагалися створити універсальну мову, що дозволяє ґрунтознавцям усього світу розуміти один одного.

Світова реферативна база ґрунтових ресурсів має дворівневу, ієрархічну систему побудови з формальними межами. Фактично подібна система будується на концепції існування дискретних ґрунтових типів. Діагностика ґрунтових груп і одиниць нижчого рівня проводиться за формальними кількісними ознаками ґрунтового профілю, які не завжди можливо визначити в польових умовах. Встановлено, що лише первинну класифікацію можна провести на підставі польових даних морфологічного опису, що включають потужність генетичних горизонтів та окремі морфологічні характеристики.

Можемо стверджувати, що особливі розбіжності спостерігаються в оцінці ґрунтів на вищих таксономічних рівнях. Наприклад, глейові ґрунти (глеєземи, Gleysols, Stagnosols) виділяють в більшості класифікацій, проте вони відсутні в американській таксономії ґрунтів [239], де вони внесені як перезволожені у різні категорії (Aquolls, Aquorthels, Aquic підгрупи). На вищих рівнях різних класифікаційних систем спостерігаємо зміну положення в системі глейових і криогенних ґрунтів (криоземи, Cryosols). Труднощі процесу кореляції є наслідком як властивостей об'єктів (ґрунтових тіл, їх континуальності і складності), так і підходів до самого процесу кореляції, адже ґрунт - один з найбільш складних для вивчення і розуміння об'єктів матеріального світу.

Суб'єктивність опису ґрунтів була вивчена в ході дослідницьких робіт на підставі порівняльного аналізу описів одного і того ж розрізу, зробленого різними дослідниками (різні групи студентів, власні опису і описи співробітника ISRIC, Нідерланди). Спочатку порівнювалися описи, виконані за класифікацією ґрунтів США [239], а потім - за класифікацією ФАО Юнеско [145]. Виявилось, що відмінності в описах існують: відмінність у визначенні потужності горизонту в середньому 1-3 см; відмінність в кольорах; в перехідних горизонтах - відрізняються показники вологості, зложення; неоднаково описані переходи між горизонтами. Загалом встановлено, що описи

ґрунтів відрізняються в середньому до 10% за ключовими інформаційними параметрами. Таким чином, людський фактор суттєво впливає на результати морфологічних описів чи інших визначень навіть в межах одного і того ж ґрунтового розрізу.

Другий аспект гармонізації даних виникає при використанні різних підходів до опису одного і того ж розрізу. Мова йде про опис одного розрізу (з певними географічними координатами) дослідниками з використанням різних методик. Часто виникає проблема відповідності описів один одному, а також проблема несумісності при спробі гармонізувати ці описи. Це пов'язано з тим, що основним об'єктом бази даних в ґрунтовій інформаційній системі є конкретний ґрунтовий розріз з властивим йому набором генетичних горизонтів, які характеризуються специфічним набором атрибутивних даних.

Один з підходів до створення ґрунтової інформаційної системи полягає у розробці єдиної методології ґрунтового обстеження та збиранні даних шляхом нового обстеження за цією методологією. Прикладом такого підходу є проект Європейської комісії зі статистичного обстеження земної поверхні і землекористування (The Land Use/Cover Area frame statistical Survey Soil – LUCAS) [183]. Цей проект передбачає узгоджену методику збору та використання даних земного покриву та землекористування, яка використовується по всій території Європейського Союзу. Обстеження у певному місці на земній поверхні (*in situ*) передбачає, що дані збираються з допомогою прямих спостережень, зроблених ґрунтознавцями на місцях, які включають аналіз основних властивостей ґрунту у межах поверхневого шару ґрунту. Збір ґрунтових даних здійснювався в 20 000 місцях у різних країнах Європейського Союзу. Для визначення місць відбирання проб використано підхід багатоступеневої стратифікованої довільної вибірки на основі двох шарів – рельєфу та землекористування. Це дозволило у подальшому використовувати дані LUCAS для цифрового картографування властивостей ґрунтів на території Європейського Союзу. Дані, зібрані за допомогою LUCAS, забезпечують

узгоджену інформацію для вивчення цілого ряду проблем довкілля, таких як освоєння землі, деградація ґрунтів та біорізноманіття [183].

Таким чином здійснення формалізації досліджень в ґрунтознавстві, пошук шляхів гармонізації та співвідносності різнорідних даних, встановлення інформаційних закономірностей і зв'язків в науці про ґрунти наближають нас до створення єдиної для всіх країн методики опису ґрунтів і ґрунтової класифікації, а в кінцевому рахунку і створення єдиної ґрунтової інформаційної системи.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 5

1. 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 складається з комплексу реляційних баз даних та включає семантичний і геоінформаційний набори даних.
2. Дослідження сучасного стану зарубіжних і національних напрацювань в галузі використання інформаційних технологій для роботи з ґрунтовими даними показало, що найбільш актуальними є ґрунтови інформаційні системи третього покоління, в яких присутні три компоненти: (1) геоінформаційні системи, що дають можливість працювати з просторовими даними; (2) реляційні бази даних, що забезпечують функціональність роботи з великою кількістю морфологічних, фізичних і фізико-хімічних показників властивостей ґрунтів; (3) 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, застосовують під час проведення ґрунтових досліджень, таких як прогноз ерозійної небезпеки, вивчення хімічної, біологічної та фізичної деградації ґрунтів, виконання оцінки ґрунтових ресурсів, контроль за врожайми, контроль за продуктивністю лісів, дослідження глобальних

змін ґрунту, моніторинг за зрошенням і осушенням, агроекологічне та інші районування, розрахунок ризиків посухи тощо.

3. Встановлено, що основними недоліками методів переведення ґрунтових даних з аналогової в цифрову форму, зберігання даних, а також створення на їх основі атрибутивних ґрунтових баз даних є втрата 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.
4. Створення будь якої ґрунтової інформаційної системи складається з великих організаційних блоків: (1) підготовчий етап; (2) збір вимог до системи і формування завдань; (3) проектування системи; (4) тестування і реалізація системи; (5) експлуатація і технічний супровід.

РОЗДІЛ 6. ПРОЕКТУВАННЯ ТА СТВОРЕННЯ ҐРУНТОВОЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ

В попередніх розділах дисертаційної роботи нами проаналізований міжнародний досвід застосування сучасних методів отримання, зберігання, обробки і представлення ґрунтової інформації з використанням інформаційних технологій, а саме створення різноманітних ґрунтових інформаційних систем: міжнародної SOTER [244], європейської EUROPEAN SOIL DATABASE [150], австралійської ASRIS [192], канадської CANSIS [188] тощо. Описані системи дозволяють оцінювати ґрунтові ресурси, моделювати ґрунтові процеси, приймати оперативні рішення про зміни в системі землекористування, контролювати і передбачати результати впливу людини на навколишнє середовище. Основними складовими елементами цих технологій є цифрові моделі ґрунтів і ґрунтового покриву. Також характерною ознакою таких систем є використання програмних платформ, які об'єднують принципи роботи цифрових геоінформаційних систем з реляційними базами даних, і часто з використання мережевих протоколів для своєї роботи [166].

6.1. Семантична модель опису ґрунту

Інформаційною основою бази даних ґрунтових інформаційних систем є комплекс даних, які містять різноманітні ґрунтові характеристики: семантичні, позиційні (геометричні та топологічні) і атрибутивні (якісні і кількісні). Ці дані організовано як сукупність характеристик, що належать до різних груп об'єктів бази даних (файли картографічних шарів) і пов'язаних з ними таблиць, які описують семантичну і атрибутивну сутність кожної ґрунтової одиниці.

Різнманітність властивостей ґрунтів, конкретні показники яких можна узагальнити терміном «ознаки», визначаються самою 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 застосовуємо метод створення шкал ознак з поділом за кількісними і якісними параметрами.

Шкалою називається набір значень ознаки зі всіма пов'язаними операціями перетворення і обробки [222]. В основу виділення шкал покладено принцип допустимості перетворень значень ознак, включно із визначенням допустимих арифметичних операцій і методів обробки цих ознак. Допустимість означає, що перетворення не змінює основних властивостей ознаки, зокрема, результати деяких арифметичних операцій і відношення значень ознаки зберігаються.

У таблиці 6.1 наведені типи шкал, які прийнято застосовувати в інформаційному ґрунтознавстві для розробки інформаційних систем, а також подані приклади ґрунтових ознак та методи опрацювання [64; 108; 258].

Номінальна шкала, або її ще називають класифікаційною шкалою, включає імена, шифри, коди об'єктів або їх абстрактні номери. Прикладом таких ознак є: забарвлення (сірий, білуватий, бурий тощо); назви ґрунтів або їх шифри; структура (призматична, грудкувата, горіхувата тощо); характер меж горизонту (рівна, язичувата, кишенькова тощо). В цьому типі шкали ми використовуємо підхід порівняння стандартизованих показників певної ознаки із ознаками ґрунтового об'єкту, який оцінюють. Тобто, для цієї шкали застосовують простий підхід – співпадає/не співпадає. Також для набору об'єктів можна провести підрахунок кількості визначеної ознаки та встановити частоту її виявлення. Зрозуміло, що для цього типу шкали немає сенсу використовувати поняття середнього значення. З іншого боку, можливим є визначення переважаючої ознаки. Отже, різні набори ґрунтових об'єктів можна порівнювати за частотою значень однакових ознак, а це означає, що на якісних ознаках можна побудувати кількісні показники. Саме тому ми також можемо говорити і про кількісну оцінку ознак цієї шкали.

Загальна характеристика шкал ознак, яку прийнято застосовувати в ґрунтових інформаційних системах (модифіковано з [64; 242; 258]).

Шкали	Типи шкал	Приклади	Методи опрацювання
Якісні	Номінальні	Тип структури, індекс горизонту і ґрунту, форма меж	Розподіл частот. Визначення модального класу.
	Рангові	Забарвлення, ступінь опідзолення, вологість, гумусованість	Розподіл частот. Визначення модального класу. Визначення медіани.
	Бінарні	Наявність/відсутність включень, ознак оглеєння	Рангова кореляція.
Кількісні	Інтервальні	Температура, вік	Статистичне опрацювання, аналіз даних
	Відмінностей	Фракції різного складу гранулометричного і мікроагрегатного складу	
	Відношень	Глибина, потужність, відсотки	
	Абсолютні	Кількість зразків, горизонтів	

В ґрунтознавстві, ознаки, які визначаються в номінальній шкалі відносять до якісних несорттованих. У базі даних вони відносяться до символного типу.

Рангова шкала (ординальна або порядкова) передбачає крім наявності/відсутності ознаки також визначення встановленого порядку величин. Наприклад, в цій шкалі виконують польові визначення вологості або забарвлення за шкалою Манселла. Тобто, для будь-якого ґрунту робиться оцінка: сухий-свіжий-вологий-сирий-мокрый, тобто вводиться тільки порядок. Аналогічно проводиться опис щільності ґрунтів, що вимірюється по зусиллю, з яким ніж входить в ґрунт. Дуже часто, приведені для прикладу ознаки можуть визначатися різними ґрунтознавцями по різному. Особливо складними є поняття ступеня опідзолення, окультуреності чи гумусованості. У градації за ступенем їх прояву різні ґрунтознавці вкладають неоднаковий зміст, проте

уявлення про порядок значень, хоча б в крайніх проявах, можуть збігатися. Тобто присутня певна суб'єктивність у визначення ознак рангової шкали.

Для цієї шкали, поряд із визначенням «наявний/відсутній», застосовується визначення «більше/менше». У зв'язку з цим, поряд з оцінкою частоти ознаки і її модального класу, з'являється можливість визначити медіану, обчислити центри розподілу частот тощо. Зрозуміло, що середні і інші статистики параметричного характеру ми не можемо обчислити для таких ознак.

Як бачимо з таблиці 6.1. ознаки рангової шкали відносять до якісних, проте вони теж можуть бути впорядковані. Можна розрізняти порядок в розумінні схожості ознак. Наприклад, морфологічні профілі підзолистих ґрунтів більш схожі з осолоділими, ніж з чорноземами або інший приклад – послідовність ґрунтів в генетичному ряді, де ми замість відношення «більше/менше» використовуємо «близько/далеко». У базі даних цим ознакам присвоюють тип цілих чисел. В бінарній шкалі використовують дихотомічні ознаки (бінарні, альтернативні). Тобто, ознаки, які визначаються одним з двох протилежних значень: є або не має (0 або 1). Прикладом таких ознак є наявність-відсутність включень, ознак оглеєння тощо. У бази даних їх відносять до логічного типу даних.

У кількісній шкалі інтервалів використовують певну одиниця виміру, відповідно із зафіксованим певним початком відліку. Дані таких ознак легко піддаються математичному аналізу, наприклад пошук середнього значення, дисперсії та інших статистичних показників. Прикладами ґрунтових ознак цієї шкали є температура за шкалою Цельсія або абсолютний вік ґрунту.

Всі кількісні типи шкал відносять до числового типу із можливими десятковими чи іншими значеннями.

Шкала відмінностей використовується порівняно не часто. Прикладом таких ознак є визначені за відношенням ґрунтового показники: вміст фракцій 0,01-0,05 мм при гранулометричному аналізі; визначення валового алюмінію, а також - обчислювані дози добрив, що компенсують дефіцит поживних речовин тощо.

Для шкали відносин використовують такі властивості як величина потужності, глибини, відсоткових та інших ознак. Тобто всі ті показники, для яких обрана одиниця вимірювань і визначений абсолютний початок відліку. Для цієї шкали допустимі будь-які способи опрацювання величин цих ознак.

Абсолютна, або ідеальна, шкала, як випливає з назви, має природний нуль і одиницю. Сюди відносять такі кількісні показники як кількість розрізів, горизонтів, зразків тощо. Для цієї шкали допустимі будь-які способи опрацювання величин цих ознак.

Виходячи з визначення шкал, до кількісних ознак належать ті, які можуть бути виміряні принаймні в шкалі інтервалів. Всі інші, тобто ті, які визначаються в шкалах найменувань і порядку, є якісними.

Перейдемо до формалізації 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, HE, Hp, Eh, P також є показниками, а не об'єктами.

Визначення показника властивості ґрунту – це метод отримання значення цього показника. Для визначення одного показника часто використовують декілька методів. Наприклад, для показника місцезрештування розрізу географічні координати можуть бути отримані різними методами: з використанням GPS, з використанням топографічної карти, з використанням Google Earth тощо; для показника вмісту SiO_2 в ґрунті: гравіметричний, фотометричний, атомно-абсорбційний методи та інші. Тому формулювання чи фізичне представлення показника властивості ґрунту залежить від методу визначення і виражає інтенсивність прояву або ступінь вираженості показника

властивості ґрунту. Наприклад, значення показника географічних координат з використанням GPS часто записують у форматі 54.68162 23.73435, з використанням Google Earth – 54°43'20.80" пн.ш. 23°77'03.48"сх.д; значення гранулометричного складу – легкосуглинковий, пісок, фізична глина, або у відсотках по фракціях.

Для подальшого опису семантичної моделі ґрунту важливим є розуміння ґрунтового об'єкта, як базової одиниці цієї моделі.

Ґрунтовий об'єкт – це визначена частина або елемент ієрархічної будови ґрунту, який вважаємо умовно однорідною складовою ґрунтового тіла і, відповідно, який характеризується певним набором показників властивостей ґрунту.

Семантична модель передбачає наступний поділ ґрунтових об'єктів: елементарний ґрунтовий ареал, профіль і горизонт, які є аксіоматичними об'єктами (тобто ґрунтовими об'єктами, наявність яких є необхідною умовою опису ґрунту); ґрунтовий контур, морфон, конкреція, новоутворення тощо – дуальні або похідні об'єкти (тобто об'єкти, які виділяють при описі аксіоматичних ґрунтових об'єктів) [227].

Розглянемо основні ґрунтові об'єкти семантичної моделі, зокрема їх основні характеристики, місце, яке вони займають в цій моделі та особливості їх інтерпретації.

Першим об'єктом семантичної моделі слід вважати «елементарний ґрунтовий ареал», як окрему просторову картографічну одиницю ґрунтового покриву, яку можна нанести на карту у вигляді самостійного елементарного ґрунтового контуру. В географії ґрунтів такий контур ще називають поліпедоном [43]. Цей об'єкт відносимо до елементу нульового рівня ієрархічної будови ґрунтового тіла.

За Фрідландом В. М., елементарний ґрунтовий ареал (ЕГА) – це ґрунт, який належить до будь-якої однієї класифікаційної одиниці найнижчого рангу, в середині якого відсутні будь-які ґрунтово-географічні границі, займає простір,

оточений зі всіх сторін іншими ґрунтовими ареалами або не ґрунтовими утвореннями, і за своєю природою може мати різну площу [87].

Елементарний ґрунтовий ареал, виділений на місцевості відповідно до сучасної систематики ґрунтів, в картографії ґрунтів є неподільним. Отже, принципово неможливо провести будь-які інші межі, які б ділили ЕґА на дрібніші утворення. Одночасно, при вивченні морфологічних, фізичних і хімічних властивостей ґрунтів всередині ЕґА виявляється варіювання цих властивостей. Властивості елементарних ґрунтових ареалів (контурів) – сукупність властивостей ґрунтів, які визначають просторову (тривимірну) організацію ґрунтового покриву в межах елементарних одиниць картографування. Зважаючи на закони структурної організації ґрунту він априорі не може бути однорідним тілом. У географії ґрунтів навіть у межах ЕґА ґрунт має деякий ступінь неоднорідності, що пов'язано з флуктаціями деяких параметрів чинників-ґрунтоутворювачів у межах ЕґА (мікроколивання поверхні ґрунту викликані різними формами нано- і мікрорельєфу, початкова неоднорідність ґрунтоутворних порід, ріюча діяльність тварин, неоднорідний розподіл фітогенних полів, особливості агротехніки тощо) [87].

Елементарний ґрунтовий ареал може бути охарактеризований в чотирьох різних аспектах: 1) змістом (визначається класифікаційним положенням ґрунтів, які утворюють його); 2) геометрією, яка визначається його площею, формою та ступенем розчленування ареалу; 3) місцем в ґрунтовій комбінації; 4) екологією (характеристикою умов, за яких утворився ЕґА) [87].

При вивченні конкретної території в цілях її практичного використання ми завжди зустрічаємося з різноманітними ґрунтами. Вся сукупність ґрунтів конкретної території називається її ґрунтовим покривом. Досліджуючи ґрунтовий покрив ми вивчаємо різні аспекти його властивостей і характеристик: які ґрунти входять у склад ґрунтового покриву, їхню генезу, генетичний зв'язок з суміжними ґрунтами, розміри і форму ґрунтових контурів, ступінь генетичної і агрономічної неоднорідності ґрунтового покриву, типи просторових ґрунтових поєднань тощо.

Зважаючи на різноманітність розмірів ЕГА, адекватне відтворення просторової організації ґрунтового покриву конкретної території може бути достовірним тільки у результаті проведення детальних, рідше великомасштабних ґрунтових знімачь. Аналіз великомасштабних ґрунтових карт різних років обстеження засвідчив, що на них відображено в основному генералізовані ґрунтові контури. Тому, вживаючи термін елементарні ґрунтові ареали ми в дійсності маємо справу з ґрунтовими контурами, які внутрішньо не завжди відповідають даному визначенню. Оскільки основною вимогою великомасштабних ґрунтових знімачь є відображення на картографічній основі характеру залягання елементарних просторових одиниць ґрунтового покриву і їхніх поєднань, ми приймаємо виділені однорідні ґрунтові контури за ЕГА (умовно) [87]. Відповідно, систематизовані в легенді до ґрунтової карти ґрунтові відміни представляють собою весь спектр характерних для даної території ЕГА (контурів).

В інформаційному плані ґрунтовий об'єкт «елементарний ґрунтовий ареал» інтерпретується як полігональний елемент в просторових методах відображення ґрунтів і як базовий об'єкт для атрибутивного опису властивостей ґрунту, а також є сполучною ланкою між просторовими і атрибутивними методами опису ґрунтового тіла. Тому цей об'єкт винесено на окремий найвищий рівень ієрархічної будови ґрунтового тіла.

Об'єкту «елементарний ґрунтовий ареал» присвоюємо ID_Grade=0, ID_Level=1, ID_Type=POLYPEDON

Об'єкт «розріз» – елемент першого рівня ієрархічної будови ґрунтового тіла, який описується набором показників, що характеризують чинники ґрунтоутворення, місце розташування і час закладення ґрунтового розрізу. Фізично об'єкт «розріз» здебільшого представлений зразками ґрунту з визначеними географічними координатами, тому має додаткове смислове навантаження – докази експериментального походження даних. В інформаційному плані є сполучною ланкою між просторовими і атрибутивними методами опису ґрунтового тіла та інтерпретується як точковий елемент в

просторових методах відображення ґрунтів і як базовий об'єкт для атрибутивного опису вертикального будови ґрунтового профілю.

Об'єкту «розріз» присвоюємо ID_Grade=1, ID_Level=1, ID_Type=INCISION

Об'єкт «профіль» – елемент першого рівня ієрархії вертикального будови ґрунтового тіла, який характеризується набором показників, що описують ґрунтовий профіль в цілому. Об'єкт «профіль» є похідним чи дочірним об'єктом по відношенню до об'єкта «розріз» і пов'язаний з ним відношенням один-до-одного. Фізично об'єкт «профіль» представлений стінкою ґрунтового розрізу, у випадку коли термін «профіль» використовується стосовно конкретного ґрунтового розрізу. Проте частіше термін «профіль» використовується як узагальнене поняття для багатьох об'єктів одного типу, тоді об'єкт «профіль» не має фізичного представлення. Будь-який ґрунт завжди містить об'єкт «профіль» як обов'язковий і необхідний елемент ієрархічної будови. Ці властивості об'єкта «профіль» дозволяють віднести його до групи аксіоматичних об'єктів.

Об'єкту «профіль» присвоюємо ID_Grade=1, ID_Level=2, ID_Type=PROFILE.

Об'єкт «горизонт» – елемент другого рівня ієрархії вертикального опису будови ґрунтового тіла. Фізично представлений чергуванням горизонтальних частин ґрунтового профілю, які перетинають всю стінку ґрунтового розрізу і відокремлюються один від одного на підставі генетичних ознак і властивостей. Характеризується найбільш повним набором показників властивостей ґрунтів даного рівня. Є похідним від об'єкту «профіль», тобто один об'єкт «профіль» може містити один і більше об'єктів «горизонт». Термін "горизонт" також використовується як узагальнена назва об'єктів одного типу. Наявність одного дочірнього об'єкта «горизонт» є необхідною умовою існування об'єкта «профіль», що також дозволяє віднести об'єкт «горизонт» до аксіоматичного типу.

Об'єкту «горизонт» присвоюємо ID_Grade=2, ID_Level=1, ID_Type=LAYER.

Об'єкт «шар» – елемент другого рівня ієрархії вертикального опису будови ґрунтового тіла. Фізично відрізняється від об'єкта «горизонт» методом визначення меж. Тобто межі об'єкта «шар» проводять без врахування генетичних ознак, а шляхом точної фіксацією верхньої і нижньої глибин. Характеризується набором показників властивостей ґрунтів даного рівня за винятком деяких показників, що описують межі переходу між сусідніми горизонтами.

Об'єкту «шар» присвоюємо ID_Grade=2, ID_Level=2, ID_Type=STRATUM

Об'єкт «морфон» – елемент другого рівня ієрархії вертикального опису будови ґрунтового тіла. Об'єкт «горизонт» є неоднорідним і складається з морфологічних елементів – морфонів, під якими розуміються внутрішньогоризонтні морфологічно відокремлені ділянки ґрунту всередині генетичного горизонту. З одного боку, це можуть бути окремі ділянки відокремлені тріщинами або вмиванням матеріалу з верхніх горизонтів, які складаються зі структурних окремоностей; з іншого боку – це різні включення і новоутворення. Однорідний ґрунтовий горизонт може бути одним морфоном, який поділяється лише на структурні окремості, тому виділення морфонів в межах генетичних горизонтів можливе не у всіх ґрунтах та не у всіх горизонтах.

Об'єкту «морфон» присвоюємо ID_Grade=2, ID_Level=3, ID_Type=MORPHON.

Об'єкт «морфологічний елемент» – елемент третього рівня ієрархії вертикального опису будови ґрунтового тіла. Фізично виділяється під час морфологічного опису частин ґрунтового горизонту, яка може характеризуватися своїм власним набором показників. Є дочірнім по відношенню до об'єкта «горизонт». Кожен об'єкт «горизонт» може не містити жодного, або один чи більше об'єктів «морфологічний елемент». Необхідною

умовою фіксування існування об'єкта вважаємо наявність у об'єкта свого імені, тому їх відносимо до похідних об'єктів.

Об'єкту «морфологічний елемент» присвоюємо ID_Grade=3, ID_Level=1, ID_Type=MORPH_ELEMENT

Об'єкт «зразок» – елемент третього рівня ієрархії вертикального опису будови ґрунтового тіла, який характеризується набором фізичних, фізико-хімічних і хімічних показників. Цей об'єкт фізично є частиною ґрунтового горизонту і відбирається в польових умовах для проведення аналітичних досліджень, що дозволяє віднести його як похідний від об'єкту «горизонт». Тобто, об'єкт «горизонт» може не містити жодного, або один чи більше об'єктів «зразок». Необхідною умовою фіксації факту існування цього об'єкта є наявність в ґрунтовому описі хоча б одного аналітичного показника.

Об'єкту «зразок» присвоюємо ID_Grade=3, ID_Level=2, ID_Type=SAMPLE

Вказані вище об'єкти підпорядковуються загальним принципам ієрархії умовно однорідних елементів будови ґрунту, а саме: ЕГА – профіль – горизонт – морфологічний елемент. В семантичній ґрунтовій моделі кожен об'єкт позначається унікальним числовим значенням ідентифікатора, наприклад для морфологічного елементу = ID_Polypedon, ID_Profile, ID_Layer, ID_Morph_Element [227]. Кожен об'єкт характеризується додатковим індексом, що вказує на відмінність об'єктів, які знаходяться на одному і тому ж ієрархічному рівні (табл. 6.2). Тому вводимо ще один показник ID_Object – це ідентифікатор ґрунтового об'єкта; унікальний числовий індекс набору значень ґрунтового ієрархічного рівня і типу об'єкта. Тобто, ID_Object = (ID_Polypedon, ID_Profile, ID_Layer, ID_Morphon, ID_Morph_Element).

Ще потрібно ввести поняття позиційного показника ґрунтового об'єкту, під яким розуміємо набір індексів, за допомогою яких визначається положення ґрунтового об'єкта серед інших об'єктів в ієрархічній системі ґрунтової бази даних. Тобто, визначення положення зручно починати з найвищого ієрархічного рівня ID_Grade = 0. Використовуючи такий підхід ми можемо

виконувати формальні логічні операції з великою кількістю ґрунтових об'єктів і їх властивостей.

Таблиця 6.2.

Ієрархічні рівні і типи ґрунтових об'єктів

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

Існують певні правила формалізації даних опису ґрунтового розрізу чи іншої одиниці ієрархії залежно від походження і методів отримання даних. Наприклад, якщо конкретний опис ґрунтового розрізу містить тільки первинні або вимірні дані, то такий об'єкт розглядають як експериментальний, якщо опис містить вторинні або розрахункові дані, то будемо інтерпретувати ґрунтовий розріз як розрахований або обчислений об'єкт.

У разі, якщо в наборі первинних даних присутні географічні координати, то вони дозволяють зробити прив'язку такого об'єкту ґрунтової бази даних до визначеної географічної координатної сітки. В першу чергу це стосується об'єктів нульового (об'єкт «ЕГА») або першого рівнів (об'єкт «Розріз» або об'єкт «Профіль»), географічні координати яких зазвичай отримують під час польових досліджень або з використанням даних дистанційного зондування

Землі. В такому випадку об'єкт «ЕГА» або об'єкт «Розріз» нульового чи першого ієрархічних рівнів мають особливе значення, пов'язуючи атрибутивний опис вертикальної будови ґрунту, окремих горизонтів, шарів чи зразків ґрунту з просторовою складовою, тобто відображаючи такі дані безпосередньо на карті [175; 258]. Тому, з огляду на таку просторову складову можна ввести ще одне поняття – «просторовий комплекс властивостей ґрунтових об'єктів», під яким розуміємо індексований набір ґрунтових категорій і понять, які відображають зміст, ступінь (вираженість) прояву та методи визначення властивостей ґрунтів, а також характеризують просторову будову ґрунтового тіла.

З врахуванням специфіки ієрархії ґрунтів як природного тіла, можна виділити (1) ґрунтові об'єкти, які ми досліджуємо під час вивчення вертикальної будови ґрунтів, а саме: розрізи (профілі), горизонти (шари), морфони, зразки; (2) ґрунтові об'єкти, які ми досліджуємо під час просторового вивчення ґрунтів, а саме: площинні (контури, полігони), лінійні (трансекти, катени), точкові (профілі, розрізи). Тому, для визначення положення ґрунтового об'єкта в просторі серед інших складових елементів будови ґрунтового тіла в семантичній базі даних вводиться поняття системи координат ґрунтових об'єктів (або ґрунтової системи координат). Вона представляє набір індексів (координат), що конкретизують приналежність показника властивості ґрунту до одного з ґрунтових об'єктів ґрунтової системи координат (EGA, Profile, Layer, Morphon, Sample). Проте, враховуючи ієрархію опису елементів просторової і вертикальної будови ґрунтового тіла (табл. 6.2), зручніше використовувати спеціальні ідентифікатори і типи ґрунтового об'єкта.

Отже, просторовий комплекс властивостей ґрунтів в атрибутивній частині бази даних складають: показники властивостей ґрунтів, методи визначення показників властивостей ґрунтів і безпосередні значення показників властивостей ґрунтів. Формально 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 значення показника (ID_Method) і значенням показника (ID_Value), через які встановлюється зв'язок із змістовним розумінням показників, методів і значень, описаним і зафіксованим в формі метаданих у відповідних таблицях реляційної бази даних.

Один показник властивостей ґрунту (ID_Indicator) може складатися з декількох індексів окремих методів (ID_Method) і багатьох значень (ID_Value), що визначає інтегральну властивість індексованого показника. Для прикладу такий індексований показник як, забарвлення ґрунту складається з одного показника – забарвлення, та включає декілька методів визначення і кілька сотень можливих значень (рис. 6.1).

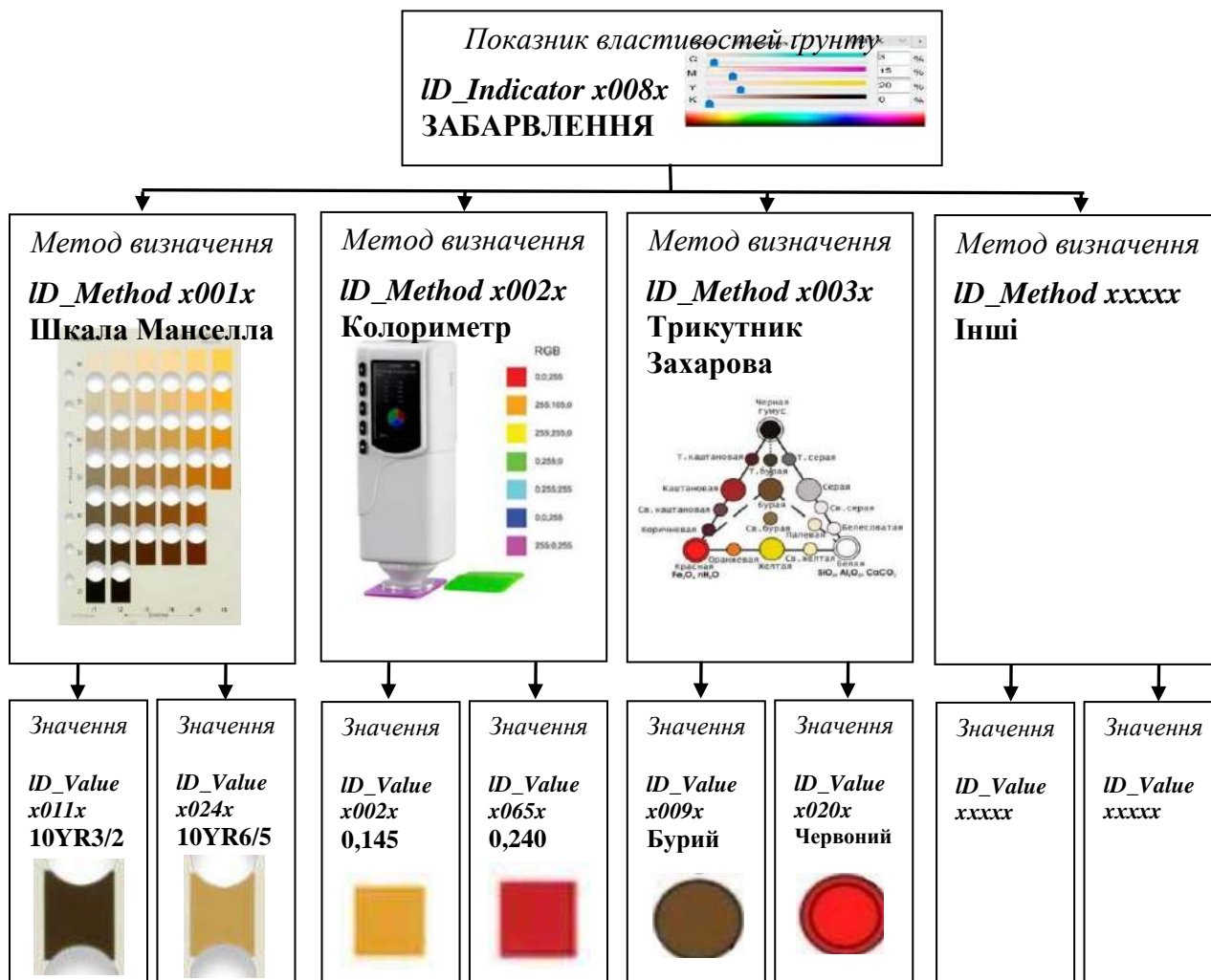


Рисунок 6.1. Приклад просторового комплексу властивості ґрунтів – «Забарвлення».

З метою формалізації показників, методів і значень, застосовують підхід формування метаданих. В основу організації метаданих закладена індексація, тобто метод 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. 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 ключовими індексами або 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 [227].

Індексація об'єктів і показників дозволяє створити так зване «сховище», що містить глобальні індекси цих об'єктів і властивостей (рис. 6.2).

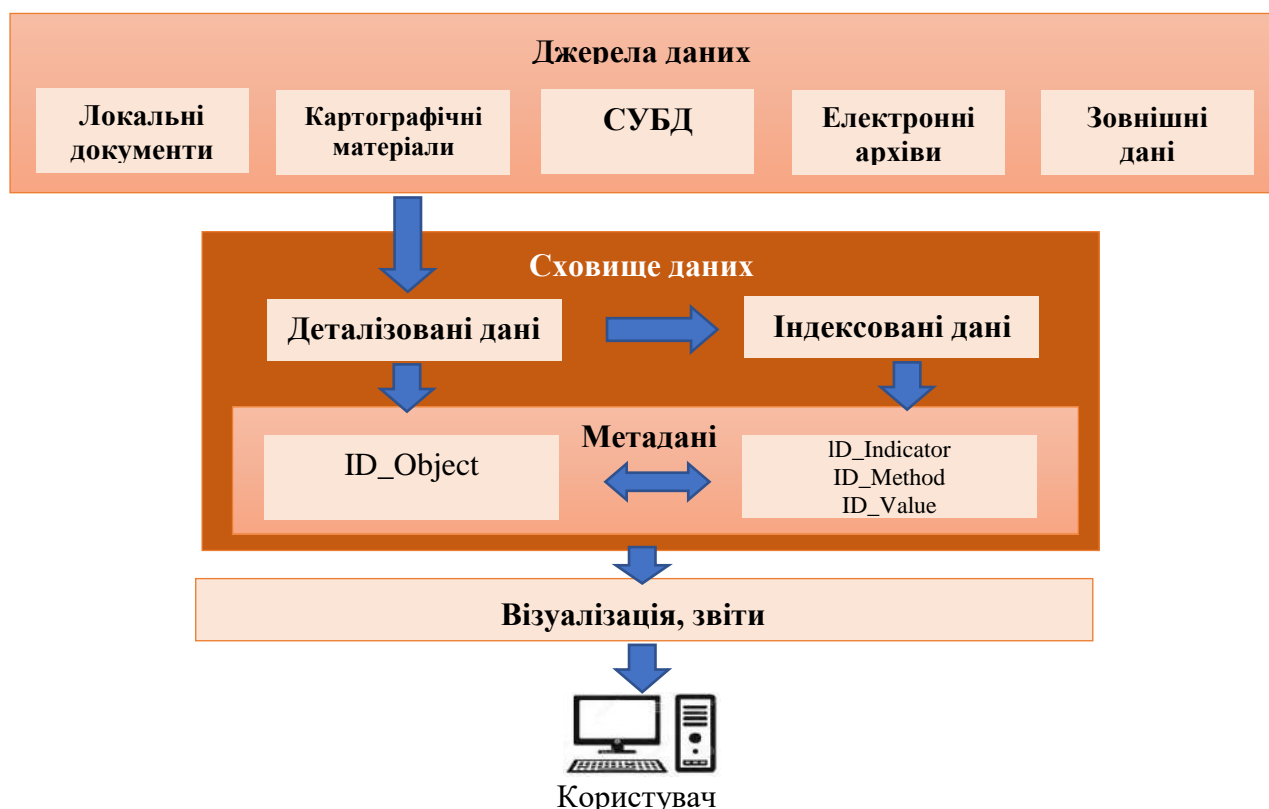


Рисунок 6.2. Концептуальна схема семантичної моделі ґрунтової інформаційної системи.

Під сховищем розуміємо спеціальний тип бази даних, яка містить впорядковані та індексовані значення показників об'єктів. Для ефективної роботи зі сховищем необхідна можливість введення даних, їх обробки і отримання інформації. При цьому, в ґрунтознавстві особливо важливо зберегти зв'язки між 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.

Така формалізація дає можливість перейти на якісно інший рівень, а саме рівень понять, якими оперують ґрунтознавці, описуючи свою предметну область. Мова йде про так звану систему координат ґрунтових об'єктів або ґрунтову систему координат як спосіб визначення положення окремих елементів будови ґрунту в просторі ґрунтових об'єктів за допомогою набору числових індексів. В якості ефективного рішення використана ієрархія просторових зв'язків умовно однорідних елементів будови ґрунту, а саме ЕГА - профіль - горизонт - морфологічний елемент. Ми використовуємо прямий рівневий опис ієрархічного дерева об'єктів (ID_Object), де вкладені елементи описуються системою ідентифікаторів (ID_Indicator, ID_Method, ID_Value), які посилаються на ідентифікатор так званого батьківського об'єкта. Кожен об'єкт характеризується додатковим індексом, що вказує на відмінність об'єктів, які знаходяться на одному і тому ж координатному рівні (ID_Object).

Як ми вже згадували, для ефективної роботи зі сховищем даних потрібно передбачити можливість введення даних, їх опрацювання і представлення. Важливим також є збереження зв'язків між об'єктами всередині бази даних, оскільки можливість відновлення вхідних зв'язків між ними є однією з основних переваг таких даних в цій системі.

Виділяють статичні зв'язки, тобто постійні зв'язки між даними, а також динамічні – це зв'язки, що виникають між даними при зверненні до них [108]. Статичні зв'язки існують завжди, динамічні – виникають в результаті запиту, тобто звернення до даних. Варто зазначити, що в другому випадку дані і статичні зв'язки між ними залишаються незмінними, а лише змінюється склад

запиту, в результаті якого на виході з'являється інтерпретація результату запиту, а саме інформація. Виявлення та формалізація зв'язків між ґрунтовими об'єктами різного рівня, чинниками ґрунтоутворення та іншими природними чи антропогенними об'єктами є основним питанням інформаційного ґрунтознавства.

Найменший однорідний набір інформаційних елементів, який зв'язує комплекс ґрунтових показників і ґрунтових об'єктів називаємо мінімальною інформаційною ґрунтовою одиницею (IGOmin). Саме цей показник є центральним поняттям семантичної моделі опису ґрунту і є однорідним інформаційним елементом, який складається з індексованого показника властивості ґрунту і типу ґрунтового об'єкта:

$$\text{IGOmin} = [(\text{ID_Indicator}, \text{ID_Method}, \text{ID_Value}) (\text{ID_EGA}, \text{ID_Profile}, \text{ID_Layer}, \text{ID_Morph_element}) (\text{ID_Object})],$$

де IGOmin – найменша одиниця ґрунтової інформації, яка несе смислове навантаження і передана у вербальних твердженнях. IGOmin відіграє роль своєрідного кванта ґрунтової інформації, яким описує різноманіття ґрунтових тіл. Її внутрішня структура пов'язує уніфіковані категорії ґрунтових показників і об'єктів, що дає можливість за значенням показника відновити об'єкт, до якого відноситься показник або, навпаки, з допомогою об'єкта відновити показники, якими характеризує цей об'єкт. Крім того, така структура дозволяє описувати ґрунтове тіло як множину однорідних елементів з формальними правилами і мовою, обумовленими індивідуально для всієї сукупності елементів ISUmin, виконувати вибірку з IGOmin та окремих елементів внутрішньої структури інформаційного кванта (рис. 6.3).

Як приклад, наведемо, яким чином можна використати мінімальну інформаційну ґрунтову одиницю для опису ґрунтового профілю P через просту математичну і географічну інтерпретацію:

$$P = [\text{ID}; \text{IGOmin}],$$

де P – ґрунт (набір багатьох мінімальних інформаційних одиниць), ідентифікатор ID – номер елемента, IGOmin – множина натуральних чисел, яку

ми можемо розписати як $IGO_{min} = [(ID_Indicator, ID_Method, ID_Value) (ID_EGA, ID_Profile, ID_Layer, ID_Morph_element) (ID_Object)]$.

В координатному представленні ISU_{min} – це масив індексованих показників властивостей ґрунтів, які отримують з глобальної вибірки сховища даних. В об'єктному представленні ISU_{min} є комплексом багатовимірних асоціативних масивів гетерогенних даних індексованих показників властивостей ґрунтів в індексованому просторі ґрунтових об'єктів.

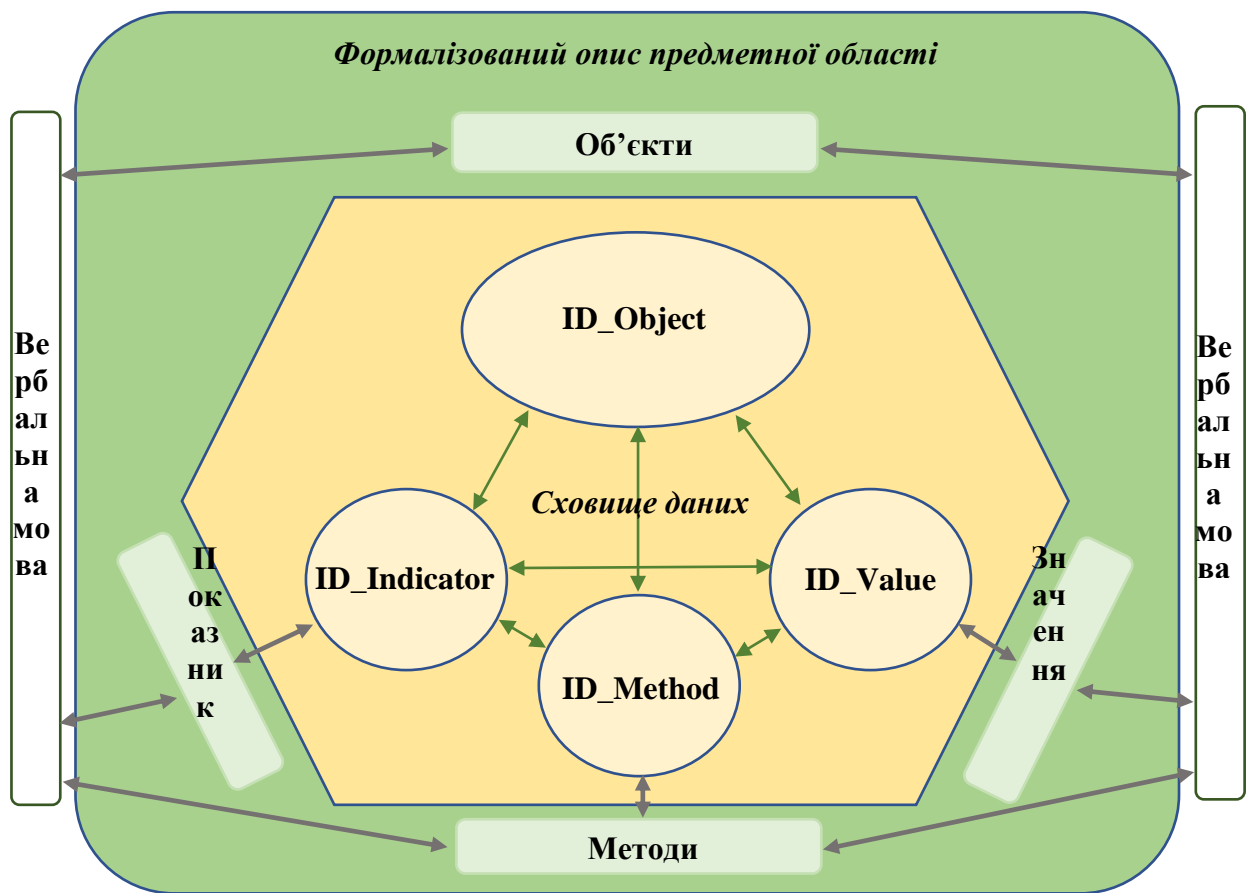


Рисунок 6.3. Семантична модель опису ґрунтів

Якщо до складу показників рівня ґрунтового профілю включені дані про географічні координати, то математичний об'єкт P перетворюється на точковий елемент на географічній карті, а також часто як розгорнутий опис ґрунтового профілю в вертикальному напрямку.

6.2. Формалізація ґрунтових метаданих

Відомо, що ґрунтові об'єкти є багатовимірними і описуються цілим комплексом ознак чи властивостей. Навіть найменша ґрунтова одиниця, не кажучи вже про профіль чи ЕГА, може характеризуватися численними показниками в морфологічному, хімічному, фізичному та інших аспектах. Тому результати комплексних досліджень проведених для певного набору ґрунтових об'єктів становлять багатовимірну вибірку даних, де кожному такому дослідженню відповідає опис набору ознак окремого об'єкта, а вся сукупність утворює складну таблицю «об'єкт-властивості». Якщо ми позначимо весь набір об'єктів (багатовимірну вибірку) значенням X , тоді формально таку вибірку можна подати у вигляді матриці досліджень, а саме:

$$X = X_{ij} = \begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} & \dots & X_{1j} & \dots & X_{1m} \\ X_{21} & X_{22} & \dots & X_{2j} & \dots & X_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{i1} & X_{i2} & \dots & X_{ij} & \dots & X_{im} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \ddots & \vdots \\ X_{n1} & X_{n2} & \dots & X_{nj} & \dots & X_{nm} \end{bmatrix}$$

Матриця результатів досліджень має n рядків, що відповідає кількості описаних об'єктів, та m стовпців – відповідає кількості описаних ознак. Ці величини вказують розмірність матриці, що і записується як $X(n, m)$, де X_{ij} – означає значення j ознаки для i об'єкта, тобто ознаки з номером j об'єкта з номером i , де $j = 1m$, $i = 1n$. Рядки матриці можуть називатися векторами спостережень, а стовпці – векторами ознак. Для роз'яснення змістовного сенсу матриці можна навести простий приклад, а саме:

- традиційна форма подання результатів досліджень двох ознак (вмісту гумусу і рН) для двох ґрунтових профілів:

№ профіля	Генетичний горизонт	Ознака (властивість)	
		Вміст гумусу, %	рН
1	Н	5.30	6.5
	Нр	1.05	6.8
	Р	0.06	7.1
2	Н	4.45	7.5
	Нр	2.10	6.6
	Р	0.02	6.4

- матричний запис цієї ж таблиці «об'єкт-властивості»:

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} 5.30 & 1.05 & 0.06 & 6.5 & 6.8 & 7.1 \\ 4.45 & 2.10 & 0.02 & 7.5 & 6.6 & 6.4 \end{bmatrix}, \text{ де } i=1,2, \text{ а } j=1,6$$

Зауважимо, що глибини горизонтів або їх потужність можуть також прийматися в якості ознак. Крім того, для кожного горизонту набір ознак може бути різним.

Для того, щоб краще зрозуміти суть формалізації ґрунтових даних, яку ми описали у вигляді матриці, наведемо приклад геометричного трактування принципів впорядкування ознак (властивостей) певного ґрунтового об'єкту.

Для цього використаємо ті самі значення матриці, але лише для горизонту Н, тобто для візуалізації застосуємо двомірну графічну просторову систему (рис. 6.4).

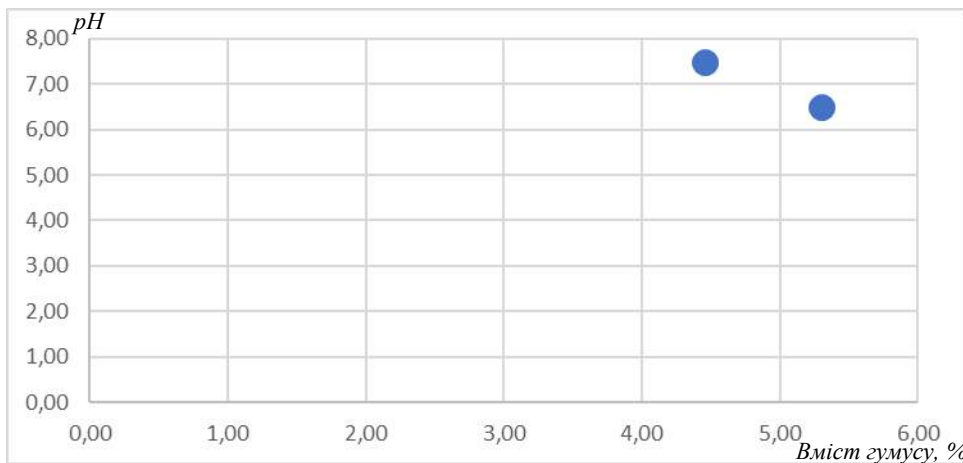


Рисунок 6.4. Розташування двох ґрунтових зразків горизонту Н в двомірній просторовій системі ознак (для двох горизонтів Н: вміст гумусу 5,30% і 4,35%; рН 6,50 і 7,50 відповідно).

На рисунку 6.4. два зразки горизонту Н представлені в двомірному просторі з координатами, які утворені значеннями гумусу і рН. Отже, можемо розглядати ґрунтові зразки (об'єкти) як точки в просторовому вимірі ґрунтових ознак (властивостей), де координатами є показники цих ознак. У випадку, коли об'єкти описують однією ознакою, використовують одновимірну просторову систему. Проте, зазвичай ґрунтових ознак (властивостей) є декілька, тому

інформаційні системи дозволяють одночасно опрацьовувати та вести облік великої кількості ознак [258].

Тому, одним із важливих завдань інформаційного ґрунтознавства є створення стандартів для впорядкування і опису ґрунтових об'єктів і ознак, розробка метаданих, які містять характеристики ґрунтових об'єктів і ознак, з метою їх ідентифікації, пошуку, оцінки і управління ними. Розроблені стандарти і метадані є базовими складовими ґрунтових інформаційних систем і баз даних [209; 242].

Базовим елементом сучасних ґрунтових інформаційних систем є атрибутивні бази даних, які містять описи властивостей конкретних ґрунтів, їх якісні і кількісні показники. Тому, наступним кроком після розробки самої інформаційної моделі опису ґрунтового об'єкту є робота із формалізації даних його властивостей.

Аналіз закордонного досвіду свідчить про поширене використання вербальних і описових методів характеристики ґрунтового об'єкту, що вказує на достатньо низький рівень формалізації уявлень і понять в ґрунтознавстві та зумовлює неоднозначність інтерпретації багатьох фактів і явищ [175; 222; 258]. Тому необхідною є трансформація простих ґрунтових визначень, які використовують при отриманні і обміні ґрунтовими даними, у формалізований еквівалент, тобто заміна традиційної вербальної мови на чітку мову знакових систем [64].

Для того, щоб описати відносини між ґрунтовими об'єктами і показниками предметної області, а також структуру зберігання даних, потрібно формалізувати предметну область, тобто перевести прості поняття, які використовують при роботі з ґрунтовими даними, у формалізований еквівалент. Необхідною умовою формалізації предметної області, крім використання різноманітної символіки для позначень понять ґрунтознавства, є опис взаємовідносин між ґрунтовими об'єктами і властивостями. Така формалізація відрізняється від «традиційної» формалізації, коли поняттям привласнюють індекси, тим, що в систему формалізації включають метадані з набором

визначень понять, їх способом зберігання та описом відносин між ними [64]. Метадані окремо описують відносини між об'єктами і показниками предметної області, а також визначають структуру зберігання таких даних. Кожен показник повинен бути описаний у вигляді індексованого показника властивості ґрунту, а кожному терміну або назві повинен відповідати запис в таблиці, яка містить визначення і метадані, що дозволяють описати взаємовідносини цих назв чи термінів.

Оскільки застосування лише візуальних форм зберігання даних не дозволяє створити ефективний механізм формалізації мови в ґрунтознавстві, необхідно використовувати електронні форми зберігання за допомогою метаданих, в яких описують взаємовідносини між об'єктами і показниками предметної області, а також структура даних.

Виділяють дві основні групи наборів атрибутів, які розкривають і передають смисловий зміст понять:

1. атрибути з візуально зрозумілими формами зберігання і комунікації. Такі атрибути ще називають вербальними. До них відносимо:

Name – коротка назва показника;

Description – повний опис ознаки, властивості, об'єкту тощо;

Unit – одиниця виміру;

Value_Name – ім'я значення показника властивості ґрунту та інші.

2. електронні форми зберігання і комунікації або метадані. До них відносимо:

ID_Indicator – унікальний ідентифікатор показника властивості ґрунту;

ID_Value – унікальний ідентифікатор значення властивості ґрунту;

ID_Level – унікальний ідентифікатор ієрархічного рівня показника властивості ґрунту;

ID_Object – унікальний ідентифікатор ґрунтового об'єкта та інші.

Розробка системи формалізації ґрунтових даних складається з трьох етапів:

- 1) розробка переліку критеріїв для формалізації показників, методів, об'єктів;

2) формування набору ґрунтових показників і об'єктів, їх формалізація і уніфікація;

3) апробація створеної системи із застосуванням отриманих раніше даних.

На першому етапі були використані попередні напрацювання, які стосуються формалізації ґрунтових даних в ґрунтознавстві, а саме власні дослідження окремих типів ґрунтів та їх властивостей, польові визначники ґрунтів, методики польових і лабораторних досліджень в ґрунтознавстві, наукові роботи із вивчення основних типів ґрунтів тощо [9; 44; 47-49; 207]. В результаті був складений перелік метаданих для опису набору ґрунтових показників, методів, значень, ґрунтових об'єктів та іншої допоміжної інформації (див. додаток А).

Також розроблено три концептуальних блоки організації ґрунтових даних:

○ **блок зберігання вимірювальних ґрунтових даних**, які за типом збережених даних можна розділити на чотири види (зберігання довідкових, дробових і символічних даних, а також даних виражених цілими числами) (табл. 6.3).

Таблиця 6.3.

