

Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
Національна академія аграрних наук України

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Залавський Юрій Володимирович

УДК 631.421:631.471

ДИСЕРТАЦІЯ

МЕТОДИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ЗАСАДИ РОЗРОБЛЕННЯ РІЗНОМАСШТАБНИХ КАРТ ҐРУНТІВ (НА ПРИКЛАДІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

03.00.18 – ґрунтознавство

Біологічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата наук

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

_____ Ю. В. Залавський

Науковий керівник: Соловей Вадим Борисович, кандидат
сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач
відділу ґрунтових ресурсів

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Залавський Ю. В. Методичні та прикладні засади розроблення різномасштабних карт ґрунтів (на прикладі Харківської області). – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 03.00.18 «Ґрунтознавство» (Біологічні науки). – Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського», НААН, Харків, 2021.

Дисертаційна робота є закінченим науковим дослідженням методичних та прикладних засад розроблення різномасштабних карт ґрунтів (на прикладі Харківської області).

Удосконалено методику великомасштабних досліджень ґрунтів шляхом впровадження нових технологій та методичних підходів. Визначено методичні засади детального ґрунтового обстеження, які включають: підготовку попередньої карти-версії на базі аерофотозйомки; генетично-морфоскульптурний спосіб картографування з маршрутним ходом для виявлення ґрунтових відмінностей; польові дослідження із закладанням розрізів, визначенням еколого-генетичного статусу ґрунтів; складання польової ґрунтової карти тощо.

Розроблено та верифіковано нові підходи щодо обстеження та картографування ґрунтів. Аналіз показав, що цифрова картографія ґрунтів (ЦКҐ) безперервно розвивається і перейшла на інший рівень до моделювання растрових карт шляхом геостатистики і поняття масштабу карт змінюється на роздільну здатність.

Визначено методичні особливості використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) та застосування їх в дослідженні ґрунтів. Розроблена та апробована методика застосування ІКТ показала ряд переваг: швидкість передачі інформації між користувачами; економія коштів, необов'язковість придбання окремих спеціалізованих технічних засобів; швидке

заповнення форм з готовими шаблонами в цифровому форматі без конвертації; можливість збору інформації багатьма користувачами в одну об'єднану файловою базу даних; можливість використання для потреб велико-, середньо- і дрібномасштабних, а також частково детальних обстежень ґрунтового покриття.

Досліджено та адаптовано для умов України сучасні світові методики цифрового ґрунтового картографування (на прикладі Харківської області). Валідація карт запасів органічного ґрунтового вуглецю (ОГВ) та ступеню засоленості ґрунтів показала добру точність моделей даних карт, що означає подальше інтегрування методик ЦКГ у вітчизняне картографування ґрунтів. Визначено запаси ОГВ та ступень засоленості ґрунтів території Харківської області шляхом верифікації та адаптації світових методів моделювання до умов України. Автоматизований аналіз показав, що найбільш якісна модель для запасів ОГВ – Random Forest, а для оцінки ступеню засолення ґрунтів – модель Cubist відповідно. Карта запасів ОГВ показала, що найбільші запаси ОГВ сконцентровані в північно-східній частині області на відрогах Середньоруської височини, а в ґрунтовому покритті переважають чорноземи типові і приурочені до Лісостепової ґрунтово-екологічної зони. Підвищення запасів ОГВ також спостерігається в південно-західній частині області, що обумовлюється переважанням чорноземів звичайних важкого гранулометричного складу. Зниження запасів ОГВ має також певні закономірності й спостерігається на терасах річок, що пояснюється "полегшенням" гранулометричного складу.

Вперше розроблено карту ступеню засолення ґрунтів Харківщини шляхом моделювання методами ЦКГ. Причому ступінь засоленості визначався на двох глибинах: 0-30 см і 30-100 см. Дані, розробленої нами, растрової карти засолення ґрунтів більш локалізовано відображають "осередки" засолення ніж цифрові векторні карти, які використовували раніше, де дані представлені більш генералізовано контуром. Визначено дієспроможність використання світової методики цифрового картографування засоленних ґрунтів за умови використання даних не тільки засоленних, а й не засоленних ґрунтів, як фонових даних.

Розроблено методичні засади і алгоритми створення цифрової карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області. Внесені зміни ґрунтових контурів за результатами польових досліджень сумнівних ареалів, що суперечать секвентності ґрунтового покриву, яка проявляється у закономірній послідовності зміни ґрунтів у просторі. Екологічні умови через особливості зволоження і дію рельєфного фактору, обумовлюють відповідні спектри ґрунтів. Виявлено такі послідовності: чорноземи типові – чорноземи опідзолені – темно-сірі опідзолені – сірі лісові ґрунти; чорноземи типові (або звичайні) – лучно-чорноземні – чорноземно-лучні – лучно-болотні; чорноземи типові повнопрофільні – слабксероморфні – середньоксероморфні – сильноксероморфні тощо. Електронна база даних (БД) карти включає як якісну, так і кількісну інформацію для окремого ґрунтового виділу. БД легко редагується та доповнюється новою інформацією. Наявність інформації в цифровому вигляді дозволяє використовувати її як для моделювання, так і для розроблення різних тематичних ґрунтових карт. Верифіковано розроблені методики для картографування ґрунтово-екологічних параметрів. Створена на основі застосування даних методик цифрова карта ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області дозволяє провести більш повну оцінку ґрунтових ресурсів внаслідок більшої точності й використанню нових діагностичних критеріїв (на кількісній основі).

Ключові слова: великомасштабні дослідження ґрунту, ґрунтово-екологічні ресурси, детальне обстеження ґрунтів, інформаційно-комунікаційні технології, карта засолення ґрунтів, карта органічного вуглецю, цифрове картографування ґрунтів.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Лебедь В.В., Залавський Ю.В. Сучасні методи дослідження ґрунтового покриву з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3. С. 84-86 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk>

201803-15 (розробка та планування польових та камеральних досліджень, аналіз результатів експериментальних даних, розробка методики)

2. Соловей В.Б., Залавський Ю.В. Використання інформаційно-комунікаційних пристроїв у польових умовах для великомасштабного картографування ґрунтового покриву. *Ґрунтознавство*. 2017. Т.18, № 3-4. С. 67-72. (аналіз даних, проведення польових та камеральних досліджень, розробка бази даних, написання статті)

3. Digital mapping of soil organic carbon stocks in Ukraine / K. V. Viatkin, Y. V. Zalavskiy, V. V. Lebed, O.I. Sherstyuk, O.M. Bihun, I.V. Plisko, S.G. Nakisko. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. P.5-11. doi: <https://doi.org/10.31073/acss88-01> (збір та аналіз просторових даних, діджиталізація карт та створення карт-предикторів)

4. The use of aerial photography data and instrumental data in adaptive farming / M. Solokha, V. Solovei, M. Zakharova, R.Babushkina, Y. Zalavskiy, V.Lebed *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*. 2020. Vol. IX. P. 213-222 (організація та планування наукового експерименту, розробка та створення картографічного матеріалу)

5. Створення національної карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах України / І. В. Пліско, О. М. Бігун, В. В. Лебедь, С. Г. Накісько, Ю. В. Залавський. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 87. С.57-62 (збір та аналіз просторових даних, діджиталізація карт та створення карт-предикторів)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Залавський Ю.В. Детальное почвенное обследование и картографирование черноземных почв Лесостепи Украины с применением современных технологий. *Восточно-европейские черноземы – 140 лет после В. Докучаева* : материалы междунар. науч. конф., 02-03 октября 2019 г. Кишинев. 2019. С. 329-332.

7. Залавский Ю.В. Использование информационно-коммуникационных технологий для нужд почвенного обследования и картографии почв. *Плодородие почв: оценка, использование и охрана, воспроизводство* : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 26-30 июня 2017 г. Минск: Изд-во НАН Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии, 2017. С. 53-55.

8. Залавський Ю.В. Особливості створення і верифікації карт-версій під час повторного великомасштабного дослідження ґрунтів / *Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвип. до ІХ з'їзду УТГА*, 30 червня-4 липня 2014 р. Миколаїв. 2014. Кн. 2. С. 36-38.

9. Залавський Ю.В. Інформаційно-комунікаційні технології як засіб збору даних про ґрунтовий покрив в польових умовах для потреб картографування ґрунтів. *Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці* : Всеукр. наук.-практ. круглий стіл для молодих вчених, 18-19 травня 2017 р. Харків. 2017. С. 5-6.

10. Залавський Ю.В. Удосконалення існуючих карт ґрунтів з використанням ГІС-технологій. *Використання ГІС та ДЗЗ в землекористуванні* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 14 – 16 листопада 2012 р. Миколаїв. 2012. С. 19-21.