Приклад концепту зберігання символічних ґрунтових даних.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Symbol	Унікальний ідентифікатор запису таблиці даних показника в форматі символів	Ціле число (Integer)
ID_Indicator	Унікальний ідентифікатор показника якості. Забезпечує зв'язок з показником якості в таблиці Indicator Блок 2	Ціле число (Integer)
Value_Sym	Значення показника – символічне. Зберігаються дані показника ґрунтової властивості у форматі символів.	Символ (Char)
ID_Method	Унікальний ідентифікатор значення показника. Забезпечує зв'язок з методом визначення показника властивості в таблиці Method Блок 2	Ціле число (Integer)
ID_Object	Унікальний ідентифікатор значення показника. Забезпечує зв'язок з ґрунтовим об'єктом в таблиці Object Блок 2	Ціле число (Integer)

- **блок індексованих показників властивостей ґрунтів**, що складається з таблиць метаданих: показників властивостей ґрунтів – індикатор (indicator), методів їх визначення – метод (method) і значень показників властивостей ґрунтів – значення (value). Для прикладу в скороченому вигляді наведена одна з таблиць (табл. 6.4).

Таблиця 6.4.

Приклад концепту метаданих показників ґрунтових властивостей.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Indicator	Унікальний ідентифікатор показника якості	Ціле число (Integer)
ID_Grade	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації ґрунтового об'єкту відноситься показник. Використовують два рівні: EGA - рівень поліпедону, I - рівень розрізу.	Символ (Char)
ID_Level	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації морфологічної будови профілю відноситься показник. Використовують три рівні: P - рівень профілю, L - рівень горизонту, M - рівень морфону.	Символ (Char)
ID_Object	Тип ґрунтового об'єкта. Характеристика, яка розрізняє ґрунтові об'єкти, що знаходяться на одному координатному рівні в ґрунтовій системі координат: P - ґрунтовий профіль (ID_Level = P), L - ґрунтовий горизонт (ID_Level = L), M - ґрунтовий морфон (ID_Level = M), S - ґрунтовий зразок (ID_Level = M).	Символ (Char)
Name	Коротка назва показника. Застосовують для створення інтерфесу і навігаційних меню.	Символ (Char)
Description	Детальний опис показника.	Текст (Text)
Unit	Одиниця виміру. Показує, в яких одиницях зберігається значення показника в базі даних.	Символ (Char)
DataType	Тип даних, який використовується для зберігання значень показника. Використовують три типи даних: Integer – цілі числа, Float - дробові числа з плаваючою комою, Char - символні дані.	Символ (Char)
MethodKey	Ідентифікатор методів визначення показника. Використовують для встановлення зв'язку	Символ (Char)

	між показником і методами визначення цього показника, які перерахованими в таблиці method.	
ValueKey	Ідентифікатор набору значень показника. Використовують для встановлення зв'язку між показником і набором значень показника, які перераховані в таблиці value.	Символ (Char)
TagName	Назва посилання в шаблоні XML-документа опису ґрунтових даних. Використовують для забезпечення обміну ґрунтовими даними з іншими зовнішніми додатками.	Символ (Char)
OnOff	Визначник використання поточного запису. Дозволяє включати або виключати використання показника в базі даних.	Бінарне значення (Binary)

В двох інших таблицях є теж певні характерні відмінності (додаток А – таблиці 3-4). Наприклад, поле description таблиці method містить назви груп методів або методу визначення показника, які формуються за наступними правилами:

- опис методу починається зі слова «Згідно», якщо для визначення значення показника використовується який-небудь один встановлений метод;
- опису методу присвоюється значення «Розрахунковий метод», якщо значення показника розраховується з використанням показників, визначених різними методами;
- опис багаточленного запису групи методів починається зі слів «Методи визначення ...»;
- опис конкретного методу може містити розширений опис методу визначення показника;
- у всіх інших випадках для опису методу присвоюється значення «Авторське рішення».

Таблиця value складається з 9 ідентифікаторів, серед яких суттєво відрізняється поле description, в якому описи значень показника формуються за наступними правилами:

- опис групи значень починається зі слова «Довідник ...», якщо набір значень показника буде організовано як довідник;
 - опис групи значень починається зі слова «Класифікатор ...», якщо набір значень показника буде організовано як класифікатор;
 - опис групи значень починається зі слова «Показчик ...», якщо набір значень показника буде організовано як показчик.
- **блок ґрунтових об'єктів** складається з таблиці ґрунтових об'єктів object і реалізує ієрархічні відносини у вигляді метаданих, що дозволяє зменшити кількість таблиць в моделі і вносити скільки завгодно ієрархічних об'єктів (табл. 6.5).

Таблиця 6.5.

Приклад концепту метаданих опису ґрунтових об'єктів.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Object	Унікальний ідентифікатор ґрунтового об'єкту. Характеристика, яка розрізняє ґрунтові об'єкти, що знаходяться на одному координатному рівні в ґрунтовій системі координат: P - ґрунтовий профіль (ID_Level = P), L - ґрунтовий горизонт (ID_Level = L), M - ґрунтовий морфон (ID_Level = M), S - ґрунтовий зразок (ID_Level = M).	Ціле число (Integer)
ID_Grade	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації ґрунтового об'єкту відноситься показник. Використовують два рівні: EGA - рівень поліпедону, I - рівень розрізу.	Символ (Char)
ID_Level	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації морфологічної будови профілю відноситься показник. Використовують три рівні: P - рівень профілю, L - рівень горизонту, M - рівень морфону.	Символ (Char)
Parent	Посилання на «parent» ідентифікатор. Поле використовують для організації додаткових ієрархічних зв'язків об'єктів, які належать одному ґрунтовому профілю.	Ціле число (Integer)
OnOff	Визначник використання поточного запису. Дозволяє включати або виключати використання показника в базі даних.	Бінарне значення (Binary)

Наступний етап передбачає формування набору ґрунтових показників і об'єктів, їх формалізацію та уніфікацію. Цей етап ґрунтується на аналізі даних отриманих під час багаторічних досліджень кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка, власних досліджень окремих типів ґрунтів та їх властивостей, а також методах і підходах, які використані в польових визначниках ґрунтів, методиці польових і лабораторних досліджень тощо [9; 42; 44; 47-49; 66; 207]. Після доопрацювання (додавання нових показників і виправлення помилок) створений формалізований масив, який описує всі 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. 6.6).

Останнім етапом є апробація створеної системи із застосуванням існуючих ґрунтових даних для Львівської області. Здійснена робота із трансформації показників і властивостей ґрунтів в формалізований масив. 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 такий 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, а точніше як точковий просторовий елемент на географічній карті.

Таблиця 6.6.

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 межах	12	Назва і код адміністративних одиниць області
Місцезнаходження	location	string	200	Опис характерних геолокаційних умов розташування профілю	---	не використовується		

						(у разі необхідності)		
		Землевикористання	landtype	string	25	Типи землевикористання	13	Назва і код типу землевикористання
		Угіддя	landuse	string	50	Типи земельних угідь	14	Назва і код типу земельних угідь
		Ерозійні процеси	erosion_t	string	50	Види ерозії	15	Назва і код виду ерозії
		Меліорація	meliorat	string	50	Види меліорації	16	Назва і код виду меліорації
2	Районування	Ґрунтово-географічне районування	gr_geo_z L1	string	50	Ґрунтово-географічна країна	21	Назва і код таксономічних одиниць області
			gr_geo_z L2	string	50	Ґрунтово-біокліматична зона або гірський пояс		
			gr_geo_z L3	string	50	Ґрунтовий край		
			gr_geo_z L4	string	50	Ґрунтовий округ або гірська область		
		Природно-сільськогосподарське районування	nat_agr_z	string	50	Природно-сільськогосподарський район	22	Назва і код таксономічних одиниць області
3

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 6

1. Одним із важливих завдань інформаційного ґрунтознавства є створення стандартів для впорядкування і опису ґрунтових об'єктів і ознак, розробка метаданих, які містять характеристики ґрунтових об'єктів і ознак, з метою їх ідентифікації, пошуку, оцінки і управління ними. Розроблені стандарти є базовими складовими ґрунтових інформаційних систем і баз даних.
2. Використання найвищого ієрархічного рівня $ID_Grade = 0$ в якості початку системи відліку в семантичній базі даних відкриває принципову можливість формалізувати відносини між ґрунтовими об'єктами і його окремими одиницями.
3. 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).
4. 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.

РОЗДІЛ 7. ГРУНТОВА ІНФОРМАЦІЙНА СИСТЕМА ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ УКРАЇНИ

Розвиток ґрунтових інформаційних систем зумовлений швидким зростанням ролі сучасних цифрових методів в ґрунтознавстві, таких як цифрове картографування ґрунтів, аналіз даних дистанційного зондування Землі і геостатистика, а отже суттєвим збільшенням об'ємів цифрової інформації про ґрунти, яка вимагає систематизації та ефективного аналізу.

Дослідження сучасного стану національних та іноземних напрацювань в галузі використання інформаційних технологій для роботи з ґрунтовими даними показали, що на сьогодні найбільш ефективними є ґрунтові інформаційні системи, в яких використовують три компоненти:

1. геоінформаційні системи, що забезпечують функціональність роботи з просторовими даними, можливість просторового аналізу і вузалізації даних;
2. реляційні бази даних (або семантичні дані), що забезпечують функціональність роботи з великим набором даних показників властивостей ґрунтів (мофрологічні, фізичні, фізико-хімічні тощо);
3. методи віддаленого доступу, що забезпечують функціональні можливості доступу багатьом користувачам одночасно до просторових і атрибутивних даних (засобами Internet).

В світі функціонує декілька десятків повноцінних інформаційних систем – від регіонального до глобального рівня [144; 163; 200; 246]. В Україні також розроблено декілька тематичних ґрунтових інформаційних систем, які частково задовільняють описані вимоги [41; 251]. Завданням запланованої ґрунтової інформаційної системи було поєднати можливості ГІС-інструменту із існуючими ґрунтовими базами даних для Львівської області, а також забезпечити можливість внесення та редагування даних за встановленими правилами.

7.1. Особливості різнорівневого формування ґрунтових та інших тематичних даних

Розробка будь якої прикладної ґрунтової інформаційної системи починається із формування стандартів і структурованих даних, які містять характеристики та індикатори властивостей об'єкту дослідження, що дозволить в подальшому ідентифікацію, пошук, оцінку та ефективне управління такими даними [217]. Методи формування набору даних і використання геосистемного підходу для інвентаризації різних природних об'єктів нами досліджувалась протягом останніх 15 років. Так, одним із суттєвих здобутків було використання геосистемного підходу для інвентаризації зелених зон урбанізованих територій, що дало можливість отримати надійні індикатори стану цілісних об'єктів природокористування – геосистем [19]. Виділені індикатори стану геосистем є основою для проведення багатоваріантної оцінки природних та соціальних ресурсів, оптимізації функціонального зонування природних об'єктів.

Використана нами процедура визначення оціночного бала стану компонентів геосистем була в подальшому застосована під час розробки ґрунтової інформаційної системи Львівської області. У випадку присвоєння градацій властивостям ґрунту ми застосовували однакові підходи, висвітлені у попередніх наших дослідженнях [19]. Зокрема, початковий бал був наданий певним градаціям індикаторів усіх компонентів ландшафту із урахуванням їхньої ролі у формуванні та підтримці структури геосистем. Потім цей бал пройшов два етапи ранжування. Для прикладу, на першому етапі ранжування балів була врахована стійкість геосистем до зовнішнього впливу, а на другому – їхня природоохоронна цінність [19]. Тобто, остаточний бал оцінки стану компонентів геосистем враховує як величину зовнішнього впливу, так і внутрішні властивості геосистем, які підсилюють чи послаблюють цей вплив.

Крім того, були напрацьовані методи збору та аналізу польової інформації про природні об'єкти за стандартизованою єдиною програмою із використанням географічних інформаційних систем та інших сучасних

технічних засобів. Важливо, що аналіз отриманої інформації та визначення інтегральної оцінки стану геосистем здійснено з використанням ГІС-технологій, а також з допомогою розробленої спеціальної бланкової форми для фіксування польових даних. Всі текстові записи в ній зведені до мінімуму і основні градації зміни індикатора подано у табличному варіанті. Такий формалізований та уніфікований підхід пов'язаний з необхідністю оцінення всіх геосистем за єдиною методикою: він дає змогу уникнути ймовірного пропуску окремих індикаторів та обмежує фіксування показників, які є зайвими для внесення в ГІС, а також дозволяє вимірювати всі індикатори всіма дослідниками в один і тих самих одиницях та градаціях [19].

Досвід використання такого підходу дозволив сформувати окремі блоки ґрунтової інформаційної системи Львівської області, в першу чергу принципи формування інформаційної моделі опису ґрунтового профілю та формалізація окремих властивостей ґрунту.

Ґрунтуючись на аналізі іноземного досвіду та власних напрацюваннях важливо зрозуміти і вибрати концептуальні підходи до побудови структури даних. Нами здійснено поєднання реляційних баз даних із просторовою структурою, які є базовими одиницями в ГІС. Тобто, розроблена просторово-семантична інформаційна модель як індексований масив дискретних даних, яка дозволяє використовувати показники ґрунту спільно з визначеними показниками профілю чи горизонту в одній системі координат (рис. 7.1).

Такий підхід відкриває принципово нові можливості для ґрунтових інформаційних систем, а саме можливість просторово-розподіленого статистичного аналізу, моделювання змін окремих ґрунтових ознак в тривимірному просторі, кластеризація ґрунтових об'єктів тощо.

Отже, логічна модель ґрунтової інформаційної системи будується на принципі об'єднання геоінформаційних (просторових) та реляційних баз даних і складається з трьох рівнів:

- рівень ґрунтового покриття, 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 ґрунтів, ґрунтові горизонти та їх властивості.

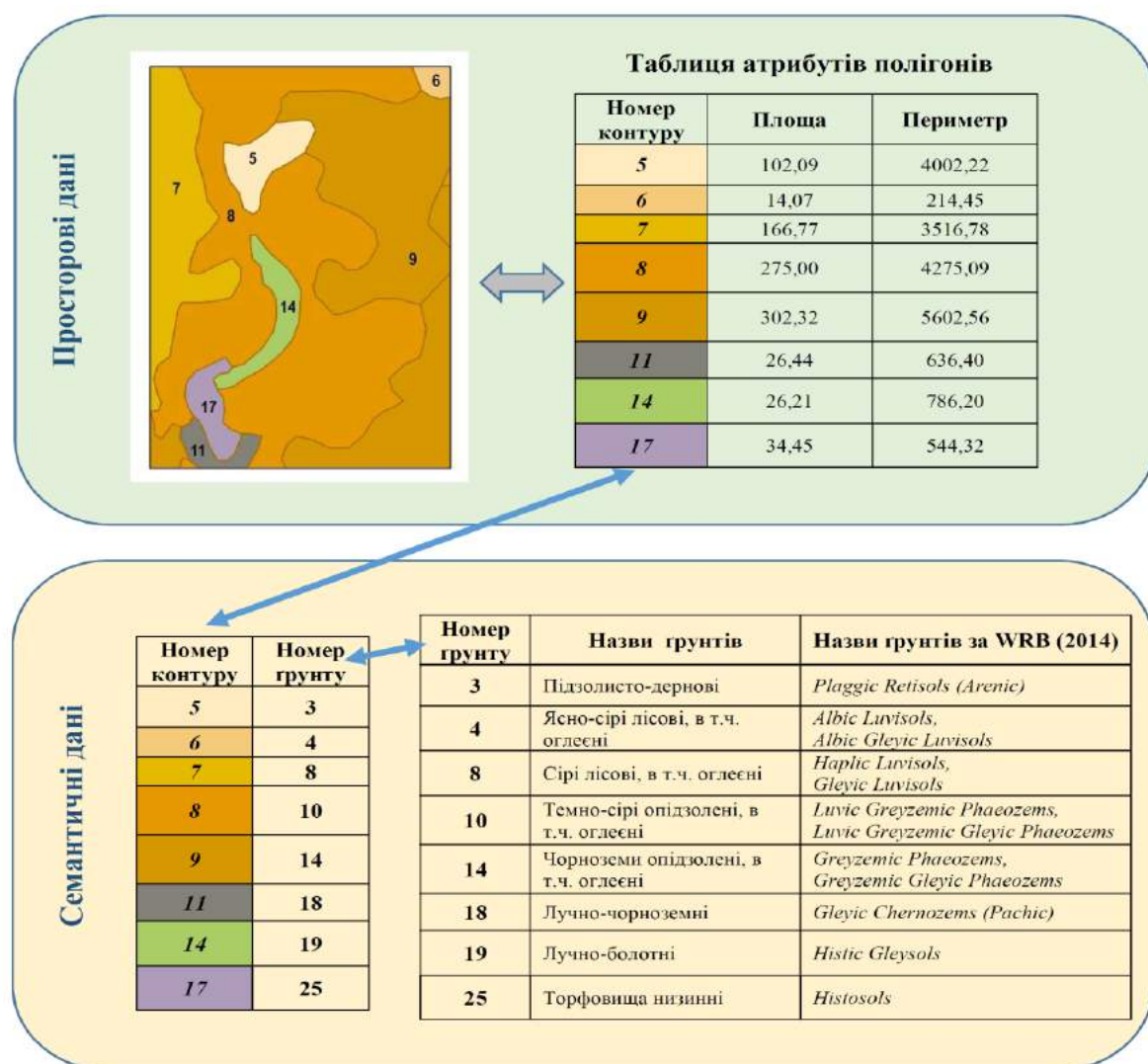


Рисунок 7.1. Принципи поєднання геоінформаційних (просторових) та реляційних (семантичних) баз даних.

Такий підхід дозволяє врахувати повністю всі ґрунтові структурні одиниці та їх властивості в процесі розробки інформаційних систем (рис. 7.2).

Згідно цієї концептуальної схеми, на найвищому ієрархічному рівні ґрунтової інформаційної системи знаходиться окрема ґрунтова 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.



Рисунок 7.2. Концептуальна структура ґрунтових даних.

Зазначимо, що будь-яке просторове ґрунтове тіло, яке належить до певної класифікаційної одиниці априорі не є однорідним. Навіть для елементарних ґрунтових ареалів характерним є варіювання морфологічних, фізичних і хімічних властивостей ґрунтів всередині ЕґА, що пов'язано з флуктуаціями деяких параметрів чинників-ґрунтоутворювачів у межах ЕґА (мікроколивання поверхні ґрунту викликані різними формами нано- і мікрорельєфу, початкова неоднорідність ґрунтоутворних порід, ріюча діяльність тварин, неоднорідний розподіл фітогенних полів, особливості агротехніки тощо). Тому, цей рівень передбачає деталізацію і опис окремих ґрунтових властивостей у вигляді реляційних баз даних.

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. 7.3). Кількість векторизованих ґрунтових контурів становить 1350, згідно легенди на карті виділяють 32 ґрунтові класифікаційні одиниці (додаток Б). Крім того, створено атрибутивну базу даних, яка містить назву ґрунту згідно української класифікації, назву ґрунту відповідно до класифікації WRB 2014 року [257], площу ґрунтового контура (в гектарах), вибрані ґрунтові характеристики верхнього горизонту ґрунту, зокрема: індекс верхнього горизонту, два показники фізико-хімічних властивостей (рис. 7.4).

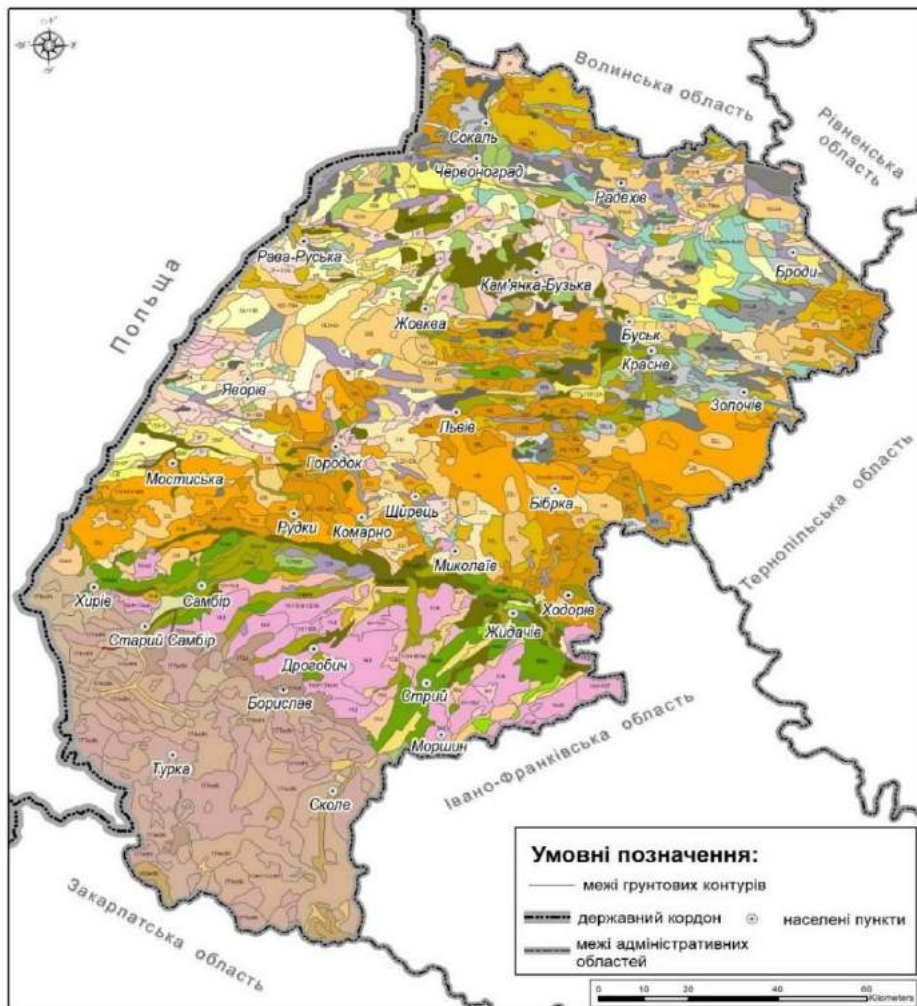


Рисунок 7.3. Карта ґрунтів Львівської області точністю масштабу 1:200 000 (за матеріалами великомасштабних ґрунтових досліджень проведених інститутом «Укрземпроект» в 1966-1967).

Обмежена кількість вказаних ґрунтових властивостей для ґрунтових контурів векторизованих з точністю масштабу 1:200 000 зумовлена тим, що в розробленій інформаційній системі передбачений детальний опис всіх властивостей ґрунтів на нижчих ієрархічних рівнях, відповідно існує можливість екстраполяції додаткових даних на вищий ієрархічний рівень.

FID	Shape *	OBJECTID	Merge	name	name_wbr	index	pHkcl	humus	Area ha
0	Polygon	1	1	Дерново-приховано-підзолисті	Albic Arenosols (Ochric)	HE	3,9	1,2	78274,1
1	Polygon	2	2	Дерново-слабо- та середньо-підзолисті	Albic Retisols (Arenic)	HE	3,9	1,4	150059
2	Polygon	3	3	Дерново-підзолисті глейові	Albic Gleyic Retisols (Arenic)	HEgl	4,1	0,9	38680,2
3	Polygon	4	4	Дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні	Stagnic Retisols	HEgl	4,5	1,2	131092
4	Polygon	5	5	Підзолисто-дернові	Plaggic Retisols (Arenic)	HE	6,5	1,9	42865,7
5	Polygon	6	6	Ясно-сірі пісові, в т.ч. оглеєні	Albic Luvisols, Albic Gleyic Lu	HE	3,9	1,9	76153,6
6	Polygon	7	7	Сірі лісові, в т.ч. оглеєні	Haplic Luvisols, Gleyic Luvisol	He	3,9	2,8	191950
7	Polygon	8	8	Темно-сірі опідзолені, в т.ч. оглеєні	Luvic Greyzemic Phaeozems, He	He	6,5	2,8	269536
8	Polygon	9	9	Чорноземи опідзолені, в т.ч. оглеєні	Greyzemic Phaeozems, Greyz	He	6,7	3,1	92573,8
9	Polygon	10	10	Чорноземи типові малогумусні	Haplic Chernozems	H	6,4	3,2	56583
10	Polygon	11	11	Лучно-чорноземні	Gleyic Chernozems (Pachic)	H	6,3	5,6	8252,84
11	Polygon	12	12	Лучні та алювіальні лучні	Gleyic Chernic Phaeozems (P	H	6,1	4,1	128822
12	Polygon	13	13	Лучні глейові	Mollic Gleysols (Humic)	Hgl	7,3	3,4	45387,5
13	Polygon	14	14	Лучно-болотні	Histic Gleysols	Hgl	6,2	4,3	46852,2
14	Polygon	15	15	Болотні та алювіальні болотні	Gleysols, Gleyic Histic Fluvisol	Hgl	6,2	7,3	51875,7
15	Polygon	16	16	Торфувато- та торфово-болотні	Histic Gleysols	THk	7,5	0	10011,2
16	Polygon	17	17	Торфовища низинні	Histosols	Th	7,4	0	56296,8
17	Polygon	18	18	Дернові піщані та зв'язно-піщані, в т.ч.	Arenosols (Ochric), Gleyic Are	H	6,1	1,3	61476
18	Polygon	19	19	Дернові та алювіальні дернові супіщані	Fluvic Arenosols (Ochric); Flu	H	6,1	1,4	87450,7
19	Polygon	20	20	Дернові опідзолені оглеєні	Fluvic Gleyic Phaeozems (Albi	He	5,4	4,8	73643,7
20	Polygon	21	21	Буроземно-підзолисті оглеєні	Neocambic Gleyic Retisols	HEgl	2,7	3,6	37930,6
21	Polygon	22	22	Чорноземи карбонатні	Skeletal Calcic Chernozems	Hk	0	5,7	47311,8
22	Polygon	23	23	Лучні карбонатні	Gleyic Rendzic Phaeozems	Hk	0	5,8	9244,53
23	Polygon	24	24	Рендзини	Rendzic Leptosols	Hk	7,5	4,6	45466,4
24	Polygon	25	25	Буроземні гірсько-пісові, в т.ч. оглеєні	Dystric Cambisols, Dystric Gle	H	3,3	2,1	208796
25	Polygon	26	26	Буроземні гірсько-пісові опідзолені, в т.	Dystric Cambisols, Dystric Gle	H	3,3	2,1	138882
26	Polygon	27	27	Дерново-буроземні, в т.ч. оглеєні	Cambic Umbrisols, Cambic Gl	H	5,3	4,3	20066,7
27	Polygon	28	28	Дерново-буроземні опідзолені	Cambic Umbrisols (Albic)	He	5,1	3,3	1658,06
28	Polygon	29	29	Дерново-буроземні опідзолені глейові	Cambic Gleyic Umbrisols	He	5	3	3487,82
29	Polygon	30	30	Дерново-буроземні опідзолені глейові	Cambic Gleyic Umbrisols	He	5	3	3487,82

Рисунок 7.4. Фрагмент атрибутивних даних ґрунтових контурів карти точністю масштабу 1:200 000.

Також, на найвищому рівні розробленої інформаційної системи Львівської області сформовано набір тематичних векторних та растрових даних, які використовують для різних прикладних завдань.

Серед цих даних важливими для проведення нормативної оцінки сільськогосподарських земель є схема природно-сільськогосподарського районування Львівської області (рис. 7.5). Цей тематичний шар містить 11 природно-сільськогосподарських районів, які використовують в розробленому алгоритмі обчислення нормативної оцінки сільськогосподарських земель програмними засобами ГІС-інструменту.

Серед інших тематичних шарів найвищого рівня, які використані в розробленій ґрунтовій інформаційній системі, необхідно вказати векторні шари ґрунтово-географічного районування (додаток В – рис. 4.1), гідрологічної і

транспортної мережі (додаток В – рис. 4.3), растровий шар наземного покриття (додаток В – рис. 4.2). Ці тематичні шари необхідні для попереднього визначення місця розташування ґрунтових об'єктів в географічному і тематичному просторі.

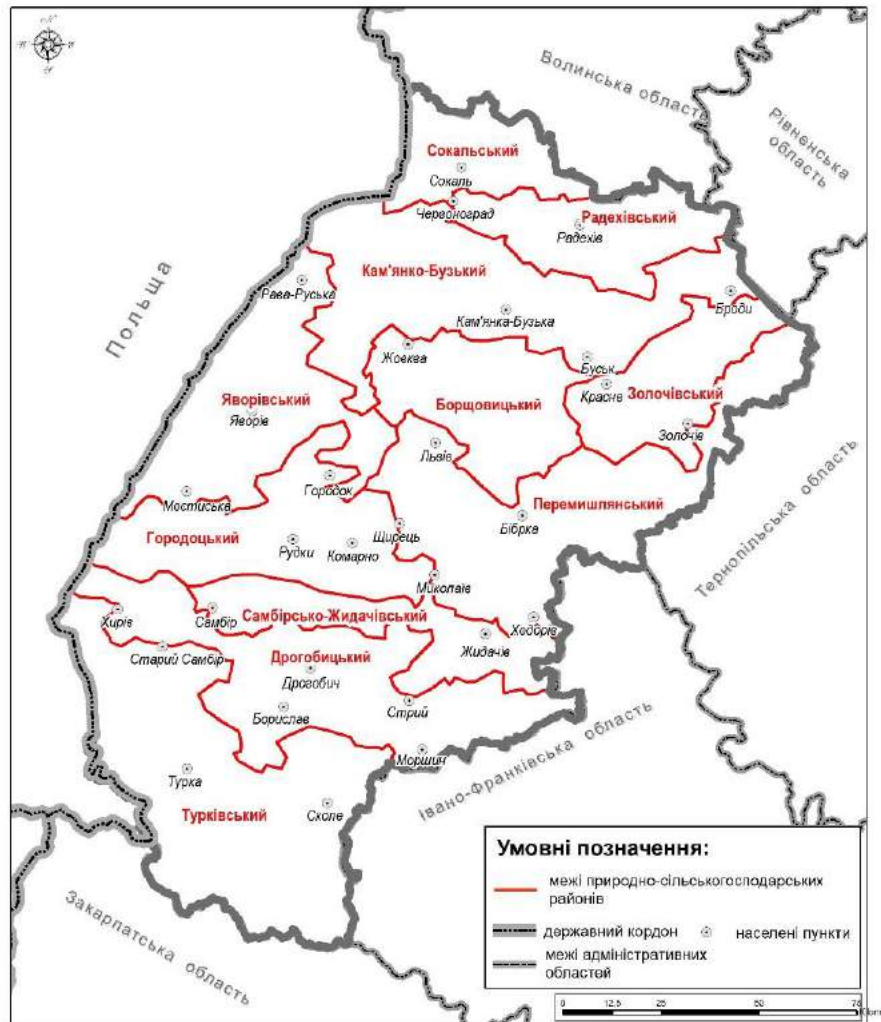


Рисунок 7.5. Природно-сільськогосподарське районування Львівської області.

В розробленій ґрунтовій інформаційній системі Львівської області використано окремий векторний шар меж природно-заповідних об'єктів області різного рівня (додаток В – рис. 4.4). Зумовлено це тим, що окремі функціональні зони об'єктів природно-заповідного фонду області визначають умови природокористування і відповідно накладають обмеження на використання ґрунтових ресурсів регіону [140]. Власне це є одним з висновків

нашого дослідження, де обґрунтовується важливість встановлення сервітутів та сприйняття і відношення місцевого населення і державних органів до питань збереження цінних природних комплексів, де ґрунтовий покрив відіграє ключову роль [140].

Наступний рівень передбачає використання великомасштабних ґрунтових картографічних матеріалів, які здебільшого зберігаються на паперових носіях і потребують векторизації з подальшим внесенням у створену ґрунтову інформаційну систему.

Переваги використання векторних ґрунтово-картографічних матеріалів точністю масштабу 1:10 000 є наступними:

- можливість оновлення ґрунтово-картографічних матеріалів, в першу чергу доповнення їх новою інформацією (наприклад, уточнення існуючих меж ґрунтів, їх складу тощо);
- можливість систематизації інформації в створеній ґрунтовій інформаційній системі, а саме ефективного впорядкування та редагування інформації кількісного та якісного характеру;
- виконання просторового аналізу даних засобами ГІС-інструментів, моделювання, зокрема складання трьохвимірних моделей карт ґрунтів для більш наочного сприйняття інформації;
- необхідність використання існуючих ґрунтових карт для виготовлення карт-версій ґрунтового покриття як базової складової для проведення повторних ґрунтово-картографічних досліджень;
- можливість швидкого відображення табличної інформації у графічному вигляді (створення різноманітних тематичних ґрунтових картосхем, графіків тощо);
- можливість достатньо простого процесу переходу масштабування електронних карт, що було достатньо складним процесом із паперовими зразками;

- можливість змінювати картографічні проєкції відображення поверхні залежно від потреб (наприклад, для створення карт ґрунтів різних територій, країн тощо);
- широкий доступ користувачів до потрібної інформації через джерела комп'ютерної мережі.

Векторизовано набір ґрунтових карт масштабу 1:10 000 в межах Львівської області, які розміщені в базі даних інформаційної системи. В якості вхідних даних використані картографічні матеріалами великомасштабних ґрунтових досліджень інституту «Укрземпроект», Львівського філіалу інституту землеустрою, науково-дослідної лабораторії №50 Львівського національного університету імені Івана Франка (рис. 7.6).

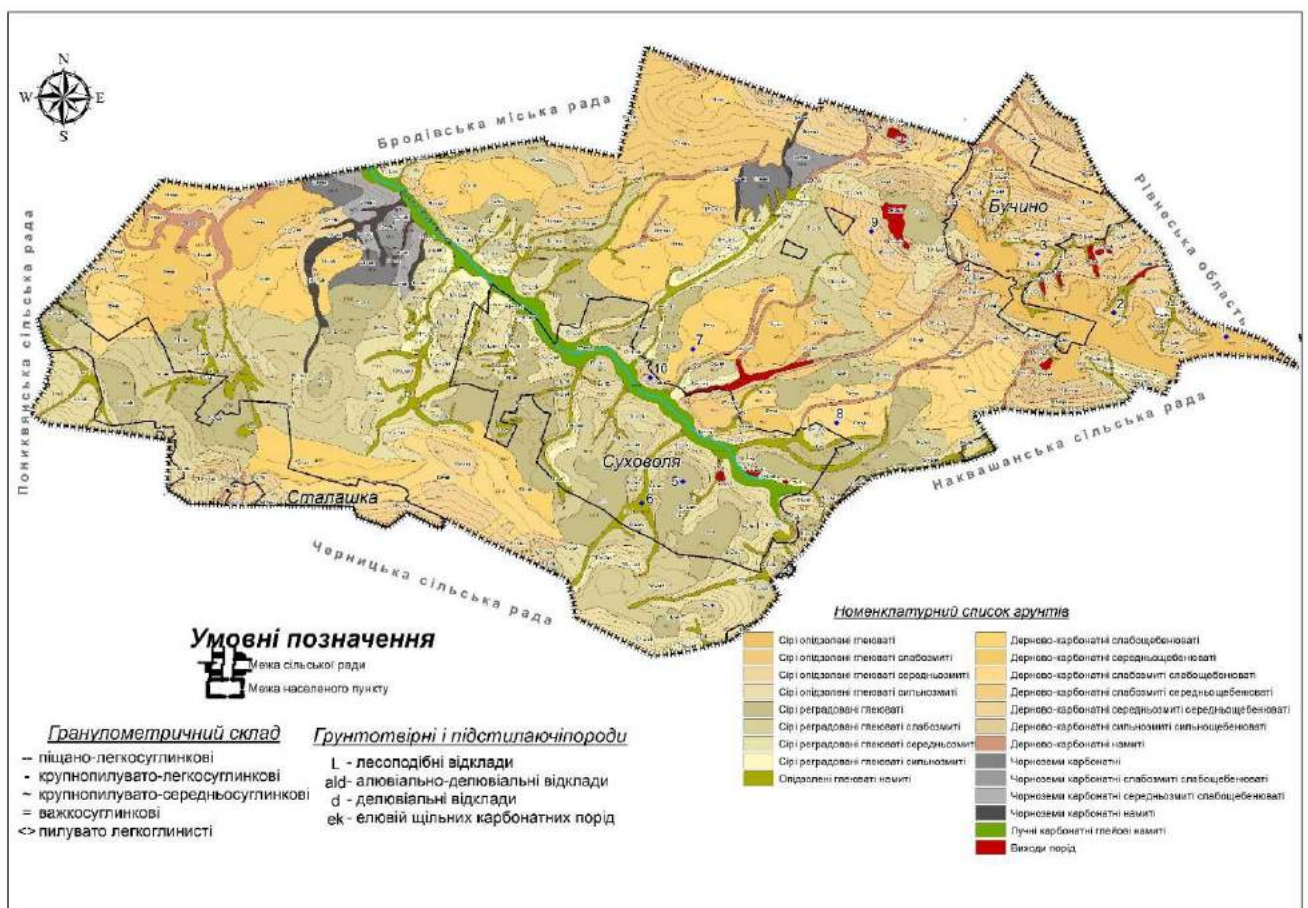


Рисунок 7.6. Приклад векторизованої карти ґрунтів з точністю масштабу 1:10 000 на територію Суховільської сільської ради Бродівського району Львівської області.

З метою апробації розробленої ґрунтової інформаційної системи Львівської області векторизовано ґрунтові контури десяти сільських рад в різних адміністративних і природних районах області (рис. 7.7), а саме:

1. Верхньолужецька сільська рада Старосамбірського району;
2. Волосянківська сільська рада Сколівського району;
3. Дублянська сільська рада Самбірського району;
4. Колодрубівська сільська рада Миколаївського району;
5. Поторицька сільська рада Сокальського району;
6. Солонківська сільська рада Пустомитівського району;
7. Стрільківська сільська рада Старосамбірського району;
8. Суховільська сільська рада Бродівського району;
9. Сянківська сільська рада Турківського району;
10. Ясинська сільська рада Яворівського району.

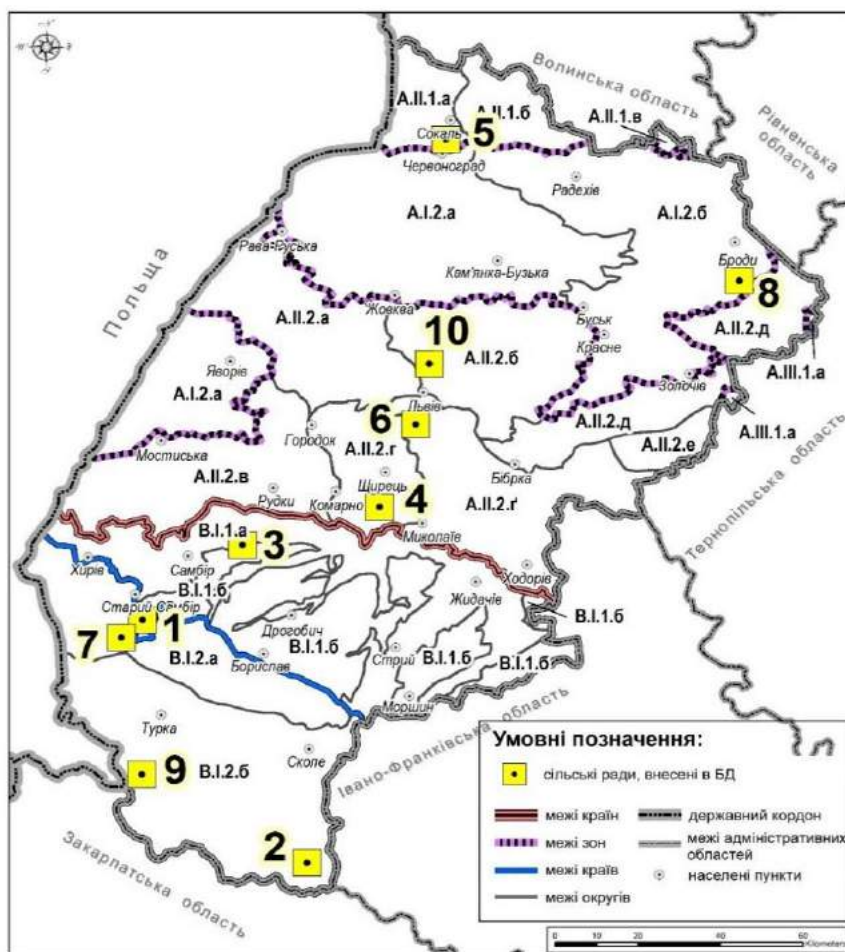


Рисунок 7.7. Просторове розміщення модельних сільських рад (векторизовані ґрунтові карти масштабу 1:10 000).

Загалом векторизовано близько 4400 ґрунтових контурів, охоплено всі фонові ґрунти області, загальна площа векторизованих ґрунтових даних майже 27 000 гектарів (додаток Г - рис. 5.1). Крім того, створено атрибутивну базу даних, яка містить назву ґрунту згідно української класифікації, назву ґрунту відповідно до класифікації WRB 2014 року [257], площу ґрунтового контура (в гектарах), гранулометричний склад, ґрунтоутворюючі та підстилаючі породи, номер агрогрупи і бал бонітету (табл. 7.1). Обмежена кількість ґрунтових показників для ґрунтових контурів векторизованих з точністю масштабу 1:10 000 зумовлена тим, що в розробленій інформаційній системі передбачений детальний опис всіх властивостей ґрунтів на профільному рівні, відповідно існує можливість екстраполяції додаткових даних на вищі ієрархічні рівні. Номер агрогрупи і бал бонітету будуть використані для обчислення нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення засобами розробленого ГІС-інструменту ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

Таблиця 7.1.

Фрагмент атрибутивної бази даних векторного великомасштабного ґрунтового шару (на прикл. Дублянської сільської ради Самбірського р-ну Львівської обл).

№ на карті	Загальна площа	Назва	Гранулометричний склад	ґрунтоутворюючі та підстилаючі породи	№ агрогрупи	Бал бонітету	WRB
1	50.57	дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті	крупнопилювато-легкосуглинкові	делювіальні відклади	18г	18	Stagnic Retisols
2	7.48	дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті слабозмиті	крупнопилювато-легкосуглинкові	делювіальні відклади	24г	14	Stagnic Retisols
3	18.82	дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті слабозмиті з плямами середньозмитих 30-50%	крупнопилювато-легкосуглинкові	делювіальні відклади	25г	11	Stagnic Retisols
4	63.91	дерново-середньопідзолисті поверхнево-глеюваті слабозмиті	крупнопилювато-легкосуглинкові	делювіальні відклади	24г	14	Albic Gleyic Retisols
5	270.52	підзолисто-дернові поверхнево-глеюваті	крупнопилювато-легкосуглинкові	делювіальні відклади	18г	18	Plaggic Retisols
6	466.40	підзолисто-дернові поверхнево-глеюваті слабозмиті	крупнопилювато-легкосуглинкові	делювіальні відклади	24г	14	Plaggic Retisols
7	99.36	підзолисто-дернові глеюваті	крупнопилювато-легкосуглинкові	делювіальні відклади	13г	26	Plaggic Retisols
8	111.56	дернові глибокі опідзолені глеюваті	крупнопилювато-легкосуглинкові	сучасні делювіальні відклади	180г	22	Fluvic Gleyic Phaeozems
9	7.67	дернові глибокі опідзолені поверхнево-глеюваті в комплексі з лучно-болотними ґрунтами (до 10%)	крупнопилювато-легкосуглинкові	сучасні делювіальні відклади	180г	22	Fluvic Gleyic Phaeozems
10	35.36	дернові глибокі опідзолені глейові	крупнопилювато-легкосуглинкові	сучасні делювіальні відклади	178г	13	Fluvic Gleyic Phaeozems
11	485.50	лучні опідзолені	крупнопилювато-легкосуглинкові	сучасний алювій	176г	29	Mollic Retisols
12	26.26	лучні опідзолені глейові	крупнопилювато-легкосуглинкові	сучасний алювій	178г	13	Mollic Gleysols
13	9.42	торфовища низинні середньоглибокі сильноорозкладені осушені	-----	-----	153	15	Histosols
14	109.20	торфовища низинні глибокі сильноорозкладені осушені	-----	-----	153	15	Histosols

Разом 1941.48

Використання векторизованих великомасштабних ґрунтово-картографічних матеріалів дозволяє здійснювати контроль за даними, які вносяться на наступному ієрархічному рівні. Мова йде про ґрунтовий розріз і опис профілю та генетичних горизонтів ґрунту. Крім того, використані ГІС-інструменти дозволяють отримувати певний набір семантичної інформації для ґрунтових розрізів безпосередньо із доступних полігональних даних, а також здійснювати обчислення взаємного просторового розташування точкових (профілі) і полігональних (ґрунтові контури, природні зони тощо) об'єктів. Наприклад, усереднення параметра в межах геометричного полігону.

На наступному ієрархічному рівні розробленої інформаційної системи – рівні ґрунтових розрізів, формування і наповнення єдиної бази даних ґрунтових ресурсів Львівської області здійснюється шляхом інвентаризації та формалізації інформації про ґрунти з відбором репрезентативних розрізів і залученням відомостей про фактори диференціації ґрунтового покриву.

подаємо параметри за якими здійснюють відбір репрезентативних ґрунтових профілів для певної території:

- ґрунти займають домінуючу площу в компонентному складі території;
- ґрунтові профілі найбільш характерні для досліджуваної території;
- ґрунтові профілі мають точну координатну прив'язку;
- ґрунтові профілі володіють найбільш повним набором аналітичних показників властивостей ґрунтів і описових морфологічних характеристик.

Розроблений систематизований перелік показників з допомогою яких описують ґрунтові розрізи і окремі генетичні горизонти. Перелік складається з двох окремих інформаційних блоків:

- 1) показники, які характеризують місце розташування розрізу, природні умови (чинники ґрунтоутворення), польову характеристику ґрунту, включно з описом основних морфологічних властивостей (табл. 7.2);
- 2) показники, які описують властивості окремих генетичних горизонтів або шарів ґрунту (морфологічні, фізичні, фізико-хімічні) (табл. 7.3).

Інформаційний блок 1 показників опису ґрунтового розрізу.

Група даних		Назва характеристики
№ групи	Назва	
1	2	3
1	Загальні відомості	Географічна прив'язка
		Номер розрізу
		Дата закладення розрізу
		ПІБ ґрунтознавця
		Організація
		Адміністративна одиниця
		Місцерозташування
		Землевикористання
		Угіддя
		Ерозійні процеси
		Меліорація
2	Районування	Ґрунтово-географічне районування
		Природно-сільськогосподарське районування
3	Чинники ґрунтоутворення	Рослинність
		Рельєф
		Ґрунотвірна порода
4	Загальна характеристика ґрунту	Поверхня ґрунту
		Гранулометричний склад
		Гумусовий стан
		Еродованість
		Наявність карбонатів
		Оглеєння
		Щебнистість
		Опідзолення
		Глибина залягання скельної породи
		Тип ґрунту
		Назва ґрунту
Фотографія розрізу		

Перший блок бази даних ґрунтових профілів містить інформацію про місце і час закладення розрізу, джерела інформації, чинники ґрунтоутворення, класифікаційної приналежності ґрунту (в національній і міжнародній класифікаціях), а також окремі властивості, які визначають в польових умовах.

Інформаційний блок 2 показників опису ґрунтового розрізу.

Група даних		Назва характеристики
Назва	Назва під-групи	
1	2	3
Польовий опис генетичних горизонтів		Номер розрізу
		Порядковий номер генетичного горизонту
		Індекс генетичного горизонту
		Індекс генетичного горизонту за міжнародною номенклатурою
		Верхня межа генетичного горизонту, см
		Нижня межа генетичного горизонту, см
		Фотографія генетичного горизонту
		Назва генетичного горизонту
		Забарвлення
		Вологість
		Структура
		Гранулометричний склад
		Зложення
		Новоутворення
		Включення
		Скипання від НСІ
		Перехід в наступний горизонт
Характеристика фізичних властивостей	Загальні фізичні властивості	Щільність твердої фази
		Щільність будови
		Загальна пористість
		Шпаруватість аерації
		Польова волога
	Мікроагрегатний склад	1-0,25
		0,25-0,05
		0,05-0,01
		0,01-0,005
		0,005-0,001
		<0,001
		Сума частинок <0,01 мм
		Фактор дисперсності за Качинським, %
		Фактор структурності за Фагелером, %
		Показник мікроструктурності за Дімо
		Число агрегації за Пустовойтовим
		Ступінь агрегатності за Бейвером і Родесом, %

1	2	3
	Структурно-агрегатний склад	>10
		10-7
		7-5
		5-3
		3-2
		2-1
		1-0,5
		0,5-0,25
		<0,25
		>10
		10-7
		7-5
		5-3
		3-2
		2-1
		1-0,5
		0,5-0,25
		<0,25
		Сума водостійких агрегатів >0,25мм
		Коефіцієнт структурності
		Показник водостійкості, %
	Гранулометричний склад	1-0,25
		0,25-0,05
		0,05-0,01
		0,01-0,005
		0,005-0,001
		<0,001
		Сума частинок <0,01 мм
		Гігроскопічна вологість, %
		Скелетність, %
	Характеристика фізико-хімічних властивостей	Гумус, %
		pH сольове
		pH водне
Ввібраний Са		
Ввібраний М		
Гідролітична кислотність		
Ступінь насичення основами, %		
Вміст CO ₂ , %		
Валовий N		
Обмінний Н		
Обмінний Al		
Обмінний Fe		
Зольність, %		

Природні умови місця закладення розрізу включають в себе: рельєф (в тому числі макро-, мезо-, і мікрорельєф, експозицію, кут, форму схилу), рослинність, рівень ґрунтових вод, тип ґрунотвірних і підстилаючих порід, загальні відомості (дату закладення розрізу, джерело і автора інформації, адміністративно-територіальну прив'язку, координати і висоту над рівнем моря), господарське використання, прояв і ступінь ерозійних процесів, процесів опідзолення чи оглення (табл. 7.2). Також існує технічна можливість завантажувати фотографію розрізу в базу даних.

Другий блок бази даних ґрунтових профілів містить опис генетичних горизонтів ґрунту. До групи показників, що характеризують ґрунтові горизонти, входять: індекс, верхня і нижня межі генетичного горизонту, морфологічні показники, такі як вологість, забарвлення, гранулометричний склад, структура, щільність, складення, новоутворення та включення, закипання від HCl, характер меж. Також існує технічна можливість завантажувати фотографію кожного генетичного горизонту в базу даних.

Групу аналітичних даних складають показники, що характеризують фізичні і хімічні властивості ґрунтів. Загальні фізичні характеристики включають показники щільності твердої фази, щільності будови, загальну пористість, шпаруватість аерації. Також вносять значення гранулометричного, мікроагрегатного і структурно-агрегатного складу, і декілька пов'язаних з цими показниками характеристик: фактор дисперсності за Качинським, фактор структурності за Фагелером, показник мікроструктурності за Дімо, число агрегації за Пустовойтовим, ступінь агрегатності за Бейвером і Родесом, коефіцієнт структурності, показник водостійкості, скелетність. Серед фізико-хімічних властивостей вносять такі показники: гумус, рН сольове, рН водне, ввібраний Ca і Mg, гідролітична кислотність, ступінь насичення основами, вміст CO₂, валовий N, обмінний H, обмінний Al, обмінний Fe, зольність.

Показники, які містяться в блоці 1 і 2 дозволяють повністю охарактеризувати ґрунтовий розріз, встановити назву ґрунту, а також

здійснювати в подальшому просторове моделювання окремих властивостей чи ознак.

Важливо, що в нашому випадку всі ці показники, окрім прив'язки до певного генетичного горизонту, також мають геопросторову прив'язку. Завдяки використанню ГІС-інструментів як базової складової створеної ґрунтової інформаційної системи існує можливість просторової прив'язки внесених ґрунтових даних. Крім того, описана інвентаризація інформації про властивості ґрунтів регіону, та поєднання її з наявним цифровим картографічним матеріалом дає можливість створити єдину базу даних ґрунтових ресурсів Львівської області, яка може мати велике прикладне значення, зокрема стане основою оцінки ґрунтів, моніторингу за станом ґрунтів, моделюванням окремих процесів і явищ тощо.

Застосування 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 останнього ієрархічного рівня опису генетичних горизонтів ґрунту, дуже часто перевершує рівень інформаційних систем інших країн.

Принципи створення єдиної ґрунтової бази даних базуються на відкритості, доступності, можливості поповнення інформацією (постійного розширення) з використанням різних її джерел і залученням широкого кола спеціалістів. Це дає можливість подальшого цільового використання сформованих даних про ґрунтовий покрив території, а також властивості ґрунтів, у різних галузях господарства регіону і країни в цілому. Вирішене важливе завдання обліку ґрунтової інформації за великий проміжок часу, об'єднання даних різної тематики, використання в якості основи цифрових ґрунтових карт і матеріалів великомасштабних ґрунтових обстежень Львівської області.

7.2. Розробка аплікації у відкритій ГІС – QGIS. Створення та наповнення бази даних на різних організаційних рівнях

Розробка ґрунтової інформаційної системи Львівської області (ГрІС-ЛО) здійснювалась на базі відкритої операційної ГІС – QGIS. Це вільна крос-платформна геоінформаційна система, яка є однією з найбільш функціональних і зручних настільних геоінформаційних систем.

Основним призначенням цієї ГІС-системи є обробка і аналіз просторових даних, підготовка різної картографічної продукції, створення просторових баз даних тощо. Інтерфейс QGIS побудований на базі бібліотеки Qt. Пакет має гнучку систему розширень, які можна створювати на мовах C++ і Python. Програма підтримує різноманітні векторні і растрові формати з ESRI Shapefile і GeoTIFF включно. QGIS дозволяє використання DXF, шейп файли, покриття і персональні бази геоданих [218].

Програма дозволяє користувачам створювати карти з великою кількістю шарів, використовуючи різні картографічні проекції. У системі QGIS карти можуть складатися з растрових або векторних шарів. Векторні дані зберігаються як точка, лінія, полігон. Підтримуються різні види растрових зображень. Програмне забезпечення може виконувати геоприв'язку зображень.

Важливо, що в QGIS також підтримуються веб-сервіси, в тому числі Web Map Service та Web Feature Service, що дозволяє використовувати дані із зовнішніх джерел, а також створювати власні додатки для роботи з інструментом онлайн або у вигляді мобільних версій. Цей функціонал використаний нами для забезпечення роботи мобільної версії ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

Оскільки QGIS є відкритим програмним забезпеченням, тому відповідно до ліцензії GNU GPL, його можна змінювати або модифікувати для виконання різних спеціалізованих завдань. Це було однією з причин вибору цієї програми для подальшої розробки власної ґрунтової інформаційної системи.

З допомогою цієї програми було зібрано та перетворено великі масиви паперових даних в цифрові ґрунтові карти та інші тематичні дані, а також

створено атрибутивні бази даних. Весь картографічний матеріал векторизовано в системі QGIS з максимальною точністю і відображено у вигляді геопозиційованих карт, з можливістю подальшого редагування за допомогою широкого набору спеціальних інструментів.

Під час запуску розробленої інформаційною системою Львівської області з'являється перше діалогове вікно, яке є більш інформативним аніж функціональним (рис. 7.8, А).



Рисунок 7.8. Діалогові вікна розробленої ґрунтової інформаційної системи Львівської області (ГрІС-ЛО), де А – вікно-привітання для початку роботи з системою; Б – вікно з можливістю вибору різних видів роботи з даними.

Ці діалогові вікна, так само як і весь інтерфейс створеного нами програмного продукту, розроблений з допомогою інструменту Qt. До складу Qt входить програма Qt Designer, яка дозволяє створювати і змінювати форми в режимі WYSIWYG, без редагування коду. Створені таким чином форми і діалоги можна конвертувати в код на Python.