11. Білівець І.І., Залавський Ю.В. Особливості картографування опідзолених ґрунтів Лісостепу. *Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства* : Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих учених, 2-4 жовтня 2013 р. Харків, 2013. С. 16 (обґрунтування теоретичних та практичних аспектів, аналіз даних, написання тезису)

12. Menshov O., Kruglov O, Zalavskiy Y., Suhorada A. Soil mapping with magnetic methods at the agriculture lands of Pechenigy, Ukraine. *New Trendson on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, 16-th Castle meeting: Abs. conf.*, 10-16 June 2018, Warsaw. 2018. Vol. 423 (C-112). P. 97-98 (польові експериментальні дослідження, картографічні роботи).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

13. Создание национальной карты запасов органического углерода в почвах Украины с использованием цифровых методов почвенного картографирования / К.В.Вяткин, Ю.В.Залавский, О.Н.Бигун, В.В.Лебедь, А.И.Шерстюк, И. В. Плиско, С. Г. Накисько. *Почвоведение и агрохимия*. 2018. № 2 (июнь). С. 5-17 (*збір та аналіз просторових даних, діджиталізація карт та створення карт-предикторів*)

14. Актуальність і переваги досліджень ґрунтового покриву на нових методичних засадах / С. В. Канівець, П. О. Волков, В. В. Лебедь, І. І. Білівець, Ю. В. Залавський, О. В. Коростін, І. Л. Шигимага. *Вісник ХНАУ імені В. В. Докучаєва*. 2016. № 1. С. 82-87. (*польові дослідження, аналіз даних, картографічні роботи*)

15. Магнітна сприйнятливість чорноземних ґрунтів Харківської області та її діагностичне значення / О. В. Круглов, Є. В. Панасенко, Ю. В. Залавський, В. В. Лебедь, Ю. О. Афанасьєв, П.Г. Назарок. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10. С.12-17 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-02> (*польові експериментальні дослідження, картографічні роботи*)

SUMMARY

Zalavskiy Yu. V. Methodical and applied principles of different-scale soil maps development (on the example of Kharkiv region). – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the candidate of biological sciences on a specialty 03.00.18 "Soil science" (Biological sciences). – National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O.N. Sokolovsky», NAAS, Kharkiv, 2021.

The dissertation is a completed scientific research of methodological and applied principles of development of large - scale soil maps (on the example of Kharkiv region).

The methodology of large-scale soil research has been improved through the introduction of new technologies and methodological approaches. Methodical bases of detailed soil inspection are defined, which include preparation of the preliminary map-version on the basis of aerial photography; genetic-morphosculptural method of mapping with a route to identify soil differences; field research with laying of sections, determination of ecological and genetic status of soils; drawing up a field soil map, etc.

New approaches to soil survey and mapping have been developed and verified. The analysis showed that DSM is constantly evolving and has moved to another level to modeling raster maps by geostatistics and the concept of map scale is changing to resolution.

Methodological features of information-communication technologies (ICT) use are determined and information and communication tools are used in soil research. The developed and tested method of ICT application has shown a number of advantages: speed of information transfer between users; cost savings, optional purchase of certain specialized technical means; fast filling of forms with ready templates in a digital format without conversion; the ability to collect information by many users in one unified file database; the possibility of using for the needs of large-, medium- and small-scale, as well as partially detailed surveys of soil cover.

Modern world methods of digital soil mapping have been studied and adapted for the conditions of Ukraine (on the example of Kharkiv region). Validation of maps of SOC stocks and the degree of soil salinity showed good accuracy of these map models, which means further integration of DSM methods in domestic soil mapping. The reserves of SOC and the degree of salinity of soils of the Kharkiv region are determined by verification and adaptation of world modeling methods to the conditions of Ukraine. Automated analysis showed that the highest quality model for SOC stocks is Random Forest, and for assessing the degree of soil salinity – the Cubist model, respectively. The map of SOC stocks showed that the largest reserves are concentrated in the northeastern part of the region on the spurs of the Central Russian Upland, and the soil cover is dominated by chernozems typical and confined to the Forest-Steppe

soil-ecological zone. An increase in SOC stocks is also observed in the south-western part of the region, which is due to the predominance of chernozems of ordinary heavy particle size distribution. The decrease in SOC stocks also has certain patterns and is observed on river terraces, explained by the "relief" of the particle size distribution.

For the first time, a map of the degree of salinization of soils of Kharkiv region was developed by modeling by DSM methods. Moreover, the degree of salinity was determined at two depths: 0-30 cm and 30-100 cm. The data developed by us, raster map of soil salinity more locally reflect the "cells" of salinity than digital vector maps, which were used previously, where data are more generalized contour. The efficiency of using the world method of digital mapping of saline soils under the condition of using data not only saline but also non - saline soils as background data is determined.

Methodical bases and algorithms of creation of a digital map of soil-ecological resources of the Kharkiv region are developed. The electronic database includes both qualitative and quantitative information for a particular soil allocation. The database is easily edited and supplemented with new information and new indicators. The availability of information in digital form allows you to use it both for modeling and for the development of various thematic soil maps. The developed methods for mapping of soil-ecological parameters are verified. The digital map of soil and ecological resources of the Kharkiv region created on the basis of application of these techniques allows to carry out more complete estimation of soil resources owing to bigger accuracy and use of new diagnostic criteria (on a quantitative basis).

Keywords: large-scale soil survey, detailed soil survey, soil-ecological resources, information and communication technologies, soil salinity map, soil organic carbon map, digital soil mapping (DSM).

ЗМІСТ

	Стор.
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	13
ВСТУП	14
РОЗДІЛ 1 ОСНОВИ І ПРИНЦИПИ РІЗНОМАСШТАБНОГО ТА ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ҐРУНТІВ	
(огляд літератури).....	21
РОЗДІЛ 2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	42
2.1 Об'єкти дослідження.....	42
2.2 Методи дослідження.....	54
РОЗДІЛ 3 УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ	
ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ҐРУНТІВ ДЛЯ	
ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ІНФОРМАТИВНОСТІ.....	
3.1 Проблеми великомасштабних ґрунтових досліджень.....	57
3.2 Методичні особливості підготовчого етапу методики великомасштабних досліджень ґрунтів.....	60
3.3 Специфічні риси польового етапу картографування ґрунтового покриву.....	68
3.4 Узагальнення результатів обстеження ґрунтів в камеральних умовах.....	70
3.5 Особливості детального ґрунтового обстеження як елементу методики великомасштабних досліджень.....	72
3.5.1 Спосіб генетично-морфоскульптурного картографування.....	72
3.5.2 Детальне обстеження ґрунтів із викростанням даних дистанційного зондування Землі.....	81
РОЗДІЛ 4 ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ҐРУНТОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ І КАРТОГРАФУВАННІ ҐРУНТІВ.....	
	87

4.1	Поняття про інформаційно-комунікаційні технології та застосування їх в дослідженнях ґрунтового покриву	87
4.2	Розробка первинної бази геоданих з моделлю збору даних у програмному середовищі ArcGIS.....	90
4.3	Принципи розміщення моделі збору ґрунтових даних як сервісу об'єктів на ArcGIS Online.....	95
4.4	Підготовка карти збору даних в ArcGIS Online при картографуванні ґрунтів.....	96
4.5	Планування та підготовка до польових робіт ґрунтового обстеження із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій.....	97
4.6	Збір даних під час польових ґрунтових досліджень, синхронізація та розміщення результатів польових робіт.....	98
	РОЗДІЛ 5 ВЕРИФІКАЦІЯ ІНОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ҐРУНТІВ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ.....	102
5.1	Цифрове картографування органічного ґрунтового вуглецю (на прикладі Харківської області).....	102
5.2	Цифрове картографування засолених ґрунтів (на прикладі Харківської області).....	113
	РОЗДІЛ 6 СЕКВЕНТНІСТЬ ҐРУНТІВ ТА СЕРЕДОВИЩЕ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ, ЯК НАУКОВА ОСНОВА РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ҐРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ МАСШТАБУ 1:250000 (НА ПРИКЛАДІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ).....	125
6.1	Розробка моделі персональної бази даних як основи електронної карти в програмному середовищі ArcGIS.....	125
6.1.1	Бази даних програмного середовища ArcGIS.....	125

6.1.2 Створення персональної бази даних як основи грунтово-екологічної карти Харківської області.....	128
6.2 Укладання карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області.....	135
ВИСНОВКИ.....	144
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	148
ДОДАТКИ.....	166

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

БД – база даних

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі

ГІС – геоінформаційні системи

ГП – ґрунтовий покрив

ГПП – глобальне ґрунтове партнерство

ГТК – гідротермічний коефіцієнт Селянинова

ЕГА – елементарний ґрунтовий ареал

ІКТ – інформаційно-комунікаційні технології

КВАГ – коефіцієнт відносної акумуляції гумусу

КПНГ – коефіцієнт профільного накопичення гумусу

ОГВ – органічний ґрунтовий вуглець

ПІС – просторова ґрунтово-інформаційна система

СГП – структура ґрунтового покриву

СУБД – системи управління базою даних

ЦГК – цифрова ґрунтова карта

ЦКГ – цифрове картографування ґрунтів

ЦК – цифрова карта

ЦМР – цифрова модель рельєфу

ФАО – всесвітня продовольча організація

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми досліджень. Антропогенний вплив на ґрунти призводить до зміни їх властивостей та родючості, тому необхідно періодично проводити суцільні дослідження ґрунтового покриву. Результативність їх, значною мірою, обумовлюється наявністю сучасної нормативної бази відповідно до сучасних досягнень та технічних можливостей картографування ґрунтів у різних масштабах.

Підвищити якість ґрунтових матеріалів можна за рахунок удосконалення ґрунтових досліджень, середньо- та великомасштабні дослідження не завжди дають саме необхідні результати. Тому важливо звернути увагу на детальне обстеження ґрунтового покриву. Саме під час детального обстеження можна простежити закономірності на найнижчому таксономічному рівні, отримати об'єктивну інформацію про структуру ґрунтового покриву за еколого-генетичним статусом ґрунтів, їх реальний стан за агро виробничими якостями для раціонального його використання.

Питання переведення ґрунтової інформації в цифровий формат та цифрового картографування ґрунтів наразі є актуальним для функціонування та розвитку національної інфраструктури геопросторових даних, спрямованої на забезпечення ефективного прийняття органами державної влади та органами місцевого самоврядування управлінських рішень, задоволення потреб суспільства в усіх видах географічної інформації, інтегрування у глобальну та європейську інфраструктури геопросторових даних. Це знаходить підтвердження у Законі України Про національну інфраструктуру геопросторових даних № 554-IX від 13.04.2020.

Актуальність тематики підтверджує те, що Всесвітня продовольча організація (ФАО) та Глобальне ґрунтове партнерство (ГПП) активно працюють над створенням глобальних цифрових карт ґрунтів. За останнє десятиріччя розроблені нові методики для створення карт органічного ґрунтового вуглецю (GSOCmap), карт засолених ґрунтів (GSSmap), карт чорноземних ґрунтів

(GBSmap), карт секвестрації органічного вуглецю (GSOCseq), карт ерозії ґрунтів (GSER) методами цифрового картографування ґрунтів.

Питання тематичного ґрунтового картографування, а згодом цифрового картографування ґрунтів відображено у працях провідних вчених: Г. С. Гриня, О. М. Грінченка, Н. Б. Вернандер, В. Д. Кисіля, М. І. Полупана, В. Р. Черлінки, Н. М. Сибірцева, Л. І. Прасолова, В. М. Фрідланда, І. П. Герасімова, Н.П. Сорокіної, А. МакБратні, С. Грюнвальд, Ф. Лагашері, Б. Мінасни, Д. Россітера, Г. Хьовелінка, Т. Хенгля та інших.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Основою дисертаційної роботи є результати науково-дослідних робіт, що виконувались упродовж 2012-2020 рр. відповідно до тематичних планів лабораторії ґрунтового покриття (на сьогодні – відділ ґрунтових ресурсів) Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» у рамках ПНД НААН «Родючість, охорона і раціональне використання ґрунтів» (2011-2015 рр.) за завданнями: 01.00.01.01.Ф «Встановити параметри екологічної детермінації ґрунтоутворення та розробити ґрунтово-екологічне районування земельних ресурсів» (№ДР 0111U002968); 01.00.02.02.П «Визначити ресурсний потенціал продуктивності ґрунтового покриття України» (№ДР 0111U002969); 01.00.01.03.П «Розробити методику великомасштабного дослідження ґрунтового покриття для діагностування та оцінювання стану ґрунтів наземними методами» (№ДР 0114U003052); ПДН НААН 1 «Ґрунтові ресурси: прогноз розвитку, збалансоване використання та управління» (2016-2020 рр.) за завданнями: 01.01.01.01.Ф «Розробити наукові засади параметризації ґрунтово-екологічних зв'язків для підвищення інформативності ґрунтово-картографічних матеріалів та районування ґрунтового покриття» (№ДР 0116U000570); 01.01.01.02.Ф «Удосконалити системи діагностики, класифікації та картографування ґрунтів» (№ ДР 0116U000571).

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – науково обґрунтувати методичні й прикладні засади розроблення різномасштабних карт ґрунтів з використанням сучасних технологій цифрового картографування.

Для досягнення поставленої мети вирішувались наступні завдання:

– розробити нові методичні підходи щодо обстеження та картографування ґрунтів та визначити методичні особливості великомасштабного картографування ґрунтового покриття з урахуванням сучасних технічних можливостей;

– удосконалити методику великомасштабних досліджень для підвищення інформативності ґрунтово-картографічних матеріалів та встановити методичні особливості детального картографування ґрунтів;

– визначити можливості застосування інформаційно-комунікаційних засобів в дослідженні ґрунтів та розробити алгоритми їх використання у польових умовах;

– дослідити та адаптувати до умов України сучасні світові методики цифрового ґрунтового картографування;

– картографічно визначити запаси органічного ґрунтового вуглецю (ОГВ) та ступінь засоленості ґрунтів шляхом моделювання відповідно до світових підходів цифрового картографування ґрунтів;

– розробити методичні засади цифрового середньомасштабного картографування ґрунтів на прикладі Харківської області;

Об'єкт дослідження – картографування ґрунтового покриття при його різномасштабних дослідженнях.

Предмет дослідження – методичні особливості розроблення різномасштабних карт ґрунтів.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використовували наступні методи: польовий – для встановлення еколого-генетичного статусу ґрунтів у поєднанні з екологічними умовами; порівняльно-географічний – для встановлення впливу природних умов на генезис та властивості ґрунтів;

лабораторний – для визначення якісних показників ґрунту; статистичний – для аналізу кореляційних залежностей між параметрами властивостей ґрунтів; пластики рельєфу – для ідентифікації просторових особливостей зволоження земної поверхні; картографічний – для просторового аналізу та характеристики екологічних факторів формування ґрунтового покриву; геостатистичний – для розроблення карт агрохімічних показників; математичного моделювання – створення моделей цифрових карт.

Наукова новизна здобутих результатів:

– вперше розроблено методологію та алгоритми середньомасштабного цифрового картографування на прикладі Харківської області. Розроблено цифрову карту ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області масштабу 1:250 000 на основі секвентності ґрунтів з набором геопросторових даних;

– удосконалено методичні засади детального картографування ґрунтів з урахуванням генетично-морфоскульптурних особливостей земної поверхні;

– вперше для умов України було розроблено та апробовано інформаційно-комунікаційне картографування для досліджень ґрунтового покриву у польових умовах;

– набула подальшого розвитку теорія картографування ґрунтів з використанням сучасних методичних підходів, досягнень генетичного ґрунтознавства, інструментарію та технічних можливостей для підвищення інформативності ґрунтово-картографічних матеріалів;

– удосконалено методику великомасштабних досліджень ґрунтового покриву;

– удосконалено та адаптовано до умов України міжнародну методику цифрового картографування органічного вуглецю та засолення ґрунтів.

Практичне значення отриманих результатів. Результати наукової роботи використано при створенні Національної карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах України (Глобальної карти запасів органічного ґрунтового вуглецю) та Національної карти ступеню засолення ґрунтів, яка є складовою

Глобальної карти ступеню засолення ґрунтів (готується до видання ФАО). Цифрова карта ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області містить об'єктивну інформацію про ґрунтові ресурси для оцінювання родючості та агроінвестиційної привабливості земель у ринкових відносинах.

Результати дисертаційного дослідження впроваджено у навчальний процес на кафедрі фізичної географії та картографії факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна при викладанні навчальних дисциплін «Ґрунтознавство і біогеографія» (довідка від 19.01.2021р. № 0501-07).

Результати дисертаційної роботи впроваджено у Державному підприємстві «Харківський науково-дослідний та проектний інститут землеустрою» для досліджень ґрунтового покриву у польових умовах з метою визначення агровиробничих груп ґрунтів щодо нормативно-грошової оцінки земель (довідка від 10.02.2021р. 70-07-№85).

Особистий внесок здобувача полягає в обґрунтуванні теми досліджень, визначенні мети і завдань досліджень та формулюванні наукової новизни дисертаційної роботи. Здобувач особисто брав участь у польових експедиційних дослідженнях, відбиранні проб та підготовці зразків ґрунту для проведення аналітичних робіт, узагальненні даних та їх статистичній та математичній обробці, розробленні методичних рекомендацій, а також розробці та створенні картографічних матеріалів. Автор самостійно опрацював і узагальнив інформацію з наукової літератури та електронних джерел за обраною темою досліджень. Основні положення та висновки дисертаційної роботи сформульовані автором особисто. Публікації за темою дослідження підготовлені самостійно та у співавторстві. Зі спільних наукових публікацій у дисертаційній роботі автором використано тільки власні ідеї та отримані результати наукових досліджень.

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати та положення дисертації доповідалися і обговорювалися на: ISRIC Spring School «Hands on

Digital Soil Mapping» (Wageningen, the Netherlands, 28 May – 1 June 2018); «Training on Soil Salinity Management» Supported by FAO and implemented by NSC ISSAR (Kharkiv, Ukraine, September 2017); Training on Soil Salinity Mapping, implemented by FAO (Izmir, Turkey, 2-7 March 2020); «Training on Soil Information and Digital Soil Mapping» (implemented by FAO) (Almaty, Republic of Kazakhstan, 31 October – 5 November 2016); «Global Black Soil Distribution Map Training» implemented by FAO Global Soil Partnership (Платформа ZOOM, 9-11 December, 2020); 16 th Castle Meeting New Trends on Paleo, Rock and Environmental Magnetism (10-16 June 2018, Checiny, Poland); International Scientific Conference «Eastern European Chernozems – 140 years after V. Dokuchaev» (Chisinau, Republic of Moldova, 2-3 October 2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Використання ГІС та ДЗЗ в землекористуванні» (м. Миколаїв, 14-16 листопада 2012 р.); Міжнародній науково-практичній конференції «Екологізація сталого розвитку і ноосфера перспектива інформаційного суспільства» (м. Харків, 2-4 жовтня 2013 р.); науково-практичному семінарі «Поширення наукових знань про ґрунти – запорука їх збереження (Наукова школа послідовників, учнів та однодумців О.Н. Соколовського)» (м. Харків, 14-15 травня 2014 р.); ІХ З'їзді ґрунтознавців та агрохіміків України (м. Миколаїв, 30 червня - 4 липня 2014); Всеукраїнському науково-практичному круглому столу для молодих вчених «Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці» (м. Харків, 18-19 травня 2017 р.); Международной научно-практ. конференции молодых ученых «Плодородие почв: оценка, использование и охрана, воспроизводство» (г. Минск, 26-30 июня 2017 г.); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та спеціалістів «Сучасні ґрунтово-агрохімічні дослідження в контексті запобігання деградації земель» (м. Харків, 22-23 травня 2019 р.).

Публікації. Основні положення та висновки дисертації знайшли відображення у 15 наукових працях, зокрема: наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації – 5; наукові праці, які засвідчують

апробацію матеріалів дисертації – 7; наукові праці, які додатково відображають результати дисертації – 3.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, додатків і списку використаних джерел, який включає 193 найменування, з яких 73 латиницею. У роботі подано 10 таблиць, з яких 8 винесено в додатки та 61 рисунок, з яких 5 винесено в додатки. Дисертаційну роботу викладено на 195 сторінках комп'ютерного тексту (з них 127 сторінок основного тексту).