Для роботи з атрибутивними даними використано вкладку «Форма атрибутів», яка допомагає налаштувати форму для відображення даних під час створення нових функцій або формування запитів. Можна встановити тип і поведінку кожного поля у формі ознак або таблиці атрибутів (мітка, віджет, обмеження тощо), структуру форми (спеціальна або автогенерована), визначити логіку в Python для обробки взаємодії з віджетами форми або поля. Для створених форм нами встановлено чи відкриватиметься форма за замовчуванням під час створення нових функцій. Після створення форми потрібно створити код додатка, який буде виконувати всі операції з даними. Створити сам файл програми можна в будь-якому редакторі (Notepad тощо) або в PythonWin.

Розроблений інтерфейс програмного інструменту після входу в систему дозволяє обрати, який вид робіт ви бажаєте виконати з допомогою системи, а саме: робота з ґрунтовою картою, внесення та аналіз даних про ґрунтові розрізи, обчислення нормативної грошової оцінки, ознайомлення з структурою бази даних чи отримання довідкової інформації про систему (рис. 7.8. Б).

Робота з ґрунтовою картою передбачає доступ до векторних картографічних матеріалів різного масштабу. Як базовий шар ґрунтової інформаційної системи векторизовано карту ґрунтів масштабу 1:200 000 (рис. 7.3). Кількість векторизованих ґрунтових контурів становить 1350 одиниць, в атрибутивній таблиці внесено основні дані про ґрунти, зокрема назва ґрунту згідно української та WRB [257] класифікації, площу ґрунтового контура (в гектарах), вибрані ґрунтові характеристики верхнього горизонту ґрунту, зокрема: індекс верхнього горизонту, два показники фізико-хімічних властивостей (рис. 7.4). Також векторизовано та додано в систему векторні шари ґрунтово-географічного районування (додаток В – рис. 4.1), гідрологічної і транспортної мережі (додаток В – рис. 4.3), растровий шар наземного покриття (додаток В – рис. 4.2).

На нижчому рівні векторизовано близько 4400 ґрунтових контурів, охоплено всі фонові ґрунти області, загальна площа векторизованих ґрунтових

даних майже 27 000 гектарів (додаток Г - рис. 5.1). Здебільшого це великомасштабні ґрунтові карти сільських рад або великих господарств. Для цих векторних даних розроблено та наповнено атрибутивну базу даних, яка містить назву ґрунту згідно української та WRB класифікації, площу ґрунтового контура (в гектарах), гранулометричний склад, ґрунтоутворюючі та підстилаючі породи, номер агрогрупи і бал бонітету (табл. 7.1).

Векторизовані шари ґрунтових контурів з точністю масштабу 1:200 000 та 1:10 000 становлять просторові полігональні дані, які служать базовими шарами для наповнення ґрунтової інформаційної системи даними великомасштабних ґрунтових досліджень, польовими та лабораторними даними для відібраних ґрунтових зразків з прив'язкою до конкретних генетичних горизонтів ґрунтових розрізів певної території. Такі дані містять великий обсяг інформації про генетичні властивості профілю, морфологічні, фізичні і фізико-хімічні властивості окремих генетичних горизонтів. Відповідно ці дані потребують систематики, впорядкування та перетворення у цифровий формат для подальшого опрацювання і аналізу.

Для внесення просторових та семантичних профільних даних нами 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:

- 1) загальні показники, які характеризують розріз в цілому (табл. 7.2);
- 2) показники, які описують морфологічні, фізичні і фізико-хімічні властивості окремих генетичних горизонтів або шарів ґрунту (табл. 7.3).

Відповідно до цих двох інформаційних наборів показників розроблена структура атрибутивної бази даних, в якій визначено властивості атрибутивних полів, а також розроблені тематичні класифікатори.

Для інформаційного набору загальних показників, які подають повну характеристику розрізу, нами визначено чотири групи даних, а саме: загальні відомості (13 атрибутивних полів), районування (5 атрибутивних полів),

чинники ґрунтоутворення (10 атрибутивних полів) і загальна характеристика ґрунту (13 атрибутивних полів) (табл. 7.4). Для опису окремих показників загальних характеристик ґрунтового профілю нами розроблено 27 класифікаторів (табл. 7.5).

Таблиця 7.5.

Приклад розроблених довідників-класифікаторів окремих параметрів Блоку 1 (А, Б) і Блоку 2 (В)

А. Класифікатор 1 (Блок 1). Назва і код організації-виконавця (11)

Код	Назва організації
0111	Головне управління Держгеокадастру у Львівській області
0112	ДП «Львівський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою»
0113	Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН України
0114	Інститут екології Карпат НАН України
0115	Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського
0116	Інститут водних проблем і меліорації НААН України
0117	Державний природознавчий музей НАН України
0118	Львівський національний університет імені Івана Франка
0119	Львівський національний аграрний університет
1110	Національний лісотехнічний університет України
1111	Комерційна установа
1112	Інша організація
1113	Приватна особа

Б. Класифікатор 48 (Блок 1). Назва і коди ступеня щєбнистості (48)

Код	Вкритість поверхні щєбнем, %	Назва ґрунту за виявленою ознакою
0481	<10	Нещєбниста
0482	10-30	Слабощєбниста
0483	30-50	Середньощєбниста
0484	>50	Сильнощєбниста

В. Класифікатор 58 (Блок 2). Назва і коди характеру переходу в наступний горизонт за ступенем вираженості (58)

Код	Тип переходу між горизонтами	Опис ознаки
0581	різкий	межа між сусідніми горизонтами простежується чітко і може бути виділена на стінці розрізу ножом із відхиленням 1 см
0582	ясний	межа простежується із відхиленням у межах 1–3 см
0583	помітний	межа може бути виділена з відхиленням > 5 см

Таблиця 7.4.

Структура атрибутивної бази даних опису загальних характеристик ґрунтового профілю.

Рівень: **ґрунтовий розріз** (точковий shp-layer)

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 межах	12	Назва і код адміністративних одиниць області
		Місцезоташування	location	string	200	Опис характерних геолокаційних умов розташування профілю (у разі необхідності)	---	не використовується
		Землевикористання	landtype	string	25	Типи землевикористання	13	Назва і код типу землевикористання
Угіддя	landuse	string	50	Типи земельних угідь	14	Назва і код типу земельних угідь		

		Ерозійні процеси	erosion_t	string	50	Види ерозії	15	Назва і код виду ерозії
		Меліорація	meliorat	string	50	Види меліорації	16	Назва і код виду меліорації
2	Районування	Ґрунтово-географічне районування	gr_geo_zL1	string	50	Ґрунтово-географічна країна	21	Назва і код таксономічних одиниць області
			gr_geo_zL2	string	50	Ґрунтово-біокліматична зона або гірський пояс		
			gr_geo_zL3	string	50	Ґрунтовий край		
			gr_geo_zL4	string	50	Ґрунтовий округ або гірська область		
		Природно-сільськогосподарське районування	nat_agr_z	string	50	Природно-сільськогосподарський район	22	Назва і код таксономічних одиниць області
3	Чинники ґрунтоутворення	Рослинність	veg_type	string	50	Основні типи рослинних угруповань	31	Назва і код типу рослинних угруповань
			veg_indicators	string	200	Індикаторні види рослин	---	не використовується
		Рельєф	relief_type	string	50	Тип рельєфу і його елементи	32	Назва і код типу рельєфу і його елементів
			relief_form	string	50	Характер рельєфу	33	Назва і код характеру рельєфу
			relief_flood	string	25	Заплава	34	Назва і код заплави
			relief_micro	string	25	Мікрорельєф	35	Назва і код форм мікрорельєфу
			relief_slope	string	25	Форма схилу	36	Назва і код форм схилу
			relief_exposure	string	5	Експозиція схилу	37	Назва і код експозиції схилу
		relief_degree	number	3	Крутизна схилу (в градусах)	---	не використовується	

		Грунтотвірна порода	rock	string	100	Тип грунтотвірної породи	38	Назва і код грунтотвірної породи
4	Загальна характеристика ґрунту	Поверхня ґрунту	soil_surf	string	25	Тип поверхні ґрунту	41	Назва і код типу поверхні ґрунту
		Гранулометричний склад	fine_cont	string	25	Гранулометричний склад ґрунту і материнської породи	42	Назва і код гранулометричного складу ґрунту і материнської породи
		Гумусовий стан	hum_cont	string	25	Ступінь гумусованості	43	Назва і код ступеня гумусованості (за вмістом гумусу)
			hum_depth	string	25	Потужність гумусованої частини профілю	44	Назва і код потужності гумусованої частини профіля
		Еродованість	erosion_rate	string	200	Ступінь еродованості	45	Назва і код ступеня еродованості
		Наявність карбонатів	carbonates	string	25	Глибина залягання карбонатів	46	Глибина залягання карбонатів
		Оглеєння	gley	string	200	Морфологічні ознаки і глибина оглеєння	47	Морфологічні ознаки і глибина оглеєння
		Щебнистість	rubble	string	25	Ступінь щебнистості	48	Ступінь щебнистості
		Опідзолення	podzolic	string	25	Ступінь розвитку підзолистого процесу	49	Ступінь розвитку підзолистого процесу
		Глибина залягання скельної породи	rock_depth	string	10	Глибина залягання скельної породи	400	Глибина залягання скельної породи
		Тип ґрунту	soil_type	string	200	Тип ґрунту відповідно до класифікації ґрунтів України	401	Назва і код типу ґрунту (на карті масштабу 1:200 000)
		Назва ґрунту	soil_name	string	300	Повна назва ґрунту	---	не використовується
		Фотографія розрізу	soil_photo	raster	---	Фотографія розрізу	---	не використовується

Повний перелік класифікаторів поданий в додатку Г.

Для інформаційного набору загальних показників, які подають повну характеристику генетичного горизонту або шару ґрунту, нами визначено три групи даних, а саме:

1. польовий опис генетичних горизонтів (19 атрибутивних полів);
2. характеристика фізичних властивостей (47 атрибутивних полів), яка включає підгрупи:
 - загальні фізичні властивості (5 атрибутивних полів);
 - мікроагрегатний склад (12 атрибутивних полів);
 - структурно-агрегатний склад (20 атрибутивних полів);
 - гранулометричний склад (10 атрибутивних полів);
3. характеристика фізико-хімічних властивостей (12 атрибутивних полів) (табл. 7.6).

Для опису показників, які описують морфологічні, фізичні і фізико-хімічні властивості окремих генетичних горизонтів або шарів ґрунту нами розроблено 10 класифікаторів (додаток Г).

Таким чином, розроблена структура і класифікатори дозволили сформувати фізичну базу даних в QGIS, а також створити набір спеціальних форм (діалогових вікон). Під формою розуміємо тип об'єкта бази даних, який, зазвичай, використовують для зручного і зрозумілого внесення і відображення записів у базі даних. Існує кілька варіантів застосування форм:

- форми для введення даних;
- кнопкові форми (для виконання заданих дій);
- користувацьке вікно (для відкриття інших форм або інших об'єктів бази даних).

В нашому випадку створені форми (діалогові вікна) в QGIS для виконання всіх трьох завдань. Завдяки формам введення користувач розробленої системи може вносити всі необхідні дані про ґрунтовий профіль і генетичні горизонти, які автоматично зберігаються у відповідних полях атрибутивної бази даних.

Таблиця 7.6.

Структура атрибутивної бази даних опису загальних характеристик ґрунтового профілю.

Рівень: ґрунтовий розріз (точковий shp-layer)

Група даних				Назва характеристики	Властивості атрибутивного поля				Довідник-класифікатор	
№	під-група	Назва	Назва під-групи		Назва	Тип	Роз-мір	Опис	Код	Характеристика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5.1.		Польовий опис генетичних горизонтів	Номер розрізу	number	string	10	Номер розрізу відповідно до наявних звітів (або іншої документації). Заповнюється за необхідності	---	не використовується
				Порядковий номер генетичного горизонту	layer_1_numb	string	2	Порядковий номер генетичного горизонту в профілі ґрунту	---	не використовується
				Індекс генетичного горизонту	layer_1_indexua	string	10	Індекс генетичного горизонту відповідно до української номенклатури	---	не використовується
				Індекс генетичного горизонту за міжнародною номенклатурою	layer_1_indexwrb	string	10	Індекс генетичного горизонту за міжнародною номенклатурою WRB	---	не використовується
				Верхня межа генетичного горизонту, см	layer_1_up	number	4	Верхня межа генетичного горизонту, см	---	не використовується
				Нижня межа генетичного горизонту, см	layer_1_low	number	4	Нижня межа генетичного горизонту, см	---	не використовується
				Фотографія	layer_1_	raster	---	Фотографія генетичного	---	не використовується

		генетичного горизонту	photo			горизонту		
		Назва генетичного горизонту	layer_1_name	string	200	Польова назва генетичного горизонту	---	не використовується
		Забарвлення	layer_1_color	string	8	Індекс забарвлення за шкалою Манселла	51	Кольорова шкала Манселла (Munsell Soil Color Charts)
		Вологість	layer_1_humidity	string	50	Вологість	52	Назва і код ступеня вологості ґрунту
		Структура	layer_1_structure	string	200	Структура	53	Назва і код структури ґрунту
		Гранулометричний склад	layer_1_parts	string	200	Гранулометричний склад, визначений мокрим органолептичним методом	54	Назва і код гранулометричного складу
		Зложення	layer_1_dens	string	50	Зложення	55	Назва і код типу зложення
		Новоутворення	layer_1_forms	string	50	Вид новоутворень	56	Назва і код виду новоутворень
		Новоутворення (опис)	layer_1_forms_desc	string	200	Детальний опис новоутворень	---	не використовується
		Включення	layer_1_inclus	string	50	Вид включень	57	Назва і код виду включень
		Включення (опис)	layer_1_inclus_desc	string	200	Детальний опис включень	---	не використовується
		Скипання від HCl	layer_1_hcl_dept_h	number	4	Глибина закипання від соляної кислоти, см	---	не використовується
		Перехід в наступний	layer_1_bord_cha	string	50	Характер переходу в наступний горизонт за	58	Назва і код характеру переходу в наступний

5.2.	Характеристика фізичних властивостей	горизонт	r				ступенем вираженості		горизонт за ступенем вираженості
			layer_1_bord_form	string	50	Форма переходу в наступний горизонт	59	Назва і код форми переходу в наступний горизонт	
		Загальні фізичні властивості	Щільність твердої фази	layer_1_stv	number	5	Щільність твердої фази ґрунту, г/см ³	---	не використовується
			Щільність будови	layer_1_sb	number	5	Щільність будови ґрунту, г/см ³	---	не використовується
			Загальна пористість	layer_1_zp	number	5	Загальна пористість, %	---	не використовується
			Шпаруватість аерації	layer_1_sa	number	5	Шпаруватість аерації, %	---	не використовується
			Польова волога	layer_1_pv	number	5	Польова волога, %	---	не використовується
		Мікроагрегатний склад	1-0,25	layer_1_mas1	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
			0,25-0,05	layer_1_mas2	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
			0,05-0,01	layer_1_mas3	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
			0,01-0,005	layer_1_mas4	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
			0,005-0,001	layer_1_mas5	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
			<0,001	layer_1_mas6	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
			Сума частинок <0,01 мм	layer_1_mas7	number	5	Сума частинок <0,01 мм	---	не використовується
			Фактор дисперсності за	layer_1_mas8	number	5	Фактор дисперсності за Качинським, %	---	не використовується

			Качинським, %						
			Фактор структурності за Фагелером, %	layer_1_mas9	number	5	Фактор структурності за Фагелером, %	---	не використовується
			Показник мікроструктуреності за Дімо	layer_1_mas10	number	5	Показник мікроструктуреності (число агрегації) за Дімо	---	не використовується
			Число агрегації за Пустовойтовим	layer_1_mas11	number	5	Число агрегації за Пустовойтовим	---	не використовується
			Ступінь агрегатності за Бейвером і Родесом, %	layer_1_mas12	number	5	Ступінь агрегатності за Бейвером і Родесом, %	---	не використовується
		Структурно-агрегатний склад	>10	layer_1_sas1s	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			10-7	layer_1_sas2s	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			7-5	layer_1_sas3s	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			5-3	layer_1_sas4s	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			3-2	layer_1_sas5s	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			2-1	layer_1_sas6s	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			1-0,5	layer_1_	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст	---	не використовується

								агрегатів в % (сухе просіювання)		
			0,5-0,25	layer_1_sas8s	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			<0,25	layer_1_sas9s	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (сухе просіювання)	---	не використовується
			>10	layer_1_sas1m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
			10-7	layer_1_sas2m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
			7-5	layer_1_sas3m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
			5-3	layer_1_sas4m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
			3-2	layer_1_sas5m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
			2-1	layer_1_sas6m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
			1-0,5	layer_1_sas7m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
			0,5-0,25	layer_1_sas8m	number	5		Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується

				<0,25	layer_1_ sas9m	number	5	Розмір агрегатів в мм, вміст агрегатів в % (мокре просіювання)	---	не використовується
				Сума водостійких агрегатів >0,25мм	layer_1_ sas10	number	5	Сума водостійких агрегатів >0,25мм	---	не використовується
				Коефіцієнт структурності	layer_1_ sas11	number	5	Коефіцієнт структурності	---	не використовується
				Показник водостійкості, %	layer_1_ sas12	number	8	Показник водостійкості, %	---	не використовується
			Гранулометричний склад	1-0,25	layer_1_ gms0	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
				0,25-0,05	layer_1_ gms1	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
				0,05-0,01	layer_1_ gms2	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
				0,01-0,005	layer_1_ gms3	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
				0,005-0,001	layer_1_ gms4	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
				<0,001	layer_1_ gms5	number	5	Розмір частинок в мм, кількість %	---	не використовується
				Сума частинок <0,01 мм	layer_1_ gms6	number	5	Сума частинок <0,01 мм	---	не використовується
				Гігроскопічна вологість, %	layer_1_ gms7	number	5	Гігроскопічна вологість, %	---	не використовується
				Скелетність, %	layer_1_ gms8	number	5	Скелетність, %	---	не використовується
				Назва ґрунту	layer_1_ gms9	string	100	Назва ґрунту за гранулометричним складом	500	Назва і код за гранулометричним складом
ка фіз ик о- хі мі чн их	Гумус, %	layer_1_ humus	number	5	Гумус, %	---	не використовується			

			рН сольове	layer_1_phs	number	5	рН сольове	---	не використовується
			рН водне	layer_1_phv	number	5	рН водне	---	не використовується
			Ввібраний Ca	layer_1_vv_ca	number	5	Ввібраний Ca, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	---	не використовується
			Ввібраний Mg	layer_1_vv_m	number	5	Ввібраний Mg, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	---	не використовується
			Гідролітична кислотність	layer_1_hydroacid	number	5	Гідролітична кислотність, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	---	не використовується
			Ступінь насичення основами, %	layer_1_sno	number	5	Ступінь насичення основами, %	---	не використовується
			Вміст CO ₂ , %	layer_1_cont_c	number	5	Вміст CO ₂ у ґрунті, %	---	не використовується
			Валовий N	layer_1_cont_n	number	5	Валовий N, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	---	не використовується
			Обмінний H	layer_1_cont_h	number	5	Обмінний H, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	---	не використовується
			Обмінний Al	layer_1_cont_al	number	5	Обмінний Al, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	---	не використовується
			Обмінний Fe	layer_1_cont_fe	number	5	Обмінний Fe, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	---	не використовується
			Зольність, %	layer_1_zoln	number	5	Зольність, %	---	не використовується

Відповідно до кількості груп даних в кожному наборі інформаційних показників створено окремі закладки у формі внесення даних, де кожна закладка містить перелік відповідних показників (рис. 7.9).

Скриншот А показує форму «Загальні відомості» з такими полями:

- Географічна прив'язка:** Довгота (X) NULL, Широта (Y) NULL, Висота над рівнем моря 310.
- Номер розрізу:** Номер розрізу 10.
- Дата закладання розрізу:** 1999-07-10.
- ПІБ ґрунтознавця:** Єфімчук Н.М.
- Організація:** Львівський національний університет імені Івана Франка.
- Адміністративна одиниця:** Яворівський.
- Місцезнаходження:** Місцезнаходження: городи.
- Землекористання:** Цілісні, Освоєний, Окультурені, Зоошлвані.
- Угіддя:** Рілля, Перелогі, Сіножаті, Пашовина.
- Ерозійні процеси:** Водна площина, Водна лінійна, Вітрова.
- Меліорація:** Відкрита система, Закритий дренаж, Зрошувана.

Скриншот Б показує форму «Чинники ґрунтоутворення» з такими полями:

- Рослинність:** Основні типи рослинних угрупувань: Лучні; Індикаторні види рослин: NULL.
- Ґрунтоутворення:** Тип ґрунтоутвірної породи: Лесоподібні сугл., Водно-льодовик..., Сучасний алювій, Дельтовий, Морена, Піски, Глини (палеоген-н...), Лучний мергель, Елювій кристалін, Елювій лілієних к.
- Рельєф:** Тип рельєфу і його елементи: Заглава, Вододіл, Хребет, Схил, Балка, Яр, Улоговина, Блюдце, Дюна, Конус виносу, Тераса, Зандоова рівнина.
- Характер рельєфу:** Плоскорівнинний, Широкохвилястий, Вузькохвилястий, Гребеноподібний, Ярково-балковий, Слабохвилястий, Горбистий.
- Заплава:** (без вибору).
- Мікрорельєф:** (без вибору).
- Форма схилу:** Прямий, Випуклий, Простий, Східчастий, Вигнутий, Складний.
- Експозиція схилу:** (без вибору).
- Крутизна схилу (в градусах):** NULL.

Рисунок 7.9. Зразки форм внесення ґрунтової інформації для ґрунтового профілю у розробленій інформаційній системі Львівської області (А - закладка «загальні відомості»; Б – закладка «чинники ґрунтоутворення»).

У формах також передбачена можливість вибору декількох характеристик одного показника. У випадку, якщо для певного показника розроблений довідник-класифікатор, тоді користувач повинен вибрати певний варіант із запропонованих програмним додатком. Якщо довідник-класифікатор відсутній, тоді значення показника користувач вносить вручну (рис. 7.10).

Польовий опис генетичних горизонтів | Фотографія | Характеристика фізичних властивостей | Характеристика фізико-хімічних властивостей

Гумус, %	рН сольове	рН водне
2,18	4,88	6,72
Вибраний Са, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	Вибраний М, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	Гдролітична кислотність, в мг.екв. на 100 г. ґрунту
4	1,6	2,07
Ступінь насичення основами, %	Вміст CO ₂ у ґрунті, %	Валовий N, в мг.екв. на 100 г. ґрунту
66,3	NULL	NULL
Обмінний Н, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	Обмінний А, в мг.екв. на 100 г. ґрунту	Обмінний Fe, в мг.екв. на 100 г. ґрунту
0,02	0,8	11,7
Зольність, %		
NULL		

Польовий опис генетичних горизонтів | Фотографія | Характеристика фізичних властивостей | Характеристика фізико-хімічних властивостей

Номер розрізу відповідно до наявних звітів (або іншої документації). Заповнюється за необхідності

1

Порядковий номер генетичного горизонту в профілі ґрунту

2

Індекс генетичного горизонту відповідно до української номенклатури: Іє

Індекс генетичного горизонту за міжнародною номенклатурою WRB: NULL

Верхня межа генетичного горизонту, см: 30

Нижня межа генетичного горизонту, см: 40

Польова назва генетичного горизонту: іювальний елювіований

Індекс забарвлення за шкалою Манселла: (без вибору)

сухий

вологий

мокрий

Брилувата | Грудкувата | Горікувата

Зерниста | Пилувата | Призматична

Стовпчаста | Плитчаста | Луската

Гранулометричний склад, визначений мокрим органолептичним методом

Супісок

Зложення

пухке

Вид новоутворень

Кременезем (SiO₂)

Детальний опис новоутворень

NULL

Вид включень

Рисунок 7.10. Зразки форм внесення ґрунтової інформації для генетичного горизонту в розробленій інформаційній системі Львівської області (А - закладка «характеристика фізико-хімічних властивостей»; Б – закладка «чинники ґрунтоутворення», приклад випадального меню показника «вологість ґрунту»).

В розробленому інструменті реалізована можливість завантаження (upload) в базу даних авторських фотографій (зображень) профілю або горизонтів ґрунту.

Всі ґрунтові дані, зібрані за тривалий час різномасштабних та різнотематичних ґрунтових досліджень існують у різних форматах, зберігаються на різних носіях і здебільшого погано впорядковані. Тому, для того, щоб почати вносити такі дані в базу даних створеної ГрІС-ЛО потрібно провести оцінку, редагування та кодування згідно заздалегідь прийнятих уніфікованих норм. Ці процеси стратегічно нерозривні в часі і стосуються як класифікаційного, так і просторового рівнів організації ґрунтів.

Матеріал, який ми плануємо вносити в базу даних, повинен пройти так звану структурування відповідно до завдань розробленої системи. Тобто, ми повинні відсортувати ґрунтові дані згідно рівня їхньої просторової ієрархії. Така структурування дозволить в подальшому здійснювати характеристику території в різних масштабах.

Також важливо сформулювати критерії відбору даних, які відносяться до нижчого рангу, мова йде про показники, які описують ґрунтовий профіль, генетичні горизонти або шари.

Першою і обов'язковою умовою включення розрізу в базу даних є наявність його морфологічного опису із зазначенням його просторового розташування (прив'язки або координат) і опису чинників ґрунтоутворення. Ця інформація, з одного боку, є об'єктом наукового аналізу, а з іншого, виконує допоміжну функцію – вона важлива для контролю інших показників, в першу чергу аналітичних даних, а також для оцінки отриманих результатів тощо.

Наступний критерій відбору ґрунтових розрізів для внесення в ГрІС-ЛО стосується мінімального набору показників, як умови його включення в базу даних. Наприклад, кожен розріз, включений в базу даних, повинен бути охарактеризований певним мінімумом польових визначень та лабораторних аналізів. Ми вносили в базу даних розрізи, в яких були вказані дані для більше ніж 60% встановлених показників. Цей критерій необхідний для перевірки

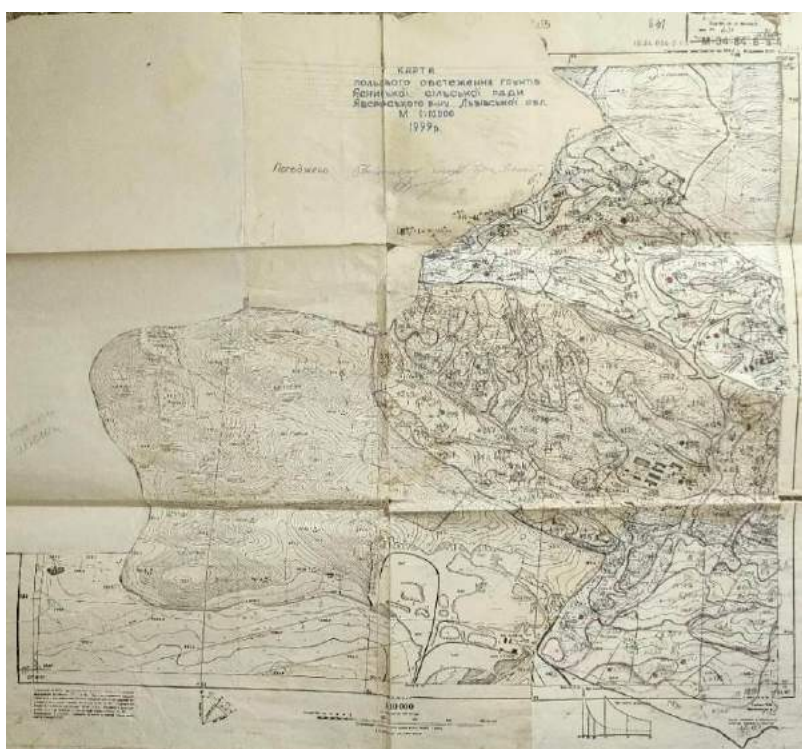
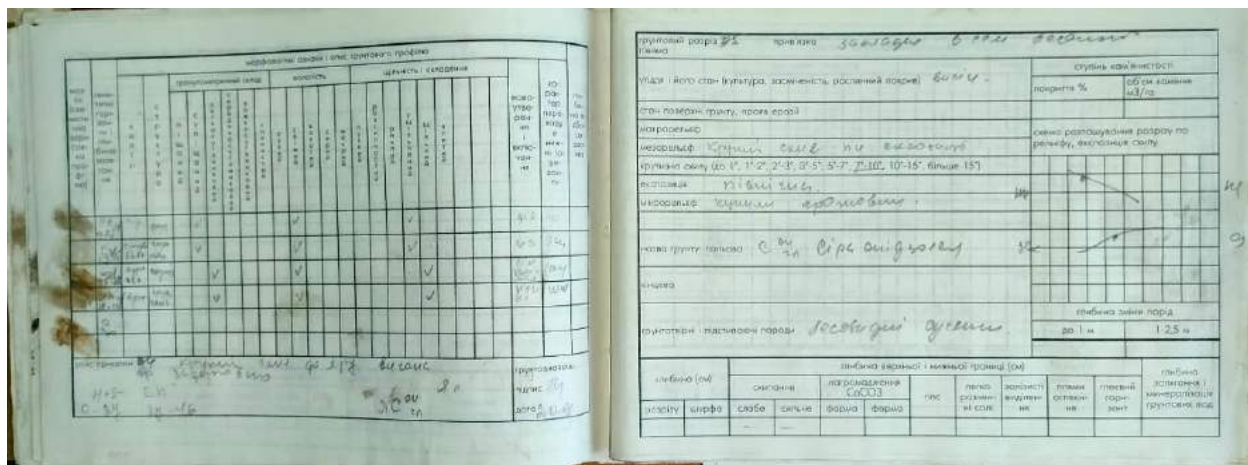
«якості» зібраних аналізів, а також для уникнення можливих помилок. Наприклад, низькі значення рН повинні супроводжуватися високими показниками гідролітичної кислотності і ввібраного водню, а високі значення вмісту органічної речовини зазвичай не можуть відповідати ґрунтам легкого гранулометричного складу тощо. Якщо ці співвідношення порушені, тоді зрозуміло, що в лабораторних аналізах присутня певна помилка. Такі похибки не завжди можна усунути, тому в таких випадках ці розрізи потрібно видаляти або не вносити в базу даних.

Важливо, щоб всі ґрунтові, агрохімічні та інші аналізи виконувались за загальноприйнятими методиками. Дуже важливі відомості про методи аналізу або модифікації стандартних методів, проте часто в технічних звітах або архівних документах така інформація відсутня. Тому, в такому випадку за замовчуванням приймаються стандартні методи, які використовують у вітчизняній ґрунтознавчій науці.

Етап збору, уніфікації і структуризації інформації є одним із найскладніших і найвідповідальніших етапів формування ГрІС-ЛО. Це пов'язано з тим, що різні організації здебільшого використовували відмінні підходи до проведення польових описів ґрунтів, різні бланки опису ґрунтового профілю, застосовували певний комплекс лабораторних аналітичних досліджень залежно від цілей і завдань ґрунтових досліджень, використовували різні структури звітів тощо.

Зокрема, для створеної ґрунтової інформаційної системи нами відібрані і внесені здебільшого дані ґрунтових досліджень, які належать науково-дослідній лабораторії №50 (НДЛ-50) Львівського національного університету імені Івана Франка (рис. 7.11).

Проте, якщо порівнювати польові і лабораторно-аналітичні дані НДЛ-50 із подібними даними інших ґрунтознавчих організацій, то відслідковуються ряд відмінностей у бланках заповнення польових даних, кількості та набору проведених лабораторно-аналітичних визначень, класифікаційних підходів до визначення назви ґрунту тощо.



№ з/п	№ ґрунту	Тип ґрунту	Глибина ґрунтового шару, см	РН	Вологість, %	Середній вміст N, mg/kg	Середній вміст P, mg/kg	Середній вміст K, mg/kg	Середній вміст Ca, mg/kg	Середній вміст Mg, mg/kg	Середній вміст S, mg/kg	Середній вміст Si, mg/kg	Середній вміст Al, mg/kg	Середній вміст Fe, mg/kg	Середній вміст Mn, mg/kg	Середній вміст Zn, mg/kg	Середній вміст Cu, mg/kg	Середній вміст Pb, mg/kg	Середній вміст Cd, mg/kg
13	010	чорнозем	0-5	5,5	21,2	2,4	0,8	10,5	21,2	2,4	0,8	10,5	21,2	2,4	0,8	10,5	21,2	2,4	0,8
14	010	чорнозем	5-10	5,5	14,8	2,2	0,7	8,5	14,8	2,2	0,7	8,5	14,8	2,2	0,7	8,5	14,8	2,2	0,7
15	010	чорнозем	10-15	5,5	10,5	1,8	0,6	6,2	10,5	1,8	0,6	6,2	10,5	1,8	0,6	6,2	10,5	1,8	0,6

№ з/п	№ ґрунту	Тип ґрунту	Глибина ґрунтового шару, см	РН	Вологість, %	Середній вміст N, mg/kg	Середній вміст P, mg/kg	Середній вміст K, mg/kg	Середній вміст Ca, mg/kg	Середній вміст Mg, mg/kg	Середній вміст S, mg/kg	Середній вміст Si, mg/kg	Середній вміст Al, mg/kg	Середній вміст Fe, mg/kg	Середній вміст Mn, mg/kg	Середній вміст Zn, mg/kg	Середній вміст Cu, mg/kg	Середній вміст Pb, mg/kg	Середній вміст Cd, mg/kg
16	010	чорнозем	0-5	5,5	21,2	2,4	0,8	10,5	21,2	2,4	0,8	10,5	21,2	2,4	0,8	10,5	21,2	2,4	0,8
17	010	чорнозем	5-10	5,5	14,8	2,2	0,7	8,5	14,8	2,2	0,7	8,5	14,8	2,2	0,7	8,5	14,8	2,2	0,7
18	010	чорнозем	10-15	5,5	10,5	1,8	0,6	6,2	10,5	1,8	0,6	6,2	10,5	1,8	0,6	6,2	10,5	1,8	0,6

Рисунок 7.11. Зразки польових, лабораторно-аналітичних та картографічних матеріалів сформованих НДЛ-50 Львівського національного університету імені Івана Франка для Явнівської сільської ради Яворівського району Львівської області.

Такі відмінності пов'язані із багатьма чинниками, зокрема:

- різними підходами та рівнем деталізації визначення класифікаційної приналежності ґрунтів;
- змінами і ускладненнями «бачення» ґрунту і ґрунтового покриву від «зонального ґрунту» до набору зональних ґрунтів і структури ґрунтового покриву;
- змінами системи опису ґрунтового профілю від простої Н-НР-Р до складної і багаторівневої;
- діагностування нових горизонтів та появою нових ознак, що мають діагностичну значимість.

Вказані відмінності нами враховано під час формування власних форм внесення даних ґрунтових показників в базу даних ГрІС-ЛО (рис. 7.9, рис. 7.10).

На першому етапі внесення даних в ґрунтову інформаційну систему проаналізовано доступні матеріали великомасштабних ґрунтових досліджень і відібрано для векторизації картографічні матеріали репрезентативних сільських рад (додаток Г). Оцифровані карти в комплексі з даними OSM (відкритими онлайн картами) використовувались в цілях прив'язки ґрунтових розрізів.

Наступним кроком було нанесення на ґрунтову карту місць (точковий шар) закладення ґрунтових розрізів та внесення відповідних показників у форму внесення даних (рис. 7.9). Відповідно до розробленої структури бази даних внесено показники для чотирьох груп характеристик (табл. 7.4). П'ята закладка форми внесення даних для ґрунтового профілю стосується даних по окремим генетичним горизонтам і вимагає переходу на іншу форму внесення інформації окремо для кожного генетичного горизонту (рис. 7.10).

Залежно від типу ґрунту, а також наявності описів та даних для окремих генетичних горизонтів ґрунтового дані вносились для одного або декількох генетичних горизонтів. Серед ознак варто згадати забарвлення, оскільки ми робили прив'язку до шкали Манселла і намагались переводити описові характеристики або мазки ґрунту в числові значення відповідно до шкали

Манселла. Використаний власний досвід застосування шкали Манселла для діагностики та моделювання ступеня ерозійної деградації [93].

Після того, як дані внесені в базу даних, необхідно провести перевірку чи верифікацію створених записів, оскільки можуть виникати технічні, логічні чи інші неточності. Зокрема, кількісні технічні помилки, як правило, виявляються за допомогою найпростіших тестів. Наприклад, сума поглинених катіонів не може дорівнювати 0, а в гранулометричному складі сума фракцій повинна дорівнювати 100%. Такі логічні неточності полягають в несумісності внесеної інформації. Наприклад, наявність горизонту E в профілі ґрунту, де в назві відсутня ознака опідзолення, вказує на помилку визначення такого ґрунту. Інколи трапляються не відповідності у низьких величинах вмісту гумусу для органогенних горизонтів (підстилки, гумусового тощо). Такі несумісності вимагають співставлення всієї доступної інформації. Тобто немає загальних способів виявлення і корекції таких неточностей. Тому для критичної оцінки важлива наявність морфологічного опису еталонних розрізів.

З іншого боку, важливо не видаляти дані з масиву даних, які можуть сприйматися як сумнівні через суперечності з усталеними стереотипами. Наприклад, є ґрунти або окремі горизонти, які мають насичений вбирний комплекс при низьких значеннях рН. Це не так часто спостерігається, проте таке явище пояснюється відносним вмістом у вбирному комплексі ввібраного водню, що часто сприймається фахівцями як помилкове аналітичне визначення.

Після внесення даних по окремих генетичних горизонтах виконано верифікацію внесених показників з використанням накопичених власних польових і аналітичних даних для профільно-диференційованих ґрунтів, як основних фонових ґрунтів області [93; 95; 99; 207; 208].

Отже, в базі даних розробленої ґрунтової інформаційної системи Львівської області міститься 36 таблиць довідників-класифікаторів для внесення і опису класифікаторів ґрунтових властивостей. Структура блоку атрибутивної інформації включає 41 показників для ґрунтового профілю, 78 показників для кожного з горизонтів (зразків).

В розроблену базу даних ґрунтової інформаційної системи Львівської області нами 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 цих векторних даних створено та наповнено атрибутивну базу даних, яка містить назву ґрунту згідно української та WRB класифікації, площу ґрунтового контура (в гектарах), гранулометричний склад, ґрунтоутворюючі та підстилаючі породи, номер агрогрупи і бал бонітету.

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

Проект ґрунтової інформаційної системи Львівської області розрахований на постійний розвиток системи та розширення її функціональності, в тому числі на основі географічних інформаційних систем.

Розвиток інформаційних технологій, успіхи зарубіжних національних ґрунтових інформаційних систем такого рівня, поява реально працюючих інформаційних систем галузевого і регіонального рівня в Україні роблять актуальними ряд завдань, виконання яких є метою наступного етапу розвитку створеної ГрІС-ЛО. З огляду на це можна сформулювати перелік завдань, які варто реалізувати наступним етапом, а саме:

- завдання, пов'язані з підключенням в розроблену систему інформації інших адміністративних областей, з урахуванням особливостей внесення, коригування і актуалізації ґрунтових даних;
- завдання, пов'язані з розширенням інформаційної структури ГрІС-ЛО, виробленні стандартів інформаційного обміну як всередині цієї системи, так і з зовнішніми системами різної відомчої та тематичної спрямованості, що мають справу з ґрунтовими даними;
- вироблення принципів використання ГрІС-ЛО для вирішення практичних завдань ведення реєстру ґрунтових ресурсів, ґрунтово-екологічного

моніторингу, кадастрової оцінки земель і раціонального природокористування на регіональному та загальнонаціональному рівнях.

Таким чином, база даних розробленої інформаційної системи включає всі характеристики ґрунтів, необхідні для використання в наукових і прикладних цілях широким колом фахівців.

Наповнення ґрунтової атрибутивної бази даних передбачає пошук і відбір з літературних і фондових джерел повноцінних описів ґрунтових профілів, уточнення генетичної приналежності відібраних профілів і занесення необхідних показників в електронну базу даних.

Наповненість всіх полів в ґрунтовій інформаційній системі Львівської області визначається повнотою доступної інформації з різних джерел даних. Основним принципом ГрІС-ЛО є максимальне збереження всієї наявної релевантної інформації про ґрунти області, а також можливість її коректного збереження в створеній базі даних. Система побудована таким чином, що до процесу внесення даних можуть долучитися всі бажаючі для внесення своїх матеріалів в базу даних з гарантованим дотримання авторських прав. Важливою складовою даного проекту є відкритість бази даних для широкого кола користувачів. Зібрана і систематизована інформація про ґрунтовий покрив Львівської області буде доступна для всіх фахівців, що працюють в цій галузі. Вона може бути використана для практичного вирішення проблем моніторингу ґрунтів, планування охоронних заходів, перерозподілу земельних угідь та інших питань раціонального використання земель усіх категорій.

7.3. Аналітичні та прикладні можливості інформаційної системи.

Розроблена ґрунтова інформаційна система Львівської області, окрім завдань формалізації та наповнення бази даних про ґрунтові ресурси регіону та просторове поширення ґрунтів різної деталізації, містить декілька важливих аналітичних і прикладних функцій.

Для векторних полігональних ґрунтових даних можна застосувати набір простих просторових операцій, які дозволяють здійснювати маніпулювання

цифровими картографічними шарами, а також картографічними моделями (або уявними картами) з метою отримання нової просторово-часової інформації про просторові об'єкти, процеси і явища.

Можливість і точність виконання вимірювань визначається моделлю даних (векторна або растрова), а також методами вимірювань і точністю цифрування даних. Серед простих картографічних операцій в ГрІС-ЛО можна виконати:

- вимірювання (визначення) координат точки або крайніх точок полігонального об'єкта;
- вимірювання відстаней між двома зазначеними координатами;
- вимірювання довжини лінії, периметра ґрунтового контура;
- вимірювання площі ґрунтового контура.

Основним інструментом ГІС-технологій для моделювання ґрунтової картографічної інформації є оверлейнові операції, які забезпечують дослідження просторово-часових об'єктів за допомогою поєднання тематичних шарів, що описують стан і динаміку цих об'єктів. Завдяки набору ГІС-інструментів ми можемо здійснювати моделювання картографічної інформації із використанням існуючих тематичних шарів з метою створення нових похідних шарів та інших додаткових тематичних даних. При цьому структурна цілісність і зв'язність масивів просторових і атрибутивних даних залишається незмінною.

Такий підхід у моделюванні оптимізує рішення традиційних завдань, пов'язаних з вибором математичної основи і компонування карт, дозволяє оперативну зміну проекції, вільне масштабування, використання алгоритмів автоматичної генералізації тощо.

Один із способів аналізу просторових даних засобами ГІС, який ми апробували під час аналізу наземного покриття та одиниць землекористування Швеції, передбачав використання методу просторової статистики Getis-Ord G_i^* [152]. Метод був застосований для аналізу так званих «гарячих точок» (hot spot), з метою визначення місця розташування статистично значущих показників. Тобто, під час опрацювання цього методу, ми для векторного

набору просторових даних наземного покриття розраховували площу кожного потенційно важливого показника в межах кожної комірки, наперед створеного растру розміром 1×1 км [141]. Метод аналізу «гарячих точок» передбачає оцінку показника кожної властивості об'єкту в контексті показників ідентичних властивостей сусідніх об'єктів. Встановлено, що об'єкт з високими показниками не завжди може бути статистично значущим, оскільки щоб стати таким об'єкт повинен мати високе значення, одночасно має бути оточений іншими об'єктами теж з високими значеннями. Статистична змінна G_i , яка присвоюється кожній з комірок у наборі даних, є z-оцінкою. Для статистично значущих позитивних z-балів, чим вищий z-бал, тим інтенсивніша кластеризація високих значень («гарячих точок»). І навпаки, для статистично значущих негативних z-балів, чим нижчий z-бал, тим інтенсивніша кластеризація низьких значень (так званих «холодних плям»).

Засобами ГІС ми змогли візуалізувати, спочатку z-оцінку кластерів растру, а потім за полем G_i було визначено при статистичній значущості «гарячих» та «холодних» точок, кластери, які містять обчислений рівень довіри 90%. Як результат, на вихідній карті ми змогли показати розташування найбільш статистично значущих властивостей об'єктів наземного покриття, які ми називаємо «гарячими точками», та місця з низьким статистичним значенням, як «холодні точки» [141].

Можемо стверджувати, що цей метод пройшов успішну апробацію, що дало можливість використати його в представленій ґрунтовій інформаційній системі Львівської області для просторового ГІС-аналізу властивостей ґрунтів та оцінки ваги окремого ґрунтового показника для точок відбору зразків ґрунту певної території.

Оскільки основним об'єктом бази даних ГрІС-ЛО виступає конкретний ґрунтовий розріз з властивим йому набором ґрунтових горизонтів для яких сформований і внесений характерний набір атрибутивних даних. Вся необхідна інформація про властивості і речовинний склад ґрунтів була отримана з архівних даних науково-дослідних організацій. Репрезентативні профілі

прив'язані до великомасштабних ґрунтових карт, містять географічні координати або достовірно встановлену приуроченість їх до конкретного контуру великомасштабної ґрунтової карти та забезпечені достатнім набором показників морфологічної будови, фізичних і фізико-хімічних властивостей.

Набір розрізів, які є типовими для кожного розглянутого типу ґрунтів, дає можливість встановити усереднений (розрахунковий) ґрунтовий профіль, а також дозволяє застосувати методи статистичної обробки та математичного моделювання. Наявність достатньої кількості точкових даних в межах певної території дає змогу здійснити просторову інтерполяцію окремих показників. З іншого боку, ґрунтові показники здебільшого визначаються для генетичних горизонтів, що унеможливорює створення коректних просторових моделей зміни певного показника, оскільки для різних ґрунтів різними є потужність генетичних горизонтів, що ускладнює визначення конкретних показників (рис.

id	Розріз	Зона шари	Число і (длина) за міжшаровою	Властивості	Методика	Назва генетичного горизонту за шка.	Вологість	Структура	начий шару	Зложення	шари опис	назва	включен	назва	включення			
1	6	1.1	2Ie	NULL	30	40	NULL	NULL	лювіально-елювіальний ...	10YR6/6	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	NULL
2	5	1.1	1He	NULL	0	30	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR6/4	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
3	20	10.10	1He	NULL	2	14	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/4	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
4	22	11.11	2Eh	NULL	15	30	NULL	NULL	елювіальний ґумусований	10YR5/4	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	
5	23	11.11	3Eh	NULL	30	40	NULL	NULL	елювіально-лювіальний	10YR6/5	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	ущільнене	()	NULL	(Органічні)	
6	21	11.11	1He	NULL	1	15	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/5	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
7	26	12.12	3IeH	NULL	38	56	NULL	NULL	лювіально-елювіальний ...	10YR5/4	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	ущільнене	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
8	24	12.12	1He	NULL	3	25	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
9	25	12.12	2HE	NULL	25	38	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	ущільнене	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
10	28	13.13	2HE	NULL	23	35	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/4	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	ущільнене	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
11	27	13.13	1He	NULL	3	23	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
12	29	14.14	1He	NULL	3	23	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
13	30	15.15	1He	NULL	3	25	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
14	31	15.15	2HE	NULL	25	40	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	ущільнене	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
15	32	15.15	3IeH	NULL	40	60	NULL	NULL	лювіально-елювіальний ...	10YR5/4	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	ущільнене	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
16	33	16.16	1He	NULL	3	30	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
17	34	17.17	1He	NULL	1	26	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
18	35	17.17	2HE	NULL	26	42	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/3	свіжий	(Пилувата)	Легкий супісок	ущільнене	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин
19	36	18.18	1He	NULL	1	10	NULL	NULL	ґумусово-елювіальний	10YR5/6	свіжий	(Пилувата)	Супісок	пухке	()	NULL	(Органічні)	хорірна рослин

Рисунок 7.12. Фрагмент бази даних генетичних горизонтів ґрунтових розрізів закладених в межах Ясницької сільської ради Яворівського району Львівської області.

Для того, щоб привести значення певного ґрунтового показника до однієї глибини потрібно перевести його на рівень пошарових значень, тобто прив'язати значення до певного шару ґрунту або глибини (наприклад, 0-10 см, 10-20 см, 20-30 см тощо).

З цією метою нами розроблено окремий інструмент, який вбудований в ГрІС-ЛО. Інструмент створений із використанням Model Designer для QGIS. Цей інструмент дозволяє переводити ґрунтові показники окремого генетичного горизонту в пошарові значення (0-10 см, 10-20 см тощо), які використовують для виконання просторової інтерполяції окремих показників. Окрім того існує можливість інтерполяції даних для певної глибини ґрунту.

Наприклад, верхні горизонти, в яких визначають вміст гумусу, можуть бути різного типу і потужності, що унеможлиблює коректність здійснення просторового моделювання цього показника (рис. 7.13).

id	Розріз	Значення	Тип	Потужність	Вміст гумусу	Гумус, %	pH сольове	pH водне	
1	5	1.1	1He	0	30 гумусово-елювіальний	1.21	0.9	4.8	6
2	6	1.1	2He	30	40 ілювіально-елювіальний	1.52	0.7	4.8	5.7
3	20	10.10	1He	2	14 гумусово-елювіальний	0.98	1.99	5.5	6.2
4	21	11.11	1He	1	15 гумусово-елювіальний	1.17	1.77	5.5	6.3
5	22	11.11	2Eh	15	30 елювіально-гумусований	1.24	0.91	5.3	6.1
6	23	11.11	3Eh	30	40 елювіально-ілювіальний гумусований	1.32	0.51	5.6	6.6
7	24	12.12	1He	3	25 гумусово-елювіальний	1.01	2.65	3.6	5.6
8	25	12.12	2He	25	38 гумусово-елювіальний	1.21	1.45	3.4	5.6
9	26	12.12	3Eh	38	56 ілювіально-елювіальний гумусований	1.3	1.01	3.5	5.6
10	27	13.13	1He	3	23 гумусово-елювіальний	1.1	2.45	3.9	5.9
11	28	13.13	2He	23	35 гумусово-елювіальний	1.21	1.4	3.9	5.9
12	29	14.14	1He	3	23 гумусово-елювіальний	0.98	2.42	3.5	5.2
13	30	15.15	1He	3	23 гумусово-елювіальний	1.1	2.77	4.2	5.9
14	31	15.15	2He	25	40 гумусово-елювіальний	1.22	1.25	3.8	5.8
15	32	15.15	3Eh	40	60 ілювіально-елювіальний гумусований	1.31	0.87	3.3	5.3
16	33	16.16	1He	3	30 гумусово-елювіальний	1.08	2.7	3.9	5.9
17	34	17.17	1He	1	26 гумусово-елювіальний	1.03	2.77	4.5	5.7
18	35	17.17	2He	26	42 гумусово-елювіальний	1.22	1.32	3.9	5.6
19	36	18.18	1He	1	10 гумусово-елювіальний	1.1	1.23	4.3	5.8

Рисунок 7.13. Фрагмент бази даних генетичних горизонтів ґрунтових розрізів закладених в межах Ясницької сільської ради Яворівського району Львівської області. Дані внесені для окремих генетичних горизонтів (щільність будови, вмісту гумусу, рН-сольове, рН-водне).

Відповідно розроблений інструмент дозволяє перевести значення генетичного горизонту в значення певного шару ґрунту та здійснювати просторову інтерполяцію значення відповідно до заданих критеріїв. В такому випадку ми зможемо говорити про однотипність значення для певної глибини ґрунтового профілю. Логічна структура моделі представлена на рисунку 7.14.

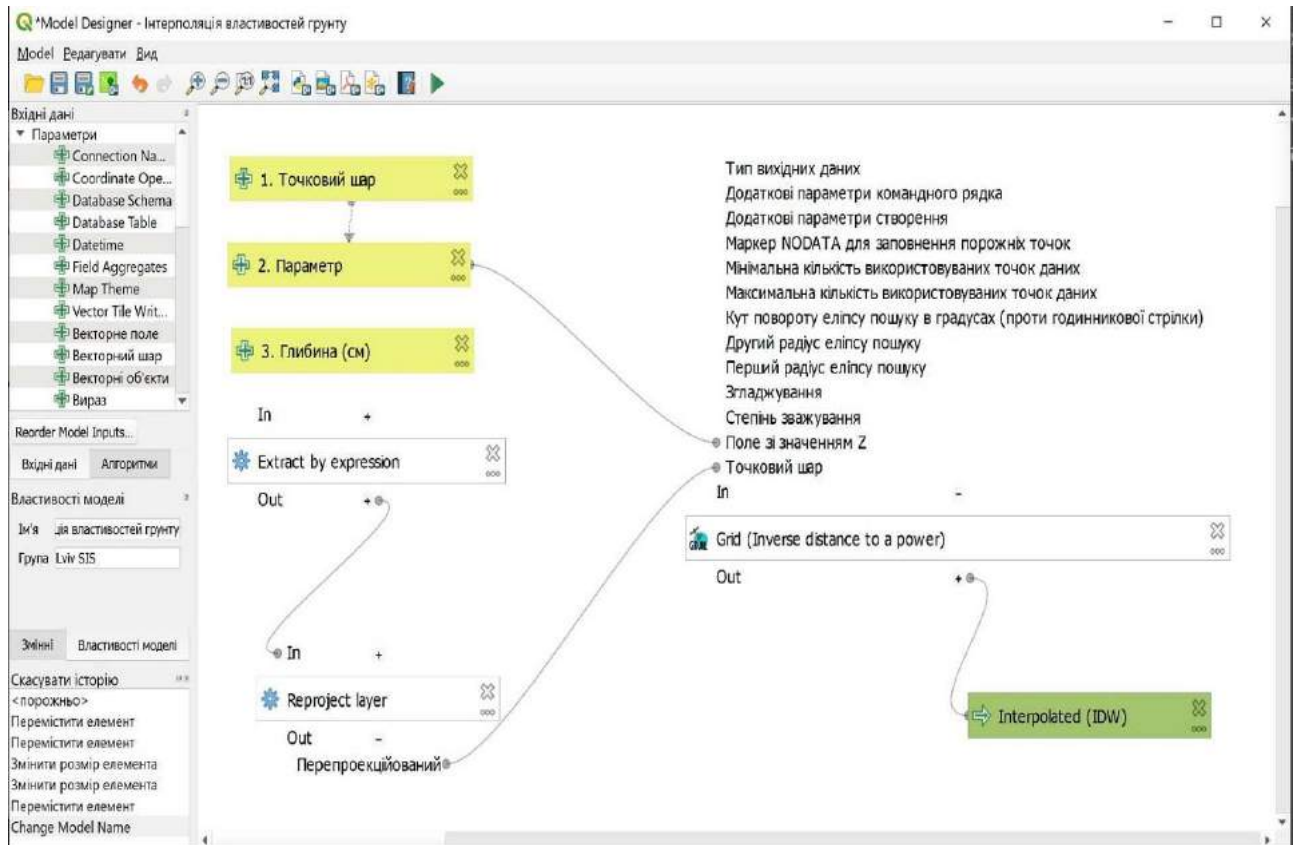


Рисунок 7.14. Логічна структура моделі просторової інтерполяції ґрунтових даних ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

Як видно з рисунку 7.14. для вирішення цього завдання нами використаний Model Designer для QGIS, який дозволяє створювати складні моделі, використовуючи простий у використанні інтерфейс. Під час роботи з ГІС більшість аналітичних операцій з просторовими даними та базами даних не є ізольованими, а навпаки, є частиною певного ланцюга операцій. Використовуючи Model Designer, цей ланцюжок процесів можна перетворити в один процес, що суттєво полегшує виконання комплексного просторового аналізу. Незалежно від того, скільки кроків та різних алгоритмів модель

включає, вони виконуються як єдиний алгоритм, тим самим економить час та зусилля, особливо для великих моделей. Для нашої моделі нами задано чотири вхідні параметри, а саме:

- вибір точкового шару ґрунтових профілів із даними, які містять параметри визначених ґрунтових властивостей для окремих генетичних горизонтів;
- вибір параметру за яким потрібно здійснити інтерполяцію та побудувати картосхему просторового розподілу значень показника;
- глибину на якій потрібно отримати відповідне значення показника для інтерполяції і побудови картосхеми;
- вибір полігонального шару для визначення меж проведення інтерполяції.