РОЗДІЛ 1

ОСНОВИ І ПРИНЦИПИ РІЗНОМАСШТАБНОГО ТА ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ҐРУНТІВ

(огляд літератури)

Ефективність використання ґрунтового покриву залежить від точності інформації про його диференціацією як за компонентним складом, так за сучасним станом. Ґрунт в умовах сільськогосподарського використання є не тільки часткою природи, а й являє собою продукт антропогенної діяльності. Ґрунтовий покрив знаходиться у динамічній рівновазі зі змінними природно-антропогенними умовами. В свою чергу, ці умови визначають зміну ґрунтових режимів та процесів, що найшло відображення в еволюції його властивостей. Систематичне навантаження антропогенного тиску призводить до стабілізації їх значень. Це може мати як позитивний, так і негативний характер на певному рівні. Якщо звернутися до Земельного кодексу України (ст. 184) [49], Закону України «Про землеустрій» (ст. 36) [87], Закону України «Про охорону земель» (ст. 54) [85], то необхідно здійснювати повне дослідження ґрунтового покриву кожні 20 років [49, 85, 87]. Адже за такий часовий період стають помітними зміни властивостей ґрунтів та відбувається трансформація якісних показників, уявлення про генезис ґрунтів, агрономічну характеристику, діагностику, окультурення та використання ґрунтів. Постійне оновлення інформації про стан ґрунтового покриву дає змогу застосувати нові (передові) розробки та технології біологічних, агрономічних наук та покращити розвиток у сільськогосподарському виробництві [78]. Міжнародні організації ФАО та ГПП активно працюють на створенням глобальних карт. Так, за останні декілька років були розроблені нові методики цифрового картографування органічного ґрунтового вуглецю, засолених ґрунтів, чорноземних ґрунтів, секвестрації органічного вуглецю, ерозії ґрунтів [172].

Огляд літератури за даною тематикою передбачає перш за все вивчення основ та принципів, а також аналіз розвитку, динаміки, та сучасного стану

тематичного, а нині, практично повністю цифрового картографування ґрунтового покриву.

В теперішній час ґрунтова картографія являє собою великий розділ ґрунтознавства, зміст якого визначається різноманітністю завдань, що вирішуються при допомозі карт різного призначення і різних масштабів. Картографія займає важливе місце в ґрунтознавстві, як складова частина географії ґрунтів поряд із основними його складовими – генезису та екології ґрунтів [17]. Ґрунтова карта підсумовує досягнення всіх розділів ґрунтознавства, відображаючи сучасний рівень розвитку науки про ґрунти, і є вихідним матеріалом для вирішення безлічі практичних завдань. Раціональне ведення сільськогосподарського виробництва та лісового господарства, землевпорядних і кадастрових робіт, меліоративних і агротехнічних заходів щодо окультурення ґрунтів неможливо без ретельного обліку всього розмаїття ґрунтів, тобто без застосування ґрунтових карт, які дають наочне уявлення про якість ґрунтів і їх географічному (територіальному) поширенні.

Ґрунтова карта являє собою зменшене й узагальнене в заданому масштабі зображення ґрунтового покриву на площині (топографічній основі), побудоване за математичними законами, в певній системі умовних позначень. Вона (карта) служить основою для планування видів землекористування, лісовпорядкування, оцінки економічної і екологічної доцільності використання територій для виробничої діяльності, оцінки біологічної продуктивності лісів, розробки систем управління родючістю ґрунтів. Отримати найбільш точні дані про будову ґрунтового покриву можна лише методом польового картографування ґрунтів.

Ґрунтовий покрив являє собою безперервне утворення. При картографуванні головним завданням є виділення однотипних дискретних контурів – ґрунтових ареалів, площі яких можна відобразити на картах заданого масштабу.

Визначення масштабу ґрунтових карт залежить, перш за все, від потреб. Так, загальне уявлення про ґрунти великих територій (світова карта ґрунтів)

дають оглядові карти. Їх масштаб дрібніше за 1:2500000. Характеристика та оцінка ґрунтового покриву окремих регіонів проводиться за допомогою дрібномасштабних карт (1:300000-1:2000000). Для картографування адміністративних одиниць – областей, районів тощо, використовуються карти середнього масштабу (1:50000-1:300000), а при картографуванні території господарств – великомасштабні (1:10 000-1:25 000). Детальні карти складаються при проектуванні інтенсивного використання ґрунтів, для більш точного дослідження ролі ґрунту у формуванні врожаю с/г культур (дослідні поля, ділянки), а також при стаціонарних генетичних ґрунтових дослідженнях [4].

У процесі створення набору карт (в масштабі >1:300 000) у вітчизняній картографії ґрунтового покриву було вирішено багато питань класифікації та систематизації ґрунтів, що картографічно «закрили» проблемні питання географії ґрунтів: зональність, фаціальний й провінційний розподіл території, тощо. Це знайшло відображення як у працях Докучаєва, Сибірцева, Танфільєва, так і у працях Прасолова, Іванової, Герасимова, Розова та інших [14, 24, 25, 83, 89, 92, 93, 94].

Розробка дрібномасштабних карт перш за все велась двома принципами генералізації – класифікаційною та за переважним ґрунтом. Зазвичай, найбільш переважні – автоморфні ґрунти, причому ті, що відносять до зональних, вони і є головними елементами легенди карт. Такий підхід до розробки оглядових та дрібномасштабних карт було розроблено Л.І. Прасоловим [82, 84].

Генералізація ґрунтових карт спрямована на максимальне збереження інформації щодо специфіки складу ґрунтового покриву території [72]. Сам процес генералізації багато в чому суперечливий:

- деякі елементи не можуть бути відображені на карті за умовами простору, але повинні бути відображені на ній в силу своєї змістовної значущості;

- виникає суперечність між геометричною точністю і змістовним відповідністю зображення, тобто, просторові співвідношення об'єктів передаються вірно, а геометрична точність виявляється при цьому порушеною;

- в ході генералізації відбувається не тільки виключення деталей зображення, втрата інформації, але і поява на карті нової узагальненої інформації. У міру абстрагування зникають малі частини і виразніше проявляються найістотніші риси об'єкта, провідні закономірності та головні взаємозв'язки.

Картографічна генералізація ґрунтового покриву (ГП) – це виділення і відображення на карті найбільш істотних для цілей картографування особливостей будови ГП, виявлення закономірностей взаємного розташування дрібних ґрунтових контурів і визначення їх місця в СГП. Якщо безліч дрібних ЕґА, що не піддаються нанесенню на карту в даному масштабі, виділяються складні ґрунтові контури, де основний фон складають переважаючі ґрунти. Однотипні дрібні ареали ґрунту, які входять до виділеного контуру, показують умовними знаками, що характеризують їх місце в СГП і частки (відсоток) від площі контуру. При цьому дотримуються наступних градацій: >10%, >(30)%, >50% [66].

За думкою В.М. Фрідланда, Генералізація контурів ГП при складанні ґрунтових карт виконується різними методами [117].

Метод переважаючого ґрунту, чи класифікаційний метод, полягає в об'єднанні ЕґА, близьких по класифікаційному положенню, в контур, що одержує найменування від більш таксономічно високої класифікаційної одиниці. При використанні цього методу генералізації відображається на карті інформація про переважаючий тип ґрунту в нанесеному на карту контурі.

Метод компонентів ґрунтового покриву передбачає врахування поряд з компонентами ГП співвідношення площ, що займають окремі ґрунти, об'єднані в один контур. При використанні цього методу генералізації карта відображає всі компоненти ГП.

Метод структури ґрунтового покриву полягає в аналізі складу і характеристики взаємозв'язків дрібних однотипних ареалів ГП і закономірностей їх взаємного розташування в домінуючій структурі ґрунтового покриву. На карті

показуються контури меж ґрунтових комбінацій (поєднань). Застосування даного методу генералізації дає додаткові відомості характеру зв'язків між компонентами ґґ, а також складності і контрастності ґґ. Від точності визначення Сґґ залежить інформативність ґрунтових карт, як дрібномасштабних, так і великомасштабних [117].

При складанні середньо- і дрібномасштабних ґрунтових карт раціонально застосовувати як просторову генералізацію ґґ, так і класифікаційну, яку запропонував В.М. Фрідланд [117, 118].

Класифікаційна генералізація застосовується обмежено. До теперішнього часу таксономічний рівень класифікаційного виділу не регламентований масштабом карти, мабуть, цього і не слід робити. Класифікаційна генералізація залежить від специфіки ґрунтового покриву конкретного регіону, що картографується, і призначення карти. Навіть на дрібномасштабних і оглядових ґрунтових картах часто відображають ґрунти на рівні виду, що в ряді випадків збагачує зміст карт, а іноді створює труднощі при їх оформленні та ускладнює використання. Тому рівень класифікаційної генералізації обов'язково повинен встановлюватися при розробці програми конкретної ґрунтової карти певного масштабу і призначення [14, 15].

Класифікаційна генералізація проводиться з різною деталізацією в залежності від властивостей самого ґрунту. Підкреслимо, що при використанні профільно-генетичної класифікації ґрунтів обов'язково на середньо- і дрібномасштабних ґрунтових картах повинні бути відображені підтипи ґрунтів. Підтипи за цією класифікацією виділяються за якісними модифікаціям генетичних горизонтів, більшість з яких зв'язана із накладенням на провідний типовий ґрунтоутворюючий процес іншим, менш яскраво вираженим. Найчастіше такими процесами є: глейові, осолонцювання, засолення і т.п., що призводять до виникнення в ґрунтах різних лімітуючих властивостей при їхньому використанні в сільськогосподарському виробництві [95].