Після того, як задані всі вихідні дані, нами описаний алгоритм процесу аналізу даних з допомогою окремого блоку Algorithms QGIS [218]. Заданий алгоритм для вибору значень з певної глибини, а також методу інтерполяції даних.

Відомо, що результат інтерполяції може значно відрізнитися залежно від вибраного методу і параметрів. Інтерполяція в QGIS підтримує два основних методи: триангульована нерегулярна мережа (TIN) і інверсійне зваження відстаней (IDW) [218]. TIN метод зазвичай використовується для даних рельєфу, в той час як метод IDW використовується для інтерполяції інших типів даних, таких як вміст речовин у поверхневих шарах, концентрація шкідливих елементів, щільність населення тощо.

Саме тому, для інтерполяції даних нами використаний метод інверсійного зваження відстаней. Принцип цього методу полягає у тому, що враховуються об'єкти, які знаходяться поблизу і є більш подібними за значеннями один одному, ніж об'єкти, віддалені один від одного. Щоб інтерпольовати значення, метод IDW використовує встановлені значення навколо інтерпольованих об'єктів, тобто найбільш близькі інтерпольовані об'єкти і їх вимірні значення здійснюють більший вплив на прогнозоване значення, ніж віддалені від нього

на значну відстань. IDW передбачає, що кожна вимірювана точка здійснює локальний вплив, який зменшується із збільшенням відстані. Це надає більшій ваги точкам, розташованим ближче до інтерпольованих значень, а вага точки зменшується як функція від відстані. Тому метод носить назву зворотних чи інверсійних зважених відстаней.

Крім визначених вхідних параметрів, алгоритмів вибірки значень з певних глибин та методу просторової інтерполяції даних, нами доданий алгоритм присвоєння проекції інтерпольованого растру, що дозволить геометрично коректно відображати отриманий результат. Тобто, розробленим інструментом передбачена конвертація даних з системи координат WGS-84 в проекцію UTM зона 34 (еліпсоїд WGS 1984).

Розроблено зручний інтерфейс, який дозволяє користувачу вносити всі необхідні параметри і виконати інтерполяцію засобами (рис. 7.15).

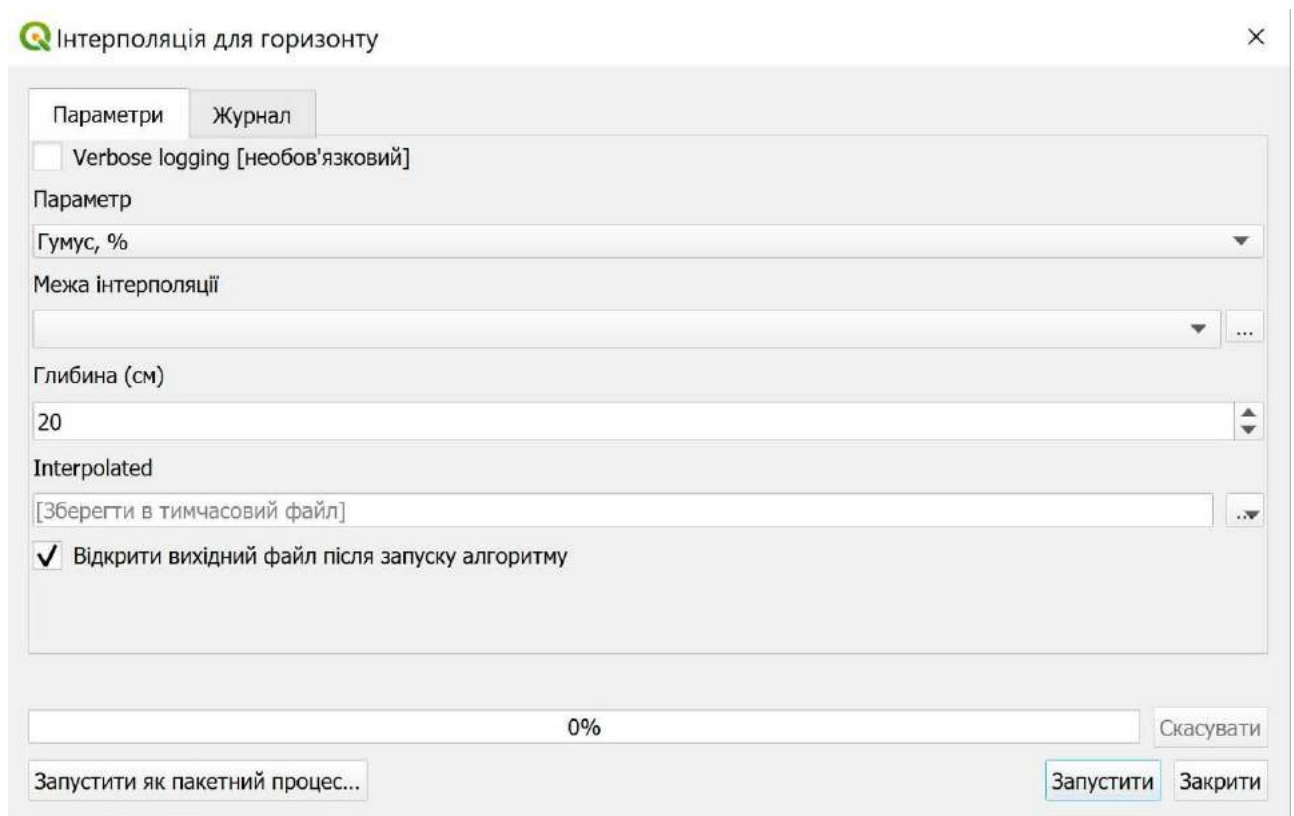


Рисунок 7.15. Діалогове вікно для виконання інтерполяції ґрунтових даних і побудови поверхонь просторової зміни значення.

Отже, розроблений інструмент дозволяє здійснювати вибірку значень з заданої глибини і виконувати просторову інтерполяцію цих значень. Для прикладу ми здійснили інтерполяцію показників вмісту гумусу на глибині 10 і 30 см (рис. 7.16), які наочно відображають просторовий розподіл цієї властивості на визначеній глибині.

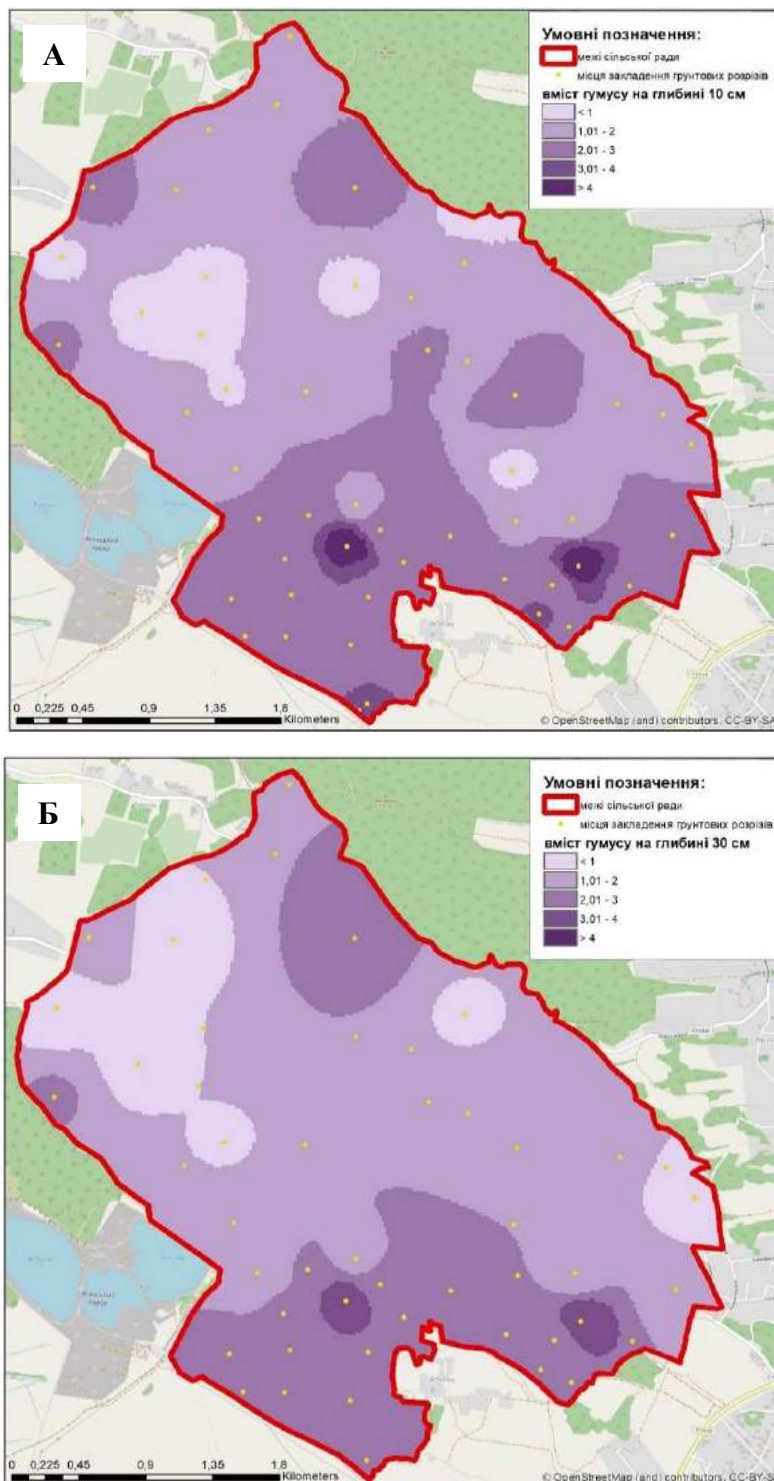


Рисунок 7.16. Картосхеми просторового розподілу вмісту гумусу на глибині 10 см (А) і 30 см (Б).

Розроблений інструмент дозволяє опрацювати будь-який числовий показник і побудувати тематичні картосхеми просторової зміни окремих властивостей ґрунту. Ще одним прикладом такої просторової інтерполяції є картосхеми зміни щільності будови на глибині 10 см і 30 см (рис. 7.17).

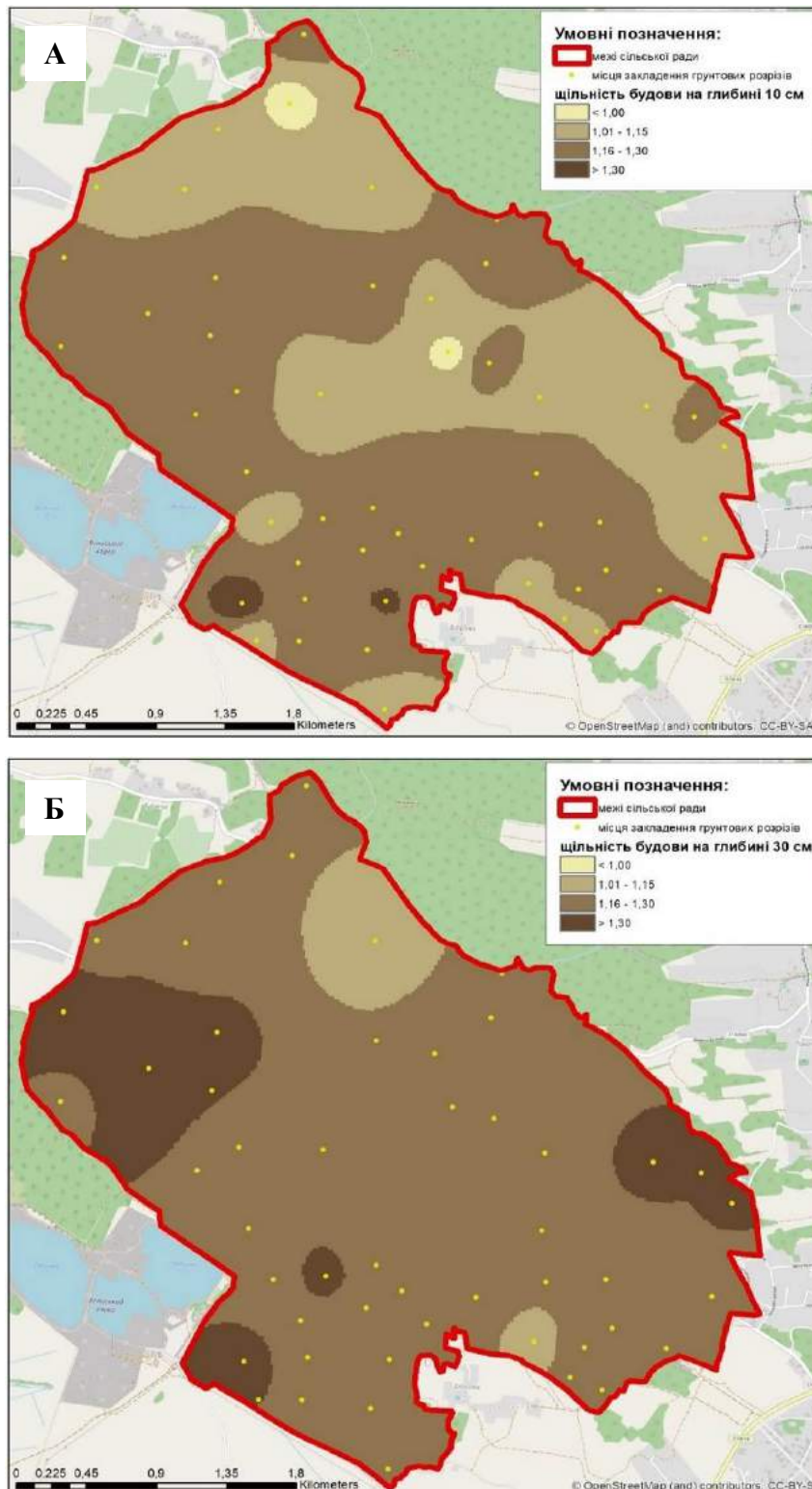


Рисунок 7.17. Картосхеми просторового розподілу щільності будови на глибині 10 см (А) і 30 см (Б).

Можливості створеного інструменту дозволяють отримувати якісно нову просторову інформацію, яка може ефективно використовуватись для прийняття рішень стосовно якісної оцінки ґрунтових ресурсів території за визначеними показниками, дозволяє виконувати обґрунтований вибір сільськогосподарських культур, здійснювати диференціацію технологій обробітку ґрунту при різних рівнях інтенсифікації виробництва, визначати оптимальну організацію території з врахуванням природних просторових зв'язків тощо.

По-суті, ми отримуємо набір базової інформації, яка необхідна для ведення точного землеробства, як нового підходу у сучасному сільському господарстві. Такий підхід враховує всі неоднорідності рельєфу в межах конкретного поля, просторову зміну різних показників ґрунту, в першу чергу агрохімічний вміст поживних речовин. Застосування комплексних агрономічних заходів для певного поля, окремих його ділянок, завжди дає кращий ефект аніж використання однакового методу для всього поля. Саме в цьому полягає суть точного землеробства і розроблений інструмент ГрІС-ЛЮ дозволяє визначати проблемні ділянки в межах заданого поля, встановлювати просторову варіабельність важливих ґрунтових властивостей, здійснювати моніторинг за їх змінами тощо. Більш того, ця інформація повинна використовуватись для проектування інших видів сільськогосподарського виробництва, вирішення соціально-екологічних завдань, для розробки проектів внутрішньогосподарського землеустрою тощо. Засоби аналізу дозволяють виконувати просторові і логічні запити, формувати вибірки і створювати звіти.

Ще один прикладний компонент розробленої ґрунтової інформаційної системи Львівської області дозволяє обчислити нормативну грошову оцінку сільськогосподарських земель визначеної території.

На початку 2017 року Міністерством аграрної політики та продовольства України запроваджено новий методичний підхід до проведення нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення – як сільськогосподарських угідь (ріллі, багаторічних насаджень, сіножать, пасовищ), так і несільськогосподарських угідь на землях

сільськогосподарського призначення) [52]. Затверджений порядок нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення визначає процедуру проведення нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення: сільськогосподарські угіддя (рілля, багаторічні насадження, сіножаті, пасовища, перелоги) та несільськогосподарські угіддя на землях сільськогосподарського призначення. Слід зазначити, що попередню нормативну грошову оцінку земель сільськогосподарського призначення було проведено в Україні лише один раз в 1995 році [81].

Інформаційною базою для нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення, у тому числі земель під господарськими будівлями і дворами, є відомості Державного земельного кадастру (кількісна і якісна характеристика земель, бонітування ґрунтів, економічна оцінка земель) і документація із землеустрою. Нормативна грошова оцінка земельних ділянок проводиться юридичними особами, які є розробниками документації із землеустрою відповідно до Закону України «Про землеустрій» [54].

Нормативна грошова оцінка земель сільськогосподарського призначення визначається відповідно до нормативу капіталізованого рентного доходу на землях сільськогосподарського призначення природно-сільськогосподарських районів Автономної Республіки Крим, областей, міст Києва та Севастополя згідно із додатком до методики та показників бонітування ґрунтів шляхом складання шкал нормативної грошової оцінки агропромислових груп ґрунтів природно-сільськогосподарських районів (для сільськогосподарських угідь). У разі коли агропромислові групи ґрунтів сільськогосподарських угідь на земельній ділянці сільськогосподарського призначення не визначено, застосовується норматив капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району Автономної Республіки Крим, області, міст Києва та Севастополя [52].

Складення шкал нормативної грошової оцінки агропромислових груп ґрунтів сільськогосподарських угідь природно-сільськогосподарського району

(ріллі, багаторічних насаджень, сіножатей, пасовищ, перелогів) здійснюється за формулою:

$$Г_{agr} = Г_u \times Б_{agr} : Б,$$

де $Г_{agr}$ - нормативна грошова оцінка агровиробничої групи ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району, гривень за гектар;

$Г_u$ - норматив капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району, гривень за гектар;

$Б_{agr}$ - бал бонітету агровиробничої групи ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району;

$Б$ - середній бал бонітету ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району.

Нормативна грошова оцінка окремої земельної ділянки сільськогосподарського призначення здійснюється за формулою:

$$Г_{зд} = \Sigma (П_{agr} \times Г_{agr}) + П_{нсг} \times Г_{нсг},$$

де $Г_{зд}$ - нормативна грошова оцінка земельної ділянки сільськогосподарського призначення, гривень;

$П_{agr}$ - площа агровиробничої групи ґрунтів сільськогосподарського угіддя, гектарів;

$П_{нсг}$ - площа несільськогосподарських угідь (земель під господарськими шляхами і прогонами, полезахисними лісовими смугами та іншими захисними насадженнями, крім тих, що віднесені до земель лісогосподарського призначення, земель під господарськими будівлями і дворами, земель під інфраструктурою оптових ринків сільськогосподарської продукції, земель тимчасової консервації тощо), гектарів;

$Г_{нсг}$ - норматив капіталізованого рентного доходу несільськогосподарських угідь на землях сільськогосподарського призначення, гривень за гектар.

У разі коли у природно-сільськогосподарському районі відсутні матеріали бонітування ґрунтів та/або норматив капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя в такому природно-сільськогосподарському районі застосовується норматив капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя області [52].

Використовуючи загальноприйнятту методику нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення нами розроблений додатковий інструмент, який функціонує на базі ґрунтової інформаційної системи Львівської області.

Для визначення нормативної грошової оцінки агровиробничої групи ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району ми використовуємо формалізовану і збережену в базі даних просторову і семантичну інформацію, а саме:

1. векторні дані великомасштабних ґрунтових досліджень використано для визначення типу і просторового розміщення агровиробничих груп ґрунтів;
2. атрибутивні дані нормативів капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району (табл. 7.6);
3. атрибутивні дані балу бонітету агровиробничої групи ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району;
4. атрибутивні дані середнього балу бонітету ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району (табл. 7.6);
5. для визначення назви природно-сільськогосподарського району і просторового розміщення його меж використано векторні дані природно-сільськогосподарського районування Львівської області (рис. 7.5);

6. векторні дані землекористування певного адміністративного утворення в межах Львівської області використано для визначення типу землекористування (рілля, сіножаті, пасовища і багаторічні насадження), а також просторового розміщення їх меж.

Таблиця 7.6.

Атрибутивні дані нормативів капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя природно-сільськогосподарського району (гривень за гектар).

ІД	Назва природно-сільськогосподарського району	Нормативи капіталізованого рентного доходу відповідного сільськогосподарського угіддя					Середній бал бонітету			
		Рілля	Багаторічні	Сіножаті	Пасовища	Інші землі	Рілля	Багаторічні	Сіножаті	Пасовища
1	Турківський	7603,26	15684,38	2657,25	1947,6	16071,75	10	11	11	10
2	Сокальський	28892,4	54182,4	7971,74	6232,3	16071,75	38	38	33	32
3	Радехівський	22809,79	28517,06	6039,2	4479,47	16071,75	30	20	25	23
4	Золочівський	41057,62	12832,68	7971,74	7011,34	16071,75	54	9	33	36
5	Кам'яно-Бузький	19008,16	31368,77	5314,49	3895,19	16071,75	25	22	22	20
6	Борщовицький	36495,66	49904,86	8938,01	7985,14	16071,75	48	35	37	41
7	Яворівський	11404,89	12832,68	2657,25	2142,35	16071,75	15	9	11	11
8	Городоцький	23570,11	35646,33	5556,06	5258,51	16071,75	31	25	23	27
9	Перемишлянський	21289,13	37072,18	4348,22	4089,95	16071,75	28	26	18	21
10	Самбірсько-Жидачівський	15206,52	21387,8	4348,22	2921,39	16071,75	20	15	18	15
11	Дрогобицький	12925,55	18536,09	3623,52	2921,39	16071,75	17	13	15	15

Для визначення контурів агровиробничих груп ґрунтів, які розміщені під різними типами сільськогосподарських угідь для заданої ділянки, а також місця розташування цієї ділянки в межах певного сільськогосподарського району, розроблений інструмент використовує ГС-методи оверлейного аналізу в комплексі з простими картографічними геометричними операціями (рис. 7.18).

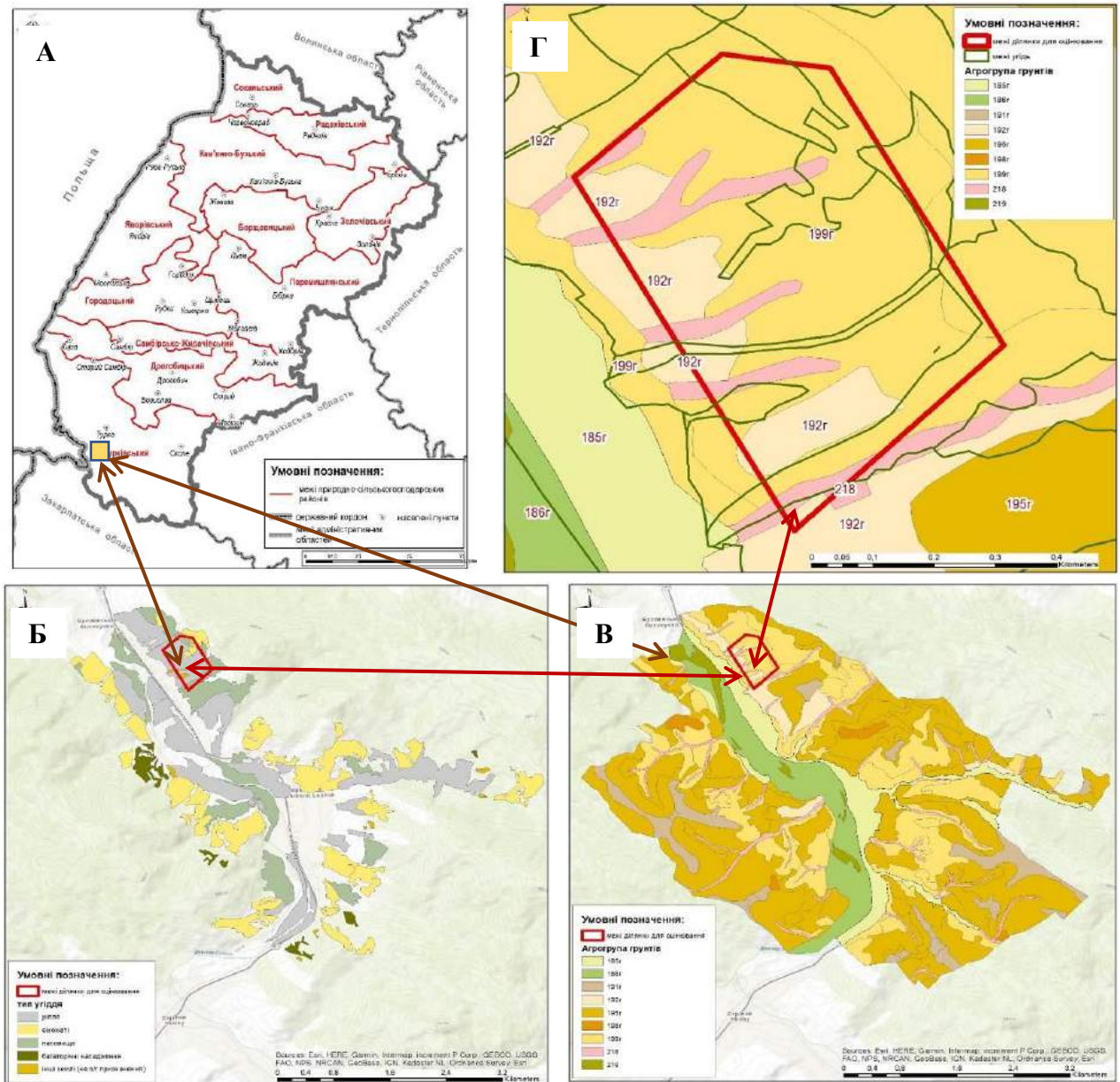


Рисунок 7.18. Комбінація векторних шарів для обчислення нормативної оцінки земель сільськогосподарського призначення визначеної ділянки в межах Верхньолужецької сільської ради Старосамбірського району (А – розташування ділянки в розрізі природно-сільськогосподарського районування, Б – типи угідь, В – агровиробничі групи ґрунтів, Г – оцінювана ділянка).

В результаті отримуємо набір просторових даних, а саме порізані полігональні одиниці агровиробничих груп ґрунтів в межах конкретної ділянки з порахованими площами. Для обчислення нормативної грошової оцінки кожної полігональної одиниці агровиробничої групи ґрунтів певного сільськогосподарського угіддя використовуємо атрибутивні дані балу бонітету агровиробничої групи ґрунтів сільськогосподарського угіддя Турківського природно-сільськогосподарського району (додаток Д). Крім того використовуємо атрибутивні дані нормативів капіталізованого рентного доходу і атрибутивні дані середнього балу бонітету ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя Турківського природно-сільськогосподарського району (табл. 7.6).

Отримані просторові і семантичні дані автоматично вносяться у загальноприйняті формули, відповідно створений інструмент швидко і ефективно може обчислити нормативну грошову оцінку земель сільськогосподарського призначення будь якої виділеної ділянки в межах Львівської області.

В нашому прикладі представлена ділянка має площу 31,65 гектари, і містить три агровиробничих групи ґрунтів (192г, 199г, 218) та 4 типи угідь (рілля, сіножаті, пасовища, інші землі), які були порізані на окремі одиниці (рис. 7.19). В результаті оверлейного аналізу утворилося 30 окремих контурів, які містять просторові комбінації трьох агровиробничих груп ґрунтів і різних типів сільськогосподарських угідь (табл. 7.7). Також, для кожного утвореного полігону автоматично пораховані площі.

Оперуючи отриманими просторовими контурами та атрибутивними даними (табл. 7.6 і додаток Д) ми можемо для кожного окремого контура порахувати показник нормативної грошової оцінки агровиробничої групи ґрунтів відповідного сільськогосподарського угіддя. Наступним кроком розроблений інструмент перемножує цей показник для кожного контуру на його визначену площу і підсумовує всі отримані результати.

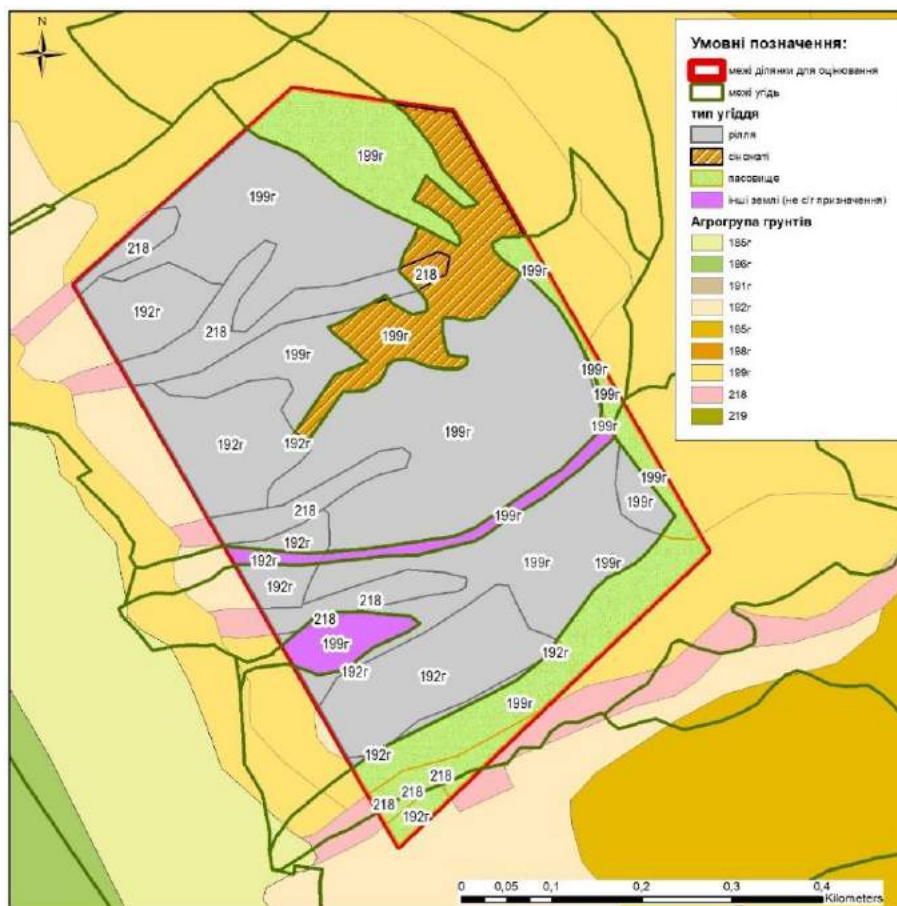


Рис. 7.19. Візуалізація отриманих контурів після оверлейної операції з контурами агровиробничих груп ґрунтів і типами сільськогосподарських угідь визначеної ділянки в межах Верхньолужецької сільської ради Старосамбірського району Львівської області.

Наступним кроком розробленого інструменту є виконання другої частини формули, а саме перемноження площ несільськогосподарських земель на встановлений норматив капіталізованого рентного доходу несільськогосподарських угідь на землях сільськогосподарського призначення (табл. 7.6) і додавання отриманих результатів разом із обчисленою сумою.

Таким чином ми отримуємо автоматично пораховану величину нормативної грошової оцінки сільськогосподарських земель визначеної ділянки в межах Верхньолужецької сільської ради Старосамбірського району Львівської області, яка становить 210 567 гривень.

Таблиця 7.7.

Перелік утворених в результаті оверлейного аналізу контурів, які містять просторові комбінації трьох агровиробничих груп ґрунтів і різних типів сільськогосподарських угідь.

№ п/п	Назва ґрунту	Площа, га	№ агрогрупи ґрунтів	Угіддя
1	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	0,178	192г	пасовище
2	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	0,243	192г	рілля
3	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	0,316	192г	рілля
4	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	0,156	192г	інші землі
5	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	0,018	192г	сіножаті
6	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	1,772	192г	рілля
7	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	1,021	192г	рілля
8	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	2,233	192г	рілля
9	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	0,023	192г	пасовище
10	дерново-буроземні з плямами слабозмитих 10-30%	0,023	192г	інші землі
11	дерново-буроземні середньозмиті з плямами сильнозмитих 10-30%	0,115	199г	пасовище
12	дерново-буроземні середньозмиті з плямами сильнозмитих 10-30%	0,026	199г	рілля
13	дерново-буроземні середньозмиті з плямами сильнозмитих 10-30%	0,333	199г	рілля
14	дерново-буроземні середньозмиті з плямами сильнозмитих 10-30%	0,318	199г	пасовище
15	дерново-буроземні середньозмиті	1,865	199г	пасовище
16	дерново-буроземні середньозмиті	0,266	199г	пасовище
17	дерново-буроземні середньозмиті	2,55	199г	сіножаті
18	дерново-буроземні середньозмиті	10,46	199г	рілля
19	дерново-буроземні середньозмиті	3,267	199г	рілля
20	дерново-буроземні середньозмиті	1,977	199г	пасовище
21	дерново-буроземні середньозмиті	0,606	199г	інші землі
22	дерново-буроземні середньозмиті	0,469	199г	інші землі
23	змиті та розмиті ґрунти	0,404	218	пасовище
24	змиті та розмиті ґрунти	0,099	218	пасовище
25	змиті та розмиті ґрунти	0,294	218	рілля
26	змиті та розмиті ґрунти	0,139	218	сіножаті
27	змиті та розмиті ґрунти	1,293	218	рілля
28	змиті та розмиті ґрунти	0,617	218	рілля
29	змиті та розмиті ґрунти	0,567	218	рілля
30	змиті та розмиті ґрунти	0,032	218	інші землі

Отже, розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області, використовуючи загальноприйнятну методика, швидко і ефективно виконує 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.

Ще однією додатковою прикладною перевагою ґрунтової інформаційної системи Львівської області є можливість використовувати її в смартфонах на базі Android. Для цього потрібно встановити QField – мобільне QGIS рішення, яке дозволяє виконувати роботу із збору і наповнення бази даних розробленої ГрІС-ЛО ще більш продуктивною. Мета QField – допомогти користувачу виконувати прикладні завдання із розширення ґрунтової просторової бази даних без ускладнення інтерфейсу в смартфоні [218]. Тобто, це означає, що оформлення шарів, підготовка форм вводу та інші налаштування ГрІС-ЛО, повинно виконуватися на комп'ютері з допомогою повноцінного функціоналу QGIS. Варто зазначити, що система візуалізації (рендерингу) в QField така сама як і в настільній версії QGIS, тому проект розробленого ГрІС-ЛО на мобільному пристрої виглядає однаково як і на комп'ютері (рис. 7.20).

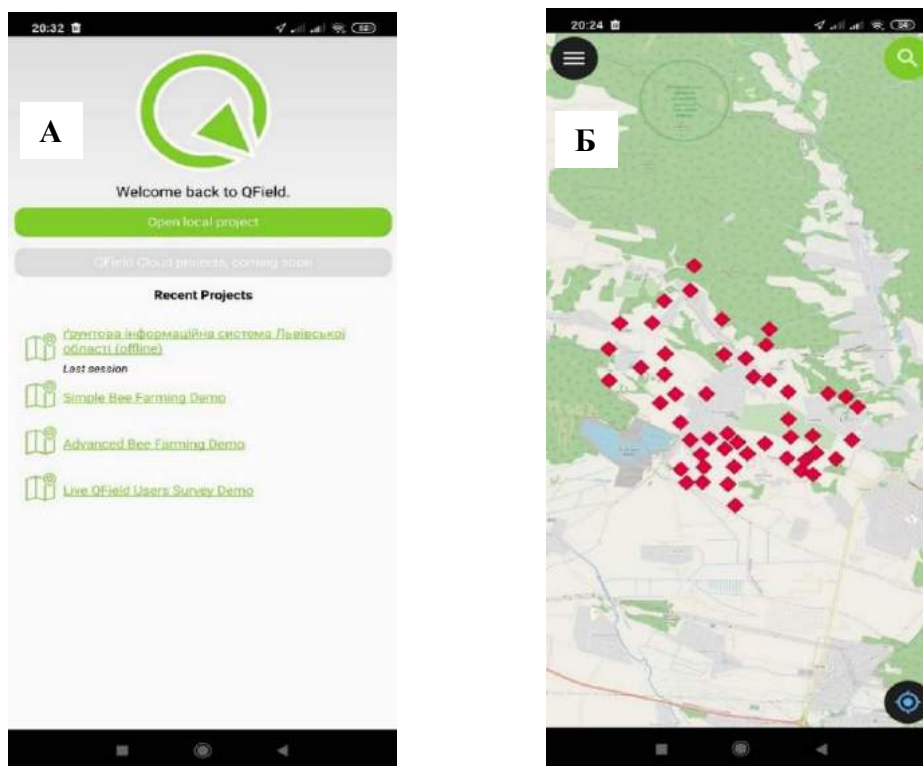


Рисунок 7.20. Інтерфейс програми QField (А – вхід в програму; Б – візуалізація ґрунтових розрізів ГрІС-ЛО).

Важливо, що QField використовує такі ж віджети редагування, як і настільна версія QGIS [218]. Оскільки проект ГрІС-ЛО налаштовано у настільній версії QGIS, тому він повноцінно працює на мобільному пристрої.

Є декілька режимів роботи QField, які ми застосовуємо в ГрІС-ЛО, серед яких два основних:

1. режим перегляду створеної ґрунтової інформації (ґрунтові карти, місцезрештування ґрунтових розрізів);
2. режим векторизації просторових даних.

В обидвох випадках корисною є опція використання базової карти, як основи для орієнтації та візуалізації ґрунтових даних. Базова карта – це растровий шар, який додається як найнижчий шар до файлу проекту. Якщо опція базової карти ввімкнена, базова карта відобразиться щоразу, коли формується проект. В нашому випадку ми використовуємо топографічну карту OSM standard (рис. 7.21, А).

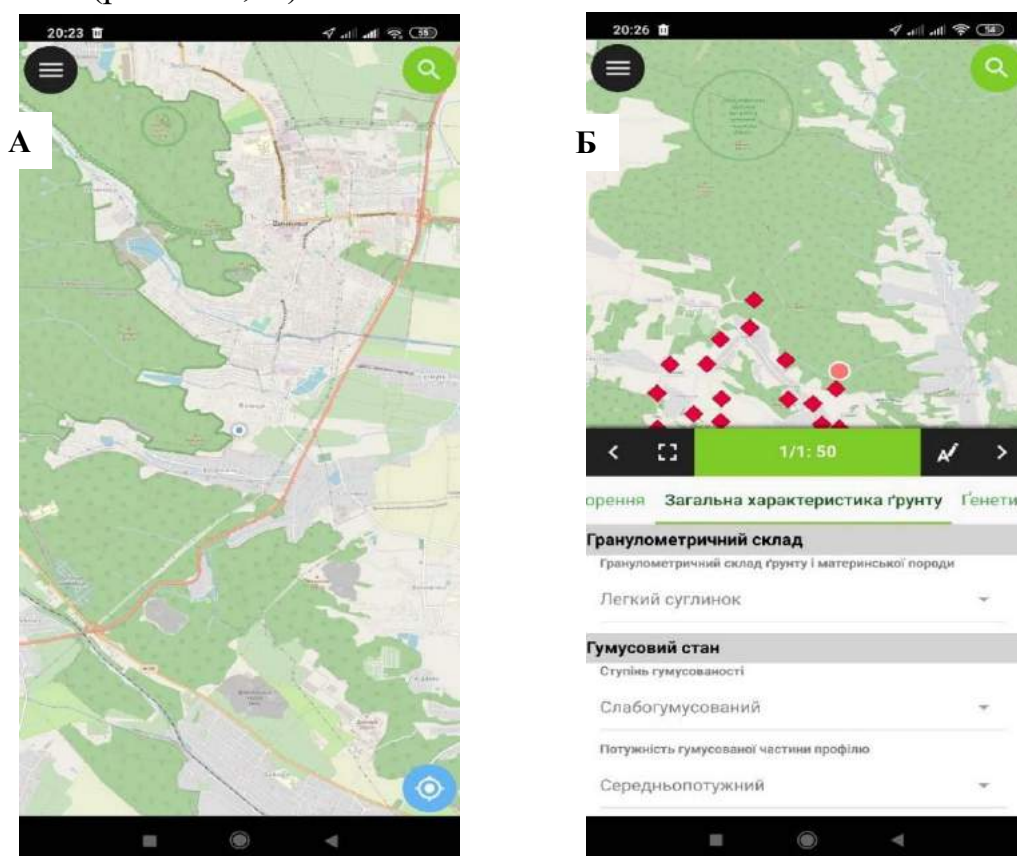


Рисунок 7.21. Робота з даними ГрІС-ЛО в QField (А – базовий шар OSM Standard; Б – приклад візуалізації семантичних даних ґрунтових розрізів).

Візуалізація ґрунтових даних в QField дозволяє переглядати інформацію про ґрунтові розрізи, окремі генетичні горизонти, ґрунтові контури, визначати місцезрештування ґрунтових розрізів, здійснювати простий пошук за визначеними параметрами (рис. 7.22).

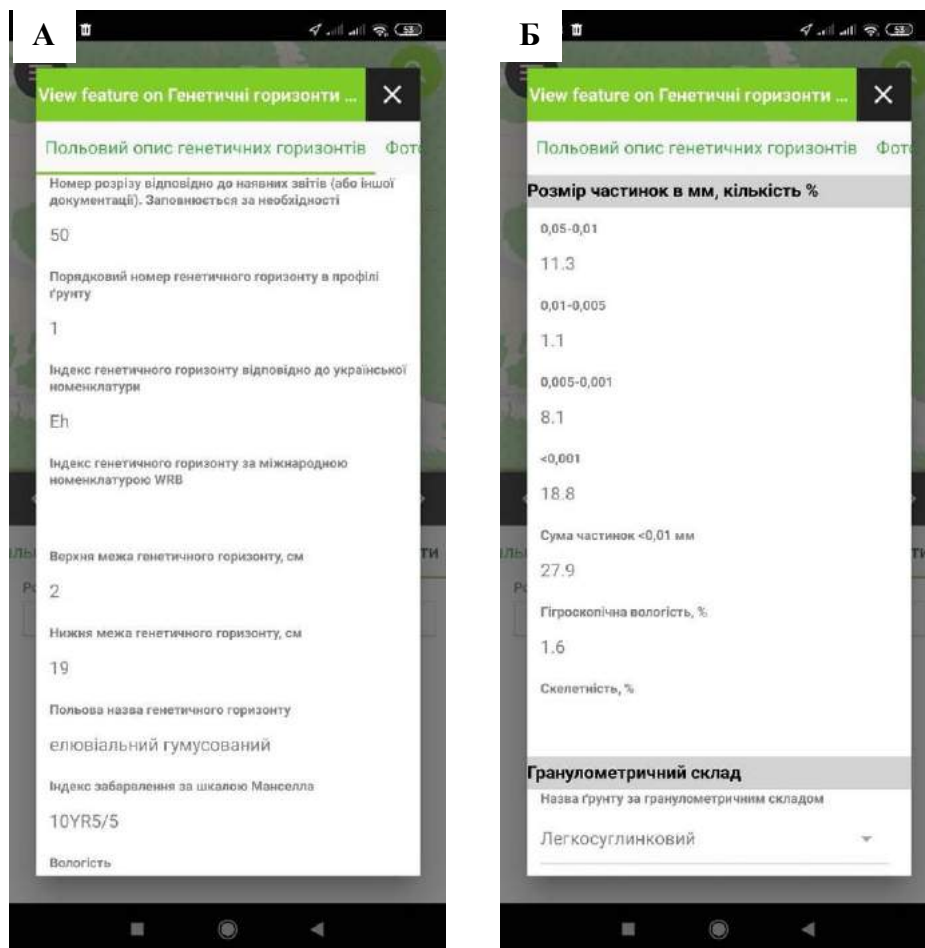


Рисунок 7.22. Візуалізація атрибутивних даних генетичних горизонтів ґрІС-ЛЮ в QField (А – фрагмент польового опису; Б – фрагмент опису фізичних властивостей).

Режим векторизації просторових даних передбачає створення нових об'єктів безпосередньо на базовому шарі. Під час векторизації ефективно використовувати GPS смартфона, що дозволяє з достатньою точністю прив'язувати нові ґрунтові розрізи чи інші об'єкти (рис. 7.23). Важливо, що внесення нових ґрунтових об'єктів здійснюється в режимі офф-лайн, тобто редагування чи внесення даних відбувається в автономному режимі, а робоча

копія шару зберігається в окремій папці мобільного пакета. Кожна зміна, яка вноситься в мобільний проект під час роботи, реєструється в журналі змін.

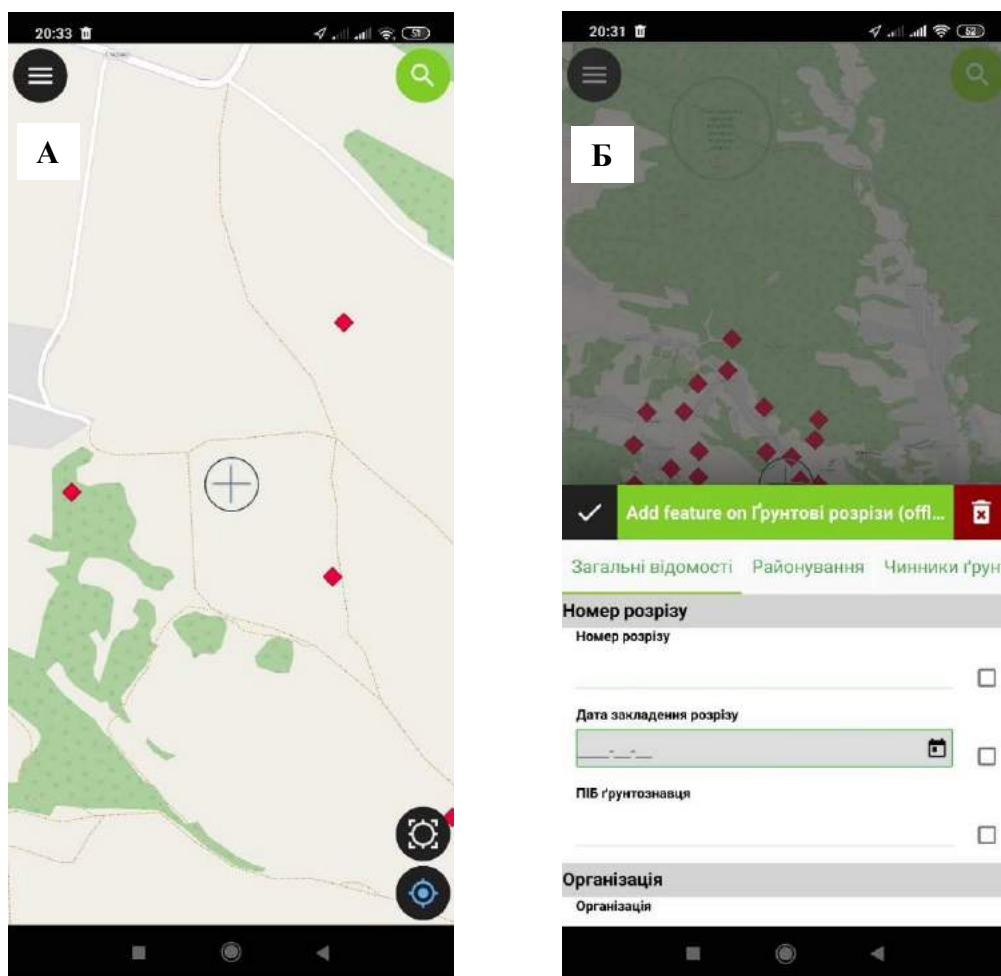


Рисунок 7.23. Створення нового точкового об'єкта ґрунтового розрізу в ГрІС-ЛЮ з допомогою QField (А – вибір точки з допомогою базового шару; Б – фрагмент внесення опису загальних відомостей про створений ґрунтовий розріз).

Після завершення польового етапу внесення ґрунтових даних всі дані з мобільного пристрою переписують у версію ГрІС-ЛЮ на комп'ютері, а потім здійснюють синхронізацію журналу змін. Під час синхронізації відбувається оновлення бази даних і просторових шарів.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 7

1. Розроблена ґрунтова інформаційна система Львівської області ефективно поєднує можливості ГІС-інструменту із існуючими ґрунтовими базами

даних Львівської області, забезпечує можливість внесення та редагування даних за встановленими правилами, дозволяє виконувати декілька важливих і ефективних прикладних і аналітичних функцій.

2. Перевагою розробленої моделі є відкритість програмного забезпечення, можливість персоналізації інтерфейсу, збереження алгоритмів обробки даних і отримання інформації при зміні набору індексованих показників тощо. Розроблено 36 таблиць довідників-класифікаторів для внесення і опису класифікаторів ґрунтових властивостей ГрІС-ЛО. Структура блоку атрибутивної інформації включає 41 показників для ґрунтового профілю, 78 показників для кожного з горизонтів (зразків).
3. 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.
4. З метою апробації форм внесення інформацій для опису ґрунтового профіля і генетичних горизонтів вибрано окрему сільську раду і створено 50 ґрунтових профілів та близько 120 генетичних горизонтів. Для них внесено всі наявні показники польових і лабораторно-аналітичних визначень.
5. 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 для певної глибини в межах визначеної території. Крім того, використовуючи загальноприйняту методику, спеціально розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області швидко і ефективно виконує нормативну грошову оцінку земель сільськогосподарського призначення.

РОЗДІЛ 8. ІНШІ ВИДИ ЦИФРОВОЇ ГРУНТОВОЇ ІНФОРМАЦІЇ ТА ЇХ ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ

8.1. Веб-орієнтовані рішення та публічна кадастрова карта

Використання мережі інтернет в інформаційному ґрунтознавстві найбільш широко представлене через інструмент веб-картографії (англ. – web mapping або online mapping). В більш ширшому розумінні веб-картографія – це сукупність технологій, пов'язаних зі створенням різноманітних віртуальних карт, їх розміщенням та обробкою у мережі інтернет.

Перші картографічні програми та інтернет-ресурси почали з'являтися ще у середині 90-х років минулого століття. За винятком нечисленних віртуальних атласів, вони в основному були вузькоспеціалізованими (геодезія, геологія, навігація, демографія, статистика, землеустрій, бізнес-дані тощо), призначалися лише для професіоналів і мали статичний, неінтерактивний характер. Проте зараз завдяки мережевим технологіям формується глобальна, інтерактивна, розгалужена інфраструктура веб-картографії, що нараховує, крім професіоналів, мільйони пересічних користувачів по всьому світу. Сучасне програмне забезпечення, доступ до баз даних і можливість миттєвої перехресної комунікації дозволяють колективно створювати «в онлайні» загальнодоступні електронні карти з будь-якою геопросторовою інформацією, що оновлюється в режимі реального часу. Спектр застосування тут надзвичайно широкий: від загальних карт до спеціалізованих, наприклад веб-аплікацій ґрунтових ресурсів певного регіону тощо.

Основними завданнями веб-картографії є візуалізація існуючої інформації і просторове розміщення даних, полегшення роботи з просторовою інформацією онлайн, пошук та аналіз даних, прокладення маршрутів та інші завдання, які базуються на використанні відомостей про розташування об'єктів.

Розглянемо основні веб-орієнтовані інструменти глобального і регіонального рівня, які створені і активно розвиваються в галузі інформаційного ґрунтознавства.

Серед масштабних онлайн проектів варто виділити веб-інструмент розроблений Міністерством сільського господарства Сполучених штатів Америки (USDA) – «Веб-обстеження ґрунтів США» («USA Web Soil Survey») [247].

Онлайн інструмент «Веб-обстеження ґрунтів» містить дані про ґрунти та інформацію, отриману під час великомасштабних досліджень ґрунтів США. Він підтримується службою охорони природних ресурсів Міністерства сільського господарства США (USDA-NRCS) та забезпечує доступ до однієї з найбільших світових інформаційних систем про ґрунтові ресурси. Цей ресурс надає онлайн доступ до ґрунтових картографічних матеріалів та даних для понад 95 відсотків округів США. Заплановано в найближчі роки перекрити даними повністю всю територію США. Сайт оновлюється та підтримується в інтернеті як єдине авторитетне джерело інформації про обстеження ґрунтів США.

Для роботи з цим ресурсом потрібно виконати чотири кроки онлайн.

Спочатку потрібно з допомогою інструменту "Область інтересів" потрібно визначити територію, яка вас цікавить (рис. 8.1).

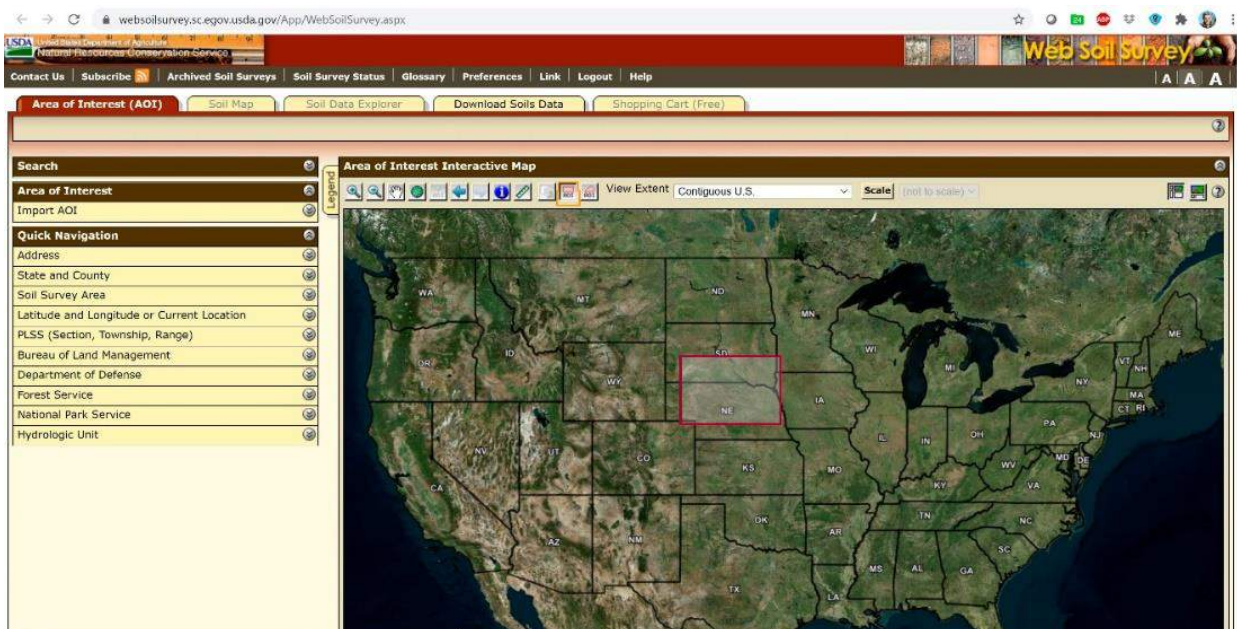


Рисунок 8.1. Виділення території для подальшого аналізу з допомогою «Веб-обстеження ґрунтів США».

Наступним кроком можна зайти на вкладку «Карта ґрунтів» і переглянути або роздрукувати карту ґрунтів та їх детальний опис в межах визначеної території (рис. 8.2).