До середньомасштабних відносять карти масштабів від 1:50000 до 1:300000. Середньомасштабні ґрунтові карти досить різноманітні за призначенням, змістом й методами складання. Саме ґрунтове картографування в сучасному розумінні виникло в процесі складання середньомасштабних карт. Вони в свою чергу сприяли розробці порівняльно-географічного методу Докучаєва. Гарна географічна основа (триверстова карта) була важливим аспектом для розвитку картографування ҐП. Наявні методи польових досліджень були розроблені ще Сибірцевим в 1895 році й стали загальноприйнятими. Це забезпечило певну стабільність якості середньомасштабних карт. Перші карти, розроблені Докучаєвим, – карти переважних ґрунтів, де межі ґрунтових виділів (контурів) гармонізували зі змінами факторів ґрунтоутворення.

Аналізуючи різноманітні літературні джерела з картографування ҐП очевидно, що зміст середньомасштабних карт достатньо відрізняється. Найчастіше контуром показують ґрунти, що переважають, а супровідні ґрунти частіше показуються значками. Також частим явищем є зображення мікровиділів ґрунтового покриву – комплекси. Подекуди зображують ареали дрібноконтурних виділів.

Оцінюючи середньомасштабне картографування ҐП, можна сказати, що на середньомасштабних картах ареали різноманітних структур ҐП повинні бути основним елементом змісту. Тут можна виділити також контури мікровиділів (території із різноманітним комплексом), при використанні різних видів просторової генералізації. Водночас відбувається виділення контурів структур та типізація неоднорідностей. Іноді використовують класифікаційну генералізацію (виділення на карті умовно однорідних контурів класифікаційних груп ґрунтів високого рівня).

Ймовірно, ці особливості методики повинні бути використані для розроблення середньомасштабних ґрунтових карт із застосуванням методів польових досліджень та генералізації великомасштабні ґрунтової інформації. Цей шлях розроблення карт нині достатньо поширений, особливо для лісових,

аридних регіонів, із постійним с/г виробництвом, але є і такі території, що не задіяні в землеробстві.

Якщо порівняти зміст дрібномасштабних і оглядових карт із середньо-масштабними можна помітити певну умовну межу між ними, де принципові розбіжності у відображенні на різних рівнях ГП – невидимі. Можна сказати, що проявляються специфічні риси карт: щодо типізації структури ГП до розходжень масштабів; порядку вивчення ключів, методики переходу від початкових більших масштабів більш дрібних (кінцевих) [66].

Великомасштабні карти представляють собою генералізоване зображення переважної частини площі, де використаний лише перший рівень генералізації. Тобто, генералізація проведена безпосередньо в полі. Це є важливим етапом, адже великомасштабні карти стають основою для більших узагальнень при розробці дрібномасштабних карт. Відбір характеристик контурів, таких як переважні ґрунти, склад компонентів, виділення однакових одиниць СГП і є генералізацією змісту.

Характеристику виділу в польових умовах можна визначити одним ґрунтовим розрізом. Для цього його закладають в типовій точці. За відсутності об'єктивних критеріїв, так званої типовості, виникають помилки у визначенні. Аналізуючи дані методи генералізації у польових дослідженнях, виявляється, що вони застосовуються тільки при явній перевазі одного компонента (контури великих розмірів, що дозволяє відобразити їх на великомасштабних картах). Для наявності фонових мікроструктур це не є кращим варіантом дослідження, а для безфонового ГП і зовсім не підходить [61].

В Україні були проведені масштабні ґрунтові картографічні роботи з обстеження ґрунтів та складання ґрунтових карт по господарствах. Результатом стала поява нових резервів, а також розробки і впровадження науково обґрунтованої системи росту ведення сільськогосподарського виробництва [50, 51, 113]. Так, в середині минулого століття була вперше видана «Методика крупно-масштабного дослідження ґрунтів колгоспів і радгоспів Української

РСР». Праця була видана за підтримки Української академії сільськогосподарських наук та Українського науково-дослідного інституту. Методика та обстеження були виконані під редакцією М. К. Крупського, також в складі редколегії були Г.С. Гринь, О.М. Грінченко, Н.Б. Вернандер, В.Д. Кисіль та ін. В методиці представлені основні завдання великомасштабних досліджень ґрунтів та масштаби карт, організація робіт, підготовка і проведення польових досліджень. На основі даної роботи була видана «Програма обстеження ґрунтів на 1957–1961 рр.». Програма включала в себе:

- нові методичні засади;
- основні принципи ґрунтової систематики при великомасштабній зйомці;
- агровиробничі характеристики ґрунтів;
- номенклатурний список ґрунтів України [8].

Технічна можливість використання аерофотознімків у картографуванні ґрунтів з'явилося 1950-х роках ХХ століття.

Щоб застосовувати розмаїття інформації з аерофотознімків, – необхідна структуризація ґрунтово-географічних одиниць, методологічні основи якої намічені в роботах Неуструєва, Маландина, Герасимова та інших [3, 76]. Цю методологію було втілено у життя в системі ґрунтово-географічних одиниць, що була розроблена В.М. Фрідландом [119].

Розвиток наукових думок з проблеми привів до того, що в теперішній час у великомасштабній картографії ґрунтів є в наявності методичні підходи, котрі використовують сучасні досягнення географії та картографії. Подальший методичний пошук необхідний для відображення різних форми СґП на великомасштабних картах [105].

Проведений аналіз вказує на те, що для більш суворого встановлення меж СґП слід враховувати наступну обставину. При використанні сучасної методики картографування виявляється та частина ґрунтових виділів, яка збігається із межами, видимими на основах (зміна кольору і тону на аерофотознімках, різка зміна форм рельєфу й т.п.). Це, найчастіше, різкі межі, що збігаються для всіх

компонентів ландшафту. Проте, різкі зміни природних меж зустрічаються не усюди, а особливо в ґрунтовому покриві. Межі часто є поступовими або ж із поступовими переходами. Це пояснюється розбіжністю меж окремих компонентів ландшафту – ґрунтів, рослинності тощо. Тому, проведення таких меж повинне ґрунтуватися на більшому числі польових досліджень, оскільки тільки при цьому можна виділити одиниці ґрунтового покриву різних рангів, а також вивчити характер й особливості їхньої просторової зміни [66].

Карта структур ґрунтового покриву, що має глибоке ландшафтне обґрунтування (як за змістом, так і за методами складання), звичайно, є одним з найважливіших джерел інформації при картографічному обґрунтуванні адаптивних, територіально диференційованих систем землеробства.

Великомасштабні ґрунтові карти є вихідним матеріалом і необхідним джерелом інформації для вивчення та оцінки ґрунтово-земельних ресурсів і обґрунтування раціонального природокористування [107, 108].

Ще одним важливим завданням великомасштабної ґрунтової зйомки є інвентаризація, облік ґрунтово-земельних фондів, що особливо актуально при активній сучасній динаміці орних угідь і перелогових земель.

Різнопланові наукові та виробничі завдання, які вирішуються за допомогою великомасштабних ґрунтових карт, об'єднуються в чотири групи:

- інвентаризація ґрунтово-земельних ресурсів (включаючи завдання кадастру та визначення ціни на землю);
- раціональне природокористування (обґрунтування адаптивно-ландшафтного землеробства, різних меліорацій, поточного агрономічного обслуговування);
- ґрунтово-екологічний моніторинг, спрямований на вивчення агрогенної трансформації ґрунтового покриву і деградаційних ґрунтових процесів, що необхідно для встановлення об'єктивної ціни на землю; ґрунтова карта - базова основа всього приватного моніторингу (окремих показників і властивостей ґрунтів і ґрунтового покриву);

- регіональні дослідження структури, генезису і еволюції ґрунтового покриву.

Отже, картографія ґрунтів у своєму класичному вигляді існує і по всяк день, але науково-технічний прогрес і досі крокує вперед. Тому і ґрунтова картографія не залишилась осторонь.

Останні десятиліття, що відзначені бурхливим розвитком інформаційних технологій, багато в чому визначають прогрес науки і перспективи розвитку кожного її напрямку. Однією з точок зростання сучасного ґрунтознавства є ґрунтова картографія, яка здійснила перехід до так званих цифрових методів, тобто методів складання ґрунтових карт, що базуються на комп'ютерному аналізі просторових даних. Переосмислення і вдосконалення на їх основі базових підходів традиційної картографії ґрунтів та містить великий інноваційний потенціал. Відкриваються можливості рішень на новому рівні науково-практичних завдань - інвентаризації ґрунтово-земельних ресурсів, ґрунтово-екологічного моніторингу, моделювання та прогнозування ґрунтових процесів, що необхідно для оптимізації природокористування, відтворення родючості та запобігання деградації ґрунтів.

Основи даного напрямку були закладені в кінці ХХ століття розробленням методів автоматизованого дешифрування і картографування ґрунтів за даними аеро- і космічної зйомки. Пізніше, на початку ХХІ століття, розвиток ЦКГ отримало додатковий імпульс в результаті з'явилася можливість цифрового аналізу рельєфу. Дослідження в даному напрямі активно вже ведуться за кордоном, та потрохи впроваджуються в Україні.

Якщо звернутися до Вікіпедії або інших джерел, то можна побачити, що поняття цифрових карт і цифрового картографування розуміється в суміжних із ґрунтознавством науках досить вузько: цифрова картографія не розглядається як самостійний розділ картографії, а під цифровою картою розуміється оцифрована карта, аналог паперової карти, виконаний на комп'ютері (Капралов, Лур'є). Виділяється також поняття «електронна карта» як візуалізація на екрані дисплею

картографічного зображення, отриманого на основі цифрових карт і баз даних ГІС [13, 52].

У ґрунтознавстві ситуація склалася зовсім інша. Термін «Цифрова картографія ґрунтів» (ЦКГ) і цифрова карта (ЦК) несуть більш глибокий сенс.