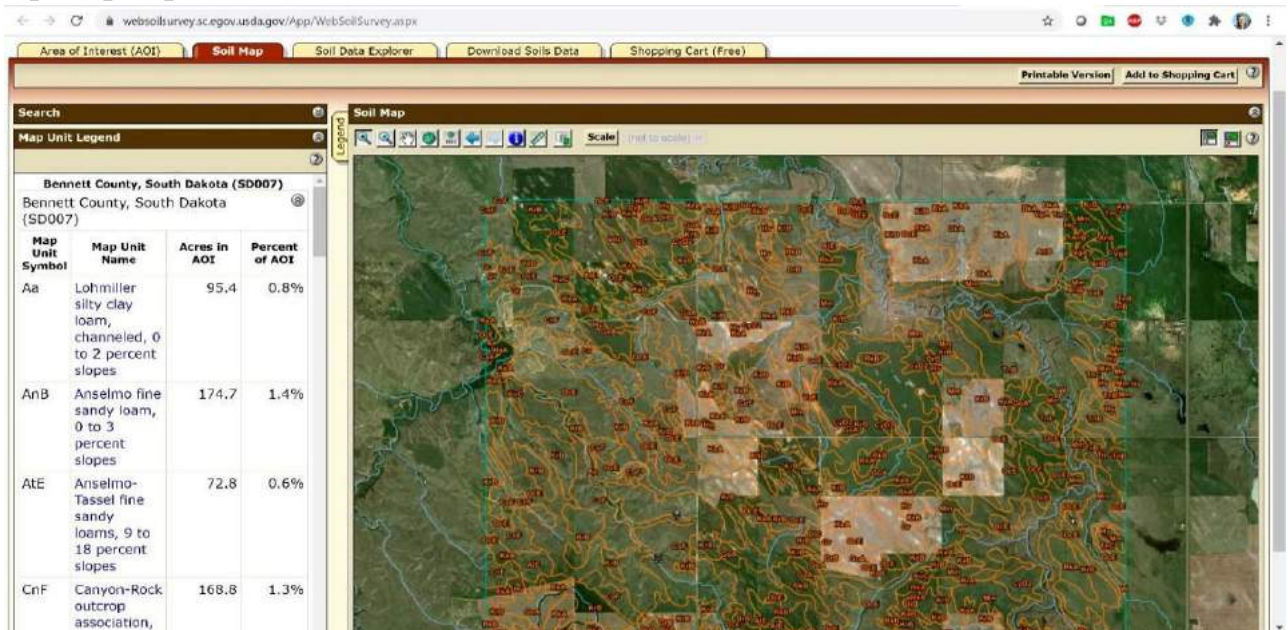


Рисунок 8.2. Інформація про ґрунти та карта ґрунтів на вибрану територію, «Веб-обстеження ґрунтів США».

Окрема вкладка «Дані про ґрунти» дозволяє отримати інформацію про властивості конкретного ґрунту в межах вибраної території (рис. 8.3).

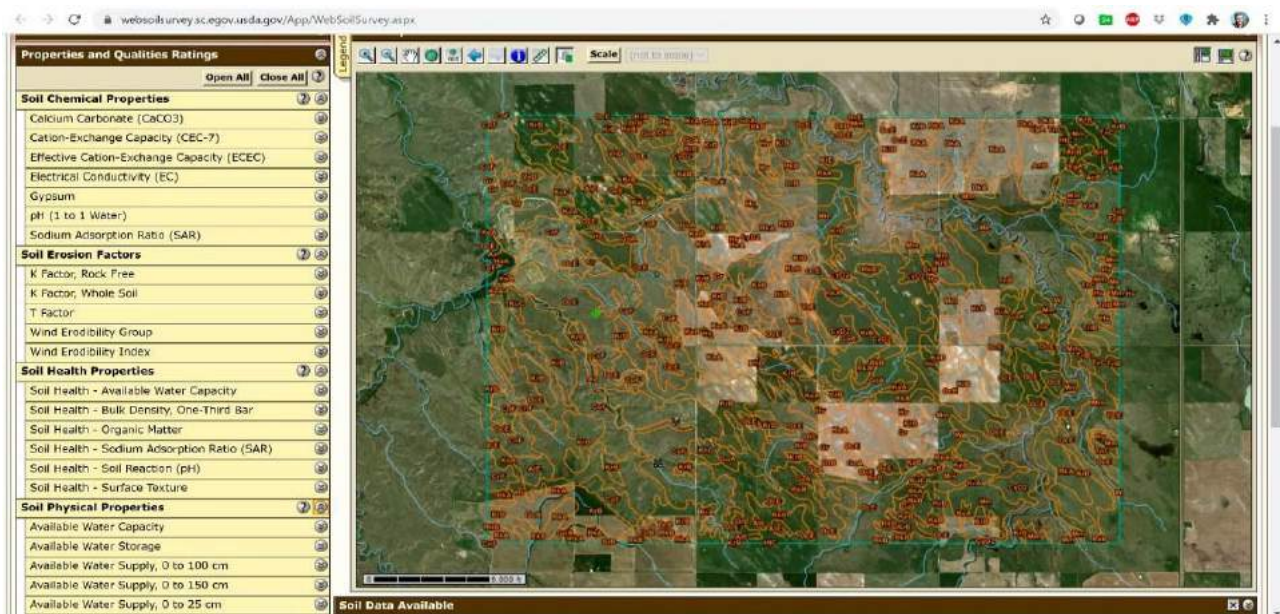


Рисунок 8.3. Перелік інформації про ґрунти (ліворуч) на вибрану територію, «Веб-обстеження ґрунтів США».

Окрім доступу до даних про ґрунти користувач також може визначити придатність ґрунтів для певного використання.

Останній крок передбачає можливість створення і видрук звіту або скачування вибраних елементів, а саме просторових даних в форматі шейп-файлів (ESRI Shapefile, Geographic WGS84), атрибутивних даних та метаданих.

Дані цього онлайн ресурсу можуть бути використані для прийняття управлінських рішень на різних рівнях, загального планування фермерських господарств та інших сільськогосподарських об'єднань тощо [247].

Є ряд інших онлайн ресурсів, які володіють ґрунтовими просторовими і семантичними даними різного просторового і тематичного охоплення.

Зокрема потрібно вказати глобальну карту ґрунтів (Global Soil Regions Map), яка заснована на рекласифікації ґрунтової карти світу ФАО-ЮНЕСКО в поєднанні з ґрунтово-кліматичною картою [156]. Вперше вона була опублікована онлайн в 2005 році. Ця ґрунтова карта містить просторові дані про розподіл 12 ґрунтових порядків згідно таксономії ґрунтів. Карта створена в реальному масштабі 1: 25 000 000, відповідно роздільна здатність 0.0333, а розмір растра: 5400x10800. Окрім самої карти онлайн розміщені легенди порядків і підпорядків у вигляді avl-файлів.

Ще одним набором ґрунтових даних, розміщених онлайн, є гармонізована світова база даних ґрунтів (Harmonized World Soil Database) [164]. Це растрова ґрунтова база даних, яка містить понад 15 000 різних одиниць картографування ґрунтів і поєднує регіональні та національні оновлення інформації про ґрунти окремих регіонів (різні регіональні ґрунтові карти SOTER, European Soil Database, карта ґрунтів Китаю, WISE, цифрову ґрунтову карту світу - Digital Soil Map of the World, DSMW) з інформацією, яка міститься на ґрунтовій карті ФАО-ЮНЕСКО масштабу 1: 5 000 000.

Онлайн-карта представлена растровим файлом у форматі BIL розміром 1.9 гігабайти і містить розподіл унікальних ґрунтових відділів з кодованим значенням ідентифікатора (ID). Окрім карти доступна ґрунтова база даних в

форматі Access, де кожному ID може відповідати від 1 до 9 записів в залежності від многочленів цього ґрунтового виділу. Растрова база даних складається з 21600 рядків і 43200 стовпців, які містять гармонізовані дані про властивості ґрунтів. Використання стандартизованої структури дозволяє пов'язати дані атрибутів з растровою картою для відображення або запиту композиції з огляду на тип ґрунту та характеристику вибраних ґрунтових параметрів (органічний вуглець, рН, вологозабезпечення, глибина ґрунту, обмінна здатність ґрунту, загальні обмінні поживні речовини, вміст карбону, гіпсу, обмінного натрію, солоність, клас текстури та гранулометричний склад). Завантажений картографічний продукт можна використовувати для роботи в ГІС без додаткової підготовки.

Карта створена в реальному масштабі 1: 1 000 000 - 1: 5 000 000, відповідно роздільна здатність 0.0083, а розмір растра: 21600x43200 [164].

Ще одним набором онлайн ґрунтових даних є європейський цифровий архів ґрунтових карт (European digital archive on soil maps (EuDASM)), який створений в результаті спільної ініціативи інституту навколишнього середовища та сталого розвитку Європейської комісії (IES) та ISRIC - World Soil Information [143].

Основною метою створеного архіву є збереження і перетворення старих ґрунтових даних (у картографічній та паперовій формі), оскільки вони є основними елементами більшості поточної ґрунтової інформації. В багатьох країнах, що розвиваються та країнах з перехідною економікою, ґрунтові карти втрачаються через відсутність належної уваги до зберігання, ліквідацією установ, які відповідали за збір та підтримку даних про ґрунтови та земельні ресурси тощо.

Європейський цифровий архів ґрунтових карт забезпечує доступ до онлайн колекції сканованих карт ґрунту з високою роздільною здатністю та відповідних карт земельних ресурсів для Африки, Азії, Канади, Європи, країн Латинської Америки та Карибського басейну, Сполучених Штатів Америки.

Технічно, це відскановані ґрунтові та інші додаткові тематичні карти в форматах JPEG і PDF з роздільною здатністю 200 dpi. Растри забезпечені метаданими і не мають просторової прив'язки. Загалом відскановано і розміщено онлайн більше 6000 карт із 135 країн. Всі карти відскановані з високою роздільною здатністю і розміщені онлайн у вільному доступі для користувачів через зручний веб-інтерфейс [143].

Серед інших важливих глобальних ґрунтових даних виділяють світову базу даних ґрунтових профілів у версії 3.1 ISRIC-WISE (WISE) [256]. Ця база даних ґрунтових профілів складена з великої кількості даних зібраних багатьма фахівцями-ґрунтознавцями. Усі ґрунтові профілі були узгоджені з оригінальною легендою (1974) та виправленою легендою (1988) ФАО-ЮНЕСКО. Структура бази даних побудована таким чином, що первинні дані ґрунту, а також отримані з них похідні дані можуть бути пов'язані за допомогою ГІС із просторовими одиницями оцифрованої карти ґрунтів світу (Global Soil Regions Map), а також новішими цифровими базами даних ґрунту та рельєфу (SOTER) через код легенди ґрунту [256].

База даних ґрунтових профілів WISE v.3.1 містить вибрані атрибутивні дані для приблизно 10 250 ґрунтових профілів, приблизно 47 800 горизонтів із 149 країн світу. Для окремих профілів було відібрано зразки, описано та проаналізовано відповідно до методів та стандартів, що використовуються у відповідних країнах.

Недоліком цієї бази даних є те, що оскільки під час первинних обстежень виконувались лише вибрані вимірювання окремих показників ґрунту, тому не існує єдиного набору властивостей для яких усі профілі мають аналітичні дані. Методи, що використовуються для лабораторного визначення конкретних властивостей ґрунту, відрізняються залежно від лабораторії та часового проміжку, тому іноді навіть результати для однієї і тієї ж властивості можуть бути іншими. Тим не менше, ґрунтові дані цього ресурсу широко використовуються для різних прикладних завдань, в сільськогосподарських та

екологічних цілях, на глобальному та континентальному рівнях (1: 500 000 і більше).

В Україні варто звернути увагу на онлайн-карту ґрунтів, яка перекриває всю територію країни. На ній доступна інформація про всі типи ґрунтів, а також дані чинників ґрунтоутворення: материнську породу, клімат, рослинний покрив тощо. Завдяки цьому ресурсу можна визначити типи ґрунтів, оцінити їх фізичні і фізико-хімічні властивості, ризики розвитку деградаційних процесів (засолення тощо). Дані цього ресурсу зазвичай використовують для планування структури посівів і різних агротехнологій.

Ефективним комплексним онлайн-інструментом для вирішення багатьох прикладних завдань вважають публічну кадастрову карту України.

З 2013 року відомості про земельні ділянки, що містяться в Державному земельному кадастрі України, є відкритими та опубліковані в мережі Інтернет. Це стало можливим шляхом створення Публічної кадастрової карти України.

Такий крок є великим досягненням у сфері земельних відносин, оскільки побудова сучасної кадастрової комп'ютерної системи дозволяє суттєво скоротити строки проведення операцій з землею, значно знизити рівень корупції, скоротити витрати громадян.

Публічна кадастрова карта складається із декількох шарів, які включають в себе наступні дані: ортофотоплан (цифрова карта), індексно-кадастрові карти, земельні ділянки та їх межі, кадастрові номери ділянок, форма власності ділянок, цільове призначення, площа, а також карта ґрунтів України. В майбутньому планується додати до кадастрової карти України інформацію про надра, комунікації, мережі, будови, водні, лісові ресурси тощо.

Щодо конкретної земельної ділянки доступні відомості про площу, кадастровий номер, цільове призначення, форму власності. Додатково відмічені місця розташування Центрів надання адміністративних послуг.

Публічна кадастрова карта виконує дві основні функції:

1. Перевірка наявності земельної ділянки в Державному земельному кадастрі України та відсутність помилок і невідповідностей в її відображенні.
2. Можливість надіслання електронної заяви про відсутність ділянки або помилки і невідповідності в її відображенні.

На сайті можна самостійно перевірити чи зареєстрована певна земельна ділянка, правильність відображення відомостей про неї (і надіслати заяву у випадку виявлення неточностей або «накладок» інших земельних ділянок), переглянути інформацію про право власності та інші речові права на земельну ділянку. Також через веб-сайт публічної кадастрової карти (<https://map.land.gov.ua/kadastrova-karta>) можна замовити витяг з державного земельного кадастру про земельну ділянку або довідку про нормативну грошову оцінку земельної ділянки.

Якщо земельна ділянка наявна в Державному земельному кадастрі, інформація про земельну ділянку повинна з'явитися на Публічній кадастровій карті, зокрема можна отримати такі відомості:

- кадастровий номер земельної ділянки;
- форма власності (на прикладі – приватна);
- цільове призначення (на прикладі – 01.03. Для ведення особистого селянського господарства);
- площа ділянки в гектарах (на прикладі – 0,7916 га)

На Публічній кадастровій карті України створено окремий інформаційний шар «Ґрунти», який містить інформацію про ґрунтовий покрив України. Шар створено шляхом векторизації карти ґрунтів України М 1:200 000 у рамках виконання бюджетної програми 2012 року щодо створення автоматизованої системи Державного земельного кадастру. Шар не містить відомостей Державного земельного кадастру і має інформаційний характер щодо ґрунтового покриву України (рис. 8.4).

Завдяки інформаційному шару «Ґрунти» можна отримати базові дані про номер ґрунту і назву. Використовують цей шар для отримання попередньої інформації про просторові особливості ґрунтового покриву (рис. 8.5).

Разом з тим, треба розуміти, що Державний земельний кадастр України зараз активно наповнюється інформацією, вирішує багато технологічних завдань і тому на Публічній кадастровій карті України можливі помилки та деякі невідповідності.

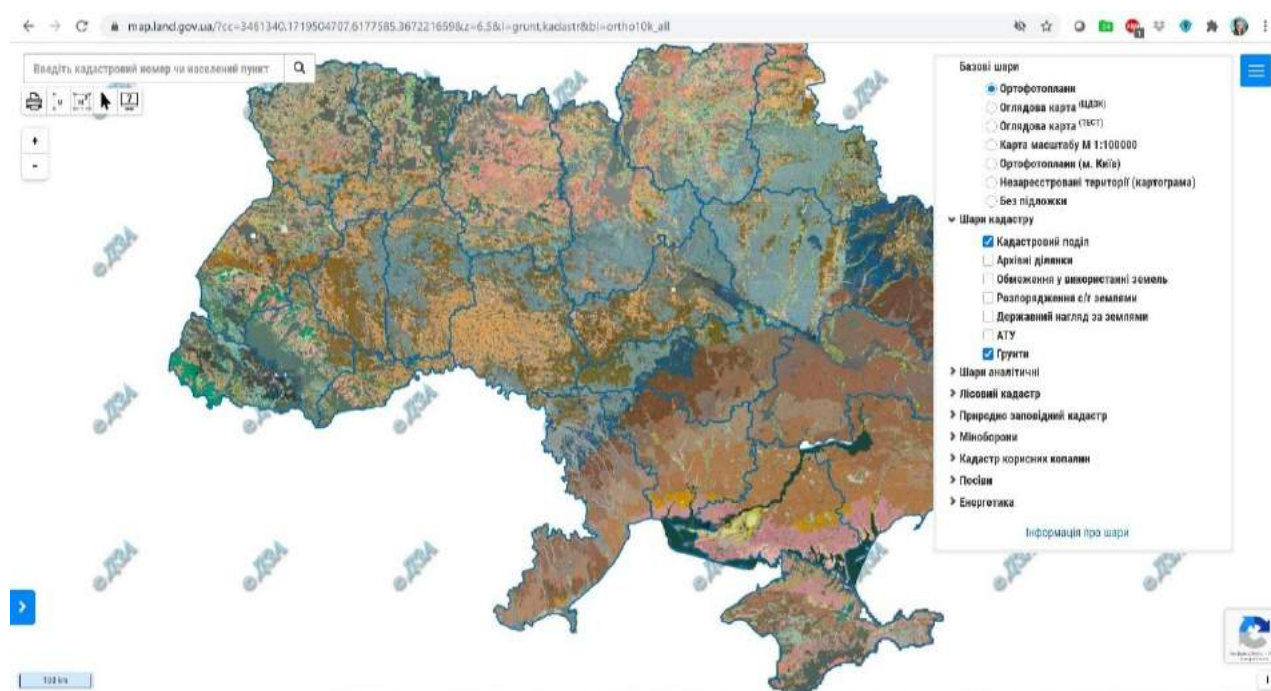


Рисунок 8.4. Шар «Ґрунти» на Публічній кадастровій карті.

Ґрунтові інформаційні системи можуть допомогти вирішити безлічі проблем, в тому числі таку актуальну, як вивчення впливу ґрунтів на зміну клімату і навпаки – яким чином підвищення температури впливає на вміст органічного вуглецю в ґрунтах [137; 248]. Вивчення динаміки органічного вуглецю є одним з основних напрямків в роботі глобальних ґрунтових інформаційних систем, наприклад Global Earth Observation System of Systems – GEOSS [154]. Дослідження на цю тему також зараз активно розвиваються в Україні [41; 154; 251].

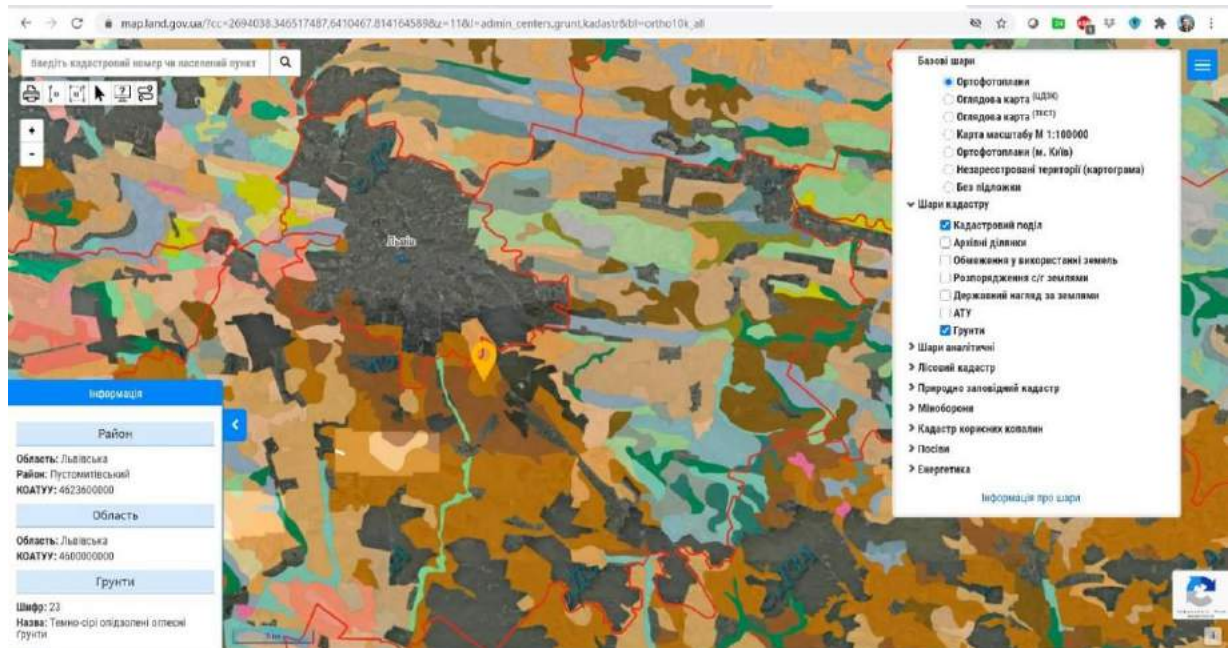


Рисунок 8.5. Зразок інформації отриманої з шару «Грунти» на Публічній кадастровій карті.

Отже, 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.

8.2. Цифрова ґрунтова карта України

Відсутність комплексних цифрових картографічних ґрунтових матеріалів на всю територію України стало поштовхом для реалізації нами процесу векторизації відповідних ґрунтово-картографічних матеріалів.

Векторизація ґрунтових картографічних матеріалів здійснювалась на основі використання паперових планшетів ґрунтових карт масштабу 1:200 000 на території всіх областей України. Після сканування цих планшетів на широкоформатному сканері була здійснена координатна прив'язка зображень.

Координатна прив'язка геопросторових даних в середовищі програмних продуктів ГІС є необхідною передусім для забезпечення можливості виконання просторових розрахунків та відображення об'єктів, процесів і явищ.

Згідно напрацьованої раніше методики створення просторових векторних і атрибутивних даних в ГІС було проведено трансформацію растрових ґрунтових карт та створено векторний полігональний шар [104]. Векторизація здійснювалась засобами ArcGIS Desktop та з використанням полігональних меж адміністративних областей України. Було створено тематичний проект куди вносились всі необхідні тематичні шари та здійснювалась векторизація картографічної інформації (рис. 8.6) [85; 86]. Під час векторизації здійснювалось редагування існуючої картографічної інформації окремих регіонів із використанням ґрунтових карт більших масштабів.

Також створено атрибутивну базу даних із основними відомостями про ґрунтові ареали та можливості під'єднання будь-якої іншої інформації про ґрунт за ключовим полем-ідентифікатором (уніфікованим номером ґрунтового типу).

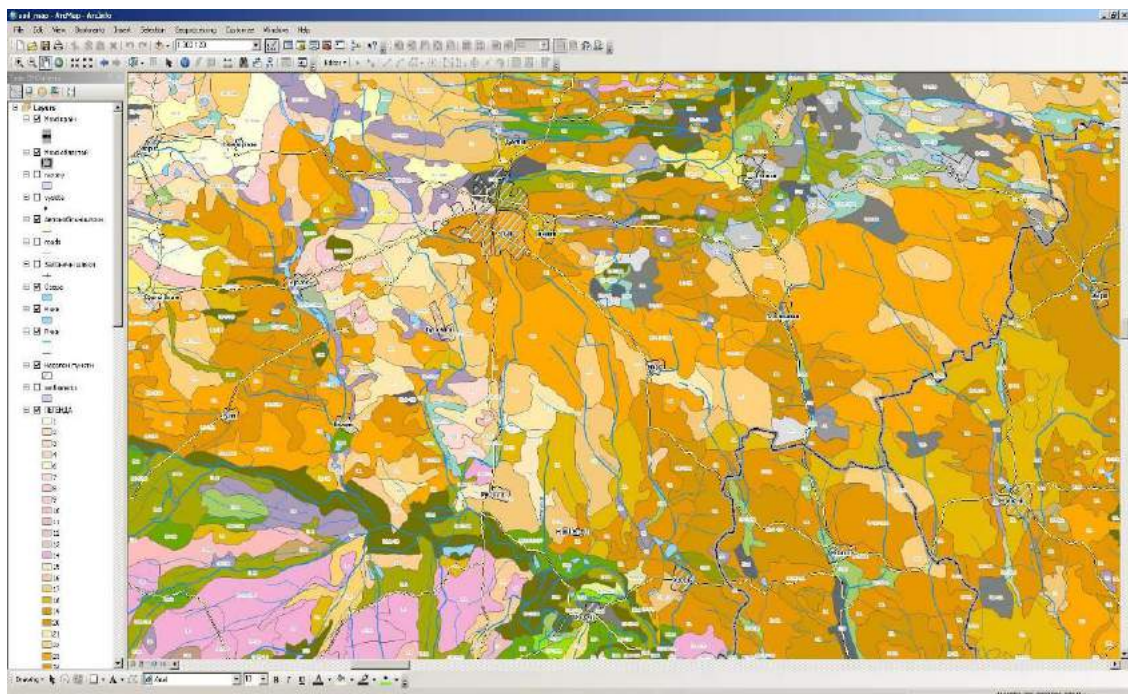


Рисунок 8.6. Вікно проекту векторизації ґрундово-картографічної інформації.

Таблиця містила наступні поля: ID, площа ґрунтового ареалу, периметр ґрунтового ареалу, номер ґрунтової комбінації, скорочений номер ґрунтової комбінації, назва ґрунту (табл. 8.1).

Таблиця 8.1.

Зразок атрибутивної бази даних векторного полігонального шару ґрунтів.

ID	Площа ґрунтового ареалу, га	Периметр ґрунтового ареалу, м	Номер ґрунтової комбінації	Скорочений номер ґрунтової комбінації	Назва ґрунту
1	43,4	289,5	133+131ald+138	133	Болотні ґрунти
2	13,6	67,7	6+133F	6	Дерново-приховано-підзолисті і слабопідзолисті глеюваті піщані ґрунти
3	65,7	776,6	10+16d	10	Дерново-середньо- і сильно-підзолисті глейові супіщані ґрунти
4	7,9	34,9	78+185ek	78	Чорноземи карбонатні на елювії карбонатних порід
...

Векторизовано і створено 29 345 записів. Після векторизації проведено редагування просторової та атрибутивної інформації та обчислення площ.

Також було підібрано згідно класифікації WRB (World Reference Base for Soil Resources) назву ґрунту та перекладено англійською основні характеристики ґрунту (табл. 8.2, рис. 8.7).

Таблиця 8.2.

Зразок атрибутивної бази даних векторного полігонального шару ґрунтів.

ID	Назва ґрунту згідно WRB	Грансклад	Зволоження	Ерозійні процеси	Інші процеси
1	Albeluvisols Gleyic	Clay sand	Gleyed		Podzolic
2	Podzoluvisols Umbric	Clay sand			Podzolic
3	Podzoluvisols Gleyic	Clay sand	Gleyed	Slightly eroded	Podzolic
4	Phaeozems Albic	Light loamy		Slightly eroded	Podzolic
...

картографо-інформаційної системи, земельних інформаційних систем, здійснення аналізу та просторового моделювання прикладних завдань в ґрунтознавстві та екологічних дослідженнях. Розробка спеціального змісту тематичних карт, зокрема ґрунтово-географічних, є головним етапом картографічних робіт, що спирається на методологію картографічного моделювання. Отримані результати суттєво підвищують ефективність прийняття конкретних господарських рішень та прикладних завдань, у першу чергу в галузі земельних відносин та збереження родючості ґрунтів.

8.3. Ґрунтово-географічне районування України

Використання створеної векторної ґрунтової карти України, а саме проведення просторового аналізу в комплексі із структурним дослідженням інших тематичних карт нами проведено ґрунтово-географічне районування України [37; 38; 46]. Найбільшої результативності у розробленні науково-методичних підходів ґрунтово-географічного районування було досягнуто шляхом використання розроблених нами просторово орієнтованих баз даних, які складаються із векторних ґрунтових карт і бази даних з інформацією про основні важливі кількісні та якісні характеристики ґрунтів [85; 207; 208].

Уявлення про неоднорідність виділених при районуванні територій має давню історію. Ще С. С. Неуструєв підкреслював, що для зон характерний не один зональний ґрунт, а відповідні зональні комбінації ґрунтів [36; 85]. Тому, на противагу зонально-провінційній будові для структури ґрунтового покриття характерне багаторазове, практично нескінченне повторення і симетричність просторового розташування складових її компонентів. Компоненти більшості форм структури ґрунтового покриття зв'язані генетично через геолого-геоморфологічні та біологічні чинники, в той час як компоненти зонально-провінційної будови зв'язані лише територіальним взаєморозташуванням, головним чинником формування якого є клімат. Звідси випливає, що основними складовими структурного підходу до районування є ґрунтові

комбінації і ґрунтові структури різного рівня складності, а зонально-провінційного, відповідно, компоненти і склад ґрунтового покриву. Останні є менш інформативними характеристиками ґрунтового покриву, ніж його структура, оскільки характеристика структур включає опис не тільки компонентів і складу ґрунтового покриву, але й взаємозв'язків і процесів еволюції компонентів, а також просторової мозаїки, створеної ґрунтовими ареалами [85; 86].

Вперше елементи структурного підходу до районування втілені у роботі І.П.Герасимова по ґрунтовому районуванню Європейської частини СРСР [10]. Запропонована ним схема показала можливість суміщення двох принципів ґрунтового районування: зонального (за типами ґрунтів) і геоморфологічного (за типами ґрунтових комплексів і комбінацій). Дана схема районування підкреслює залежність характеру зональних комбінацій від геоморфологічних умов їхнього розвитку. В подальших роботах І. П. Герасимов розвиває цю ідею, підкреслюючи існування двох рядів одиниць районування – ґрунтово-біокліматичного і ґрунтово-геоморфологічного.

В післявоєнний період розвитку ґрунтового районування ці два підходи до районування не розділяються. Вперше ґрунтово-географічне районування сучасної території України виконано в 1958 році при складанні карти ґрунтово-географічного районування СРСР [21]. В основі його є виділення ареалів ґрунтового покриву, тобто ґрунтових поєднань різного порядку. Робота з ґрунтово-географічного районування зводиться до класифікації поєднань і до виявлення границь цих класифікаційних категорій. Таксономічна система районування будується виходячи з аналізу структури, природи і генези ґрунтових поєднань з одночасним обліком географічних чинників, що визначають структуру ґрунтових поєднань.

Важливим результатом першого етапу (1957–1961 рр.) великомасштабних ґрунтових обстежень сільськогосподарських угідь України на площі 44,7 млн. га є створення великої кількості ґрунтових карт різного масштабу і рівня

генералізації, починаючи від окремих господарств, до адміністративних районів, великих областей і країни в цілому. На базі цих матеріалів складена детальна схема агроґрунтового районування Української РСР, яка давала уявлення не тільки про структуру ґрунтового покриву, а й про типи сільськогосподарських територій України [15]. В основу агроґрунтового районування України покладено загальносоюзну схему, таксономію і контури великих фізико-географічних регіонів ґрунтово-географічного районування [21]. Автори агроґрунтового районування України зазначають, що при його розробці враховано не тільки ґрунтову інформацію, але й інші матеріали з природної та агровиробничої характеристики України, що особливо прислужились при визначенні таксономічного змісту й ареалів крупних фізико-географічних і ґрунтових регіонів – поясів, зон, підзон, провінцій. Зокрема, головною причиною виділення західних провінцій Лісостепу і Полісся послужили кліматичні особливості території.

Новим етапом в розвитку районування є ґрунтово-географічне районування чорноземної території України [24]. В ньому збережено історичну тяглість у підходах до районування, а саме, конструктивне поєднання двох підходів до районування: зонально-провінційного (зони, фації та провінції) і структурного (округи). В основу ґрунтово-географічного районування покладені регіональні особливості умов ґрунтоутворення, а також властивості ґрунтів і структура ґрунтового покриву, а в основу розроблення таксономічних рангів – схема, прийнята при ґрунтово-географічному районуванні СРСР. Границі виділів різних таксономічних одиниць проведені відповідно з агроґрунтовим районуванням України, виконаним за матеріалами великомасштабних ґрунтових обстежень. Дана схема районування є найбільш наближеною до реалізації виключно структурного підходу до ґрунтово-географічного районування України. Проте, вона має цілий ряд конструктивних і змістових недоліків. Ця схема дуже узагальнена і є регіональною калькою аналогічного районування для території колишнього Радянського Союзу.

Ґрунтово-географічний поділ доведений тільки до рівня ґрунтових округів, в назві яких хоч і використано деякі якісно-геометричні характеристики структури ґрунтового покриву, проте, їхній зміст не розкриває об'єктивної ландшафтної структури регіону, а головне, структурних властивостей виділених регіональних ґрунтових структур.

На останньому етапі коректування матеріалів великомасштабних обстежень ґрунтів (1980–90-ті рр.) картографування ґрунтового покриву відбувалось на цілковито інших планово-картографічних матеріалах, методичних, інструментальних та лабораторних можливостях. У ході коректувальних робіт в межах ґрунтово-географічних провінцій Західного регіону України виявлені суттєві регіональні відмінності в ґрунтовому покриві, умовах його формування та історії розвитку природи цього регіону. Основними чинниками формування структурних відмінностей ґрунтового покриву регіону є рельєф і літологія ґрунтоутворних і підстилаючих порід. Власне вони, через перерозподіл біокліматичних і гідрологічних умов, спричинили формування характерної для Західного регіону України складної мозаїки ґрунтового покриву. В своїй основі він має риси перехідного типу і характеризується тісним поєднанням, інколи навіть взаємопроникненням, найрізноманітніших ґрунтових комбінацій і ґрунтових структур різного рівня складності від типово підзолисто-болотного до чорноземного ряду. Дані природні обставини не були до кінця враховані при попередньому ґрунтово-географічному і агроґрунтовому районуваннях, тому не вкладаються в звичайні ґрунтово-географічні схеми внутрішньо-провінційного районування, оскільки виходять на значно складніші ґрунтово-географічні утворення – структури ґрунтового покриву регіону.

Багаторічні генетичні та ґрунтово-географічні дослідження кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів Львівського національного університету імені Івана Франка в західних провінціях ґрунтово-географічних зон України показали, що існує невідкладна потреба в запровадженні нових принципів і підходів до районування, методів характеристики виділених територіальних

одиниць, корекції структури ґрунтового-географічного районування, зокрема номенклатури таксономічних одиниць, їхнього змісту, зміни конфігурації районізованих структур [84; 207; 208]. Наукових аргументів для такого твердження на нашу думку є достатньо. По-перше, з часу виходу у світ останньої схеми ґрунтового-географічного районування України пройшло більше 30-ти років. По-друге, хоча масштабні ґрунтово-коректувальні роботи не проводяться з 90-их років минулого століття, їх відсутність не впливатиме суттєво на достовірність майбутнього ґрунтового-географічного районування, оскільки загальні риси складу і структури ґрунтового покриву даного регіону вже відомі з попередніх ґрунтових обстежень. По-третє, за цей час проводились детальні регіональні дослідження не тільки окремих типів ґрунтів, але й цілих регіональних ґрунтово-територіальних структур, які дають значно вагоміші підстави для територіального районування, ніж звичайні обстеження ґрунтів. По-четверте, в останнє десятиліття появились удосконалені схеми фізико-географічного і геоморфологічного районування України, які багато в чому, зокрема, в питаннях об'єктивності відображення територіальної структури ландшафтів та їхньої еволюції, ієрархічності структури районування, номенклатури таксономічних одиниць, створюють об'єктивні передумови для застосування єдиного, а саме структурного, підходу до ґрунтового-географічного районування на всіх рівнях територіальної організації ґрунтового покриву.

В основі ґрунтового-географічного районування лежить ґрунтово-генетичний принцип виділення просторових структур, великомасштабні та детальні ґрунтові карти, карти структур ґрунтового покриву країни, а також аналіз спеціальних карт (геологічних, геоморфологічних, ландшафтних, кліматичних, геоботанічних, четвертинних відкладів). Оскільки ґрунтова неоднорідність, навіть при детальному картографуванні структури ґрунтового покриву, є притаманною рисою не тільки ґрунтового покриву певних регіонів, різних ґрунтових структур, ґрунтових комбінацій, а й окремих ґрунтів, то

структурний підхід до районування застосований до всіх таксономічних одиниць районування [37; 38; 46].

До ґрунтово-географічного районування, розробленого працівниками кафедри ґрунтознавства і географії ґрунтів (2016 р.), застосовано структурний підхід, який оцінює структурну відмінність різних регіональних одиниць ґрунтового покриву, просторові характеристики ґрунтового покриву. У схемі цього районування виділені такі таксономічні одиниці різного рангу: міжрегіональні – ґрунтово-географічна країна; зональні – ґрунтово-біокліматична зона, гірський ґрунтово-висотний пояс; азональні – ґрунтовий край, округ, район, масив [46].

Під час виділення одиниць, їхніх характеристик і ареалів поширення враховують генезу, історію розвитку, еволюцію ґрунтово-ландшафтної структури, аналізують взаємозв'язки і взаємодію основних чинників ґрунтоутворення і, що найважливіше, генетико-геометричні характеристики структур ґрунтового покриву та їхню типізацію [46].

Згідно методики створення просторових векторних даних в ГІС було проведено трансформацію растрових карт тематичних районувань (агроґрунтового, геоморфологічного, фізико-географічного) та створено векторні полігональні шари. Векторизація здійснювалась засобами ArcGIS Desktop та з використанням полігональних тем меж адміністративних областей України. Було створено тематичний проект куди вносились всі необхідні тематичні шари та здійснювалась векторизація картографічної інформації.

Під час векторизації здійснювалось редагування існуючої картографічної інформації окремих регіонів із використанням тематичних карт більших масштабів.

Також створено атрибутивну базу даних із основними відомостями про ґрунтово-географічні таксономічні одиниці, та можливість під'єднання будь-якої іншої інформації про ґрунт за ключовим полем-ідентифікатором (уніфікованим номером ґрунтового типу). Таблиця наступні містила поля – ID,

площа та периметр ґрунтово-географічної таксономічної одиниці, повний номер ґрунтово-географічної таксономічної одиниці, скорочений номер країни, зони, краю, округу (табл. 8.3).

Таблиця 8.3.

Фрагмент атрибутивної бази даних векторного полігонального шару
ґрунтово-географічних таксономічних одиниць.

ID	Площа ґрунтово- географічної таксономічної одиниці, га	Периметр ґрунтово- географічної таксономічної одиниці, м	Номер ґрунтово- географічної таксономічної одиниці	Країна	Зона	Край	Округ
1	4300,4	28900,5	A.II.3.a	A	II	3	A
2	200,5	24556,0	A.VI.1.б	A	VI	1	Б
3	650,7	7760,6	A.V.5.a	A	V	5	A
4	700,9	3400,9	B.II.1.г	B	II	1	Г
...

Було векторизовано і створено 129 ґрунтово-географічних таксономічних одиниць. Після векторизації проведено редагування просторової та атрибутивної інформації та обчислення площ.

Наступним етап було створення макети карт ґрунтово-географічного районування України (додаток Є). Подано детальний опис всіх виділених ґрунтово-географічних таксономічних одиниць.

Ґрунтово-географічна країна представлена мегаструктурами ґрунтового покриву, характеризується поєднанням специфічних типів морфоструктур і класів ландшафтів: рівнинна – широтна зональність ландшафтів з покривним характером ґрунтово-територіальної структури (поєднання, варіації, комплекси і плямистості), гірська – висотна поясність ландшафтів з мозаїчним характером ґрунтової структури (мозаїки, ташети, змішані елементи структур – поєднання-мозаїки).

Ґрунтово-біокліматична зона (гірський пояс) – ареал поширення зонального типу ґрунтових макроструктур із специфічним просторовим

поєднанням зонального ґрунтового типу, або типів і супутніх їм інтразональних ґрунтів.

Ґрунтовий край – характеризується закономірним поєднанням декількох генетичних типів рельєфу та є сукупністю відповідних форм структур ґрунтового покриву, у складі яких домінують ті чи інші класи ґрунтових комбінацій (комплекси, плямистості, поєднання, варіації, мозаїки і ташети), тобто типологічним критерієм його виділення є якісно-просторова характеристика структури ґрунтового покриву.

Ґрунтовий округ (гірська ґрунтова область) характеризується певним генетичним типом рельєфу, який зумовлює відповідне поєднання ґрунтоутворних порід і ґрунтів і, як наслідок, характерну генетико-геометричну будову ґрунтових комбінацій і ґрунтових структур. Формування округу залежить від комплексу місцевих чинників утворення просторової неоднорідності ґрунтового покриву, передусім літолого-геоморфологічних і гідрологічних.

Обов'язковим критерієм для усіх таксономічних рангів ґрунтово-географічного районування є тип мезоструктур ґрунтового покриву (просторово-геометричні характеристики елементарних ґрунтових ареалів та їхніх просторово-територіальних структур, а також домінування певного класу ґрунтових комбінацій) [46].

Для Львівської області створені окремі векторні і атрибутивні дані ґрунтово-географічного районування, виділено дві ґрунтово-географічні країни (Східноєвропейська рівнина та Карпати), три ґрунтово-біокліматичні зони (моренно-зандрова (попільнякова) зона мішаних лісів, широколистяно-лісова, лісостепова (лесова)) і гірсько-буроземний пояс, шість ґрунтових країв (Малополіський, Волинський, Розтоцько-Опільський, Західно-Подільський, Передкарпатський височинний, Карпатський гірський), а також 13 ґрунтових округів і 4 області (рис. 8.8).

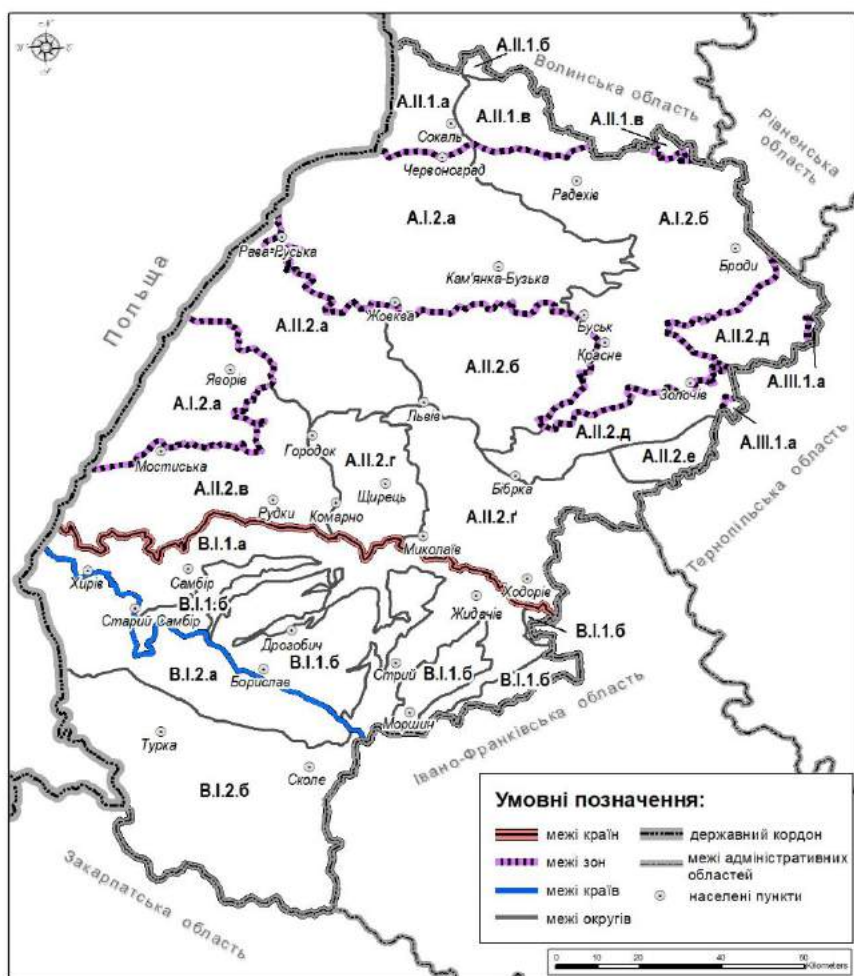
Ґрунтово-географічна країна Східноєвропейська рівнина (А) в межах Львівської адміністративної області поєднує три ґрунтово-біокліматичні зони: моренно-зандрову (попільнякову) зону мішаних лісів, широколистяно-лісову та лісостепову (лесову). У межах ґрунтово-географічної країни Карпати (В) виділено гірсько-буроземний ґрунтово-географічний пояс (В.І.). У цьому поясі виокремлено два краї: Передкарпатський височинний і Карпатський гірський.

Представлена схема районування Львівської області розроблена до рівня округів. Ґрунтово-географічна деталізація округів на рівні районів вимагає детальних польових досліджень із застосуванням статистико-картографічних методів аналізу структури ґрунтового покриву. В даний час це неможливо здійснити, тому в якості ґрунтово-географічних районів, як складових ґрунтових округів, запропоновано використовувати (частково змінивши) дані агроґрунтового районування.

Представлена схема ґрунтово-географічного районування є авторським варіантом і потребує вдосконалення і уточнень шляхом проведення масштабних польових досліджень структур ґрунтового покриву [46].

Отже, розроблено та впроваджено методика виділення таксономічних одиниць ґрунтово-географічного районування України. Створено середньомасштабну векторну карту районування для всієї території України з використанням ГІС-технологій. Сформовано інформаційну базу даних автоматизованої ґрунтової картографо-інформаційної системи.

Ґрунтово-географічне районування розглядає будову ґрунтового покриву на вищому організаційному рівні, характеризуючи не просторово-типологічну, а структурну відмінність різних регіональних одиниць ґрунтового покриву. Це районування можна легко адаптувати для міжгосподарської та внутрішньогосподарської організації сільськогосподарської території, а також планування сівозмін, формування відносно однорідних у просторовому і генетичному значенні земельних масивів.



Ґрунтово-географічна країна	Ґрунтово-біокліматична зона (гірський пояс)	Ґрунтовий край	Ґрунтовий округ (гірська область)
А. Східноєвропейська рівнина	А.І. Моренно-зандрова (попільнякова) зона мішаних лісів	А.І.2. Малополіський	А.І.2.а Присянсько-Верхньобузький
			А.І.2.б Радехівсько-Краснянський
	А.ІІ. Широколистяно-лісова зона	А.ІІ.1. Волинський	А.ІІ.1.а Забузький
			А.ІІ.1.б Нововолинсько-Іваничівський
		А.ІІ.2. Розтоцько-Опільський	А.ІІ.1.в Горохівсько-Дубнівський
			А.ІІ.2.а Горбисте Розточчя
			А.ІІ.2.б Пасомве Побужжя
			А.ІІ.2.в Рудківсько-Комарнівський
			А.ІІ.2.г Львівсько-Щирецький
			А.ІІ.2.г Ходорівсько-Рогатинський
А.ІІ.2.д Голоро-Кременецький			
А.ІІ.2.е Бережансько-Монастирський			
А.ІІІ. Лісостепова (лесова) зона	А.ІІІ.1. Західно-Подільський	А.ІІІ.1.а Зборівсько-Заліщицький	
В. Карпати	В.І. Гірсько-буроземний пояс	В.І.1. Передкарпатський височинний	В.І.1.а Подністровська терасова височинна область
			В.І.1.б Дрогобицько-Моршинська передгірна височинна область
		В.І.2. Карпатський гірський	В.І.2.а Старосамбірська гірська область
			В.І.2.б Турківсько-Сколівська гірська область

Рисунок 8.8. Схема ґрунтово-географічного районування Львівської області [46].

Практичне застосування такого підходу в тому, що він є фундаментальною основою для обґрунтування регіональних схем і проектів раціонального природокористування, екологізації проектів міжгосподарського і внутрішньогосподарського землевпорядкування, формування природно-заповідного фонду регіону, для перспективного регіонального планування, моніторингу і прогнозування розвитку ґрунтово-територіальних структур на основі використання ґрунтово-просторових характеристик.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 8

1. 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.
2. 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 у версії 3.1 ISRIC-WISE (WISE). Розроблені інструменти разом із розміщеними онлайн ґрунтовими даними можуть бути використані в наукових і практичних цілях, для визначення типів ґрунтів, оцінки їх фізичних і фізико-хімічних властивостей, ризиків розвитку деградаційних процесів, для прийняття управлінських рішень на різних рівнях, загального планування структури посівів і різних агротехнологій тощо.
3. 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 базові дані про номер ґрунту і назву. Використовують цей шар для отримання попередньої інформації про просторові особливості ґрунтового покриву.

4. Створена середньомасштабна векторна ґрунтова карта для всієї території України з використанням ГІС-технологій. Розроблено методику векторизації ґрунтових одиниць та сформовано інформаційну базу даних ґрунтової картографо-інформаційної системи. Карта була векторизована з аналогових даних масштабу 1:200 000 на територію всіх областей України, а також створена атрибутивна база даних. Векторизовано і створено 29 345 записів. Створено програмний ГІС-продукт, який забезпечує доступ до деталізованої та структурованої інформації про ґрунтові ресурси всієї території України, що не має аналогів в країні та відповідає вимогам, які ставляться перед аналогічними інформаційними ресурсами у високорозвинутих країнах світу, зокрема Німеччини, США, Австрії та Швеції.
5. На базі створеної векторної ґрунтової карти України і з використанням підходів просторового аналізу в комплексі із структурним дослідженням інших тематичних карт проведено ґрунтово-географічне районування України. Науково-методичний підхід ґрунтово-географічного районування передбачає використання розроблених нами просторово орієнтованих баз даних, які складаються із векторних ґрунтових карт і бази даних з інформацією про основні важливі кількісні та якісні характеристики ґрунтів. Результати проведеної роботи можуть бути використані суміжними галузями наук, зокрема: сільськогосподарських, в першу чергу землевпорядкування та землеустрій; економічних – при розробці вартісної оцінки земель; екологічних – при оцінці екологічного стану 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 напрямку, 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 і 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, австралійська ASRIS, 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.

- 3) визначено, що у зв'язку з розвитком нового напрямку організації та аналізу ґрунтових даних на основі автоматизованих інформаційних систем, 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.
- 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 напрямку 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 – всі аспекти функціонування інформації, а саме: (1) процеси виникнення, передачі, зберігання, обробки, поширення інформації про ґрунт, його властивості і ґрунтові процеси; (2) способи управління

інформаційними процесами; (3) 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 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 агросфері. Загальновідомо, що детальна й точна інформація про стан ґрунтів і ґрунтового покриву – основа державної земельної політики.
- 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, дати наукову оцінку ґрунтовим ресурсам, впровадити 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.
- 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 складається з комплексу реляційних баз даних та 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: (1) геоінформаційні системи, що дають можливість працювати з просторовими даними; (2) реляційні бази даних, що забезпечують функціональність роботи з великою кількістю морфологічних, фізичних і фізико-хімічних показників властивостей ґрунтів; (3) 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. Також 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) застосування концепції мінімальної інформаційної ґрунтової одиниці дозволило розробити ґрунтову інформаційну систему Львівської області (ГрІС-ЛО), яка забезпечує можливість внесення, зберігання і опрацювання великої кількості фактичних ґрунтових даних. ГрІС-ЛО 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. 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. Розроблено 36 таблиць довідників-класифікаторів для внесення і опису класифікаторів ґрунтових властивостей ГрІС-ЛО. Структура блоку атрибутивної інформації включає 41 показників 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, яка містить назву ґрунту згідно української та WRB класифікації, площу ґрунтового контура (в гектарах), гранулометричний склад, ґрунтоутворюючі та підстилаючі породи, номер агрогрупи і бал бонітету. З метою апробації форм внесення інформацій для опису ґрунтового профіля і генетичних горизонтів вибрано окрему сільську раду і створено 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 для певної глибини в межах визначеної території. Крім того, використовуючи загальноприйнятну методика, спеціально розроблений інструмент ґрунтової інформаційної системи Львівської області 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 створеної бази даних. Принципи створення єдиної ґрунтової бази даних базуються на відкритості, доступності, можливості поповнення інформацією (постійного розширення) з використанням різних її джерел і залученням широкого кола спеціалістів. Це дає можливість подальшого цільового використання сформованих даних про ґрунтовий покрив території, а також властивості ґрунтів, у різних галузях господарства регіону і країни в цілому. Вирішне 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 ГрІС-ЛЮ підтверджується отриманими листами-довідками про впровадження результатів наукових досліджень в практичну діяльність 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 останнього ієрархічного рівня опису генетичних горизонтів ґрунту дуже часто перевершує рівень інформаційних систем багатьох сусідніх країн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бабак В.П. Теоретичні основи захисту інформації: підруч. / В.П. Бабак. – К.: Книжкове вид-во НАУ, 2008. – 752 с.
2. База даних аналітично-інформаційної системи управління ґрунтовими режимами за краплинного зрошення / С. В. Рябков, Л. Г. Усата, О. М. Новачок, І. О. Новачок // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. - 2016. - Вип. 3. - С. 34 - 45.
3. Береза А. М. Основи створення інформаційних систем: навч. посібник/ А.М. Береза. – 2-е видання, перероблене і доповнене – К.: КНЕУ, 2001. – 214 с.
4. Берлянт А. М. Картографический метод исследования. – М. : Изд-во МГУ, 1978. – 256 с.
5. Берлянт А. М. Геоинформационное картографирование. – М. : Изд-во МГУ, 1997. – 64 с.
6. Бертен Ж. Визуальное восприятие и картографическая транскрипция // Картография. Зарубежные концепции и направления исследований. – М., 1983. – Вып. 1 – С. 76–94.
7. Бугаевский, Л. М., & Цветков, В. Я. (2000). Геоинформационные системы. М.: Златоуст, 224 с.
8. Васенев И.И., Мешалкина Ю.Л., Грачев Д.А. Геоинформационные системы в почвоведении и экологии. - М.: Изд-во РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, 2010.-214 с.
9. Веремєєнко С.І., Фурман В.М. Картографія ґрунтів: Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. – 228 с.
10. Герасимов И. П. Разделение Европейской части СССР на области и районы / И. П. Герасимов. – Генетические типы почв и почвенные области Европейской части СССР. – “Почвы СССР”, т. 1. М–Л : Изд-во АН СССР, 1939. – С. 225–259.

11. Герасимов И. П., Иванова Е. Н. История и современное состояние почвоведения: Памяти проф. С. С. Неуструева: [К 20-летию со дня его смерти] // Почвоведение. 1948. № 12. С. 742—746.
12. Гильманов Т.Г. Интерпретация формул Докучаева и Йенни в терминах системного анализа // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. Почвоведение, 1977. № 3. - С. 32-39.
13. Глинка К. Д. Схематическая почвенная карта земного шара. Масштаб 1:50 000 000 // Ежегодник по геологии и минералогии России. 1908. Т. 10 : вкл. л.
14. Грекул, В. И., Денищенко, Г. Н., & Коровкина, Н. Л. (2005). Проектирование информационных систем. М.: Интернет-университет информационных технологий, 296.
15. Гринь Г.С. Принципи агроґрунтового районування Української РСР / Г. С. Гринь, М. К. Крупський // Агрохімія і ґрунтознавство, Випуск 12, Агроґрунтове районування України. – К. : Урожай, 1969. – С. 3–26.
16. Ґрунти Львівської області : колективна монографія / за ред. С. П. Позняка. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2020. – 424 с.
17. Грицунов О. В. Інформаційні системи та технології: навч. посіб. [для студентів за напрямом підготовки «Транспортні технології»] / О. В. Грицунов; Харк. нац. акад. міськ. госгі-ва. –Х. : ХНАМГ, 2010. – 222 с.
18. Годельман Я. М. Неоднородность почвенного покрова и использование земель. – М.: Наука, 1981. – 200 с.
19. Елбакідзе М., Завадович О., Ямелинець Т. Методичні аспекти інвентаризації зелених зон урбанізованих територій (на прикладі регіонального ландшафтного парку «Знесіння») // Наук. вісн. Львівського ун-ту: Зб. наук. праць. Серія: Географія. Вип. 32, Ч.1 – Львів, 2005. – с. 42-58.

20. Иванов И. В. История отечественного почвоведения: Развитие идей, дифференциация, институционализация: В 2. кн. М.; СПб.: Наука, 2003: Кн. 1: 1870—1947. 397 с.
21. Иванова Е. Н. Почвенно-географическое районирование СССР / Е. Н. Иванова, П. А. Летунов, Н. Н. Розов, В. Ф. Фридланд, С. А. Шувалов // Почвоведение, 1958, № 10.
22. Інформаційні системи і технології: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Г. Карпенко, В. В. Попов, Ю. А. Тарнавський, Г. А. Шпортюк. – К.: МАУП, 2004. – 192 с.
23. Кириченко, М. О. Формування інформаціології як ідеології інформаційного суспільства в умовах глобальної інформатизації третього тисячоліття. Гілея: науковий вісник 123 (2017): 181-184.
24. Кисель В. Д. Почвенный покров и районирование черноземной территории Украины / В. Д. Кисель // Черноземы СССР (Украина). – М., Колос, 1981. – С. 26–37.
25. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1991. 206 с.
26. Корсак К. В., Плахотнік О. В. Основи сучасної екології: Навч. посіб. — 4-те вид., перероб. і допов. — К.: МАУП, 2004. — 340 с.
27. Кренке А.Н. Коррекция почвенных карт на основе данных дистанционного зондирования и цифровой модели рельефа. В сб.: Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. М., 2012. С. 284-302.
28. Крупеников И. А. История почвоведения: (от времени его зарождения до наших дней). М.: Наука, 1981. 329 с.
29. Курілов, В. І. (2014). ГІС і просторові бази даних у ґрунтовому картографуванні. Людина та довкілля. Проблеми неоекології, (3-4), 63-67.
30. Кучерявий В. П. Екологія . — Львів: Світ, 2001—500 с.

31. Лактионова Т.Н., Медведев В.В., Савченко К.В. [и др.]. База данных «Свойства почв Украины» (структура и порядок использования). Изд. 2-ое дополненное. Харьков: Цифрова друкарня №1, 2012. 150 с.
32. Лактіонова Т. М. Досвід створення і використання семи баз даних в лабораторії Геоєкофізики ґрунтів / Т. М. Лактіонова // Агрохімія і ґрунтознавство. - 2018. - Вип. 87. - С. 63-71.
33. Лурье И. К. Геоинформационное картографирование. – М. : Изд-во КДУ, 2008. – 424 с.
34. Лященко, А. А., Черін А. Г. Архітектура сучасних ГІС на основі баз геопросторових даних. / Вісник геодезії та картографії № 5. – 2011. стр. 45-50.
35. Медведев В. В., Лактіонова Т.М., Бреус Н.М. Районування території України за методикою SOTER. Агрохімія і ґрунтознавство. Міжвідомчий тематичний збірник. 2000. № 60. Харків, ННЦ ІГА. С. 10-18.
36. Неуструев С. С. О почвенных комбинациях равнинных и горных стран / С. С. Неуструев // Почвоведение, 1915, № 1. – С. 35–46.
37. Папіш І. Я, Позняк С. П., Іванюк Г. С., Ямелинець Т. С. Ґрунтово-географічне районування Українського Полісся // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. – Тернопіль: СМП «Тайп», 2016. – №2 (випуск 41). – С. 31 – 42.
38. Папіш І. Я, Позняк С. П., Іванюк Г. С., Ямелинець Т. С. Ґрунтово-географічне районування широколистяно-лісової ґрунтово-біокліматичної зони України // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. – Тернопіль: СМП «Тайп», 2019. – №1 (випуск 46). – С. 28–36.
39. Перельман А.И. Геохимия. М.: Высш.школа, 1989. 528 с.

40. Петрова, А. Н., Еськова, А. В., Лошманов, А. Ю. Проблема выбора методологии разработки информационной системы вуза. Современные проблемы науки и образования, 2013, 2: 534-534.
41. Пліско, І. В., Бігун, О. М., Лебедь, В. В., Накісько, С. Г., & Залавський, Ю. В. (1999). Створення національної карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах України. European Space Agency (ESA), 143, 107-122.
42. Позняк С.П. Ґрунтознавство і географія ґрунтів: підручник. У двох частинах. Ч. 1 / С.П. Позняк. – Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 270 с.
43. Позняк С.П., Красеха Є.Н. Ґрунтово-географічні дослідження (понятійно-термінологічний словник). – Львів-Одеса: «Простір М», 1999. – 96 с.
44. Позняк С.П., Красеха Є.Н., Кіт М.Г. Картографування ґрунтового покриву: Навчальний посібник. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2003. – 500 с.
45. Позняк С. П., Паньків З. П., Ямелинець Т. С., Гавриш Н. С. Інвестиційна привабливість ґрунтів Карпатського регіону України. <https://doi.org/10.15407/ugz2020.01.026> Український географічний журнал. №1 (109). 2020. – с. 26-34
46. Позняк С. П., Папіш І. Я, Іванюк Г. С., Ямелинець Т. С. Ґрунтово-географічне районування Львівської обл.: структура та принципи // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 2017. – Вип. 52. – С. 251–256.
47. Полевой определитель почв / Под ред. Н. И. Полупана и др. – К.: Урожай, 1981. – 320 с.
48. Полупан М. І., Соловей В. Б., Величко В. А. Класифікація ґрунтів України / УААН; Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського» / Микола Іванович Полупан (ред.). — К. : Аграрна наука, 2005. — 300с.

49. Практикум з картографії ґрунтів : навч. посіб. / І. Я. Папіш, Т. С. Ямелинець ; Львів. нац. ун-т ім. І. Франка. - Л. : Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2009.
50. Про державний земельний кадастр : Закон України від 7 лип. 2011 р. № 3613- VI // Відомості Верховної Ради України. – 2012. – № 8. – Ст. 61.
51. Про державний контроль за використанням та охороною земель : Закон України від 19 черв. 2003 р. № 963-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 39. – Ст. 350.
52. Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земель сільськогосподарського призначення : Постанова Кабінету міністрів України від 16 листопада 2016 р. № 831. – ст.25
53. Про захист інформації в автоматизованих системах : Закон України від 05.07.1994 р. № 81-94 // Відомості Верховної Ради України. – 1994. – № 31. – Ст. 287.
54. Про землеустрій : Закон України від 22 квітня 2003 р. № 858-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 36. – Ст. 282.
55. Про інформацію : Закон України від 02.10.1992 р. № 2658-12 // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 48. – Ст. 650.
56. Про концепцію національної програми інформатизації : Закон України від 04.02.1998 р. № 75-98-ВР // Відомості Верховної Ради України. – 1998. – № 27-28. – Ст. 182.
57. Про науково-технічну інформацію : Закон України від 26.06.1993 р. № 3323-ХІІ // Відомості Верховної Ради України. – 1993. – № 33. – Ст. 345.
58. Про національну інфраструктуру геопросторових даних : Закон України від 13.04.2020 р. № 554-ІХ // Відомості Верховної Ради України. – 2020. – № 38. – Ст. 229.
59. Про охорону земель : Закон України від 19 черв. 2003 р. № 962-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 39. – Ст. 349.

60. Про оцінку земель : Закон України від 11 груд. 2003 р. № 1378-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 15. – Ст. 229.
61. Про природно-заповідний фонд України : Закон України від 16 черв. 1992 р. № 2457-XII // Відомості Верховної Ради України. – 1992. – № 34. – Ст. 502.
62. Пузаченко М.Ю. Многомерный анализ почвенного покрова на основе полевой и дистанционной информации. В сб.: Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. М., 2012. - С. 252-269.
63. Рыжова И.М. Математическое моделирование почвенных процессов – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. – 89 с.
64. Рожков В.А., Рожкова С.В. Почвенная информатика. Издательство: МГУ, 1993. – 192 с.
65. Розанов Б. Г. Почвенный покров Земного шара / Б. Г. Розанов. – М. : МГУ, 1977. – 247 с.
66. Романів П. В., Позняк С.П. Географо-генетичні особливості фізичного стану ґрунтів Передкарпаття: монографія. – Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка, 2010. – 200с. – (Серія “Ґрунти України”).
67. Савельев А.А., Мухарамова С.С., Пилюгин А.Г., Чижикова Н.А. Геостатистический анализ данных в экологии и природопользовании (с применением пакета R): Учебное пособие. – Казань: Казанский университет, 2012. - 120 с.
68. Савин И.Ю. Компьютерная имитация картографирования почв. В сб.: Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования. М., 2012. С. 26-35.
69. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоинформационный анализ данных дистанционного зондирования. – М.: Картгеоцентр - Геодезиздат, 2001. - 228 с.

70. Світличний О. О., Плотницький С.В. Основи геоінформатики: навчальний посібник. – Суми : Університетська книга, 2006. – 295 с.
71. Светличный А.А., Андерсон В.Н., Плотницький С.В. Географические информационные системы: технология и приложения. - Одесса: Астропринт, 1997. - 196 с.
72. Сибирцев Н.М. Избранные сочинения / под ред. и с предисл. С.С. Соболева – М. : Сельхозгиз. – Т. 1 : Почвоведение. – 1951. – 472 с.
73. Симакова М.С., Савин И.Ю. Использование материалов аэро- и космической съемки в картографировании почв: пути развития, состояние, задачи // Почвоведение. 1998. С. 1339-1347.
74. Ситник В.Ф. Основи інформаційних систем: навч. посіб. / В.Ф. Ситник, Т. А. Писаревська, Н.В. Єрьоміна, О.С. Краєва; за ред. В.Ф. Ситника. – 2-ге вид., переробл. і доповн. – К.: КНЕУ, 2001. – 420 с.
75. Смагин А.В. Методологические подходы к построению математических моделей структурно-функциональной организации почв // Доклады по экологическому почвоведению, 2007, выпуск 6, № 2, с. 58.
76. Соколов И.А., Таргульян В.О. Взаимодействие почвы и среды: рефлекторность и сенсорность почв // Системные исследования природы. - М.: Мысль, 1977, с.153-170.
77. Сорокина Н.П., Козлов Д.Н. Опыт цифрового картографирования структуры почвенного покрова // Почвоведение, 2009, № 2, - С. 198-210
78. Сохнич, А., & Сохнич, С. (2013). Застосування ГІС в управлінні земельними ресурсами. Вісник Львівського національного аграрного університету. Сер: Економіка АПК, (20 (2)), 10-13.
79. Стасьев Г.Я. Почва как отражение стадий развития материи и информационная система. - Кишинёв, 1997. - 286 с.
- 80а. Степанов И.Н. Пространство и время в науке о почвах. - М.: Наука, 2003.-184 с.

- 80б. Столбовой В.С., Монтанарелла Д., Медведев В., Смян Н., Шишов Д., Унгурян В., Добровольский Г., Жамань М., Кинг Д., Рожков В., Савин И. Интеграция России, Белоруссии, Молдовы и Украины в почвенно-географическую базу данных Европейского Союза // Почвоведение, 2001. № 7. - С. 773-790.
80. Таргульян В.О., Соколов И.А. Структурный и функциональный подход к почве: почва память и почва момент // Математическое моделирование в экологии. - М.: Наука, 1978, с.17-33.
81. Топчієв О. Г., Мальчикова Д. С. Географічні засади розроблення і ведення кадастру сільськогосподарських земель // Укр. геогр. журн. - 2002. - № 3.
82. Топчієв О. Г., Шашеро А. М. Застосування методів аналізу великомасштабних планів землекористувань при формуванні регіональних екомереж // Український географічний журнал. – 2012. – № 3. – С. 51 – 57.
83. Федотіков М.О., Ямелинець Т.С. Історичний аспект та проблеми вивчення структури ґрунтового покриву. // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2016. - № 2 (вип. 40). – С. 30–36.
84. Федотіков М.О., Ямелинець Т.С. The elementary soil areas of the Mykolaiv-Horodok Opillia // Вісник Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 2016. – Вип. 50. – С. 386–394.
85. Федотіков М.О., Ямелинець Т.С. Характеристика елементарних ґрунтових ареалів Ходорівсько-Бучацького Опілля // Вісник Київського національного університету. Серія: Фізична географія та геоморфологія. – Київ: КНУ, 2017. – Вип. 3 (87). – С. 127–134.
86. Федотіков М.О., Ямелинець Т.С. The soil cover structure and elementary soil areas of the Opillia // Вісник Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. – Львів: Вид-во Львів. ун-ту, 2017. – Вип. 51. – С. 390–398.

87. Фридланд В.М. Структура почвенного покрова. – М.: Мысль, 1972. – 424 с.
88. Цветков В.Я. Модели в информационных технологиях. - М.: Макс Пресс. 2006. – 104 с.
89. Цветков В. Я. Модели и моделирование. – М. : Госинформобр, 2006. – 92 с.
90. Чандра, А. М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы / А. М. Чандра, С. К. Гош ; пер. с англ. А. В. Кирюшина. - М. : Техносфера, 2008. - 308 с.
91. Шнюков С.Є., Гожик А.П. Основи геохімії: навчальний посібник – К.:Вища шк., 2011. 245 с
92. Юзвизин И. И. Основы информациологии : учеб. пособие для вузов. – Москва : Высшая школа, 2001. – 596 с.
93. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу України та критерії її оцінки. // Наук. вісн. Волинського державного ун-ту імені Лесі Українки: Зб. наук. праць. Серія: Географія. №2 – Луцьк, 2006. – С. 165-171.
94. Ямелинець Т. С. Історичні етапи формалізації ґрунтових даних і трансформація ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт. // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2020. - № 1 (вип. 48). – С. 32–42.
95. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів та взаємозв'язок з іншими типами деградації в межах Західного регіону України // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. Вип. 44. – Львів. – 2003. – С. 388-397.
96. Ямелинець Т. С. Аналіз сучасних ґрунтових інформаційних систем і баз даних ґрунтів країн світу. / Ямелинець Т. С. // Вісник Одеського національного університету. Серія : Географічні та геологічні науки. – 2020. – Т. 22, Вип. 1. – С. 126-137.

97. Ямелинець Т. С. Інформаційна модель ґрунту як базова одиниця інформаційного ґрунтознавства / Ямелинець Т. С. // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2020. - № 2 (вип. 49). – С. 37–45.
98. Ямелинець Т. С. Теоретичні основи наукового напрямку інформаційного ґрунтознавства / Ямелинець Т. С. // Проблеми геоморфології і палеогеографії Українських Карпат і прилеглих територій. – 2020. – С. 78-89.
99. Ямелинець Т. С., Телегуз О. Г. Застосування ГІС при дослідженні впливу геоморфологічного чинника на потенційну ерозійну небезпеку сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України. // Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту імені Володимира Гнатюка. Серія: Географія. – 2012. - № 2 (вип. 32). – С. 33–40.
100. Ackerson, K.T., D.L., Gallup, J.D., Rourke, A.J., Vessel. 1968. Soils of the world: Probable occurrence of orders and suborders (map scale ca. 1: 88,000,000). U.S. Dep. Agric., Soil Conserv. Serv. In: Buckman, H.O., Brady, N.C. The nature and properties of soils. 7th ed. 653 pp. Macmillan Co., NY.
101. Africa Soil Information Service [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <http://www.africasoils.net> (дата звернення 20.02.2020).
102. Ajmar, A., Voccardo, P., Disabato, F., & Tonolo, F. G. (2015). Rapid Mapping: geomatics role and research opportunities. *Rendiconti Lincei*, 26(1), 63-73.
103. Angelstam, P., Khaulyak, O., Yamelynets, T., Mozgeris, G., Naumov, V., Chmielewski, T. J., ... & Valasiuk, S. (2017). Green infrastructure development at European Union's eastern border: Effects of road infrastructure and forest habitat loss. *Journal of Environmental Management*, 193, 300-311.
104. Angelstam, P., Manton, M., Elbakidze, M., Yamelynets, T. et al. LTSER platforms as a place-based transdisciplinary research infrastructure: learning

- landscape approach through evaluation. Springer: Landscape Ecology (2018). pp 1–24 <https://doi.org/10.1007/s10980-018-0737-6>
105. Angelstam P., Manton M., Yamelynets T., Sørensen O.J., Kondrateva (Stepanova) S.V. Landscape Approach towards Integrated Conservation and Use of Primeval Forests: The Transboundary Kovda River Catchment in Russia and Finland. *Land* 2020, 9, 144. <https://doi.org/10.3390/land9050144>
106. Angelstam, P., Yamelynets, T, Elbakidze, M., Prots, B., Manton, M. 2017. Gap analysis as a basis for strategic spatial planning of green infrastructure: a case study in the Ukrainian Carpathians. *Écoscience* 24 (1-2): 41-58.
107. Antenucci, J. C., Brown, K., Croswell, P. L., Kevany, M. J., & Archer, H. (1991). *Geographic Information Systems: a guide to the technology*.
108. Arctur, D., & Zeiler, M. (2004). *Designing Geodatabases: case studies in GIS data modeling*. ESRI, Inc..
109. Asio, V.D., 2005. Comments on “Historical Development of Soil and Weathering Profile Concepts from Europe to the United States of America”. *Soil Science Society of America Journal* 69, 571–572.
110. Badraoui M., Stitou M. Status of soil survey and soil information system in Morocco. - Bari: CIHEAM-IAMB, 2001. - Pp. 193-201.
111. Batjes N.H. Mapping soil carbon stocks of Central Africa using SOTER // *Geoderma*, 2008. 146. - Pp. 58-65.
112. Batjes N.H., Al-Adamat R., Bhattacharyya T., Bernoux M. at al. Preparation of consistent soil data sets for SOC modelling purposes: secondary SOTER data sets for four case study areas // *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2007. 122. - Pp. 26-34.
113. Batjes N.H. A qualitative assessment of water erosion risk using the 1:5 M SOTER database for Northern Argentina, South-east Brazil and Uruguay // *Working Paper and Preprint 96/0*. - Wageningen: ISRIC, 1996. - 18 p.
114. Batjes N.H. ISRIC-WISE Harmonized Global Soil Profile Dataset (Ver. 3.1). Report 2008/02. - Wageningen: ISRIC - World Soil Information, 2008. - 59 p.

115. Bhattacharyya T., Pal D.K., Easter M., Batjes N.H. Modelled soil organic carbon stocks and changes in the Indo-Gangetic Plains, India, between 2000 and 2030 // *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2007. 122. - Pp. 84-94.
116. Bockheim J.G., Gennadiyev A.N., Hammer R.D., Tandarich J.P. 2005. Historical development of key concepts in pedology. *Geoderma* 124: 23-36.
117. Bolstad, P. (2016). *GIS fundamentals: A first text on geographic information systems*. Eider (PressMinnesota).
118. Bonham-Carter, G. F. (2014). *Geographic information systems for geoscientists: modelling with GIS (Vol. 13)*. Elsevier.
119. Boone, J. E., Gordon-Larsen, P., Stewart, J. D., & Popkin, B. M. (2008). Validation of a GIS facilities database: quantification and implications of error. *Annals of epidemiology*, 18(5), 371-377.
120. Brevik, E.C., Hartemink, A.E., 2010. Early soil knowledge and the birth and development of soil science. *Catena* 83, 23–33.
121. Broxton, P.D., Zeng, X., Sulla-Menashe, D., Troch, P.A., 2014a: A Global Land Cover Climatology Using MODIS Data. *J. Appl. Meteor. Climatol.*, 53, 1593-1605. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JAMC-D-13-0270.1>
122. Brus D.J., Vasat R., Heuvelink G.B.M., Knotters M., de Walvoort D.J.J. Towards a Soil Information System with quantified accuracy: a prototype for mapping continuous soil properties. - Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, 2010. 197. - 151 p.
123. Burrough, P. A. (1986). *Principles of geographical. Information systems for land resource assessment*. Clarendon Press, Oxford.
124. Burrough P.A. & McDonnell, R.A., 1998. *Principles of geographical information systems: Spatial Information Systems and Geostatistics*. OUP.
125. Burrough, P. A., McDonnell, R., McDonnell, R. A., & Lloyd, C. D. (2015). *Principles of geographical information systems*. Oxford university press.
126. Carré F., McBratney A.B., Mayr T., and Montanarella L. 2007. Digital soil assessments: beyond DSM. *Geoderma*, 142, 69-79

- 127.Canadian Soil Information Service [Електронний ресурс]: офіціальний сайт. - Режим доступу : <http://sis.agr.gc.ca/cansis/> (дата звернення 14.03.2020).
- 128.Carre F., McBratney A.B., Minasny B. Estimation and potential improvement of the quality of legacy soil samples for digital soil mapping // *Geoderma*, 2007. 141. -Pp. 1-14.
- 129.Catherine A. Fox, Historical Journey in the Evolution of Soil Science, *BioScience*, Volume 57, Issue 10, November 2007, Pages 887–889, <https://doi.org/10.1641/B571014>
- 130.Cerri C.E.P., Easter M., Paustian K., Killian K. at al. Predicted soil organic carbon stocks and changes in the Brazilian Amazon between 2000 and 2030 // *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2007. 122. - Pp. 58-72.
- 131.Chrisman, N. R. (1999). What does ‘GIS’mean?. *Transactions in GIS*, 3(2), 175-186.
- 132.Clarke, K. C. (1995). *Analytical and computer cartography* (Vol. 1). Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- 133.Daigle J.J., Hudnall W.H., Gabriel W.J. The National Soil Information System (NASIS): Designing soil interpretation classes for military land-use predictions // *J. of Terramechanics*, 2005. 42. - Pp. 305-320.
- 134.de Paul Obade, V., & Lal, R. (2013). Assessing land cover and soil quality by remote sensing and geographical information systems (GIS). *Catena*, 104, 77-92.
- 135.Delaney, J., & Van Niel, K. (1999). *Geographical information systems: an introduction* (pp. 194-194). Oxford, UK: Oxford University Press.
- 136.De Smith, M. J., Goodchild, M. F., & Longley, P. (2007). *Geospatial analysis: a comprehensive guide to principles, techniques and software tools*. Troubador publishing ltd.
- 137.Dijkshoorn J.A., Huting J.R.M., Soil and terrain database for Nepal. Report 2009/01. - Wageningen: ISRIC - World Soil Information, 2009. - 30 p.

138. Dinch A. O. Development of Soil Information System for the Turkish Republic of Northern Cyprus // J. of Tekirdag Agricultural Faculty, 2008. 5 (1). - Pp. 53-60.
139. Dudal, R., Batisse, M., 1978. The soil map of the world. Nature and Resources 14, 2–6.
140. Elbakidze, M., Angelstam, P., Sandstrom, C., Stryamets, N., Crow, S., Axelsson, R., Stryamets, G., Yamelynets, T. (2013). Biodiversity Governance in Central and Eastern Europe Biosphere Reserves for conservation and development in Ukraine? Legal recognition and establishment of the Roztochya initiative. Environmental Conservation 40 (2) – pp. 157–166. doi:10.1017/S0376892912000434
141. Elbakidze M., Angelstam P., Yamelynets T., Dawson L., Gebrehiwot, M., Stryamets, N., Johansson, K., Garrido, P., Naumov, V., Manton M. (2017). 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. Landscape and Urban Planning 168. – pp. 72-83
142. Elbakidze M, Gebrehiwot M, Angelstam P, Yamelynets T, Surová D. Defining Priority Land Covers that Secure the Livelihoods of Urban and Rural People in Ethiopia: a Case Study Based on Citizens' Preferences. Sustainability. 2018; 10(6):1701.
143. EuDASM - European Digital Archive of Soil Maps [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <https://www.isric.org/projects/eudasm-european-digital-archive-soil-maps> (дата звернення 11.09.2020).
144. e-SOTER [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.isric.org/projects/e-soter> (дата звернення 05.02.2020).
145. FAO. 1995. Digital Soil Map of the World and Derived Soil Properties (Version 3.5). FAO, Rome, Italy.
146. FAO-EC-ISRIC, 2003. World Soil Resources Map <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/faomwsr/wsavcl.jpg>.

- 147.Ferrer, I, Rios, J, Ciurana, J. An approach to integrate manufacturing process information in part design phases. *Journal of Materials Processing Technology*, Vol. 209, No 4, 2009, pp.2085 – 2091.
- 148.Frank, A. U. (1988). Requirements for a database management system for a GIS. *PHOTOGRAMM. ENG. REMOTE SENS.*, 54(11), 1557-1564.
- 149.Frank, A. U., & Egenhofer, M. J. (1992). Computer cartography for GIS: an object-oriented view on the display transformation. *Computers & Geosciences*, 18(8), 975-987.
- 150.Finke P., Hartwich R., Dudal R., Ibanez J. at al. Georeferenced Soil Database for Europe. Manual of procedures. Version 1.1. - European Soil Bureau, 2001. - 178 p.
- 151.Ganssen, R., Hädrich, F., 1965. Meyers Großer Physischer Weltatlas (1:80,000,000). Atlas zur Bodenkunde, Band 1 in 8 Teilatlanten. Bibliograph. Inst. Mannheim.
- 152.Getis, A., Ord, J. K. (1992). The analysis of spatial association by use of distance statistics. *Geographic Analysis*, 24(3), pp. 189–206.
- 153.Glazovskaya, M.A., Fridland, V.M. (Eds.) 1982. World Soil Map for Higher Education Institutions at 1: 15,000,000 scale. GUGK, Moscow, USSR.
- 154.Global Earth Observation System of Systems - GEOSS [Електронний ресурс] : офіціальний сайт. - Режим доступу: <http://www.earthobservations.org/geoss.shtml> (дата звернення 03.02.2020).
- 155.GlobalSoilMap.Net [Електронний ресурс]: офіціальний сайт. - Режим доступу : <https://www.isric.org/projects/globalsoilmapnet> (дата звернення 14.02.2020).
- 156.Global Soil Regions Map [Електронний ресурс]: офіціальний сайт. - Режим доступу: https://www.nrcs.usda.gov/wps/portal/nrcs/detail/soils/use/?cid=nrcs142p2_054013 (дата звернення 10.09.2020).

157. Gong, Z., Zhang, X., Chen, J., Zhang, G., 2003. Origin and development of soil science in ancient China. *Geoderma* 115, 3–13.
158. Goodchild, M., Haining, R., & Wise, S. (1992). Integrating GIS and spatial data analysis: problems and possibilities. *International journal of geographical information systems*, 6(5), 407-423.
159. Gong J., Caldas C. H. Data processing for real-time construction site spatial modeling // *Automation in Construction*. – 2008. – Т. 17. – №. 5. – С. 526-535
160. Grigelis, A., Wójcik, Z., Narębski, W., Živilė Gelumbauskaitė, L., Kozák, J., 2011. Stanisław Staszic: an early surveyor of the geology of Central and Eastern Europe. *Annals of Science* 68 (2), 199–228.
161. *Handbook of Soil Science* / Ed. M.E. Sumner. - CRC Press, Boca Raton, 1999. -2313 p.
162. *Handbook of Soil Sciences: Resource management and environmental aspects*. - CRC Press, Boca Raton, 2011. - 830 p.
163. Harmonized World Soil Database - HWDS [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <http://webarchive.iiasa.ac.at^research/LUC/External-World-soil-database/HTML/> (дата звернення 04.02.2020).
164. Harmonized World Soil Database v 1.2 [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <http://www.fao.org/soils-portal/data-hub/soil-maps-and-databases/harmonized-world-soil-database-v12/en/> (дата звернення 11.09.2020).
165. Hartemink, Alfred & Krasilnikov, Pavel & Bockheim, James. (2013). Soil maps of the world. *Geoderma*. s 207–208. 10.1016/j.geoderma.2013.05.003.
166. Hartemink, A., Nortcliff, S., Dent. D. (2008). *Soil - The living skin of planet earth*. – Soil Flyer IYPE. - IUSS, 2008. – 2 p.
167. Hollsteins, W., 1930. *Bodenkarte de Erde* (scale 1:125,000,000). In: Blanck, E. (Ed.). *Handbuch der Bodenlehre*, vol. 3. Verlag von Julius Springer, Berlin, 550 pp.

- 168.Hsu, M.-L., 1993. The Qin maps: a clue to later Chinese cartographic development. *Imago Mundi* 45, 90–100.
- 169.Hudson B.D. 1992. The soil survey as a paradigm-based science. *Soil Science Society of America* 56, 836-841
- 170.ISRIC - World Soil Information [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <http://isric.org> (дата звернення 20.02.2020).
- 171.Jennings M. 2000. Gap analysis: concepts, methods, and recent results. *Landsc Ecol.* 15:5–20.
- 172.Jenny H. Factors of soil formation. - N.Y: McGraw-Hill, 1941. - 191 p.
- 173.Jones, C. B. (2014). Geographical information systems and computer cartography. Routledge.
- 174.Kellogg, C.E., 1974. Soil genesis, classification, and cartography: 1924–1974. *Geoderma* 12, 347–362.
- 175.King, D., Daroussin, J., & Tavernier, R. (1994). Development of a soil geographic database from the soil map of the European Communities. *Catena*, 21(1), 37-56.
- 176.Knowledge Assessment and Sharing on Sustainable Agriculture (2004-2006. INTAS), GOCE-CT-2004-505582 (KASSA) (2004-2006. INTAS), GOCE-CT-2004-505582. http://cordis.europa.eu/projects/rcn/74279_en.html.
- 177.Kovda, V.A., Dobrovolskiy, G.V., Lobova, E.V. (Eds.) 1974. World Soil Map at 1:1,000,00 scale. GUGK, Moscow, USSR.
- 178.Krupenikov, I.A., 1992. History of Soil Science: From its Inception to the Present. Amerind Pub Co., New Delhi.
- 179.Lag J., Hadas A., Fairbridge R.W. (2008) History of Soil Science. In: Chesworth W. (eds) Encyclopedia of Soil Science. Encyclopedia of Earth Sciences Series. Springer, Dordrecht
- 180.Lagacherie P., McBratney A., Voltz M. Digital soil mapping: An introductory perspective. Elsevier, Amsterdam, 2006. - 350 p.

181. Laktionova T., Medvedev V., Bihun O., Savchenko K., Nakis'ko S., Sheiko S. Ukrainian Soil properties' Database and its applications. J. Agricultural Science and Practice. 2015. Vol. 2, No. 3. P. 3-8. <http://dx.doi.org/10.15407/agrisp2.03.003>
182. Land Information System - LandIS [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <http://www.landis.org.uk/index.cfm> (дата звернення 20.02.2020).
183. Land Use and Coverage Area frame Survey [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas> (дата звернення 10.02.2020).
184. Lilburne L.R., Hewitt A.E., Webb T.W. Soil and informatics science combine to develop S-map: A new generation soil information system for New Zealand // Geoderma, 2012. 170. - Pp. 232-238.
185. Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2005). Geographic information systems and science. John Wiley & Sons.
186. Mantel S., van Engelen V.W.P. The Impact of Land Degradation on Food Prod-uctivity. Case studies of Uruguay, Argentina and Kenya. Report 97/01, Wageningen: ISRIC, 1997. V. 1-2. - 76 p.
187. Mantel S. Identification of potential for banana in Hainan Island, China // Pedosphere, 2003. 13. - Pp. 147-155.
188. MacDonald, K.B., Valentine, K.W.G. (1992). CanSIS/NSDB A General Description. Centre for Land and Biological Resources Research. Research Branch, Agriculture Canada, Ottawa. CLBRR Contribution Number. – 40 p.
189. McBratney, A.B., Mendonça Santos, M.L., Minasny, B., 2003. On digital soil mapping. Geoderma 117, 3–52.
190. McCall A. (1931). The Development of Soil Science. Agricultural History, 5(2), 43-56. Retrieved May 2, 2020, from www.jstor.org/stable/3739426
191. McEliece, R. J. (2004). The theory of information and coding (No. 86). Cambridge University Press. 93 p.

192. McKenzie, N.J., Jacquier, D.W., Maschmedt, D.J., Griffin, E.A., Brough, D.M. (2005). The Australian Soil Resource Information System. Technical specifications. Version 1.5. – 93 p.
193. Michael Begon, Colin R. Townsend, John L. Harper. Ecology: from individuals to ecosystems. — Wiley-Blackwell, 2006. — 738 p.
194. Monger, H. C., Rachal, D. M., Driese, S. G., & Nordt, L. C. (2013). Soil and landscape memory of climate change: how sensitive, how connected. *New Frontiers in Paleopedology and Terrestrial Paleoclimatology: Paleosols and Soil Surface Analog Systems*; Driese, SG, Nordt, LC, Eds, 63-70.
195. Montanarella L., Jones R. Latest developments of the European Soil Information System. *EUROSOIL 2004, Symposium 15: "Soil Information Systems"*, 2004. - 1 P-
196. Montanarella L., Käser F., Hansen B. European soil database as a tool for EU risk assessment and decision making // *Trends in analytical chemistry*, 1998. V. 17 №5.-Pp. 257-263.
197. Montanarella L., Negrel T. The development of the Alpine Soil Information System // *JAG*, 2001. V. 3. Iss. 1. - Pp. 18-24.
198. Nachtergaele F.O., Van Lynden G.W.J., Batjes N.H. Soil and terrain databases and their applications with special reference to physical soil degradation and soil vulnerability to pollution in Central and eastern Europe / *Sustainable land management - environmental protection: A soil physical approach. Advances in GeoEcology*. Catena Verlag. - Reiskirchen, Germany, 2002. 35. - Pp. 45-55.
199. Nachtergaele, F.O., Van Ranst, E., 2003. Qualitative and quantitative aspects of soil databases in tropical countries. In: Stoops, G. (Ed.), *Evolution of Tropical Soil Science: Past and Future*. Koninklijke Academie voor Overzeese Wetenschappen, Brussels, pp. 107–126.

200. National Soil Information System - NASIS [Електронний ресурс] : офіційний сайт. - Режим доступу: <http://soils.usda.gov/technical/nasis/> (дата звернення 11.02.2020).
201. Natural Resources Conservation Service US General Soil Map - STATSGO [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу : <http://www.nrcs.usda.gov/products/datasets/statsgo> (дата звернення 15.02.2020).
202. Naumov V., Manton M., Elbakidze M., Rendenieks Z., Priednieks J., Uhlianets S., Yamelynets T., Zhivotov A., Angelstam P. How to reconcile wood production and biodiversity conservation? The Pan-European boreal forest history gradient as an “experiment”. *Journal of Environmental Management*, Volume 218 – 2018. – 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2018.03.095>
203. Omuto C., Nachtergaele F., Rojas R.V., 2013. State of the art report on global and regional soil information: Where are we? Where to go? Global Soil Partnership Technical Report. FAO, Rome. 70 p.
204. Omuto C.T., Vargas R.R. 2009. Combining pedometrics, remote sensing and field observations for assessing soil loss in challenging Drylands: a case study of northwestern Somalia. *Land Degradation Development* 20: 101-115
205. O’Sullivan, D. (2006). Geographical information science: critical GIS. *Progress in Human Geography*, 30(6), 783-791.
206. Pankiv Z., Malyk S., Yamelynets T. 2020. Soil-forming processes in profile textural differentiated forest soils of the Cis-Carpathian region, Ukraine. *Baltic Forestry* 26(2): 472 <https://doi.org/10.46490/BF472>
207. Pankiv, Z. P., Yamelynets T. S. Ferrum concretions forms in the mollic gley soils of Low (Male) Polissya. *Polish Journal of Soil Science* 53 (1), 137-149
208. Pankiv Z., Malyk S., Yamelynets T. Diagnostic criteria for lessivage of profile-differentiated soils of the Precarpathian region (Ukraine). *Die*

- Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment Volume 70, Issue 4, 189–207, 2019. <https://doi.org/10.2478/boku-2019-0018>
209. Pourabdollah, A., Leibovici, D. G., Simms, D. M., Tempel, P., Hallett, S. H., & Jackson, M. J. (2012). Towards a standard for soil and terrain data exchange: SoTerML. *Computers & Geosciences*, 45, 270-283.
210. Papadakis, J., 1964. *Soils of the World*. Argentina, Buenos Aires.
211. Papadakis, J., 1969. *Soils of the World*. Elsevier, Amsterdam.
212. Paton T. R., Humphreys G. S. and Mitchell P. B., 1995, *Soils: A New Global View*: London, UCL Press Limited
213. Petraki, E., Nikolopoulos, D., Fotopoulos, A., Panagiotaras, D., Nomicos, C., Yannakopoulos, P., ... & Stonham, J. (2013). Long-range memory patterns in variations of environmental radon in soil. *Analytical Methods*, 5(16), 4010-4020.
214. Phillips, J. D., & Marion, D. A. (2004). Pedological memory in forest soil development. *Forest Ecology and Management*, 188(1-3), 363-380.
215. Pickles, J. (Ed.). (1995). *Ground truth: The social implications of geographic information systems*. Guilford Press.
216. Pierce, F. J., & Clay, D. (Eds.). (2007). *GIS applications in agriculture*. CRC Press.
217. Pourabdollah A., Didier G., Simms D., Tempel P. et al. Towards a standard for soil and terrain data exchange: SoTerML // *Computers and Geosciences*, 2012. V. 45.-Pp. 270-283.
218. QGIS [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <https://qgis.org/uk/site/> (дата звернення 09.07.2020).
219. Renard, K.G., Foster, G.R., Weesies, G.A. & P.J. Porter (1991). RUSLE – Revised universal soil loss equation. *Journal of Soil and Water Conservation* Jan-Feb 1991, pp. 30–33.
220. Richter, D. D., & Yaalon, D. H. (2012). “The changing model of soil” revisited. *Soil Science Society of America Journal*, 76(3), 766-778.

221. Rossiter D.G. Digital soil resource inventories: status and prospects // *Soil Use and Management*, 2004. V. 20, Issue 3. - Pp. 296-30.
222. Rozhkov, V. A., Alyabina, I. O., Kolesnikova, V. M., Molchanov, E. N., Stolbovoi, V. S., & Shoba, S. A. (2010). Soil-geographical database of Russia. *Eurasian Soil Science*, 43(1), 1.
223. Salisbury, R. B. (2012). Engaging with soil, past and present. *Journal of Material Culture*, 17(1), 23-41.
224. Sanchez, P.A., Ahamed, S., Carre, F., Hartemink, A.E., Hempel, J., Huising, J., Lagacherie, P., McBratney, A.B., McKenzie, N.J., Mendonca-Santos, M.D., Minasny, B., Montanarella, L., Okoth, P., Palm, C.A., Sachs, J.D., Shepherd, K.D., Vagen, T.G., Vanlauwe, B., Walsh, M.G., Winowiecki, L.A., Zhang, G.L., 2009. Digital soil map of the world. *Science* 325, 680–681.
225. Schelling J. The role of soil information systems / *Soil Information systems*. - Wageningen: Pudoc, 1975. - Pp. 13-16.
226. Schoeneberger P.J., Wysocki D.A., Benham E.C., Broderson W.D. *Field book for describing and sampling soils* (2nd ed.). - USDA Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, 2002. - 228 p.
227. Sester, M., Butenuth, M., Gösseln, G. V., Heipke, C., Klopp, S., Lipeck, U., & Mantel, D. (2003). New methods for semantic and geometric integration of geoscientific data sets with ATKIS—applied to geo-objects from geology and soil science. *Geotechnologien Science Report*, Part, 2, 51-62.
228. Sheppard, E. (1995). GIS and society: towards a research agenda. *Cartography and Geographic Information Systems*, 22(1), 5-16.
229. Shepherd K., Walsh M. Development of reflectance spectral libraries for characterization of soil properties // *Soil Science Society of America Journal*, 2002. 66. - Pp. 988-998.
230. Shujuan, Z., Yong, H., & Hui, F. (2003). Spatial variability of soil properties in the field based on GPS and GIS [J]. *Transactions of The Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2.

231. Simonsen K. Concept of soil — Adv. Agron , 1968, vol. 20
232. Skulmoski, G. J., & Hartman, F. T. (2010). Information systems project manager soft competencies: A project-phase investigation. Project Management Journal, 41(1), 61-80.
233. Soil information system FISBo BGR [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: http://www.bgr.bund.de/EN/Themen/Boden/Informationsgrundlagen/informationsgrundlagen_node_en.html (дата звернення 20.02.2020).
234. Soil Information System - ISIS [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <http://isis.isric.nl> (дата звернення 21.02.2020).
235. Soil Survey Division Staff. Soil survey manual. - United States Department of Agriculture Handbook N. 18. U.S. Government Printing Office, 1993. - 437 p.
236. Soil Survey Géographie Database - SSURGO [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу : <http://soils.usda.gov/survey/geography/ssurgo> (дата звернення 14.02.2020).
237. Soil Survey Staff. National Soil Survey Handbook. - U.S. Government Printing 152 Office, 1997. - Розділ 430-VI.
238. Soil Survey Staff. Soil survey laboratory manual. USDA-SCS National Soil Survey Center Soil Survey Investigations Report 42, Version 3. - U.S. Government Printing Office, 1996. - 694 p.
239. Soil Taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. 2nd ed. - Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook, 1999. - 436 p.
240. Sombroek W.G. Towards a global soil resource inventory at scale 1:1 M. Working paper 84/4. - Wageningen: ISRIC, 1984.
241. SOTER (база даних про ґрунти і рельєф) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://esdac.jrc.ec.europa.eu> (дата звернення 03.02.2020).
242. Subcommittee, S. D. (1997). Soil Geographic DataStandard (Doctoral dissertation, National Aeronautics and Space Administration).

- 243.Szabó, J., Pasztor, L., Suba, Z., & Várallyay, G. (1998). Integration of remote sensing and GIS techniques in land degradation mapping. *Agrokémia és Talajtan*, 47(1-4), 63-75.
- 244.Tempel P. SOTER - Global and National Soils and Terrain Digital Databases. Database Structure v3. - Working paper N. 02/01, September 2002. - 93 p.
- 245.The Copernicus Global Land Service [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover> (дата звернення 11.02.2020).
- 246.The European Soil Database distribution version 2.0 [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/resource-type/european-soil-database-soil-properties> - (дата звернення 12.02.2020).
- 247.USDA Web Soil Survey [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <https://websoilsurvey.sc.egov.usda.gov/App/HomePage.htm> (дата звернення 10.09.2020).
- 248.Van Engelen V.W.P. Are global soil information systems adequate in forecasting impacts of global change? / 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World (1-6 August 2010, Brisbane, Australia), 2010. - Pp. 4-6.
- 249.Van Engelen V.W.P., Batjes N.H., Dijkshoorn K., Huting J. Harmonized Global Soil Resources Database (Final Report). Report 2005/06. - Wageningen: FAO and ISRIC - World Soil Information, 2005. - 53 p.
- 250.Verdoodt A., van Ranst E. The soil information system of Rwanda: a useful tool to identify guidelines towards sustainable land management // *Afrika Focus*, 2006. 19.-Pp. 69-92.
- 251.Viatkin, K. V., Zalavskiy, Y. V., Lebed, V. V., Sherstyuk, O. I., Bihun, O. M., Plisko, I. V., & Nakisko, S. G. (2019). Digital mapping of soil organic carbon stocks in Ukraine. *Агрoхімія і ґрунтознавство*, (88), 5-11.

252. Web Soil Survey (WSS) [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу : <https://websoilsurvey.sc.egov.usda.gov/App/HomePage.htm> (дата звернення 14.02.2020).
253. Weng, Q. (2010). Remote sensing and GIS integration: theories, methods, and applications. New York: McGraw-Hill,.
254. Williams, B.J., 1976. Nahuatl soil glyphs from Códice de Santa María Asunción. Actes du XLII congres international des americanistes, Paris II, pp. 27–37.
255. Williams, B.J., Jorge, Jorge y, del C., Ma., 2008. Aztec arithmetic revised: land-area algorithms and acolhua congruence arithmetic. Science 320, 72–77.
256. WISE Soil Property Databases [Електронний ресурс]: офіційний сайт. - Режим доступу: <https://www.isric.org/explore/wise-databases> (дата звернення 12.09.2020).
257. World reference base for soil resources. - Rome: IUSS, ISRIC, FAO, 2014. - 133 p.
258. Zinck, J. A., & Valenzuela, C. R. (1990). Soil geographic database: structure and application examples. ITC journal, (3), 270-294.

Додаток А. Опис таблиць з метаданими

Таблиця 1. Блок вимірювальних ґрунтових даних («сховище» ґрунтових даних). Зовнішні ключі-ідентифікатори бази даних.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Relation	Унікальний ідентифікатор запису реляційної таблиці	Ціле число (Integer)
ID_Integer	Унікальний ідентифікатор запису таблиці даних показника в форматі цілих чисел	Ціле число (Integer)
ID_Float	Унікальний ідентифікатор запису таблиці даних показника в форматі дробових чисел	Ціле число (Integer)
ID_Symbol	Унікальний ідентифікатор запису таблиці даних показника в форматі символів	Ціле число (Integer)
ID_Indicator	Унікальний ідентифікатор показника якості. Забезпечує зв'язок з показником якості в таблиці Indicator Блок 2	Ціле число (Integer)
Value_Int	Значення показника – ціле число. Зберігаються дані показника ґрунтової властивості у форматі цілих чисел	Ціле число (Integer)
Value_Flo	Значення показника – дробове число з плаваючою комою. Зберігаються дані показника ґрунтової властивості у форматі дробових чисел	Дробове число з плаваючою комою (Float)
Value_Sym	Значення показника – символічне. Зберігаються дані показника ґрунтової властивості у форматі символів.	Символ (Char)
ID_Method	Унікальний ідентифікатор значення показника. Забезпечує зв'язок з методом визначення показника властивості в таблиці Method Блок 2	Ціле число (Integer)
ID_Object	Унікальний ідентифікатор значення показника. Забезпечує зв'язок з ґрунтовим об'єктом в таблиці Object Блок 2	Ціле число (Integer)

Таблиця 2. Блок індексованих ґрунтових даних. Метадані показників ґрунтових властивостей.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Indicator	Унікальний ідентифікатор показника якості	Ціле число (Integer)
ID_Grade	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації ґрунтового об'єкту відноситься	Символ (Char)

	показник. Використовують два рівні: EGA - рівень поліпедону, I - рівень розрізу.	
ID_Level	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації морфологічної будови профілю відноситься показник. Використовують три рівні: P - рівень профілю, L - рівень горизонту, M - рівень морфону.	Символ (Char)
ID_Object	Тип ґрунтового об'єкта. Характеристика, яка розрізняє ґрунтові об'єкти, що знаходяться на одному координатному рівні в ґрунтовій системі координат: P - ґрунтовий профіль (ID_Level = P), L - ґрунтовий горизонт (ID_Level = L), M - ґрунтовий морфон (ID_Level = M), S - ґрунтовий зразок (ID_Level = M).	Символ (Char)
Parent	Посилання на «parent» ідентифікатор. Поле використовують для організації додаткових ієрархічних зв'язків показників в межах таблиці Indicator.	Ціле число (Integer)
Name	Коротка назва показника. Застосовують для створення інтерфесу і навігаційних меню.	Символ (Char)
Description	Детальний опис показника.	Текст (Text)
Unit	Одиниця виміру. Показує, в яких одиницях зберігається значення показника в базі даних.	Символ (Char)
ViewForm	Характер внесення значення показника в базі даних. Допоміжне поле. Застосовують для визначення форми введення / виведення показників: (1) - якщо значення показника вносяться/виводяться по одному в рядок; (2) - в декількох рядках; (3) - у вигляді таблиці; (4) - в декількох варіантах.	Символ (Char)
Order	Порядок представлення показників. Допоміжне поле. Поле використовують для додаткової організації порядку виведення списків показників у формах вводу / виводу.	Ціле число (Integer)
Required	Обов'язковість введення. Допоміжне поле. Вказує на необхідність внесення значення показника в базу даних, де (1) –	Бінарне значення (Binary)

	обов'язково, (0) - не обов'язково.	
DataType	Тип даних, який використовується для зберігання значень показника. Використовують три типи даних: Integer – цілі числа, Float - дробові числа з плаваючою комою, Char - символні дані.	Символ (Char)
Multi	Кратність використання показника. Вказує скільки значень показника використовують при описі ґрунтового об'єкта: 1 - однозначний показник, M - багатозначний показник (більше одного значення).	Символ (Char)
Input	Метод внесення значення показника. Використовують два значення: 0 – значення показника вказане в таблиці value, 1 – вноситься самостійно, оскільки значення показника не вказане в таблиці value.	Бінарне значення (Binary)
Symbol	Символьний код показника. Призначений для використання в якості назви поля показника при генерації даних у табличну форму. Формується з символів англійських термінів з обмеженою кількістю символів.	Символ (Char)
MethodKey	Ідентифікатор методів визначення показника. Використовують для встановлення зв'язку між показником і методами визначення цього показника, які перерахованими в таблиці method.	Символ (Char)
ValueKey	Ідентифікатор набору значень показника. Використовують для встановлення зв'язку між показником і набором значень показника, які перераховані в таблиці value.	Символ (Char)
TagName	Назва посилання в шаблоні XML-документа опису ґрунтових даних. Використовують для забезпечення обміну ґрунтовими даними з іншими зовнішніми додатками.	Символ (Char)
OnOff	Визначник використання поточного запису. Дозволяє включати або виключати використання показника в базі даних.	Бінарне значення (Binary)

Таблиця 3. Блок індексованих ґрунтових даних. Метадані методів визначення ґрунтових властивостей.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Method	Унікальний ідентифікатор методу або набору методів визначення показника	Ціле число (Integer)
Parent	Посилання на «parent» ідентифікатор. Поле використовують для організації додаткових ієрархічних зв'язків показників в межах таблиці method.	Ціле число (Integer)
Name	Коротка назва показника методу або набору методів визначення показника.	Символ (Char)
Description	Детальний опис групи методів або окремого методу визначення показника. Правила формування описів: - опис методу починається зі слова «Згідно», якщо для визначення значення показника використовується який-небудь один встановлений метод, - опису методу присвоюється значення «Розрахунковий метод», якщо значення показника розраховується з використанням показників, визначених різними методами, - опис багаточленного запису групи методів починається зі слів «Методи визначення ...», - опис конкретного методу в групі може містити розширений або повний опис методу визначення показника, - в всіх інших випадках опису методу присвоюється значення «Авторське рішення».	Текст (Text)
MethodKey	Ідентифікатор методів визначення показника. Використовують для встановлення зв'язку між показником і методами визначення цього показника, які перерахованими в таблиці method.	Символ (Char)
Order	Порядок представлення показників. Допоміжне поле. Поле використовують для додаткової організації порядку виведення списків методів у формах вводу / виводу.	Ціле число (Integer)
Symbol	Символьний код методу. Призначений для використання в якості назви поля методу	Символ (Char)

	при генерації даних у табличну форму. Формується з символів англomовних термінів з обмеженою кількістю символів.	
Digital	Цифровий код методу визначення показника. Призначений для використання в комірках' полів методів при генерації даних в табличній формі або при статистичній обробці даних.	Символ (Char)
OnOff	Визначник використання поточного запису. Дозволяє включати або виключати використання показника в базі даних.	Бінарне значення (Binary)

Таблиця 4. Блок індексованих ґрунтових даних. Метадані значень ґрунтових властивостей.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Value	Унікальний ідентифікатор значення або набору значень показника	Ціле число (Integer)
Parent	Посилання на «parent» ідентифікатор. Поле використовують для організації додаткових ієрархічних зв'язків показників в межах таблиці value.	Ціле число (Integer)
Name	Коротка назва значення або набору значень показника. Застосовують для створення інтерфесу і навігаційних меню.	Символ (Char)
Description	Детальний опис значення або набору значень показника.	Текст (Text)
ValueKey	Ідентифікатор набору значень показника. Використовують для встановлення зв'язку між показником і набором значень цього показника, які перерахованими в таблиці value.	Символ (Char)
Order	Порядок представлення показників. Допоміжне поле. Поле використовують для додаткової організації порядку виведення списків набору значень у формах вводу / виводу.	Ціле число (Integer)
Symbol	Символьний код значення показника. Призначений для генерації даних у табличну форму.	Символ (Char)
Digital	Цифровий код значення показника. Призначений для використання в комірках полів значення показника при генерації даних в табличній формі або при статистичній обробці даних.	Символ (Char)

OnOff	Визначник використання поточного запису. Дозволяє включати або виключати використання показника в базі даних.	Бінарне значення (Binary)
-------	---	---------------------------

Таблиця 5. Блок ґрунтових об'єктів. Метадані опису ґрунтових об'єктів.