Публікації перших робіт, які можна умовно віднести до ЦКГ, відносяться до 1980-х років. У 1990 році з'явився напрям «педометрика» як гілка ґрунтознавства, що займається застосуванням математичних і статистичних методів для вивчення розподілу і генезису ґрунтів [162, 190].

У 2003 році вийшла стаття австралійського фахівця з цифрового картографування ґрунтів Алекса МакБратні зі співавторами «Про цифрове картографування ґрунтів», де були сформульовані основні положення даного напрямку [161].

За визначенням, яке дали в 2007 р Філіп Лагашері і Алекс Макбратні: «Цифрова картографія ґрунтів (DSM – Digital Soil Mapping) – це створення і комп'ютерне виробництво ґрунтових просторових інформаційних систем за рахунок використання польових і лабораторних методів спостережень в сукупності із системами логічного виводу для просторових і не просторових ґрунтових даних». Таким чином, ЦКГ – це одночасно створення цифрових карт, тобто наукова робота, і, в той же час, відтворення таких карт [152].

Згідно із визначенням, створення цифрових ґрунтових карт здійснюється ґрунтовими просторовими логічними системами, що включають ґрунтові просторові інформаційні системи і будівники цифрових ґрунтових карт (рис.1.1).

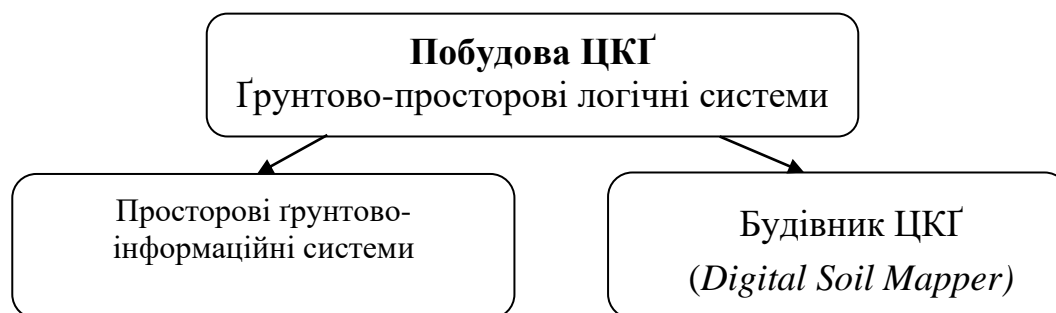


Рис. 1.1. Схема побудови ЦКГ за Лагашері і Макбратні [152]

Ця логічна схема не суперечить процесу створення традиційної ґрунтової карти. Карта завжди створюється на основі фактичних даних про ґрунти і ґрунтовий покрив конкретної території. При цьому використовуються знання про ґрунти і фактори навколишнього середовища, виражені в паперовій або інших формах. Карту створює дослідник – професіонал, який має практичний досвід і знає основні закономірності, характерні для даної території. Крім того, він керується ґрунтовими концепціями, а також знаннями про зв'язки чинників ґрунтоутворення і ґрунтів, про закономірності розподілу структур ґрунтового покриву тощо [73].

При цифровому ґрунтовому картографуванні конкретні фактичні знання знаходяться в просторовій ґрунтово-інформаційній системі (ПІС). Система названа просторовою тому, що вона містить координати і ландшафтні характеристики. Вона також є ґрунтовою, бо містить дані про ґрунти і факторах ґрунтоутворення. Під терміном «дані про ґрунти» маються на увазі дані про ґрунтово-класифікаційні системи і опис зв'язків між ними, ґрунтові і ландшафтні карти, основні властивості ґрунтів і похідні характеристики.

Інформація про фактори ґрунтоутворення і ґрунтових індикаторах зібрана в базу даних, що заснована на моделі SCORPAN [161] :

$$Sc = f(s, c, o, r, p, a, n) \text{ або } Sa = f(s, c, o, r, p, a, n), \quad (1.1)$$

де Sc та Sa – ґрунтові класи та атрибути відповідно;

s – ґрунт, інші властивості ґрунту в точці;

c – клімат, кліматичні властивості навколишнього середовища в певній точці;

o – організми, рослинність або фауна або діяльність людини;

r – топографія, атрибути ландшафту;

p – материнська порода, літологія;

a – вік, фактор часу;

n – простір, просторове положення.

Автори включили ґрунт як фактор, оскільки ґрунт можна передбачити за його властивостями або властивості за класом ґрунту чи інші властивості. S визначає ґрунтову інформацію з попередньої карти, з дистанційного чи проксимального зондування, або експертних знань [161].

Модель SCORPAN розвиває ідеї Докучаєва-Захарова-Йенні [138]. Суть моделі полягає в тому, що класифікаційна приналежність ґрунтів і ґрунтові властивості розглядаються як функції від факторів ґрунтоутворення і/або індикаторів. Напрямок залежності не є важливим, він може бути і зворотнім, наприклад, якщо рослинність залежить від властивостей ґрунту, то використовується зворотна функція. Фактори ґрунтоутворення можуть бути представлені набором безперервних або категоризованих змінних, наприклад, група С (клімат) може бути представлена як середня кількість опадів за рік або як набір деяких кліматичних класів. Під індикаторами (повністю їх називають індикаторами взаємозв'язків у навколишньому середовищі) розуміють дані наземного і дистанційного зондування, тобто супутникові знімки, електричний опір тощо.

Будівник цифрових ґрунтових карт є другою найважливішою складовою ЦКГ. Він включає в себе три компоненти. По-перше, в його склад входить база знань, де зібрані й описані різного роду залежності, використовувані для передбачення ґрунтових класів і ґрунтових властивостей. Просторові закономірності можуть бути виражені у вигляді варіограмм і кроссваріограмм, що математично описують, наскільки точки схожі за своїми властивостями в залежності від відстані між ними, або ж виражаються у вигляді закономірностей розподілу структур ґрунтового покриву. Тут же описуються непросторові залежності, в тому числі різні класифікації ґрунтів, педотрансферні функції.

Другою компонентою є організатор функцій – комп'ютерне середовище, керуюче базою знань, де записані типи вводу та виводу, помилки оцінювання, виділи на картах тощо. Це пристрій збирає і класифікує функції з бази знань за різними критеріями. Деякі критерії є загальними для будь-яких систем логічного

висновку. Інші критерії характерні тільки для ЦКГ, наприклад, педотрансферні функції повинні бути проасоційовані з ґрунтовим типом, для якого вони були описані.

Третя компонента являє собою так зване пристрій передбачення. Прогнозуючий пристрій – це машина логічного висновку, яка вибирає і запускає послідовність функцій відповідно до запиту користувача і відповідно до критеріїв організатора функцій. Найпростіший випадок являє собою набір правил «якщо, то ...». Цей же пристрій приймає рішення про результати картографування. У разі відмови від класифікації комп'ютер залишає рішення за людиною.

Природно виникає питання, а як в цю систему вбудовуються знання, накопичені традиційним ґрунтознавством? Ці знання (ґрунтові карти, класифікації тощо) не відкидаються. Вони природним чином включаються в систему знань як складова частина моделей. На всіх міжнародних симпозіумах з ЦКГ велика увага приділяється темі, яка звучить як «Гармонізація та узгодження даних, накопичених ґрунтознавством в різні періоди часу». Для створення ЦКГ широко використовуються різноманітні математичні методи (Сабін Грюнвальд): регресійний крігінг, а також різні регресійні залежності, дискримінантний аналіз, крігінг, пов'язані орієнтовані і неорієнтовані графи (дерева), ГІС, нейронні мережі та інші методи, пов'язані з нечіткою логікою, стохастичне моделювання [145].

Нові напрямки педометрики органічно включаються в ЦКГ:

- пробовідбір за латинським гіперкубом – обґрунтування положення і кількості точок польового випробування по набору індикаторів (Мінасни і МакБратні) [164];

- поєднання теорії прототипу (розроблена в когнітивній психології) з попіксельно розмитою класифікацією (Кі та ін.) [140];

- різномасштабний аналіз рельєфу, як проблема впливу роздільної здатності і розміру ковзного квадрату на обчислюване значення характеристики рельєфу (Беренс) [167];

- використання нових морфометричних характеристик рельєфу (Флоринський, Шари, Сміт) [116, 135, 178].

Важливою особливістю є те, що ЦКГ передбачає перевірку результатів на достовірність, яка проводиться в 64% робіт (Грюнвальд) [145]. ЦПК орієнтує ґрунтознавця – картографа на використання сучасних технічних засобів вимірювання первинної польової інформації (GPS, польові сканери, лабораторії та ін.), використання інформації про змінних (факторах) середовища (цифрові моделі рельєфу, дані дистанційного зондування, геологічні карти і ін.), її уніфіковане зберігання і обробку методами просторового аналізу (ГІС, геостатистики, математичні і статистичні моделі). На відміну від традиційних досліджень в створенні ЦПК беруть участь, крім ґрунтознавців-картографів і вчених близьких спеціальностей, ґрунтознавці-фахівці в області педометрики та геостатистики, фахівці з ГІС і т.п. Відмінною особливістю ЦКГ є гнучкість при налаштуванні на конкретного користувача. Карти, створені за технологією ЦКГ, в ідеалі містять в собі сукупність усіх проведених досліджень на даній території. «Споживач» може брати активну участь в процесі створення ЦКГ і налаштовувати її на свої потреби.

Використання ЦКГ нині в більшій мірі дозволяє замінити паперові карти на електронні; на базі існуючих карт проводити екстраполяцію на незакартографовані території; створювати динамічні карти, наприклад, що відображають результати моніторингу.

Основне використання методу SCORPAN на думку А. Макбратні полягає в заміні полігонових карт ґрунту минулого на цифрові карти властивостей ґрунтів та класів та пов'язаних з ними невизначеностей для раніше нанесених карт або для нових районів. Ці карти будуть зберігатися та оброблятися в цифровій формі

в ГІС, створюючи можливість широкого масиву даних для аналізу та інтерпретації [162].

Перші цифрові карти ґрунту були просто зображеннями спостережень без інтерполяції чи відношення до навколишнього середовища (наприклад, Вебстер) [191]. Деякі автори працювали над кращими способами подання цифрової просторової ґрунтової інформації в хронологічному відношенні (Де Грюйтер і Бі, Грюнвальд) [128, 129, 179]. Це сфера, яка потребує значних досліджень. Основною ціллю повинні бути повністю функціонуючі багатороздільні цифрові ґрунтові карти [161].

Варто зазначити, що важливим елементом ЦКГ є геостатистика. Так, Ричард Вебстер та його учні були одними з піонерів введення ґрунтової інформації у ГІС та почали наголошувати на використанні геостатистики у картографуванні ґрунтів (Мінаси і МакБратні) [165]. Геостатистика наголошує на географічному принципі просторової автокореляції, що спирається на подібність за близькістю. Математичну основу геостатистики розробив Колмогоров [62]. Кріге побудовав на цих концепціях і вперше застосував "крігінг" для прогнозування геологічних родовищ з метою їх розробки [152]. Ефективність комп'ютерів згодом зробила більш практичним виконання складних обчислень у великих наборах даних, необхідних для геостатистики. Щоб створити карту з геостатистикою, потрібно статистично кількісно оцінити силу та діапазон спостережуваної просторової автокореляції, тобто обчислити напівваріограму, а потім використати цю інформацію для інтерполяції значень у незастережених місцях між точками вибірки. Визнаючи корисність просторової асоціації, яка використовується у традиційному картографуванні (точніше, картографування ґрунтів в комплексі з екологічними умовами), геостатистика розвинулася для залучення інформації із коваріатів все більш досконаліми способами (Гоовертс) [143]. Більшість дослідників у США, що експериментують з цими методами для ЦКГ, були зосереджені на польових або локальних масштабах (Камбарделла, Позднякова і Чжан, Мюллер і Пірс, Кравченко і

Робертсон, Холлеран та ін.) [150, 151, 166, 169]. Однак геостатистика була використана й для ідентифікації та відображення просторових зображень для більших площ (Уайт, Мішра, Росс, Леві і Расмуссен) [156, 170, 174, 192].

Цікавий проєкт був зроблений USDA-NRCS (Міністерство сільського господарства США та Департамент охорони природних ресурсів США). Для надання кращих даних для моделювання довкілля та сприяння глобальному проєкту ґрунтових карт (Санчес та ін.), найбільш ефективною стратегією було перетворення існуючих даних з полігону в растрову модель даних та заповнення прогалів в базі даних атрибутів [134]. Частиною цієї ініціативи було узгодження відмінностей між картами ґрунтів, що виявляє невідповідності між межами карти та покращує якість загальної карти, що забезпечило повне охоплення території Сполучених Штатів (Томпсон та ін.) [147]. Для заповнення прогалів у таблицях атрибутів геодезичної бази ґрунтів США учені застосовували педотрансферні функції та інтерполяцію властивостей ґрунту у вертикальному профілі за допомогою сплайн-функцій (Оджерс, Лібохова тощо) [125, 160, 168]. Зосередження уваги на ґрунтових ознаках для існуючих розмежувань карт обмежувало виготовлення кращих карт, заснованих на методах ЦКГ, але вони й досі є одними з найкращих оцифрованих ґрунтових карт в світі (рис.1.2) [177].

Однак у ЦКГ залишаються ті ж проблеми, що і при традиційній ґрунтовій зйомці (Лагашері) [154]:

- складність організації ґрунтового покриву і його значне простирання;
- низька роздільна здатність при відображенні результатів картографування. Під роздільною здатністю тут розуміється здатність давати роздільні зображення двох близьких одна-до-одної точок;
- складність відображення на карті ґрунтового варіювання на невеликих відстанях.

Для вирішення останнього широко використовуються ідеї В.М.Фрідланда про те, що всередині елементарних ґрунтових контурів на карті варіювання може бути відображено за допомогою структур ґрунтового покриву [119].

картографування становить один піксель. З цієї причини не дивно, що будь-яка розумна модель цифрового картографування демонструватиме більш точну деталізацію та більшу точність, ніж традиційна ґрунтова карта, оскільки ці властивості відображають просторові характеристики цифрових базових карт. Незважаючи на чітке підвищення якості карт, отримане ЦКГ, слід зазначити, що ця стратегія розроблена не для розширення наших знань про розподіл властивостей ґрунту та їх взаємозв'язок [177].

У ХХІ столітті спостерігається все більше визнання важливості знань про ґрунт у людей, не тільки фахівців з ґрунтознавства, та вирішення питань, що виходять за рамки традиційних ґрунтознавчих тем (Хартемінк, МакБратні, Бревик та ін.) [148, 149, 184]. В останні роки з'явився інтерес до наукового вивчення ґрунтів, оскільки було визнано, що біогеохімічні процеси, що відбуваються на поверхні Землі, впливають на глобальні зміни клімату; деградацію та відновлення земель; долю та транспортування поживних речовин та забруднювачів ґрунту; збереження води; якість ґрунтів та якість води; харчову забезпеченість та безпеку; функціонування водно-болотних угідь та багато інших питань, що стосуються управління та збереження земельних та водних ресурсів.

Зараз ґрунти визнані найскладнішою екосистемою на планеті (Янг та Кроуфорд) [193]. У той час як фундаментальні дослідження забезпечують розуміння фундаментальних ґрунтових процесів, зростаючі тенденції в перетворенні земель, екологічні виклики та питання політики вимагають міждисциплінарних підходів. Для успішного вирішення основних наукових потреб ґрунтознавці повинні співпрацювати між собою та з науковцями інших дисциплін [139].

Незважаючи на виклики, було також багато захоплюючих подій. Поява GPS, ГІС та дослідження можливостей віддаленого та проксимального зондування революціонізували нашу здатність збирати, аналізувати та відображати просторові дані. Інформація про ґрунти була розміщена в Інтернеті, а використання ґрунтової інформації поширилося на нові, менш традиційні

сфери, такі як екологічні програми, здоров'я людини, археологія та повернулося до її раннього геологічного коріння. Роки початку XXI століття стали періодом відродження ґрунтознавства, не обов'язково завдяки збільшенню фінансування, а завдяки більшому визнанню в різних дисциплінах критичної ролі, яку ґрунт відіграє у багатьох системах. Спостерігається поновлення розуміння важливості ґрунтів, що супроводжується збільшенням кількості дослідників, студентів в міжнародних програмах та членством у професійних товариствах з ґрунтознавства. Досягнення відповідного співвідношення між інтересами сільського господарства та усіма іншими інтересами, які зараз використовують ґрунтову інформацію, є суттєвим завданням, що стоїть перед дисципліною ґрунтознавства.

Наразі, ЦКГ є важливим атрибутом розвитку сучасного ґрунтознавства. Адже, розробки в цій сфері викликані усвідомленням нагальної потреби у ґрунтовій інформації при плануванні землекористування. Вони мають особливе значення для вирішення задач моніторингу, вивчення ґрунтових процесів. Справедливо вказується на різноманіття цілей ґрунтової картографії й необхідність створення спеціальних ґрунтових карт для вирішення вузького кола практичних задач. Більшість досліджень присвячено картографуванню окремих властивостей, але досі є і роботи зі складання ґрунтових карт у традиційному понятті – з виділенням ареалів (картографічних одиниць), що відповідають виділам (таксонам) ґрунтової класифікації – типам, підтипам, асоціаціям ґрунтів. Велика увага приділяється технологічним питанням.

У вітчизняній ґрунтовій картографії сучасні розробки направлені у першу чергу на створення електронних версій дрібно-масштабних та оглядових ґрунтових карт, у тому числі карт атласів. Можна відзначити роботу по створенню, дрібномасштабної картографії із застосуванням сучасних методів моделювання і ЦКГ, що знайшла відображення у національній карті органічного вуглецю в ґрунтах України [99, 133]. У великомасштабній ґрунтовій картографії

вже накопичується певний досвід, який би дозволяв дати розгорнуті рекомендації використання ГІС-технологій.

Головна мета, що стоїть перед ґрунтознавцями-картографами, – при освоєнні і переходу до широкого використання сучасних технологій зберегти накопиченні знання про об’єкт, методологію структури ґрунтового покриву та методичні досягнення «традиційної» картографії. Як вже відмічено, схожа проблема існує і в інших розділах тематичної картографії. Це дозволяє використовувати існуючий досвід картографування у суміжних дисциплінах [103].

Цифровізація або переведення документації в цифровий формат є важливим елементом й в управлінні держави. Про це свідчать Постанова Кабінету Міністрів України № 56 від 30 січня 2019 р. «Деякі питання цифрового розвитку» [22] та Постанова Кабінету Міністрів України № 595 від 8 липня 2020 р. «Про утворення Міжгалузевої ради з питань цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації» [88]. Враховуючи це, можна сказати, що питання переведення ґрунтової інформації в цифровий формат та цифрового картографування ґрунтів наразі є актуальним, щоб відповідати вимогам сучасного суспільства. Це знаходить підтвердження у Законі України «Про національну інфраструктуру геопросторових даних» № 554-ІХ від 13.04.2020 р. [86].