Поле	Властивості	Тип даних
ID_Object	Унікальний ідентифікатор ґрунтового об'єкту. Характеристика, яка розрізняє ґрунтові об'єкти, що знаходяться на одному координатному рівні в ґрунтовій системі координат: P - ґрунтовий профіль (ID_Level = P), L - ґрунтовий горизонт (ID_Level = L), M - ґрунтовий морфон (ID_Level = M), S - ґрунтовий зразок (ID_Level = M).	Ціле число (Integer)
ID_Grade	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації ґрунтового об'єкту відноситься показник. Використовують два рівні: EGA - рівень поліпедону, I - рівень розрізу.	Символ (Char)
ID_Level	Ідентифікатор ієрархічного рівня показника. Показує, до якого рівня організації морфологічної будови профілю відноситься показник. Використовують три рівні: P - рівень профілю, L - рівень горизонту, M - рівень морфону.	Символ (Char)
Parent	Посилання на «parent» ідентифікатор. Поле використовують для організації додаткових ієрархічних зв'язків об'єктів, які належать одному ґрунтовому профілю.	Ціле число (Integer)
OnOff	Визначник використання поточного запису. Дозволяє включати або виключати використання показника в базі даних.	Бінарне значення (Binary)

Додаток Б. Номенклатурний список ґрунтів Львівської області

Номери ґрунтів	Назви ґрунтів	Назви ґрунтів за WRB (2014)	Площі ґрунтів, тис. га
ґрунти на давньоалювіальних, водно-льодовикових і делювіальних відкладах			
1	Дерново-прихованопідзолисті	<i>Albic Arenosols (Ochric)</i>	76,7
2	Дерново-слабо- та середньо-підзолисті	<i>Albic Retisols (Arenic)</i>	147,1
3	Дерново-підзолисті глейові	<i>Albic Gleyic Retisols (Arenic)</i>	37,9
4	Дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні	<i>Stagnic Retisols</i>	128,5
5	Підзолисто-дернові	<i>Plaggic Retisols (Arenic)</i>	42,0
ґрунти переважно на лесових породах			
6	Ясно-сірі лісові, в т.ч. оглеєні	<i>Albic Luvisols, Albic Gleyic Luvisols</i>	74,6
7	Сірі лісові, в т.ч. оглеєні	<i>Haplic Luvisols, Gleyic Luvisols</i>	188,1
8	Темно-сірі опідзолені, в т.ч. оглеєні	<i>Luvic Greyzemic Phaeozems, Luvic Greyzemic Gleyic Phaeozems</i>	264,1
9	Чорноземи опідзолені, в т.ч. оглеєні	<i>Greyzemic Phaeozems, Greyzemic Gleyic Phaeozems</i>	90,7
10	Чорноземи типові малогумусні	<i>Haplic Chernozems</i>	55,5
11	Лучно-чорноземні	<i>Gleyic Chernozems (Pachic)</i>	8,1
ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах			
12	Лучні та алювіальні лучні	<i>Gleyic Chernic Phaeozems (Pachic), Gleyic Fluvisols (Humic)</i>	126,2
13	Лучні глейові	<i>Mollic Gleysols (Humic)</i>	44,5
14	Лучно-болотні	<i>Histic Gleysols</i>	45,9
15	Болотні та алювіальні болотні	<i>Gleysols, Gleyic Histic Fluvisols</i>	51,0
16	Торфувато- та торфово-болотні	<i>Histic Gleysols</i>	18,0
17	Торфовища низинні	<i>Histosols</i>	55,2
18	Дернові піщані та зв'язно-піщані, в т.ч. оглеєні	<i>Arenosols (Ochric), Gleyic Arenosols (Ochric)</i>	57,2
19	Дернові та алювіальні дернові супіщані та суглинкові, в т.ч. оглеєні	<i>Fluvic Arenosols (Ochric); Fluvisols; Fluvic Gleyic Arenosols (Ochric); Gleyic Fluvisols</i>	82,7
20	Дернові опідзолені оглеєні	<i>Fluvic Gleyic Phaeozems (Albic)</i>	72,2
21	Буроземно-підзолисті оглеєні	<i>Neocambic Gleyic Retisols</i>	37,2
ґрунти на елювії щільних карбонатних порід			
22	Чорноземи карбонатні	<i>Skeletal Calcic Chernozems</i>	46,4
23	Лучні карбонатні	<i>Gleyic Rendzic Phaeozems</i>	9,1
24	Рендзини	<i>Rendzic Leptosols</i>	44,6
ґрунти на делювії-елювії карпатського флішу			
25	Буроземи гірсько-лісові, в т.ч. оглеєні	<i>Dystric Cambisols, Dystric Gleyic Cambisols</i>	181,1

26	Буроземи гірсько-лісові опідзолені, в т. ч. оглеєні	<i>Dystric Cambisols,</i> <i>Dystric Gleyic Cambisols</i>	125,1
27	Дерново-буроземні, в т.ч. оглеєні	<i>Cambic Umbrisols,</i> <i>Cambic Gleyic Umbrisols</i>	24,7
28	Дерново-буроземні опідзолені	<i>Cambic Umbrisols (Albic)</i>	6,6
29	Дерново-буроземні опідзолені глейові	<i>Cambic Gleyic Umbrisols</i>	6,9
Ґрунти на алювіально-делювіальних відкладах, підстелених ріняком			
30	Лучно-буроземні	<i>Eutric Fluvisols (Humic)</i>	9,1
31	Піски слабозадерновані, слабогумусовані та негумусовані	<i>Arenosols</i>	1,5
32	Виходи порід	-	6,5

Додаток В. Набір картографічних даних обласного рівня

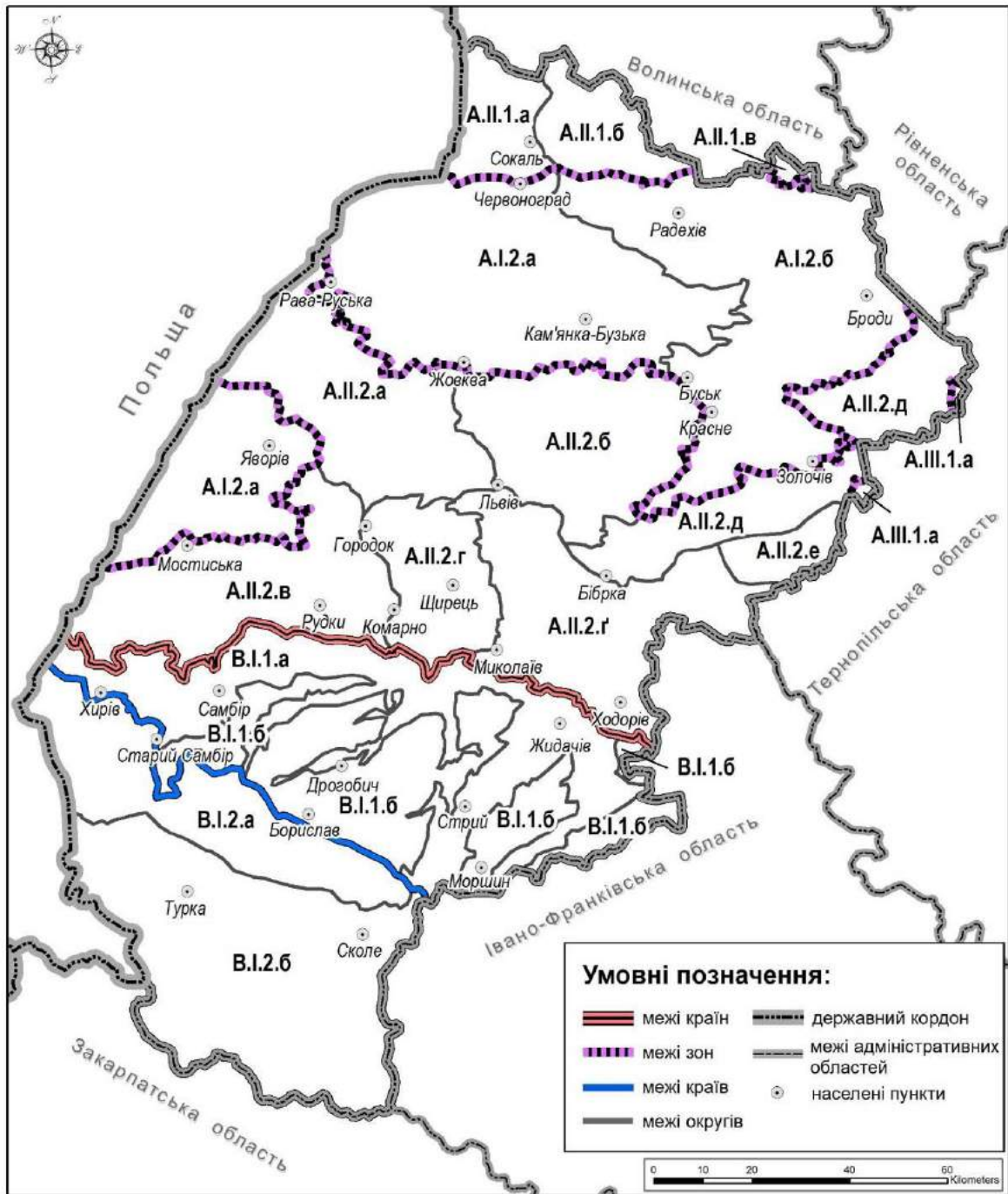


Рисунок 4.1. Ґрунтово-географічне районування Львівської області.

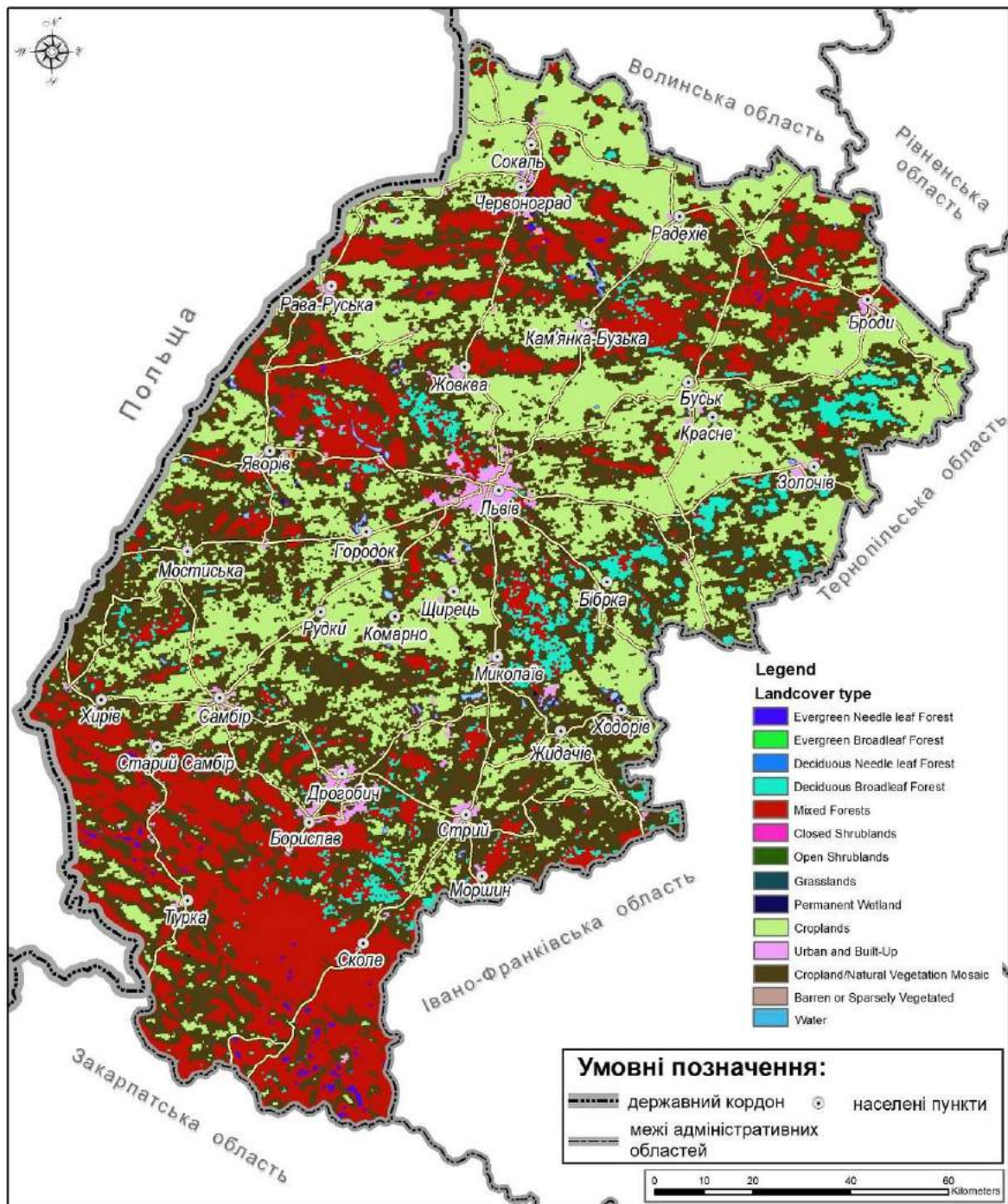


Рисунок 4.2. Растровий леер наземного покриття в межах Львівської області [121].

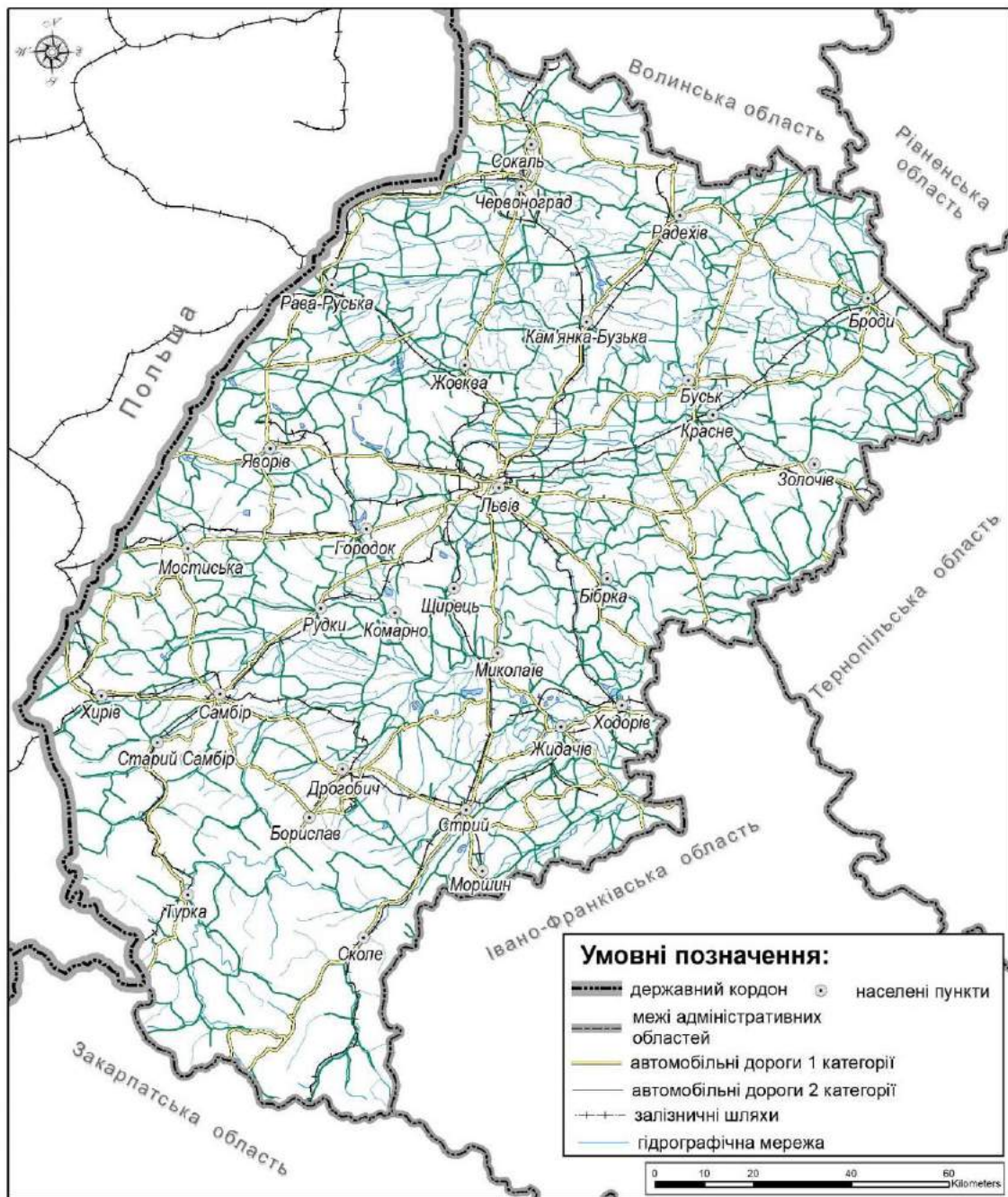


Рисунок 4.3. Гідрографічні об'єкти і транспортна інфраструктура Львівської області.

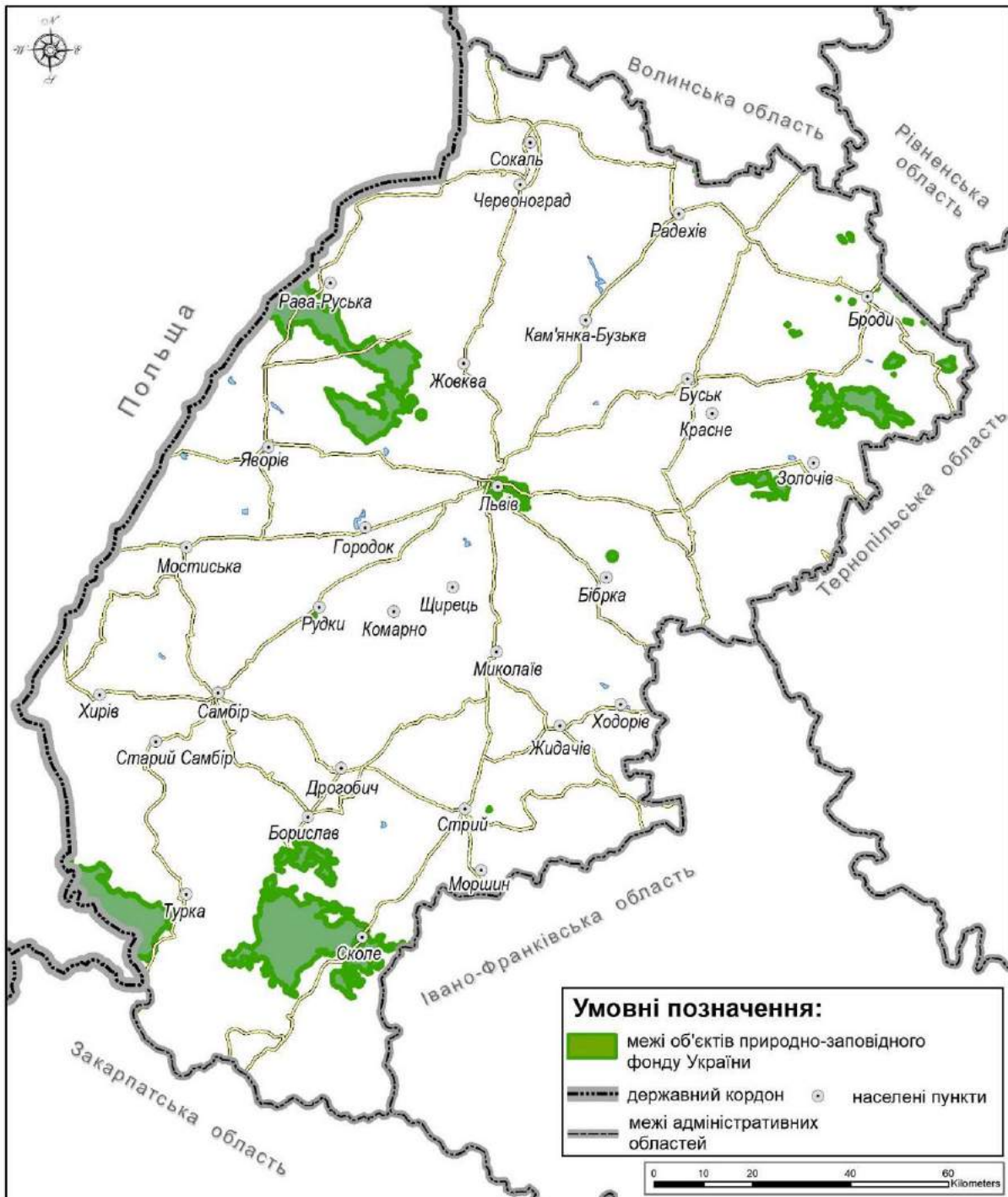
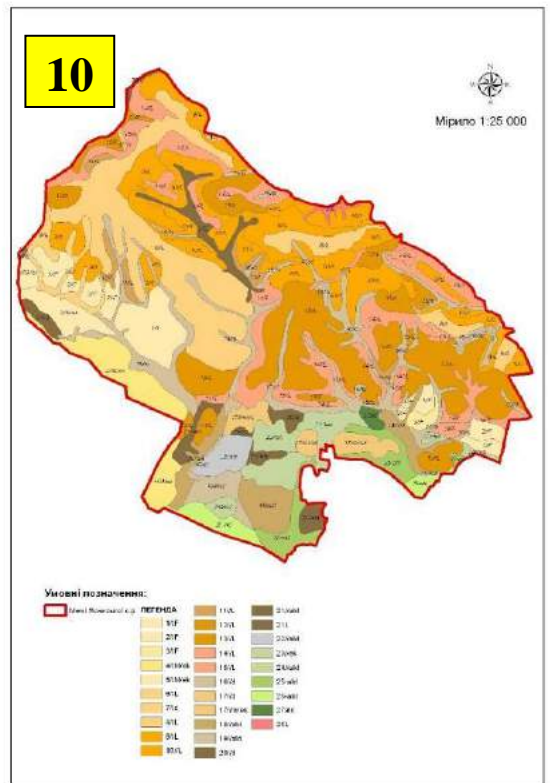
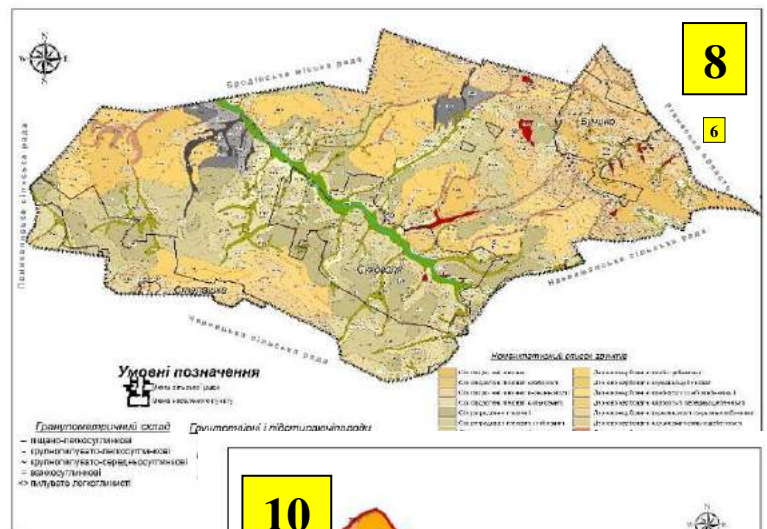
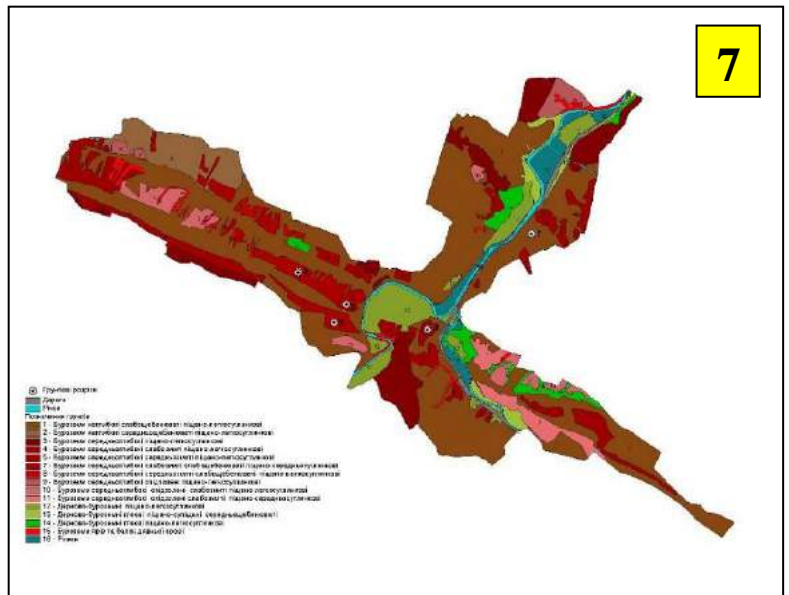
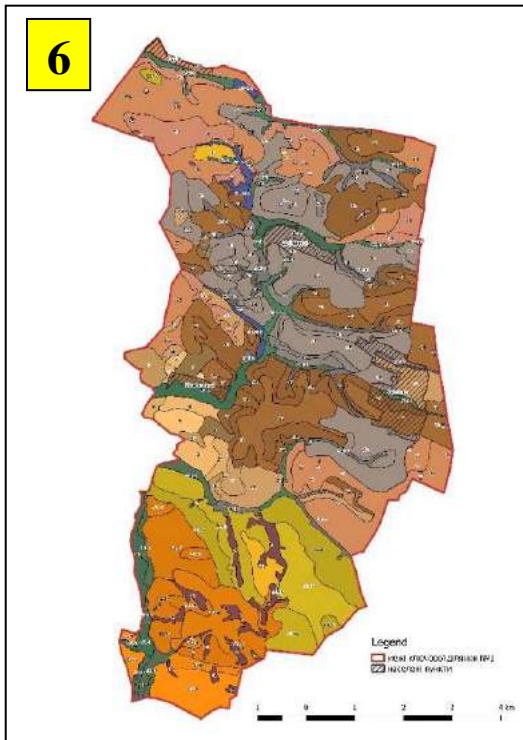


Рисунок 4.4. Об'єкти природно-заповідного фонду Львівської області.



1. Верхньолужецька сільська рада Старосамбірського району
2. Волосняківська сільська рада Сколівського району
3. Дублянська сільська рада Самбірського району
4. Колодрубівська сільська рада Миколаївського району
5. Поторицька сільська рада Сокальського району
6. Солонківська сільська рада Пустомитівського району
7. Стрільківська сільська рада Старосамбірського району
8. Сухолівська сільська рада Бродівського району
9. Сянківська сільська рада Турківського району
10. Ясницька сільська рада Яворівського району

Додаток Г. Довідники-класифікатори

Таблиця 1. Назва і код організації-виконавця (11)

Код	Назва організації
0111	Головне управління Держгеокадастру у Львівській області
0112	ДП «Львівський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою»
0113	Інститут сільського господарства Карпатського регіону НААН України
0114	Інститут екології Карпат НАН України
0115	Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського
0116	Інститут водних проблем і меліорації НААН України
0117	Державний природознавчий музей НАН України
0118	Львівський національний університет імені Івана Франка
0119	Львівський національний аграрний університет
1110	Національний лісотехнічний університет України
1111	Комерційна установа
1112	Інша організація
1113	Приватна особа

Таблиця 2. Назва і коди адміністративних одиниць Львівської області (12)

Код	Назва району/міста обласного підпорядкування	Код КОАТУУ
0121	Бродівський	46 203
0122	Буський	46 206
0123	Городоцький	46 209
0124	Дрогобицький	46 212
0125	Жидачівський	46 215
0126	Жовківський	46 227
0127	Золочівський	46 218
0128	Кам'янка-Бузький	46 221
0129	Миколаївський	46 230
1210	Мостиський	46 224
1211	Перемишлянський	46 233
1212	Пустомитівський	46 236
1213	Радехівський	46 239
1214	Самбірський	46 242
1215	Сколівський	46 245
1216	Сокальський	46 248
1217	Старосамбірський	46 251

1218	Стрийський	46 253
1219	Турківський	46 255
1220	Яворівський	46 258
1221	Борислав	46 103
1222	Дрогобич	46 106
1223	Львів	46 101
1224	Моршин	46 107
1225	Новий Розділ	46 108
1226	Самбір	46 109
1227	Стрий	46 112
1228	Трускавець	46 115
1229	Червоноград	46 118

Таблиця 3. Назва і код типу землевикористання (13)

Код	Назва типу землевикористання
0131	Цілинні
0132	Освоєнні
0133	Окультурені
0134	Зрошувані
0135	Дреновані

Таблиця 4. Назва і код типу земельних угідь (14)

Код	Назва типу земельних угідь
0141	Рілля
0142	Перелоги
0143	Сіножаті
0144	Пасовища
0145	Багаторічні насадження
0146	Землі без рослинного покриву або з незначним рослинним покривом
0147	Кам'янисті місця
0148	Піски
0149	Болота
1410	Солончаки
1411	Яри
1412	Чагарникова рослинність природного походження
1413	Ліси та інші лісовкриті землі
1414	Землі під житловою забудовою
1415	Землі, які використовуються для транспорту
1416	Землі під промисловою забудовою
1417	Землі під відкритими розробками, шахтами, кар'єрами тощо

1418	Землі, які забруднені промисловими та іншими відходами, включаючи відвали та терикони, а також радіоактивно забруднені
1419	Землі під сільськогосподарськими та іншими господарськими будівлями і дворами
1420	Землі, які використовуються для відпочинку та оздоровлення
1421	Землі під військовими базами, об'єктами, фортецями, фортами укріплення
1422	Землі під кладовищами, крематоріями, меморіальними комплексами та пам'ятниками, скотомогильниками
1423	Землі, які перебувають у стадії меліоративного освоєння та відновлення родючості ґрунтів

Таблиця 5. Назва і код виду ерозії (15)

Код	Назва виду ерозії
0151	Водна площинна
0152	Водна лінійна
0153	Вітрова

Таблиця 6. Назва і код виду меліорації (16)

Код	Назва виду меліорації
0161	Відкрита система
0162	Закритий дренаж
0163	Зрошувана

Таблиця 7. Назва і коди таксономічних одиниць ґрунтово-географічного районування Львівської області (21)

Код	Ґрунтовий округ (гірська область)	Ґрунтовий край	Ґрунт.-біоклімат. зона (гірський пояс)	Ґрунт.-геогр. країна
0211	А.І.2.а Присянсько-Верхньобузький	А.І.2. Малополянський	А.І. Моренно-зандрова зона мішаних лісів	А. Східноєвропейська рівнина
0212	А.І.2.б Радехівсько-Краснянський			
0213	А.ІІ.1.а Забузький	А.ІІ.1. Волинський	А.ІІ. Широколистяно-лісова зона	
0214	А.ІІ.1.б Нововолинсько-Іваничівський			
0215	А.ІІ.1.в Горохівсько-Дубнівський			
0216	А.ІІ.2.а Горбисте Розточчя	А.ІІ.2.		

0217	А.П.2.б Пасмове Побужжя	Розтоцько-Опільський		
0218	А.П.2.в Рудківсько-Комарнівський			
0219	А.П.2.г Львівсько-Щирецький			
2110	А.П.2.г Ходорівсько-Рогатинський			
2111	А.П.2.д Гологоро-Кременецький			
2112	А.П.2.е Бережансько-Монастирський			
2113	А.Ш.1.а Зборівсько-Заліщицький	А.Ш.1. Західно-Подільський	А.Ш. Лісостепова зона	
2114	В.І.1.а Подністровська терасова височинна область	В.І.1. Передкарпатський височинний	В.І. Гірсько-буроземний пояс	В. Карпати
2115	В.І.1.б Дрогобицько-Моршинська передгірна височинна область			
2116	В.І.2.а Старосамбірська гірська область	В.І.2. Карпатський гірський		
2117	В.І.2.б Турківсько-Сколівська гірська область			

Таблиця 7. Назва і коди природно-сільськогосподарських районів Львівської області (22)

Код	Назва природно-сільськогосподарського району
0221	Сокальський
0222	Городоцький
0223	Борщовицький
0224	Перемишлянський
0225	Яворівський
0226	Кам'янка-Бузький
0227	Радехівський
0228	Золочівський
0229	Дрогобицький
2210	Самбірсько-Жидачівський
2211	Турківський

Таблиця 9. Назва і код типу рослинних угруповань (31)

Код	Тип рослинних угруповань
0311	Лісові
0312	Степові
0313	Лучні
0314	Болотні

Таблиця 10. Назва і коди типу рельєфу і його елементів (32)

Код	Назва типу рельєфу і його елементів
0321	Заплава
0322	Вододіл
0323	Хребет
0324	Схил
0325	Балка
0326	Яр
0327	Улоговина
0328	Блюдце
0329	Дюна
3210	Конус виносу
3211	Тераса
3212	Зандрова рівнина
3213	Борова тераса

Таблиця 11. Назва і коди характеру рельєфу (33)

Код	Назва характеру рельєфу
0331	Плоскорівнинний
0332	Широкохвилястий
0333	Вузькохвилястий
0334	Гребеноподібний
0335	Ярково-балковий
0336	Слабохвилястий
0337	Горбистий

Таблиця 12. Назва і коди заплави (34)

Код	Назва заплави
0341	Прируслова
0342	Центральна
0343	Притерасна

Таблиця 13. Назва і коди форм мікрорельєфу (35)

Код	Назва форм мікрорельєфу
0351	Блюдця
0352	Улоговини
0353	Горбки
0354	Вали
0355	Промивини
0356	Просадки

Таблиця 14. Назва і коди форм схилу (36)

Код	Назва форм схилу
0361	Прямий
0362	Випуклий
0363	Простий
0364	Східчастий
0365	Вигнутий
0366	Складний

Таблиця 15. Назва і коди експозиції схилу (37)

Код	Тип експозиції схилу
0371	Пн
0372	ПнСх
0373	ПнЗх
0374	Сх
0375	Пд
0376	ПдСх
0377	ПдЗх

Таблиця 16. Назва і коди ґрунтовірної породи (38)

Код	Тип ґрунтовірної породи
0381	Леси
0382	Лесоподібні суглинки
0383	Водно-льодовикові відклади
0384	Сучасний алювій
0385	Делювій
0386	Морена
0387	Піски
0388	Глини (плеоген-неоген)
0389	Лучний мергель
3810	Елювій кристалічних порід
3811	Елювій щільних карбонатних порід

Таблиця 17. Назва і коди типу поверхні ґрунту (41)

Код	Тип поверхні ґрунту
0411	Брилувата
0412	Грудкувата
0413	Гребнеподібна
0414	Борознувата
0415	Ребриста
0416	Запливна
0417	Скотобійна

0418	Вкрита купинами
0419	Щебенювата
4110	Вкрита камінням

Таблиця 18. Назва і коди гранулометричного складу ґрунту і материнської породи (42)

Код	Вміст гранулометричних фракцій <0,01мм	Назва гранулометричного складу
0421	0-5	Піщаний
0422	5-10	Глинисто-піщаний
0423	10-20	Супіщаний
0424	20-30	Легкий суглинок
0425	30-45	Середній суглинок
0426	45-55	Важкий суглинок
0427	55-65	Легка глина
0428	65-80	Середня глина
0429	>80	Важка глина

Таблиця 19. Назва і коди ступеня гумусованості (за вмістом гумусу) (43)

Код	Вміст гумусу, %	Назва ґрунту за ступенем гумусованості
0431	<3	Слабогумусований
0432	3-6	Малогумусний
0433	>6	Середньогумусний

Таблиця 20. Назва і коди потужності гумусованої частини профіля (44)

Код	Потужність гумусованої частини профілю (Н+Нр+Phk)	Назва ґрунту за глибиною гумусованої частини профіля
0441	<25	Неповнорозвинутий
0442	25-45	Короткопрофільний
0443	45-65	Малопотужний
0444	65-85	Середньопотужний
0445	85-120	Потужний
0446	>120	Сильнопотужний

Таблиця 21. Назва і коди рівня еродованості (45)

Код	Морфологічні і аналітичні ознаки еродованості	Еродованість
0451	Ерозія відсутня	Немає
0452	Змито або дефльовано до половини гумусового або гумусово-елювіального горизонту. Втрачено до 20% гумусу	Слаба

0453	Змито або дефльовано більше половини або весь гумусовий чи гумусово-елювіальний горизонт. Втрачено до 20-40% гумусу	Середня
0454	Змито або дефльовано весь гумусовий чи гумусово-елювіальний горизонт, верхній перехідний (або елювіальний) і частково нижній перехідний горизонти. Втрачено до 40-60% гумусу	Сильна

Таблиця 22. Назва і коди глибини залягання карбонатів (46)

Код	Місце появи карбонатів	Назва ґрунту за виявленою ознакою
0461	Нижче орного горизонту	Модальний
0462	В орному горизонті і нижче	Висококарбонатний
0463	В материнській породі	Глибококарбонатний

Таблиця 23. Назва і коди степені оглеєння (47)

Код	Тип оглеєння	Морфологічні ознаки і глибина оглеєння	Назва ґрунту за виявленою ознакою
0471	Поверхнєве	Ознаки оглеєння в Neg1 горизонті у вигляді ржавих плям, а в E – у вигляді охристих плям і сизих оглеєних скупчень та прошарків	Глеювата
0472		Інтенсивно оглеєні HE, E і верхня частина I горизонтів. Нижня частина ілювіального горизонту і порода неоглеєні, інколи оглеєння проявляється окремими ржавими плямами	Глеєва
0473	Ґрунтове	Ознаки оглеєння в породі і нижній частині ілювіального горизонту; ґрунтові води на глибині 180-250 см.	Глеювата
0474		Інтенсивно оглеєний весь ілювіальний горизонт; ґрунтові води на глибині 120-180 см.	Глеєва
0475		Перезволоження ґрунтовими і поверхневими водами. Весь профіль оглеєний. Ґрунтові води на глибині 60-120 см.	Сильноглеєва

Таблиця 24. Назва і коди ступеня щєбнистості (48)

Код	Вкритість поверхні щєбнем, %	Назва ґрунту за виявленою ознакою
0481	<10	Нещєбниста
0482	10-30	Слабощєбниста
0483	30-50	Середньощєбниста
0484	>50	Сильнощєбниста

Таблиця 25. Назва і коди ступеня розвитку підзолистого процесу (49)

Код	Потужність гумусово-елювіального горизонту, см	Назва ґрунту за ступенем розвитку підзолистого процесу
0491	5-15	Слабопідзолиста
0492	15-25	Середньопідзолиста
0493	25-35	Сильнопідзолиста

Таблиця 26. Назва і коди глибини залягання скельної породи (400)

Код	Глибина залягання скельної породи, см	Назва ґрунту за виявленою ознакою
04001	85-120	Потужна
04002	65-85	Середньопотужна
04003	45-65	Малопотужна
04004	25-45	Короткопрофільна
04005	<25	Слаборозвинута

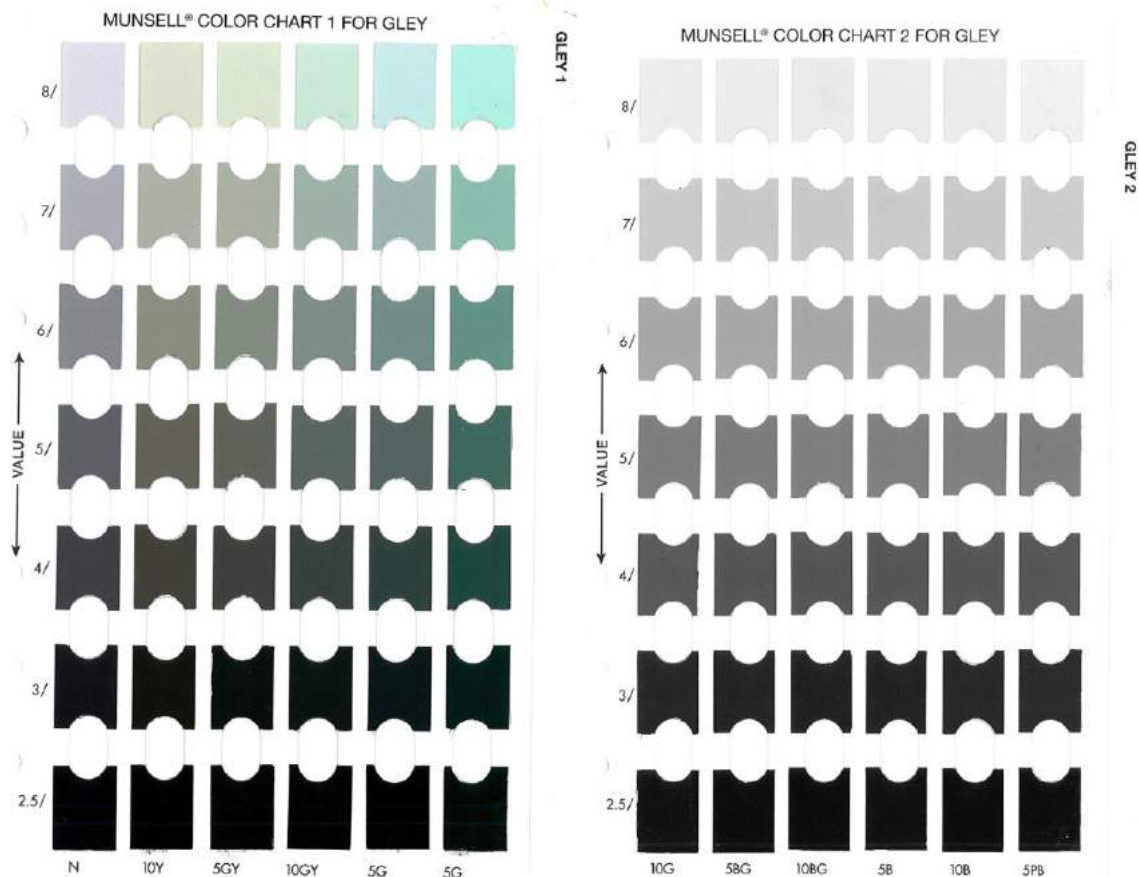
Таблиця 27. Назва і коди типів ґрунтів (на карті масштабу 1:200 000) (401)

Код	Тип материнської породи	Назви ґрунтів	Назви ґрунтів за WRB (2014)
04011	ґрунти на давньоалювіальних, водно-льодовикових і делювіальних відкладах	Дерново-прихованопідзолисті	<i>Albic Arenosols (Ochric)</i>
04012		Дерново-слабо- та середньо-підзолисті	<i>Albic Retisols (Arenic)</i>
04013		Дерново-підзолисті глейові	<i>Albic Gleyic Retisols (Arenic)</i>
04014		Дерново-підзолисті поверхнево-оглеєні	<i>Stagnic Retisols</i>
04015		Підзолисто-дернові	<i>Plaggic Retisols (Arenic)</i>
04016	ґрунти переважно на лесових породах	Ясно-сірі лісові, в т.ч. оглеєні	<i>Albic Luvisols, Albic Gleyic Luvisols</i>
04017		Сірі лісові, в т.ч. оглеєні	<i>Haplic Luvisols, Gleyic Luvisols</i>

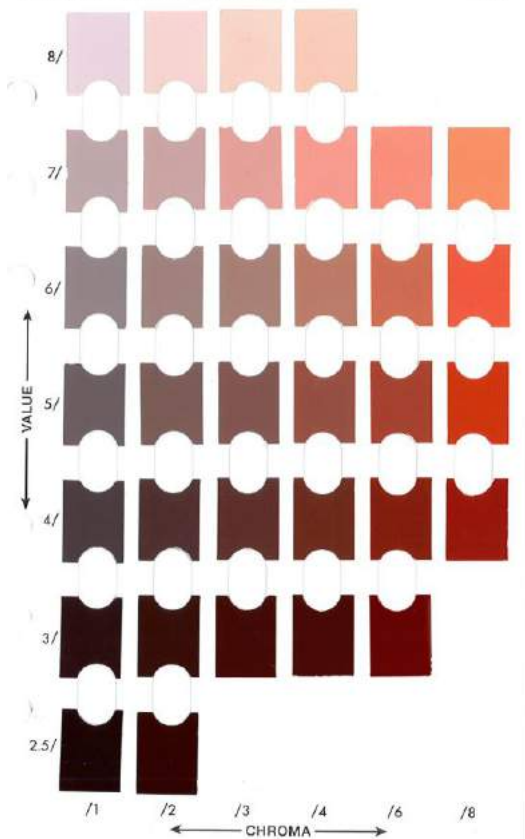
04018		Темно-сірі опідзолені, в т.ч. оглеєні	<i>Luvic Greyzemic Phaeozems, Luvic Greyzemic Gleyic Phaeozems</i>
04019		Чорноземи опідзолені, в т.ч. оглеєні	<i>Greyzemic Phaeozems, Greyzemic Gleyic Phaeozems</i>
04020		Чорноземи типові малогу́мусні	<i>Haplic Chernozems</i>
04021		Лучно-чорноземні	<i>Gleyic Chernozems (Pachic)</i>
04022	Ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах	Лучні та алювіальні лучні	<i>Gleyic Chernic Phaeozems (Pachic), Gleyic Fluvisols (Humic)</i>
04023		Лучні глейові	<i>Mollic Gleysols (Humic)</i>
04024		Лучно-болотні	<i>Histic Gleysols</i>
04025		Болотні та алювіальні болотні	<i>Gleysols, Gleyic Histic Fluvisols</i>
04026		Торфувато- та торфово-болотні	<i>Histic Gleysols</i>
04027		Торфовища низинні	<i>Histosols</i>
04028		Дернові піщані та зв'язно-піщані, в т.ч. оглеєні	<i>Arenosols (Ochric), Gleyic Arenosols (Ochric)</i>
04029		Дернові та алювіальні дернові супіщані та суглинкові, в т.ч. оглеєні	<i>Fluvic Arenosols (Ochric); Fluvisols; Fluvic Gleyic Arenosols (Ochric); Gleyic Fluvisols</i>
04030		Дернові опідзолені оглеєні	<i>Fluvic Gleyic Phaeozems (Albic)</i>
04031		Буроземно-підзолисті оглеєні	<i>Neocambic Gleyic Retisols</i>
04032	Ґрунти на елювії щільних карбонатних порід	Чорноземи карбонатні	<i>Skeletal Calcic Chernozems</i>
04033		Лучні карбонатні	<i>Gleyic Rendzic Phaeozems</i>
04034		Рендзини	<i>Rendzic Leptosols</i>
04035	Ґрунти на делювії-елювії карпатського флішу	Буроземи гірсько-лісові, в т.ч. оглеєні	<i>Dystric Cambisols, Dystric Gleyic Cambisols</i>
04036		Буроземи гірсько-лісові опідзолені, в т.ч. оглеєні	<i>Dystric Cambisols, Dystric Gleyic Cambisols</i>

04037		Дерново-буроземні, в т.ч. оглеєні	<i>Cambic Umbrisols, Cambic Gleyic Umbrisols</i>
04038		Дерново-буроземні опідзолені	<i>Cambic Umbrisols (Albic)</i>
04039		Дерново-буроземні опідзолені глейові	<i>Cambic Gleyic Umbrisols</i>
04040	Ґрунти на алювіально-делювіальних відкладах, підстелених ріняком	Лучно-буроземні	<i>Eutric Fluvisols (Humic)</i>
04041	---	Піски слабозадерновані, слабогумусовані та негумусовані	<i>Arenosols</i>
04042	---	Виходи порід	---

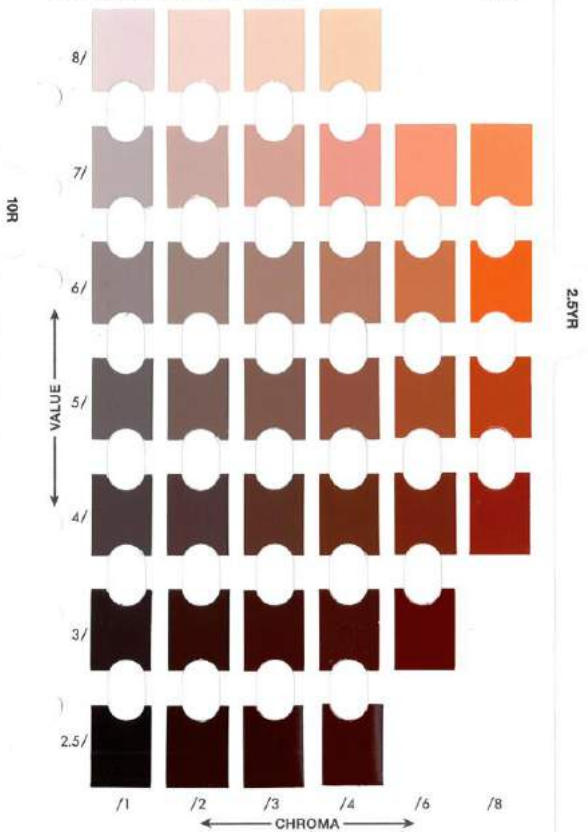
Таблиця 27. Колорова шкала Манселла (Munsell Soil Color Charts) (51)



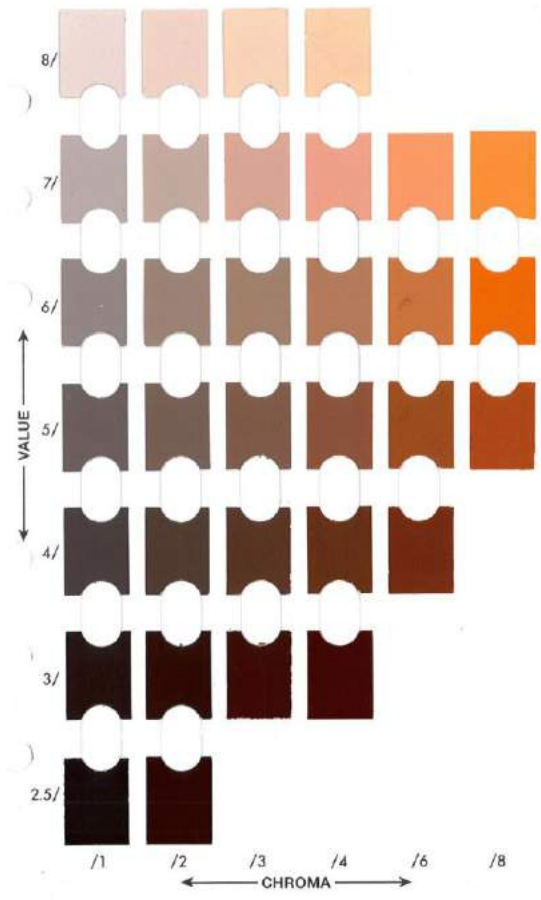
MUNSELL® SOIL COLOR CHART 10R



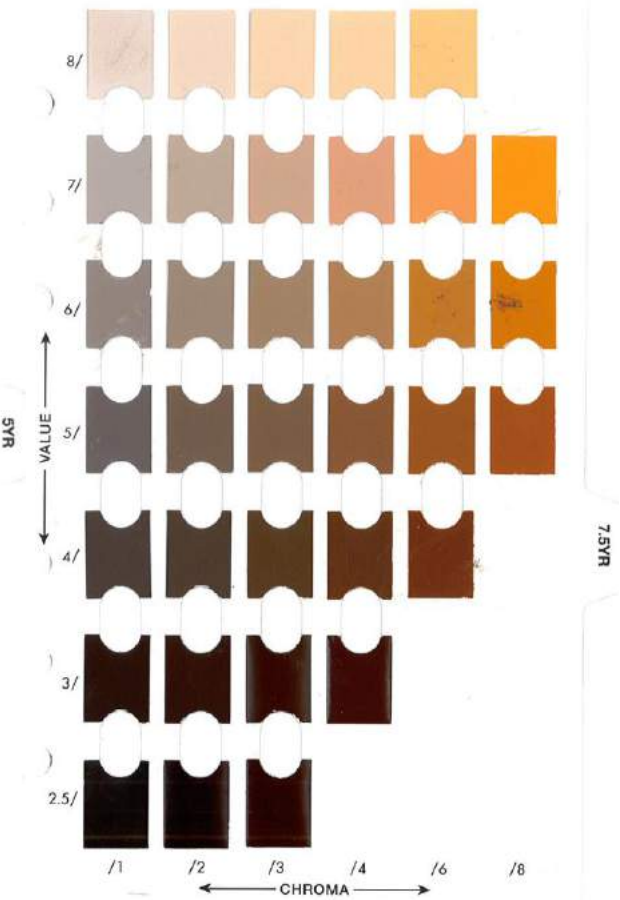
MUNSELL® SOIL COLOR CHART 2.5YR



MUNSELL® SOIL COLOR CHART 5YR

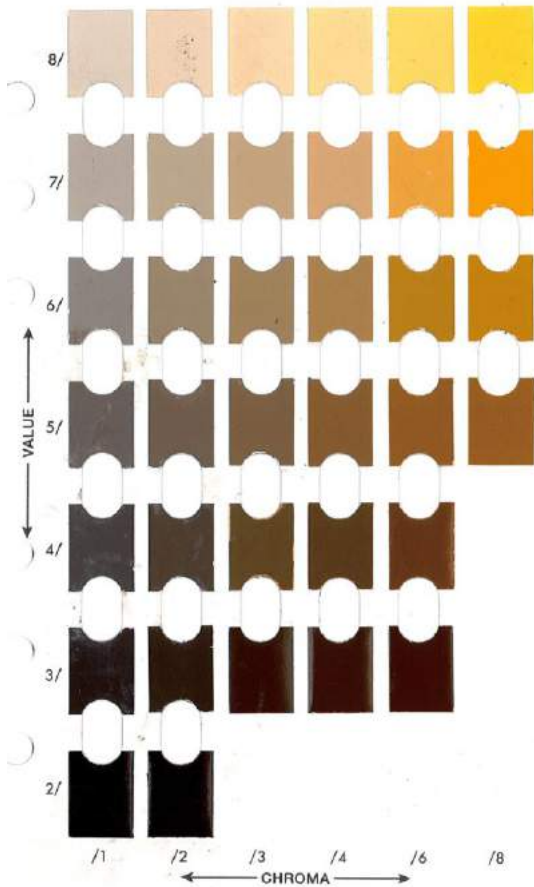


MUNSELL® SOIL COLOR CHART 7.5YR



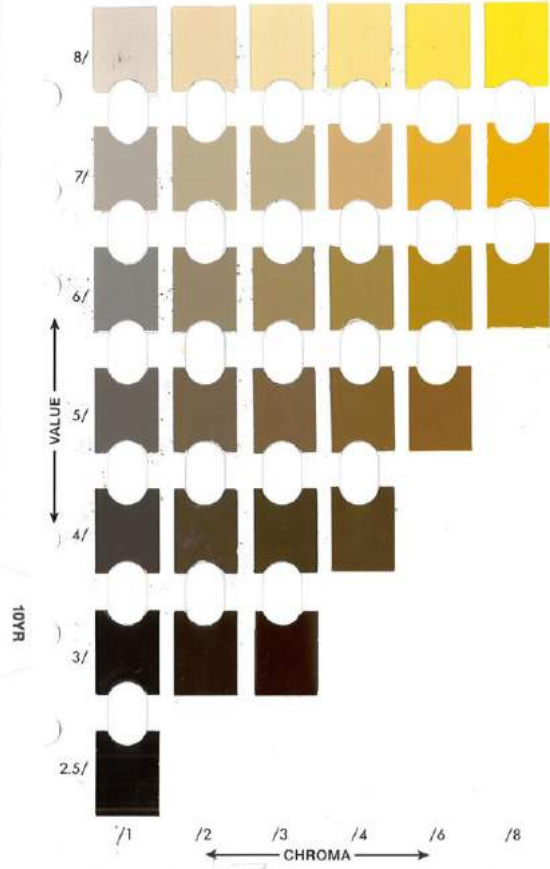
MUNSELL® SOIL COLOR CHART

10YR



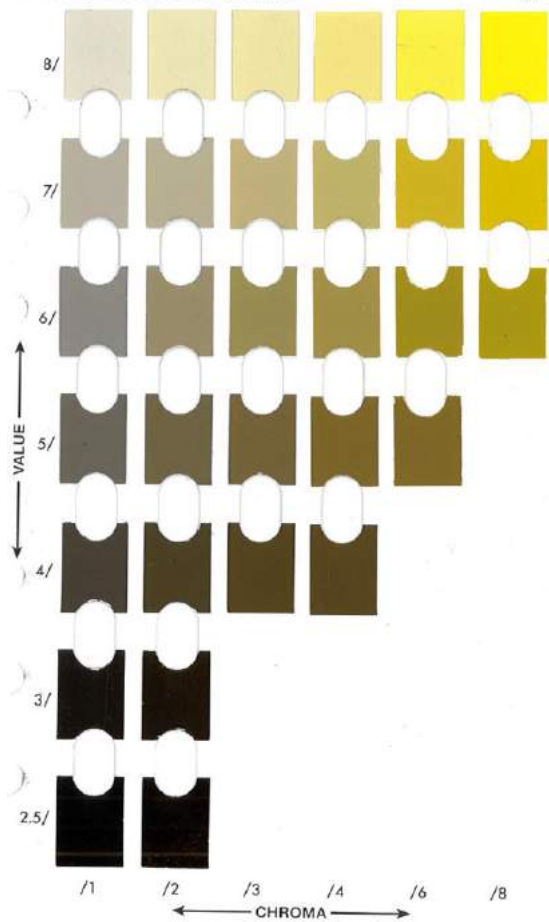
MUNSELL® SOIL COLOR CHART

2.5Y



MUNSELL® SOIL COLOR CHART

5Y



Таблиця 28. Назва і коди ступеня вологості ґрунту (52)

Код	Тип ґрунту за показником вологості	Опис ознаки
0521	сухий	темніє при зволоженні і не світлішає при висиханні
0522	свіжий	темніє при зволоженні і світлішає при висиханні
0523	вологий	не темніє при зволоженні, світліє при висиханні
0524	мокрый	візуально спостерігається вода (плівки або краплі)

Таблиця 29. Назва і коди структури ґрунту (53)

Код	Тип структури	Вид структури
0531	Кубоподібна	Брилувата
0532		Грудкувата
0533		Горіхувата
0534		Зерниста
0535		Пилувата
0536	Призмоподібна	Призматична
0537		Стовпчаста
0538	Плитоподібна	Плитчаста
0539		Луската

Таблиця 30. Назва і коди гранулометричного складу ґрунту (54)

Код	Гранулометричний склад	Діагностичні ознаки
0541	Пісок	При зволоженні утворюється текуча маса "пісок-пливун". Не скручується в шнурок
0542	Супісок	Непластична маса. Утворює зародки шнура
0543	Легкий суглинок	Слабопластична маса. Утворює джгутик, який легко розпадається на частини
0544	Середній суглинок	Пластична маса. При скручуванні утворює суцільний джгутик, який при згинанні в кільце розпадається
0545	Важкий суглинок	Добре виражена пластична маса. При скручуванні легко утворює джгутик. У разі згинання в кільце на його зовнішній стороні утворюються тріщини
0546	Глина	Якісна суцільна пластична липка маса. Джгутик легко згинається в кільце без тріщин

Таблиця 31. Назва і коди зложення (55)

Код	Тип ґрунту за показником зложення
0551	злите (дуже щільне)
0552	щільне
0553	ущільнене
0554	пухке
0555	розсипчасте

Таблиця 32. Назва і коди новоутворення (56)

Код	Походження	Групи речовин
0561	Хімічного походження	Легкорозчинні солі (NaCl, Na ₂ SO ₄ , MgCl ₂ , CaCl ₂ , та ін.)
0562		Гіпс (CaSO ₄ · 2H ₂ O)
0563		Вуглекисле вапно (CaCO ₃)
0564		Гідроксиди заліза, алюмінію, мангану
0565		Сполуки закисного заліза (FeCO ₃ , Fe ₃ (PO ₄) ₂ · 8H ₂ O)
0566		Кремнезем (SiO ₂)
0567		Гумусові речовини
0568	Біологічного походження	Копроліти хробаків та різноманітних личинок
0569		Червоточини
5610		Кротовини
5611		Дендрити
5612		Корневини

Таблиця 33. Назва і коди включень (57)

Код	Тип включень
0571	Органічні
0572	Мінеральні
0573	Антропогенні

Таблиця 34. Назва і коди характеру переходу в наступний горизонт за ступенем вираженості (58)

Код	Тип переходу між горизонтами	Опис ознаки
0581	різкий	межа між сусідніми горизонтами простежується чітко і може бути виділена на стінці розрізу ножем із відхиленням 1 см
0582	ясний	межа простежується із відхиленням у межах 1–3 см
0583	помітний	межа може бути виділена з відхиленням > 5 см

Таблиця 35. Назва і коди форми переходу в наступний горизонт (59)

Код	Форма переходу між генетичними горизонтами
0591	рівна
0592	хвиляста
0593	кишенькова
0594	язикувата
0595	затічна
0596	розмита
0597	пилкова
0598	штахетна

Таблиця 36. Назва і коди короткої назви ґрунту за гранулометричним складом (500)

Код	Коротка назва ґрунту за гранулометричним складом
5001	Піщаний
5002	Зв'язно-піщаний
5003	Супіщаний
5004	Легкосуглинковий
5005	Середньо-суглинковий
5006	Важкосуглинковий
5007	Легкоглинистий
5008	Середньоглинистий
5009	Важкоглинистий

Таблиця 37. Назва і коди методу визначення ґрунтового показника (100)

Код	Назва	Опис
1000	Назви ґрунту	Довідник класифікації ґрунтів України (2005)
1001	Назви ґрунту за WRB	Довідник класифікації ґрунтів WRB(2014)
1002	Забарвлення ґрунту	Шкала Манселла
1003	Індекс генетичного горизонту	Довідник класифікації Соколовського О. Н., Крупського М. К., Гринь Г. С.
1004	Індекс генетичного горизонту за міжнародною номенклатурою	Довідник класифікації ґрунтів WRB(2014)
1005	Структура ґрунту	Довідник класифікації Захарова С.О.
1006	Щільність твердої фази	Пікнометричний метод Качинського Н. А.
1007	Щільність будови	Буровим методом Качинського Н. А.

1008	Мікроагрегатний склад	Метод піпетки Качинського Н. А.
1009	Фактор дисперсності	Фактор дисперсності за Качинським
1010	Фактор структурності	Фактор структурності за Фагелером
1011	Показник мікроструктурності	Показник мікроструктурності за Дімо
1012	Число агрегації	Число агрегації за Пустовойтовим
1013	Ступінь агрегатності	Ступінь агрегатності за Бейвером і Родесом
1014	Структурно-агрегатний склад	Довідник класифікації Захарова С.О.
1015	Гранулометричний склад	Метод піпетки Качинського Н. А.
1016	Гумус	Метод загального вмісту органічного вуглецю Тюринна І.В.
1017	pH сольове	Потенціометричний метод
1018	pH водне	Потенціометричний метод
1019	Вибрані основи	Методом Каппена-Гільковіца
1020	Гідролітична кислотність	Методом титрування Г. Каппена

Додаток Д. Атрибутивні дані балу бонітету агровиробничих груп ґрунтів певного сільськогосподарського угіддя в межах Турківського природно-сільськогосподарського району

№ агрогрупи	Загальний бал по агрогрупі			
	Рілля	Сіножаті	Пасовища	Багаторічні насадження
18д	21		23	
141	2	2	2	
145	6	6	6	
158		3	5	
176в	22			
177Г		10	10	
178а	3			
178Г		10	9	
178д	9	10	9	
182в		15	15	12
182Г	15	15	15	12
182д	16	16	16	
183Г	6	6	6	
183д	6	6	6	
183е	6	6	6	
184д	4		4	
185б		19		
185в	19		19	
185Г	20	20	20	11
185д	20	20	20	11
185е	19			
185Гж	15	15		
185Гз	28		8	
185дж			15	
186в		9	9	
186Г	7	8	8	8
186д	8	9	9	
186е	8	8	8	
187в	15	16	16	3
187Г	15	16	16	3
187д	17	16	18	
188а		12		
188б		6		
188вж	10		11	
188вз	6		6	
191в	12	12	12	
191Г	12	13	12	12
191д	13	13	13	
191е	13	13	13	

191вж	11	11	11	
191гз	6	6	6	
191гк	6	6	6	
191гж		10		
191дз	6	10	6	
191еж		10	10	
191гж	10		10	
191дж	10		10	
192г	16	16	16	16
192д	17	17	17	17
192гж	14	14	14	
195в	8	8	8	
195г	9	9	9	9
195д	9	9	9	
195е	9	9	9	9
195гк	4	4	4	
195дж	8	8	8	
196в	10	10	10	
196г	11	11	11	11
196д	11	12	11	
196е	11		11	
196гж	10		10	
198в	10	10	10	
198г	11	11	11	11
198д	11	11	11	10
198е	11	11	11	
198вк	5	5	5	
198гк	5	5	5	
198гз	5	5	5	
198гж	9	9	9	
198дж	10	10	10	
198дз	5	5	5	
198еж	8	8	8	
199в	3	3	3	
199г	3	3	3	3
199д	4	4	4	
199е	4	4	4	
199гж	3	3	3	
199гз	2		2	
199дж	3	3	3	
199дк	2	2	2	
215	2	3	3	3
218	2	2	2	2
219	2	2	2	2

Додаток Е. Легенда до векторної ґрунтової карти України
Дерново-підзолисті ґрунти на давньоалювіальних, водно льодовикових відкладах

1	Дерново-прихованопідзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти (борові піски)
2	Дерново-слабо- і середньо підзолисті піщані та глинисто-піщані ґрунти
3	Дерново-слабопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти
4	Дерново-середньопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти
5	Дерново-середньопідзолисті супіщані і суглинкові ґрунти, в тому числі: слабозмиті 1,0%, середньозмиті 0,9%

Дерново-підзолисті оглеєні ґрунти на давньоалювіальних, водно льодовикових відкладах та делювіальних суглинках

6	Дерново-прихованопідзолисті і слабопідзолисті глеюваті піщані і глинисто-піщані ґрунти
7	Дерново-слабопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові ґрунти
8	Дерново-середньо-і сильнопідзолисті глеюваті супіщані і суглинкові ґрунти, в тому числі: сильнозмиті 5,5%
9	Дерново-слабопідзолисті глейові піщані і глинисто-піщані ґрунти
10	Дерново-середньо-і сильнопідзолисті глейові супіщані і суглинкові ґрунти
11	Дерново-підзолисті сильно глейові ґрунти
12	Дерново-підзолисті оглеєні вторинно карбонатні ґрунти (лише в комплексі)
13	Дерново-середньо-і сильнопідзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти, в тому числі: слабо змиті 7,7%, середньо змиті 3,8%
14	Дерново-середньо-і сильнопідзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти, в тому числі: слабо змиті 4,8%, середньо змиті 0,7%, сильнозмиті 0,1 %

Підзолисто-дернові ґрунти

15	Підзолисто-дернові ґрунти
16	Підзолисто-дернові оглеєні ґрунти, в тому числі: слабо змиті – 1,2%, середньозмиті – 1,1%

Опідзолені ґрунти переважно на лесових породах

17	Ясно-сірі опідзолені ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 13,3%, середньозмиті – 13,4%
18	Сірі опідзолені ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 13,5%, середньозмиті – 7,2%, сильнозмиті 1,7%
19	Темно-сірі опідзолені ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 12,6%, середньозмиті – 4,5%, сильнозмиті 4,1%

20	Чорноземи опідзолені, в тому числі: слабозмиті – 4,5%, середньозмиті – 4,0%, сильнозмиті 2,8%
Опідзолені оглеєні ґрунти переважно на лесових породах	
21	Ясно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 20,3%, середньозмиті – 3,9%, сильнозмиті 1,0%
22	Сірі опідзолені оглеєні ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 18,0%, середньозмиті – 5,6%, сильнозмиті 2,9%
23	Темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 12,8%, середньозмиті – 5,3% , сильнозмиті 0,9%
24	Чорноземи опідзолені оглеєні, в тому числі: слабозмиті – 10,5%, середньозмиті – 2,8%, сильнозмиті 0,5%
25	Сірі опідзолені осолоділі ґрунти (лише в комплексі)
26	Темно-сірі осолоділі опідзолені ґрунти
27	Чорноземи опідзолені осолоділі
Реградовані ґрунти переважно на лесових породах	
28	Сірі реградовані ґрунти, в тому числі: слабозмиті 54,6%, середньозмиті 12,2%
29	Темно-сірі реградовані ґрунти, в тому числі: слабозмиті 16,7%, середньозмиті 12,5%
30	Чорноземи реградовані, в тому числі: слабозмиті 14,1%, середньозмиті 4,2%, сильнозмиті 1,4%
Чорноземи неглибокі лісостепові переважно на лесових породах	
31	Чорноземи неглибокі слабогумусовані, в тому числі: слабозмиті 17,8%, слабо-та середньозмиті 8,2%-9,0%, сильнозмиті 5,7%
32	Чорноземи неглибокі слабогумусні карбонатні, в тому числі: слабозмиті 1,2%, середньозмиті 4,2%
33	Чорноземи неглибокі слабогумусні вилуговані
34	Чорноземи неглибокі малогумусні, в тому числі: слабозмиті 9,4%, середньозмиті 14,5%, сильнозмиті 7,0%
35	Чорноземи неглибокі малогумусні карбонатні, в тому числі: слабозмиті 5,9%, середньозмиті 2,2%
36	Чорноземи неглибокі малогумусні вилуговані, в тому числі: слабозмиті 4,7%
Чорноземи глибокі переважно на лесових породах	
37	Чорноземи глибокі слабо гумусні, в тому числі: слабозмиті 18,7%, середньозмиті 13,8%
38	Чорноземи глибокі слабогумусні карбонатні, в тому числі: слабозмиті 15,3%, середньозмиті 14,7%
39	Чорноземи глибокі слабогумусні вилуговані
40	Чорноземи глибокі малогумусні
41	Чорноземи глибокі малогумусні карбонатні, в тому числі: середньозмиті 2,2%

- 42 Чорноземи глибокі малогумусні вилугувані
- 43 Чорноземи глибокі середньогумусні, в тому числі: слабозмиті 36,9%, середньозмиті 3,1%, середньо-та сильnozмиті 1,1%, сильnozмиті 0,3%
- 44 Чорноземи глибокі середньогумусні карбонатні
- 45 Чорноземи глибокі середньогумусні вилугувані
- Чорноземи звичайні переважно на лесових породах**
- 46 Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі, в тому числі: слабозмиті 32,3%, середньозмиті 5,6%, середньо-та сильnozмиті 3,3%, сильnozмиті 2,4%
- 47 Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі карбонатні
- 48 Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі вилугувані
- 49 Чорноземи звичайні малогумусні глибокі, в тому числі: слабозмиті 56,7% середньозмиті 16,7%, середньо-та сильnozмиті 0,3%, сильnozмиті 7,9%
- 50 Чорноземи звичайні малогумусні глибокі вилугувані
- 51 Чорноземи звичайні середньогумусні, в тому числі: слабозмиті 53,2%, слабо- та середньозмиті 1,6%, середньозмиті 8,1%, середньо-та сильnozмиті 0,3%, сильnozмиті 4,8%
- 52 Чорноземи звичайні середньогумусні карбонатні (лише в комплексі)
- 53 Чорноземи звичайні середньогумусні вилугувані
- 54 Чорноземи звичайні малогумусні, в тому числі: слабозмиті 44,2%, середньозмиті 9,4%, середньо-та сильnozмиті 10,9%, сильnozмиті 6,6%
- 55 Чорноземи звичайні малогумусні карбонатні, в тому числі: середньозмиті - 68,9%, сильnozмиті - 28,8%
- 56 Чорноземи звичайні малогумусні вилугувані
- 57 Чорноземи звичайні малогумусні, неглибокі в тому числі: слабозмиті 42,9%, слабо- та середньозмиті 0,3%, середньозмиті 10,9%, середньо-та сильnozмиті 0,8%, сильnozмиті 5,0%
- 58 Чорноземи звичайні малогумусні неглибокі карбонатні, в тому числі: слабозмиті 46,7%
- 59 Чорноземи звичайні малогумусні, неглибокі вилугувані
- Чорноземи звичайні міцелярно-карбонатні на лесових породах**
- 60 Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі міцелярно-карбонатні, в тому числі слабозмиті - 24,4%
- 61 Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі міцелярно-висококарбонатні, в тому числі слабозмиті - 24,4%, середньозмиті - 21,9%, сильnozмиті - 7,3%
- 62 Чорноземи звичайні малогумусні глибокі міцелярно-карбонатні, в тому числі слабозмиті - 39,7%

- 63 Чорноземи звичайні малогуmusні глибокі міцелярно-висококарбонатні, в тому числі слабозмиті - 39,0%, середньозмиті - 22,0%, сильнозмиті - 8,6%
- 64 Чорноземи звичайні малогуmusні міцелярно-карбонатні, в тому числі слабозмиті - 42,5%

- 65 Чорноземи звичайні малогуmusні міцелярно-карбонатні, в тому числі слабозмиті - 37,7%, середньозмиті - 26,2%, сильнозмиті - 3,8%
- 66 Чорноземи звичайні малогуmusні неглибокі міцелярно-карбонатні, в тому числі слабозмиті - 34,8%
- 67 Чорноземи звичайні малогуmusні неглибокі міцелярно-карбонатні, в тому числі середньозмиті - 41,1%, сильнозмиті 8,2%

Чорноземи південні на лесах

- 68 Чорноземи південні малогуmusні, в тому числі: слабозмиті - 33,6%, середньозмиті - 9,4%, сильнозмиті - 2,9%
- 69 Чорноземи південні слабогуmusовані
- 70 Чорноземи південні слабогуmusовані міцелярно-карбонатні, в тому числі: слабозмиті - 16,0%
- 71 Чорноземи південні слабогуmusовані міцелярно-карбонатні, в тому числі: слабозмиті - 30,9%, середньозмиті - 5,9%, сильнозмиті - 1,1%

Чорноземи на щільних глинах

- 72 Чорноземи на щільних глинах
- 73 Чорноземи солонцюваті на щільних засолених глинах

Чорноземи переважно щебенюваті на елювії твердих некарбонатних порід

- 74 Чорноземи переважно щебенюваті на елювії масивно-кристалічних порід, в тому числі: слабозмиті 22,9%, середньозмиті 54,3%, сильнозмиті 22,8%
- 75 Чорноземи переважно щебенюваті на елювії піскувато-глинистих і глинистих сланців, в тому числі: слабозмиті - 32,5%, середньозмиті - 31,0%, сильнозмиті - 24,0%
- 76 Чорноземи переважно щебенюваті на елювії пісковиків, в тому числі: слабозмиті - 32,0%, середньозмиті - 6,1%, сильнозмиті - 5,2%
- 77 Чорноземи на щільних глинах

Чорноземи переважно щебенюваті на елювії карбонатних і окарбонатованих порід

- 78 Чорноземи карбонатні на елювії карбонатних порід
- 79 Чорноземи переважно карбонатні щебенюваті і рінякові на елювії щільних і рінякових карбонатних і окарбонатованих порід, в тому числі: слабозмиті - 15,7%, середньозмиті - 6,7%, сильнозмиті - 0,8%

Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти

- 80 Чорноземні глинисто-піщані та супіщані ґрунти
- 81 Чорноземи залишково-солонцюваті і осолоділі переважно на лесових породах Чорноземи глибокі залишково-глибоко-слабосолонцюваті, в тому числі: слабозмиті - 30,2%, середньозмиті - 36,6%, сильнозмиті - 19,9%

82	Чорноземи звичайні залишково-глибоко-слабосолонцюваті, в тому числі: слабозмиті - 27,1%, середньозмиті - 31,0%, сильнозмиті - 12,3%
83	Чорноземи південні залишково-глибоко-слабосолонцюваті, в тому числі: слабозмиті - 5,5%, середньозмиті - 0,6%
Чорноземи солонцюваті і осолоділі переважно на лесових породах	
84	Чорноземи осолоділі
85	Чорноземи глибокі слабосолонцюваті
86	Чорноземи глибокі середньо- і сильносолонцюваті, в тому числі: слабозмиті 32,8%, середньозмиті - 5,4%
87	Чорноземи звичайні слабо- і середньосолонцюваті
88	Чорноземи південні слабо - і середньосолонцюваті, в тому числі: слабозмиті - 2,3%
89	Чорноземи слабосолонцюваті на елювії некарбонатних дочетвертинних порід, в тому числі: слабозмиті - 58,2%, середньозмиті - 4,1%
90	Чорноземи середньо- і сильносолонцюваті на елювії некарбонатних дочетвертинних порід, в тому числі: слабозмиті - 29,1%, середньозмиті - 17,4%, сильнозмиті - 19,0%
91	Чорноземи солонцюваті на елювії карбонатних порід, в тому числі: слабозмиті - 58,9%, середньозмиті - 17,6%, сильнозмиті - 9,0%
92	Чорноземи передгірські карбонатні на елювії та делювії щільних карбонатних порід, в тому числі: слабозмиті - 35,3%, середньозмиті - 6,0%, сильнозмиті - 4,2%
93	Чорноземи передгірські вилуговані на різних породах, в тому числі: слабо-та середньозмиті - 23,7%, середньозмиті - 1,8%
94	Чорноземи передгірські солонцюваті переважно на щільних засоленних глинах
Лучно-чорноземні ґрунти переважно на лесовидних породах	
95	Лучно-чорноземні ґрунти
96	Лучно-чорноземні карбонатні ґрунти
97	Лучно-чорноземні вилугувані і опідзолені ґрунти
98	Лучно-чорноземні вилугувані і опідзолені ґрунти
99	Лучно-чорноземні поверхнево-слабосолонцюваті ґрунти (лише в комплексі)
100	Лучно-чорноземні поверхнево- середньо- і сильносолонцюваті ґрунти
101	Лучно-чорноземні глибоко-слабосолонцюваті ґрунти
102	Лучно-чорноземні глибоко- середньо- і сильносолонцюваті ґрунти
103	Лучно-чорноземні осолоділі ґрунти (лише в комплексі)
Мочарні і мочалисті ґрунти	
95, 97	Мочаристі ґрунти

19L+95 Мочаристі ґрунти в комплексі

Темно-каштанові ґрунти переважно на лесових породах

104 Темно-каштанові залишково слабо і середньосолонцюваті, в тому числі: слабозмиті 59,3%

105 Темно-каштанові солонцюваті ґрунти на важких засолених глинах, в тому числі: слабозмиті 3,6%, слабо- та середньозмиті 4,3%

106 Темно-каштанові слабо- і середньосолонцюваті ґрунти, в тому числі: слабозмиті - 3,8%, слабо- та середньозмиті - 1,2%, середньозмиті 1,4%

Каштанові ґрунти

107 Каштанові залишково-середньо - і сильносолонцюваті ґрунти, в тому числі: слабозмиті - 10,3%

108 Каштанові середньо- і сильносолонцюваті ґрунти

Лучно-каштанові ґрунти

109 Лучно-каштанові ґрунти (лише в комплексі)

110 Лучно-каштанові солонцюваті ґрунти

Лучні ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах

111 Чорноземно-лучні ґрунти

112 Чорноземно-лучні поверхнево-слабосолонцюваті ґрунти

113 Чорноземно-лучні поверхнево- середньо- і сильносолонцюваті ґрунти

114 Чорноземно-лучні глибоко-слабосолонцюваті ґрунти

115 Чорноземно-лучні глибоко-середньо- та сильносолонцюваті ґрунти

116 Чорноземно-лучні вилугувані і опідзолені ґрунти

117 Каштаново-лучні солонцюваті ґрунти

118 Лучні ґрунти

119 Лучні карбонатні ґрунти

120 Лучні карбонатні ґрунти на елювії щільних карбонатних порід

121 Лучні глейові ґрунти

122 Лучні та дернові карбонатні глейові ґрунти

123 Лучні та дернові карбонатні глейові ґрунти

124 Лучні опідзолені та лучні опідзолені оглесні ґрунти

125	Лучні поверхнево-слабосолонцюваті ґрунти
126	Лучні поверхнево- середньо і сильносолонцюваті ґрунти
127	Лучні глибоко-слабосолонцюваті ґрунти
128	Лучні глибоко- середньо- і сильносолонцюваті ґрунти
129	Лучні солонцюваті осолоділі ґрунти
130	Лучні та дернові шаруваті ґрунти

Лучно-болотні ґрунти на алювіальних та делювіальних відкладах

131	Лучно-болотні ґрунти
132	Лучно-болотні солонцюваті ґрунти (тільки в комплексі)

Болотні і торфово-болотні ґрунти на різних породах

133	Болотні ґрунти
134	Болотні солонцюваті ґрунти (тільки в комплексі)
135	Торфувато-болотні ґрунти
136	Торфово-болотні ґрунти

Торфовища

137	Торфовища верхові і перехідні
138	Торфовища низинні
139	Торфовища низинні залізисті (лише в комплексі)
140	Торфовища низинні карбонатні

Солонці і солончаки

141	Солонці степові
142	Солонці лучно-степові
143	Солонці лучні
144	Солончаки і солончаковий мул

Солоді

145	Солоді лучні та дернові
146	Солоді болотні

Глейові ґрунти подів і западин

147	Лучно-чорноземні глейові карбонатні ґрунти
148	Лучно-чорноземні глее- осолоділі ґрунти
149	Лучно-чорноземні глеюваті солонцюваті-осолоділі ґрунти (лише в комплексі)
150	Лучно-чорноземні глее-осолоділі ґрунти
151	Лучно-темнокаштанові глеюваті солонцюваті-осолоділі ґрунти
152	Лучно-каштанові глейові солонцюваті-осолоділі ґрунти
153	Дернові глее-осолоділі ґрунти
154	Дернові глейові солонцюваті-осолоділі ґрунти
155	Глее-осолоділі ґрунти
156	Солонці осолоділі (лише в комплексі)

Дернові ґрунти

157	Дернові малорозвинені піщані і глинисто-піщані ґрунти
158	Дернові розвинені піщані і глинисто-піщані ґрунти
159	Дернові оглеєні піщані і глинисто-піщані ґрунти
160	Піски слабо задерновані слабогумусовані і негумусовані
161	Дернові супіщані і суглинкові ґрунти
162	Дернові оглеєні супіщані і суглинкові ґрунти
163	Дернові еродовані суглинкові ґрунти
164	Дернові ґрунти на елювії некарбонатних порід
165	Дернові карбонатні ґрунти на елювії щільних карбонатних порід, в тому числі: слабозмиті – 25,1%, середньозмиті – 4,0%, сильнозмиті 4,1%
166	Дернові солонцюваті ґрунти
167	Дернові опідзолені ґрунти
168	Дернові опідзолені оглеєні ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 6,6%, середньозмиті – 3,8%

Гірські лучні ґрунти на елювії-делювії щільних порід

169	Гірські лучні ґрунти на елювії-делювії щільних порід, в тому числі: слабозмиті – 5,9%, середньозмиті – 13,2%, сильнозмиті 49,1%
170	Гірські оторфовані щебенюваті ґрунти на елювії щільних порід

Буроземно-підзолисті ґрунти

- 171 Буроземно-підзолисті ґрунти
- 172 Буроземно-підзолисті поверхнево-оглеєні ґрунти
- 173 Буроземно-підзолисті глеюваті та глейові ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 21,3%,
- Бурі гірсько-лісові переважно щебенюваті ґрунти на делювії –елювії щільних порід**
- 174 Бурі гірсько-лісові середньоглибокі і глибокі переважно щебенюваті ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 23,5%, середньозмиті – 0,5%, сильнозмиті 0,7%
- 175 Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 22,3%, середньозмиті – 10,5%
- 176 Бурі гірсько-лісові неглибокі щебенюваті насичені ґрунти, в тому числі: слабозмиті - 15,3%, середньозмиті - 15,7%, середньо-та сильнозмиті - 58,7%
- 177 Бурі гірсько-лісові середньоглибокі і глибокі опідзолені ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 12,1%
- 178 Бурі гірсько-лісові середньо глибокі і глибокі опідзолені оглеєні ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 37,6%, середньозмиті – 2,9%, сильнозмиті 0,1%
- 179 Бурі гірсько-лісові оглеєні ґрунти, в тому числі: слабозмиті – 100%
- 180 Темно-бурі і бурі гірські застеопвілі ґрунти, в тому числі: слабозмиті - 12,4%, слабо- та середньозмиті - 26,0%, середньозмиті - 8,4%, середньо- та сильнозмиті 1,8%, сильнозмиті - 19,2%

Дерново-буроземні ґрунти на різних породах

- 181 Дерново-буроземні глибокі ґрунти, в тому числі: слабозмиті 15,2%, середньозмиті 4,7%
- 182 Дерново-буроземні неглибокі ґрунти
- 183 Дерново-буроземні оглеєні ґрунти
- 184 Дерново-буроземні опідзолені ґрунти
- 185 Дерново-буроземні опідзолені ґрунти
- 186 Дерново-буроземні опідзолені глейові ґрунти

Лучно-буроземні ґрунти на алювіальних і делювіальних відкладах, підстильних річчяками

- 187 Лучно-буроземні ґрунти
- 188 Лучно-буроземні ґрунти
- 189 Лучно-буроземні глейові ґрунти

Глибокодерново-буроземні (чорноземовидні) ґрунти на елювії –делювії корінних порід

190

Глибокодерново-буроземні (чорноземовидні) ґрунти (лише в комплексі)

Коричневі гірські ґрунти сухих лісів і чагарників щепенюваті на елювії-делювії корінних порід

191

Коричневі гірські некарбонатні ґрунти, в тому числі: середньозмиті - 38,9%, сильнозмиті - 35,9%

192

Коричневі гірські карбонатні ґрунти, в тому числі: слабозмиті - 7,8%, слабo-тасередньозмиті - 10,0%, середньозмиті - 4,3%, середньо- та сильнозмиті - 41,8%

193

Коричневі гірські солонцюваті ґрунти, в тому числі: середньо- та сильнозмиті 45,7%

194

Глибокодерново-буроземні (чорноземовидні) ґрунти (лише в комплексі)

195

Зольні ґрунти

196

Виходи порід

197

Розмиті ґрунти

198

Зсуви

Ґрунтові комплекси

9F+162ald

Дерново-слабопідзолисті глейові піщані і глинисто-піщані ґрунти на водно льодовикових відкладах і дернові оглеєні супіщані і суглинкові ґрунти на сучасному алювії та делювії.

162+3+133
F

дернові оглеєні супіщані і суглинкові, дерново-слабопідзолисті супіщані і

244+118ald

суглинкові та болотні ґрунти на водно льодовикових відкладах
Лучні ґрунти на сучасному алювії та делювії.178+182ed
ht

Бурі гірсько-лісові середньо глибокі і глибокі опідзолені оглеєні ґрунти, дерново-буроземні неглибокі ґрунти на елювії-делювії, сланцях та пісковиках

30+42

Чорноземи реградовані та чорноземи глибокі малогумусні вилугувані

18+23L

Сірі опідзолені ґрунти, темно-сірі опідзолені оглеєні ґрунти на лесах і лесовидних породах

20+18+197
I.

Чорноземи опідзолені, сірі опідзолені, розмиті ґрунти на лесах і лесовидних породах

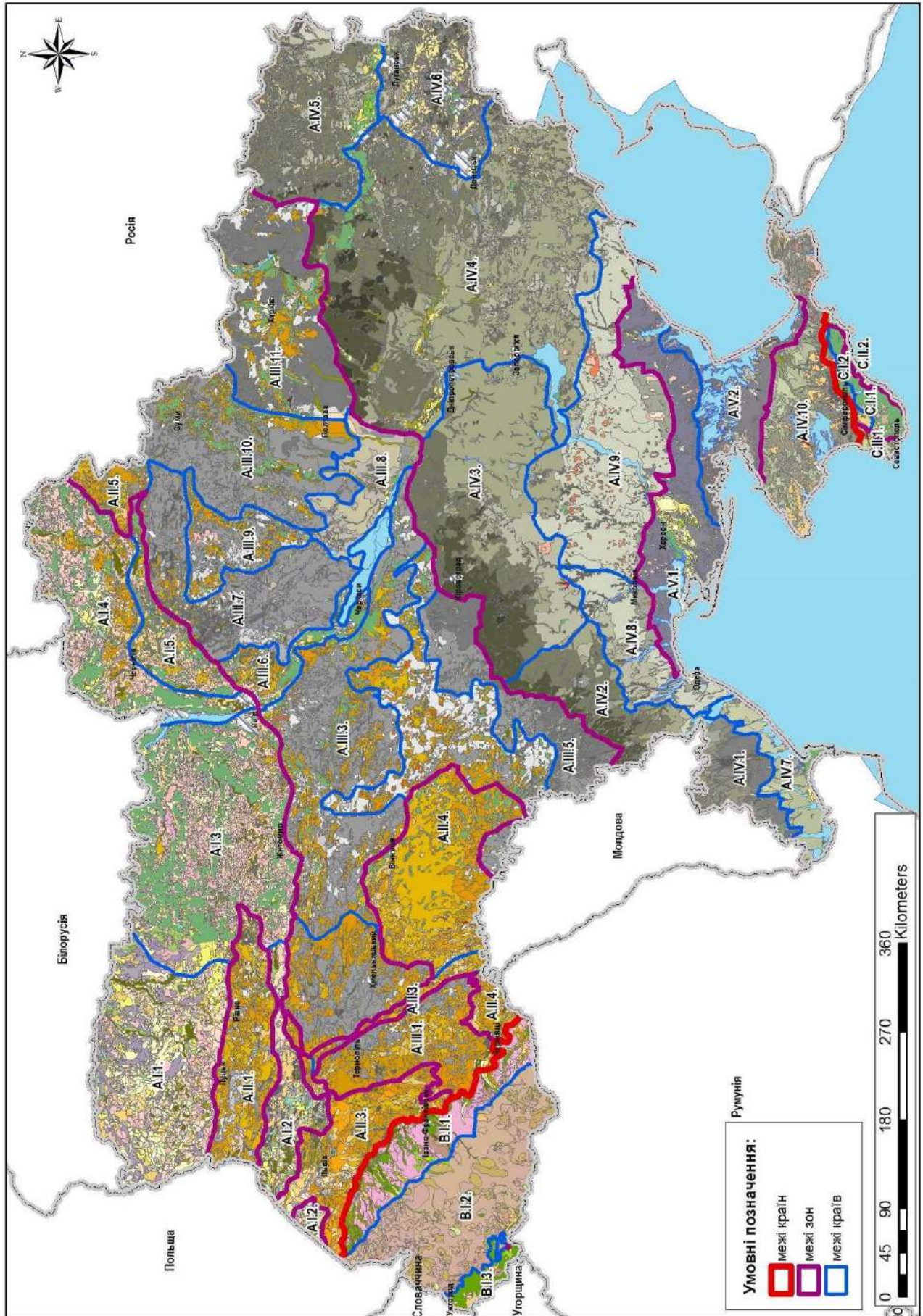
20+18-L

Чорноземи опідзолені, сірі опідзолені ґрунти на лесах і лесовидних породах

40+41-L+138

Чорноземи глибокі малогумусні, чорноземи глибокі малогумусні карбонатні на лесах і лесовидних породах та торфовища низинні

Додаток Є. Грунтово-географічне районування України



Додаток Ж. Словник термінів

Автоматизоване картографування (Automated Mapping (AM)).

Комп'ютерна графічна система, з допомогою якої здійснюється управління базою атрибутивних даних пов'язаних з об'єктами відображеними на карті. Основними властивостями AM системи є зберігання, пошук, відновлення, маніпулювання та відображення картографічної інформації. AM системи часто не володіють можливостями просторового аналізу.

Атрибут – описова характеристика об'єкта. Атрибут містить інформацію, яка відповідає запитам: що, де, розмір, кількість, коли тощо. Картографічні (або графічні) атрибути описують способи відображення інформації на карті (колір, довжина, висота, ширина тощо), в той час як неграфічні атрибутивні дані описують властивості картографічних об'єктів (що це є, його якість, історія тощо).

База даних (Data Base). Сукупність даних, організованих за певними правилами, які регулюють особливості опису, зберігання та маніпулювання даними. Зберігання даних в базі даних забезпечує централізоване управління ними, дотримання стандартів, безпеку та цілісність даних. База даних складається з більше ніж один файл даних.

Вектор – 1. Величина, яка характеризується числовим значенням та напрямком. 2. Направлений сегмент.

Вербальний набір даних розкриває і передає смисловий зміст даних для використання в середовищі візуально доступних форм комунікації. Вербальний набір даних описується атрибутами.

Вторинними або розрахунковими будемо назвати дані, отримані в результаті будь-якої обробки первинних або вимірних даних.

Географічна інформаційна система (GIS) – інформаційна система, яка забезпечує збір, зберігання, опрацювання, доступ, відображення та поширення просторових даних. За територіальних охопленням ГІС поділяють на: глобальні або планетарні (global GIS), субконтинентальні ГІС, національні ГІС, регіональні ГІС (regional GIS), локальні або місцеві ГІС (local GIS). Також ГІС

відрізняються за предметною областю інформаційного моделювання, наприклад міські або муніципальні ГІС (urban GIS), природоохоронні ГІС (environmental GIS) тощо.

Геоінформаційні технології – технологічна основа створення ГІС, яка дозволяє реалізувати функціональні можливості ГІС.

Дані – це розрізнені і зафіксовані факти предметної області, отримані шляхом спостереження, вимірювання, логічних або арифметичних операцій і представлені у формалізованому вигляді, придатному для постійного зберігання, передачі і обробки в деякому інформаційному процесі.

Джерело даних – текстовий або графічний документ, що містить дані, переведені в електронну форму збереження.

Домен - частина простору ієрархічних імен мережі Інтернет, що обслуговується групою серверів системи доменних імен та централізовано адмініструється.

Значення – це іменована кількісна або якісна міра ступеня (величини інтенсивності або форми) прояву властивості ґрунтового об'єкта. Якщо значення показника є кінцевим і зафіксовано в таблиці значень Value, тоді такий показник властивості ґрунту будемо називати зв'язковим. В електронній формі ім'я кожного такого значення пов'язується із ідентифікатором ID_Value. В інших випадках в якості значення використовують набір символів або текст, який вводить користувач. З урахуванням специфіки електронного зберігання даних, показники поділяють на:

- цілі числа - показники, значення яких описують цілими числами;
- дробові числа - показники, значення яких описується числом з плаваючою комою;
- символні - показники, значення яких описують довільним текстом, що вводить з клавіатури.

Ідентифікатор ґрунтового об'єкта (ID_Object) – унікальний числовий ідентифікатор, який визначає об'єкт бази даних. Ієрархічна форма подання

описує ґрунтові об'єкти як відносини батьківських [Parent], дочірніх [Object] і типів об'єкта [ID_ObjectType].

Ієрархічний рівень – унікальний ідентифікатор, який визначає положення об'єкта в ієрархічному дереві елементів будови ґрунтового тіла. У цій моделі вертикальна будова ґрунту описується трирівневої ієрархією об'єктів (ID_Level = 1, 2,3), а кожне дерево об'єктів конкретного ґрунту виділено як самостійний об'єкт нульового рівня – ґрунтовий розріз (ID_Level = 0).

Іменований об'єкт – об'єкт, що має індивідуальне ім'я, яке є значенням показника батьківського об'єкта, тобто об'єкта вищого рівня, і характеризується власним набором показників властивостей.

Індекс – числовий або символічний покажчик, який використовується для впорядкування та встановлення зв'язків між об'єктами бази даних.

Індексація – метод упорядкування та встановлення зв'язків між інформаційними об'єктами з використанням індексів.

Інформаційна модель – модель об'єкта, процесу або явища, в якій представлені інформаційні аспекти модельованого об'єкта, процесу або явища.

Інформаційна система – організаційно впорядкована сукупність документів (масивів документів) та інформаційних технологій, в тому числі з використанням засобів обчислювальної техніки, що виконують інформаційні процеси. Інформаційні системи призначені для зберігання, обробки, пошуку, розповсюдження, передачі та надання інформації.

Елемент даних – умовно неподільний інформаційний елемент, що є мінімальною структурною одиницею інформації.

Класифікатор – систематизований перелік найменувань і кодів елементів деякої множини (показників, методів, значень), який формує структуру даних з визначеним позиціонуванням елементу і можливістю додаткової структуризації подібних елементів.

Код – символ, знак або сукупність знаків, що присвоюється інформаційному елементу, об'єкту або даним з метою їх ідентифікації або встановлення зв'язків між елементами, об'єктами або даними.

Координати ґрунтового об'єкта (або ґрунтові координати) - значення ідентифікаторів ID_Profile, ID_Layer, ID_Morphon тощо, що вказують положення ґрунтового об'єкта на профільних осях ґрунтової системи координат відносно об'єкта розріз.

Кратність показника – характеристика, що показує потенційну можливість використання декількох значень одного і того ж показника при описі одного і того ж ґрунтового об'єкта.

Метадані – сукупність елементів даних і специфікацій, що представляють собою опис даних інформаційної моделі для цілей їх ідентифікації, пошуку, оцінки і управління в середовищі електронних форм зберігання даних.

Мінімальна інформаційна ґрунтова одиниця – набір ідентифікаторів, що пов'язують індексований показник властивості ґрунту і описуваний ґрунтовий об'єкт. Інакше кажучи, мінімальна інформаційна ґрунтова одиниця = індексований показник властивості ґрунту + ідентифікатор ґрунтового об'єкта + тип об'єкту.

Модель даних – сукупність методів зберігання і операцій для роботи з даними, збереженими в електронному вигляді. У цій роботі використовується реляційна модель даних.

Об'єкт - елемент ієрархічної будови або частина ґрунту, яка характеризується будь-яким показником якості ґрунту в цілому, незалежно від його внутрішньої будови (як умовно однорідна частина ґрунтового тіла, єдине ціле).

Оверлейнові операції – процедура накладання тематичних (двох або більше) шарів, в результаті чого відбувається генерація похідних об'єктів, які виникають при геометричному накладанні та привласненні похідних атрибутів.

Реляційна модель даних – метод зберігання і виконання операцій з даними, побудований на реляційній алгебрі. Дані в реляційній моделі зберігаються як набір сутностей, а зв'язок між ними як набір відносин.

Структура бази даних – принцип або порядок організації записів в базі даних і зв'язків між ними.

Структура даних – організаційна схема записів, відповідно до яких впорядковані дані з метою їх інтерпретації і виконання певних операцій.

Уніфікація – однакове застосування правил формалізації до однорідних понять предметної області.

Формалізація – система правил перекладу понять і законів досліджуваної предметної області на мову, що допускає можливість використання формально-логічного апарату для її опису.

Цифрова модель рельєфу (Digital terrain model) – засіб цифрового представлення трьохвимірних просторових об'єктів (поверхонь, рельєфу) у вигляді трьохвимірних даних, як сукупності висотних відміток або відміток глибин, чи інших значень аплікату (координати Z) в вузлах регулярної сітки з утворенням матриці висот (Altitude matrix), нерегулярної трикутної сітки (TIN), сукупності записів горизонталей (ізогіпс, ізобат).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

Монографії

1. Ямелинець Т. С., Кіт М. Г. Просторовий аналіз деградаційних процесів сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу: монографія. Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2007. 204 с. (9,22 д. а.) (Особистий внесок 8,12 д. а.).

2. Гаськевич В., Паньків З., Папіш І., Ямелинець Т. Ґрунти // Львівська область: природні умови і ресурси: монографія / за заг. ред. М. М. Назарука. Львів : Видавн. Старого Лева, 2018. С. 117–156. (2,48 д. а.) (Особ. вн. 0,90 д. а.).

Наукові праці у фахових виданнях України

3. Ямелинець Т.С., Елбакідзе М.М., Завадович О.М. Методичні аспекти інвентаризації зелених зон урбанізованих територій (на прикладі регіонального ландшафтного парку «Знесіння») // Вісник Львівського ун-ту. Серія географ. 2005. Вип. 32. С. 42–58. (0,58 д. а.) (Особ. вн.: 0,30 д. а.).

4. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів Західного Лісостепу України та критерії її оцінки // Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки: зб. наук. пр. Серія: Географія. 2006. № 2 С. 165–171. (0,36 д. а.)

5. Ямелинець Т. С., Телегуз О. Г. Застосування ГІС при дослідженні впливу геоморфологічного чинника на потенційну ерозійну небезпеку сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: Географія. 2012. Вип. 32. № 2. С. 33–40. (0,45 д. а.) (Особ. внесок: 0,35 д. а.).

6. Ямелинець Т. С. Ерозійна деградація сірих лісових ґрунтів та взаємозв'язок з іншими типами деградації в межах Західного регіону України // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. Вип. 44. 2013. С. 388–397. (0,45 д. а.)

7. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. Історичний аспект та проблеми вивчення структури ґрунтового покриву // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: Географія. 2016. Вип. 40. № 1. С. 30–36. (0,71 д. а.) (Особ. внесок: 0,45 д. а.).

8. Ямелинець Т.С. Федотіков М.О. The elementary soil areas of the Mykolaiv-Horodok Opillia // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 2016. Вип. 50. С. 386–394. (0,56 д. а.) (Особистий внесок: 0,35 д. а.).

9. Ямелинець Т.С., Папіш І.Я., Позняк С.П., Іванюк Г.С. Ґрунтово-географічне районування Українського Полісся // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка. Серія: Географія. 2016. Вип. 41. № 2. С. 31–42. (1,25 д. а.) (Ос.вн.:0,45д. а.).

10. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. The soil cover structure and elementary soil areas of the Opillia // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 2017. Вип. 51. С. 390–398. (0,65 д. а.) (Особ. вн.: 0,35 д. а.).

11. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. Характеристика елементарних ґрунтових ареалів Ходорівсько-Бучацького Опілля // Вісник Київського нац. ун-ту. Серія: Фізична географія та геоморфологія. 2017. Вип. 3 (87). С. 127–134. (0,65 д. а.) (Ос.вн.:0,40д. а.).

12. Ямелинець Т.С. Позняк. С.П., Папіш І.Я., Іванюк Г.С. Ґрунтово-географічне районування Львівської області: структура та принципи // Вісник Львівського ун-ту. Серія географічна. 2018. Вип. 52. С. 251–265. (1,24 д. а.) (Особ. внесок: 0,55 д. а.).

13. Ямелинець Т. С., Позняк С.П., Папіш І. Я., Іванюк Г.С. Ґрунтово-географічне районування широколистяно-лісової ґрунтово-біокліматичної зони України // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: географія. 2019. Вип. 46. № 1 С. 26–39. (1,15 д. а.) (Особистий внесок: 0,49 д. а.).

14. Ямелинець Т.С. Історичні етапи формалізації ґрунтових даних і трансформація ґрунтової карти як інформаційної моделі даних про ґрунт // Наук. зап. Терноп. нац. пед. ун-ту ім. В.Гнатюка. Серія: географ. 2020. Вип. 48. № 1. С. 32–42 DOI:<https://doi.org/10.25128/2519-4577.20.1.4> (1,06 д. а.)

15. Ямелинець Т. С., Позняк С. П., Паньків З. П., Гавриш Н. С. Інвестиційна привабливість ґрунтів Карпатського регіону України // Український географічний журнал. 2020. № 1. С. 26–34. (*Scopus*) (0,80 д. а.) (Особистий внесок: 0,40 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. 2013. № 40 (2). P. 157–166. (*Scopus, Q1*) (1,26 д. а.) (Особистий внесок: 0,35 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*. 2017. № 24 (1–2). P. 41–58. (*Scopus, Q2*) (1,96 д. а.) (Ос.вн.: 1,00 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*. 2017. Vol. 168. P. 72–83. (*Scopus, Q1*) (1,36 д. а.) (Особ. вн.: 0,45 д. а.).

19. Yamelynets, T. 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. Vol. 193, P. 300–311. (*Scopus, Q1*) (1,98 д. а.) (Особистий внесок: 0,50 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*. 2019. №34 P. 1–24 (*Scopus, Q1*) (2,23 д. а.) (Особистий внесок: 0,45 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., Uhlianešs S., Yamelynets T., Zhivotov A., Angelstam P. // *Journal of Environmental Management*. 2018. Vol. 218 P. 1–13. (*Scopus, Q1*) (2,03 д. а.) (Особистий внесок: 0,33 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. Vol. 10, №6. P. 1–23 (*Scopus, Q2*) (2,34 д. а.) (Особистий внесок: 0,55 д. а.).

23. Pankiv Z., Malyk S., Yamelynets T. Diagnostic criteria for lessivage of profile-differentiated soils of the Precarpathian region (Ukraine) // *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*. 2019. Vol. 70. Iss. 4. P. 189–207 (*Scopus*) (0,64 д. а.) (Особистий внесок: 0,25 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. Vol. 9. № 5. P. 1–27 (*Scopus, Q2*) (2,71 д. а.) (Особистий внесок: 0,75 д. а.).

25. Yamelynets T., Pankiv Z. Ferrum concretions forms in the mollic gley soils of Low (Male) Polissya // *Polish Journal of Soil Science*. 2020. Vol. 53 (1). P. 137–149. (*Scopus*) (0,63 д. а.) (Особистий внесок: 0,35 д. а.).

Наукові публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

26. Yamelynets T., Yamelynets A. Organization of GIS systems performance. An example of computational modeling of hydrodynamic processes // 21st. European Regional Conference: Integrated land and water resources management: towards sustainable rural development. Frankfurt (Oder). Germany, 2005. P. 101–108. (0,51 д. а., автор. – 0,45 д. а.)

27. Yamelynets T., Elbakidze M., Zavadovych O. Landscape-Ecological Approach to the Assessment of Urban Green Zones Using GIS Tools // *Critical Areas in a Landscape: From Theory to Mapping and Management: Abstracts of International Conference* (Тбілісі, 3-10 травня 2005 р.). Tbilisi, Georgia, 2005. P. 48–52. (0,40 д. а., автору належить 0,20 д. а.)

28. Ямелинець Т.С., Ямелинець С.П., Завадович О.М. Створення тривимірної карти ландшафтного парку «Знесіння» у Львові // *Історична топографія і соціотопографія України: зб. наук. пр.* Львів, 2006. С. 456–461. (0,25 д. а., автору належить 0,20 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 // Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на поч. 21 ст.: міжнар. наук.-практ. конф. (Харьків, 15-16.05.2006 р.) – Харьков, 2006. С. 164–168. (0,15 д. а.)

30. 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. // ГІС-Форум 2006: матеріали ІV Міжнар. наук.-практ. конф. (Київ, 17-19.05.2006 р). С. 28–32. (0,36 д. а., автор. – 0,20 д. а.)

31. Ямелинець Т.С. Аналіз цифрової моделі рельєфу для оцінки потенційної ерозійної небезпеки сірих лісових ґрунтів Західного лісостепу України // Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. пр. Львів, 2008. С. 602–611. (0,33 д. а.)

32. Ямелинець Т.С., Позняк С.П., Папіш І.Я., Іванюк Г.С. Принципи та критерії ґрунтово-географічного районування Західного регіону України // Агрохімія і ґрунтознавство. Харьков, 2011. № 75. С. 69–74. (0,25 д. а., автору належить 0,10 д. а.)

33. Ямелинець Т.С., Федотіков М.О. Дернові оглеєні ґрунти (Phaeozems) в структурі ґрунтового покриву Малого Полісся // Генеза, географія та екологія ґрунтів: зб. наук. пр. Львів: Видавн. центр ЛНУ ім.І.Франка, 2015. С. 221–230. (0,32 д.а., автор. 0,15д.а.)

34. Yamelynets T., Angelstam P., Elbakidze M. Compass and gyroscope for sustainable landscapes: gap analyses of green infrastructure functionality in Georgia and what can be learned from comparisons of landscapes // International Conference «Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance» (Tbilisi, 4–6 October, 2017), Tbilisi, Georgia, 2017. P. 30. (0,09 д. а., з них автору належить 0,03 д. а.)

35. Yamelynets T. Angelstam P., Fedoriak M., Common challenges for functional green infrastructure at high latitude and high altitude forests: a comparison between Sweden and the Carpathian Mountains // International conference “Cool forests at risk? The critical role of boreal and mountain ecosystems for people, bioeconomy, and climate. (Лаксенбург, 17-18 вересня 2018 р). Laxenburg: IASA. 2018–P. 106–110. (0,12 д. а., автор. – 0,06 д. а.)

36. Паньків З. П., Малик С. З., Ямелинець Т. С. Діагностичні критерії елементарних ґрунтоутворних процесів у профільно-диференційованих ґрунтах Передкарпаття // Агрохімія і ґрунтознавство. Харьков, 2020. № 89. С. 34–40. (0,74 д. а., автор. – 0,30 д. а.)

ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Звітні наукові конференції Львівського національного університету імені Івана Франка за 2005-2020 роки (Львів; очна форма участі).

2. Міжнародна науково-практична конференція «Інтегрований менеджмент земельними і водними ресурсами: на засадах сталого сільського розвитку» (21st. European Regional Conference: Integrated land and water resources management: towards sustainable rural development) (Франкфурт на Одери, Німеччина, 15-16 вересня 2005 р.; усна доповідь).

3. Міжнародна науково-практична конференція «Критичні території в ландшафті: від теорії до картування та менеджменту» (Critical Areas in a Landscape: From Theory to Mapping and Management: Abstracts of International Conference) (Тбілісі, 3-10 травня 2005 р.; усна доповідь).

4. Міжнародна науково-практична конференція «Сучасний стан ґрунтового покриву України та шляхи забезпечення його сталого розвитку на початку 21 століття» (Харьків, 15-16 травня 2006 р.; усна доповідь).

5. Міжнародна науково-практична конференція «ГІС-Форум 2006» (Київ, 17-19 травня 2006 р; усна доповідь).

6. Міжнародна наукова конференція «Ландшафтні виміри сталого розвитку: наука - планування – управління» (Landscape Dimensions of Sustainable Development: Science – Planning – Governance) (Тбілісі, Грузія, 4–6 жовтня 2017 р.; очна форма участі).

7. Міжнародна науково-практична конференція «Помірні ліси в зоні ризику? Вирішальна роль бореальних та гірських екосистем для людей, біоекономіки та клімату» (Cool forests at risk? The critical role of boreal and mountain ecosystems for people, bioeconomy, and climate) (Лаксенбург, Австрія, 17-18 вересня 2018 р.).



ДЕРЖГЕОКАДАСТР

Головне управління Держгеокадастру у Львівській області
Відділ у Бродівському районі Головного управління Держгеокадастру
у Львівській області
Вул.22-січня,17 м. Броди, 80600, тел./ факс (03266) 41-579; 25-619 E-
mail: brody.lviv@land.gov.ua

На № _____ від _____

ДОВІДКА

про використання наукових результатів дисертаційної роботи
на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук
Ямелинця Тарас Степановича
на тему: «Теоретичні основи і практика інформаційного ґрунтознавства»

Дисертаційна робота Ямелинця Тарас Степановича «Теоретичні основи і практика інформаційного ґрунтознавства» містить обґрунтовані підходи до створення ґрунтової інформаційної системи і формалізації ґрунтових метаданих, детально проаналізовано структура бази даних та запропоновано семантична модель опису ґрунту як важливого природного ресурсу регіону.

Важливим прикладним досягненням роботи є розробка аплікації у відкритій ГІС – QGIS, яка дозволяє опрацьовувати ґрунтову інформацію в межах Львівської області. Ямелинцем Тарасом створено та наповнено базу даних на різних організаційних рівнях, що також має вагомое прикладне значення і використовується для просторового моделювання властивостей ґрунтів і нормативної оцінки ґрунтових ресурсів регіону.

Аналітичні та прикладні можливості розробленої ґрунтової інформаційної системи Львівської області будуть використані в подальшій практичній діяльності територіального органу виконавчої влади.

Начальник



Оксана СТРОЗЬЮК

« 05 » листопада 2020 р.



ДЕРЖГЕОКАДАСТР

Головне управління Держгеокадастру у Львівській області

Відділ у Золочівському районі Головного управління

Держгеокадастру у Львівській області

вул.Чорновола,3 м. Золочів, 80700, тел./ факс (03265) 70-487; 42-213 E-mail: zolochiv.lviv@land.gov.ua

ДОВІДКА

про використання наукових результатів дисертаційної роботи

на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук

Ямелинця Тарас Степановича

на тему: «Теоретичні основи і практика інформаційного ґрунтознавства»

Дисертаційна робота Ямелинця Тарас Степановича «Теоретичні основи і практика інформаційного ґрунтознавства» містить обґрунтовані підходи до створення ґрунтової інформаційної системи і формалізації ґрунтових метаданих, детально проаналізовано структура бази даних та запропоновано семантична модель опису ґрунту як важливого природного ресурсу регіону.

Важливим прикладним досягненням роботи є розробка аплікації у відкритій ГІС – QGIS, яка дозволяє опрацьовувати ґрунтову інформацію в межах Львівської області. Ямелинцем Тарасом створено та наповнено базу даних на різних організаційних рівнях, що також має вагоме прикладне значення і використовується для просторового моделювання властивостей ґрунтів і нормативної оцінки ґрунтових ресурсів регіону.

Аналітичні та прикладні можливості розробленої ґрунтової інформаційної системи Львівської області будуть використані в подальшій практичній діяльності територіального органу виконавчої влади.

Начальник Відділу у Золочівському районі
Головного управління Держгеокадастру
у Львівській області



І. ПОГРЕБНЯК

«06» листопада 2020 р



Львівська філія

Державного підприємства „Тернопільський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою“

79058, м.Львів, пр. В.Чорновола 4, тел./факс 235-13-22

Довідка

про впровадження результатів наукових досліджень в практику діяльності організації

У дисертаційній роботі на здобуття наукового ступеня доктора географічних наук Ямелинця Тарас Степановича на тему: «Теоретичні основи і практика інформаційного ґрунтознавства» запропоновано підходи до створення ґрунтових інформаційних систем певної території, розроблено структуру ґрунтової бази даних, а також формалізовано і векторизовано ґрунтові картографічні матеріали різного масштабу та територіального охоплення в межах Львівської області.

Практичну цінність має розроблений дисертантом прикладний ГІС-інструмент, який дозволяє проводити оцінку ґрунтових ресурсів певної території, систематизувати архівні ґрунтові дані, а також здійснювати великомасштабне просторове моделювання окремих ґрунтових показників. Крім того, розроблена ґрунтова інформаційна система Львівської області дозволяє виконувати нормативну грошову оцінку заданої ділянки.

Розроблена структура бази даних, сформований набір векторних ґрунтових даних, а також прикладний ГІС-інструмент «Ґрунтова інформаційна система Львівської області» є цінним прикладним здобутком і безперечно будуть використані в подальшій практичній діяльності підприємства.

Заступник директора
(посада)

[Підпис]
(підпис)

О. Курчиш
(ініціали, прізвище)

«12» 11 2020 р.