РОЗДІЛ 2

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Об'єкти дослідження

Територія Харківської області знаходиться у східній частині України. Область межує з 1 країною (Росія) та п'ятьма областями (Сумською, Полтавською, Дніпропетровською, Донецькою та Луганською). Загальна площа території області становить 3141,8 тис.га. За офіційними даними кількість населення області становить 2658461 осіб (на 01.01.2020 р.) [120]. Територія області знаходиться в межах двох природних зон: Лісостепової й Степової. Сільськогосподарські угіддя займають близько 2413,8 тис. га, ліси – 417,7 тис. га, урбанізовані території – 123,1 тис. га, землі без рослинного покриву та заболочені території – 65,5 тис. га, гідрографічні об'єкти – 60,6 тис. га [19]. У відношенні до сільськогосподарських угідь: рілля займає 1928,6 тис. га (79,8 %), сінокоси та пасовища – 424,1 тис. га (17,5 %) відповідно, перелоги – 14,5 тис. га (0,7 %) відповідно, багаторічні насадження – 49,4 тис. га (2,0 %) відповідно [23]. Ареали лісових масивів розповсюджені переважно на півночі, в лісостеповій частині області. На долю чорноземів приходиться понад 90 % сільськогосподарських угідь, тобто на 1 людину припадає орієнтовно 0,71 га чорноземних ґрунтів.

Локація досліджуваної території в межах 2 природних зон обумовлює значні просторові відмінності в природно-екологічних і ґрунтових умовах. Неповне врахування цього факту призводить до нерівномірного розвитку окремих районів і навіть депресії окремих регіонів, особливо віддалених від адміністративного центру області – передусім Барвінківського, Близнюківського районів з менш сприятливими кліматичними умовами [19].

Аналіз показує, що ґрунтово-кліматичний ресурсний потенціал області використовується не повною мірою, особливо з урахуванням змін клімату за

останні 20 – 30 років. В цілому напрям змін клімату позитивний – збільшилась тривалість вегетаційного періоду, що дозволяє висівати озиму пшеницю на 2 – 3 тижні пізніше, значно покращились термічні умови холодного періоду, що збільшило засвоюваність ґрунтами вологи зимових опадів і покращило умови перезимівлі озимих культур (додаток В), збільшилась кількість опадів, особливо в осінній і зимовий періоди. Водночас збільшились термічні ресурси теплого періоду при зниженні кількості опадів, що істотно вплинуло на асортимент і площі посіву провідних сільськогосподарських культур, особливо цінних в економічному аспекті (соняшник, кукурудза на зерно, соя) при значному зменшенні вирощування ярового ячменю і цукрових буряків.

Ґрунтовий покрив області за матеріалами великомасштабних обстежень представлений понад 150 видами та різновидами ґрунтів [6], які за спільними й відмінними рисами генезису та родючості об'єднані в 13 еколого-агрохімічних груп (Додаток В). Особливості територіального поширення основних ґрунтів відображені на карті ґрунтів Харківської області (додаток В).

У ґрунтовому покриві області в умовах ріллі абсолютно переважають чорноземні ґрунти – чорноземи опідзолені (6,1 %), типові (35,9 %), звичайні (45,1 %) і лучно-чорноземні (1,1 %). Менш поширеними є сірі лісові (1,4 %) і темно-сірі опідзолені (6,6 %) ґрунти. Інші ґрунти займають порівняно незначну площу, у ріллі майже не використовуються.

Варто відзначити, що характерною особливістю ґрунтового покриву області є значне поширення ксероморфних ґрунтів в комплексі з еродованими, які формуються на схилах і мають погіршене вологозабезпечення внаслідок втрати вологи з поверхневим стоком, підвищеної евапотранспірації на південних експозиціях та спорадичного розвитку ерозійних процесів. В переважній більшості випадків, ксероморфні ґрунти мають коротшу на 15 – 50 % потужність профілю, гумусованість меншу на 12-40 % і, внаслідок цього, нижчий рівень родючості, особливо до таких вимогливих до вологи культур як соняшник, соя, кукурудза на зерно.

Ґрунти та клімат області просторово значно різняться, згідно ґрунтово-екологічного районування України [80] у межах цього регіону виділяються 9 провінцій.

Найбільш зволожена лісостепова провінція 9.6.в". До неї потрапляють: Дергачівський, Золочівський, Нововодолазький, Валківський, Богодухівський і частково Зміївський райони (додаток В).

В провінції 9.6.в" простежується підвищення зволоження в першу частину вегетаційного періоду року (травень – липень) завдяки збільшенню на 15 – 50 мм кількості опадів в цей період на відрогах Середньоруської височини та підвищених західних берегах річок, що знаходить відображення у переважанні опідзолених ґрунтів [5, 98].

Ґрунтово-екологічний район (провінція) 8.6.в" охоплює Харківський і Чугуївський райони. Характеризується зменшенням кількості опадів за період травень – вересень на 15 – 30 мм в порівнянні з вищенаведеною провінцією, що обумовлює переважання у ґрунтовому покриві чорноземів типових важкосуглинкових. Опідзолені ґрунти зустрічаються локально, переважно на підвищених правих берегах річок Сіверський Донець і його притоків Уди та Харків.

Ґрунтово-екологічний район 8.6.б' охоплює західні лісостепові райони області з переважанням чорноземів типових середньо- і важкосуглинкових – Краснокутський і Коломацький. Від вищенаведених лісостепових районів центральної частини області відрізняються зменшенням кількості опадів холодного періоду року на 20 – 30 мм, що зменшує запаси вологи у ґрунті і відображається у зменшенні потужності профілю чорноземів на 10 – 15 см.

Східний лісостеповий ґрунтово-екологічний район 8.5.в" охоплює Вовчанський, Великобурлуцький, Печенізький і Шевченківський райони області. Характеризується погіршенням умов вологозабезпечення у другій частині теплого періоду року (серпень – вересень), що знижує врожаї культур з тривалим періодом вегетації (соняшник, кукурудза на зерно, соя). Проте приуроченість

району до відрогів Середньоруської височини обумовлює підвищену кількість опадів у холодний період, що деяким чином нівелює погіршення умов зволоження наприкінці вегетації. Особливістю ґрунтів цієї провінції є більш «важкий» гранулометричний склад, переважають чорноземи типові легкоглинисті, які характеризуються найвищими запасами валових форм азоту, фосфору і калію.

Західно-центральний північностеповий ґрунтово-екологічний район 7.5.в' охоплює Зачепилівський, Сахновщинський, Кегичівський, Красноградський, Первомайський райони області. У ґрунтовому покриві абсолютно домінують чорноземи звичайні глибокі легкоглинисті з найбільшими в області запасами валового азоту, фосфору і калію.

Східно-центральний північностеповий район 7.5.в' включає Балаклійський і Ізюмський райони області. Відрізняється від вищенаведеного зменшенням кількості опадів холодного періоду року, збільшенням частки чорноземів звичайних глибоких важкосуглинкового гранулометричного складу, підвищенням питомої ваги у ґрунтовому покриві ксероморфних ґрунтів у комплексі з еродованими.

Південно-західний північностеповий ґрунтово-екологічний район охоплює Лозівський і західну частину Близнюківського районів. Відрізняється більшою посушливістю другої частини теплого періоду (серпень – вересень), що погіршує умови для культур з тривалим вегетаційним періодом.

Східний північностеповий ґрунтово-екологічний район 7'.4.в' включає Дворічанський, Куп'янський і Борівський райони. Характеризується посиленням посушливості клімату внаслідок підвищеної вірогідності суховіїв. У ґрунтовому покриві переважають чорноземи звичайні глибокі різного гранулометричного складу – від супіщаних до важкосуглинкових і легкоглинистих.

Південно-східний північностеповий ґрунтово-екологічний район 6.4.в' включає Барвінківський і східну частину Близнюківського району. За кліматичними умовами це найпосушливіший регіон Харківської області,

причому зменшення вологозабезпечення характерне як для теплого, так і холодного періодів року. У ґрунтовому покриві переважають чорноземи звичайні середньоглибокі (потужність гумусованої частини профілю 65 – 85 см, тоді як у звичайних глибоких потужність значно більша). Внаслідок розташування району на відрогах Донецької височини, у ґрунтовому покриві збільшується частка ксероморфних ґрунтів у комплексі з еродованими, а також чорноземів на нелесових породах (щільних глинах, пісках тощо) [19].

Аналіз ґрунтово-екологічних умов Харківської області свідчить про значну їх різноманітність, що обумовлює необхідність їх врахування для підвищення ефективності аграрного сектору економіки.

В основу роботи лягли польові та картографічні дослідження ґрунтового покриву різних за площею і особливостями ҐП земельних ділянок. Польовими дослідженнями охоплено більшу частину районів області. Так, безпосередньо ґрунтові дослідження з відбиранням ґрунтових проб були проведені на території: Харківського (139), Дергачівського (41), Вовчанського (13), Богодухівського (2), Печенізького (49), Чугуївського (44), Великобурлуцького (4), Зміївського (24), Валківського (22), Краснокутського (3), Кегичівського (2), Куп'янського (1), Балаклійського (1), Барвінківського (75), Лозівського (96) та Первомайського (1) районів. Також апробація результатів була проведена і в умовах іншої природної зони, на виставково-інноваційному полігоні НААН в с. Ксаверівка Київської області. Всього було зібрано 513 точок досліджень ґрунту (розрізи, прикопки; відбір зразків та їх аналіз тощо) в межах Харківської області, в яких автор безпосередньо брав участь в період з 2012 по 2020 рр., в складі відділу ґрунтових ресурсів ННЦ "ІА імені О.Н.Соколовського" (рис.2.1).

Розглянемо найбільш значимі об'єкти, на території яких проводились дослідження. Одним з них є територія земельної ділянки площею 40 га в Печенізькому районі Харківської області (рис.2.2). Досліджувана земельна ділянка знаходиться у лівобережній частині Печенізького району на терасі р. Сіверський Донець.

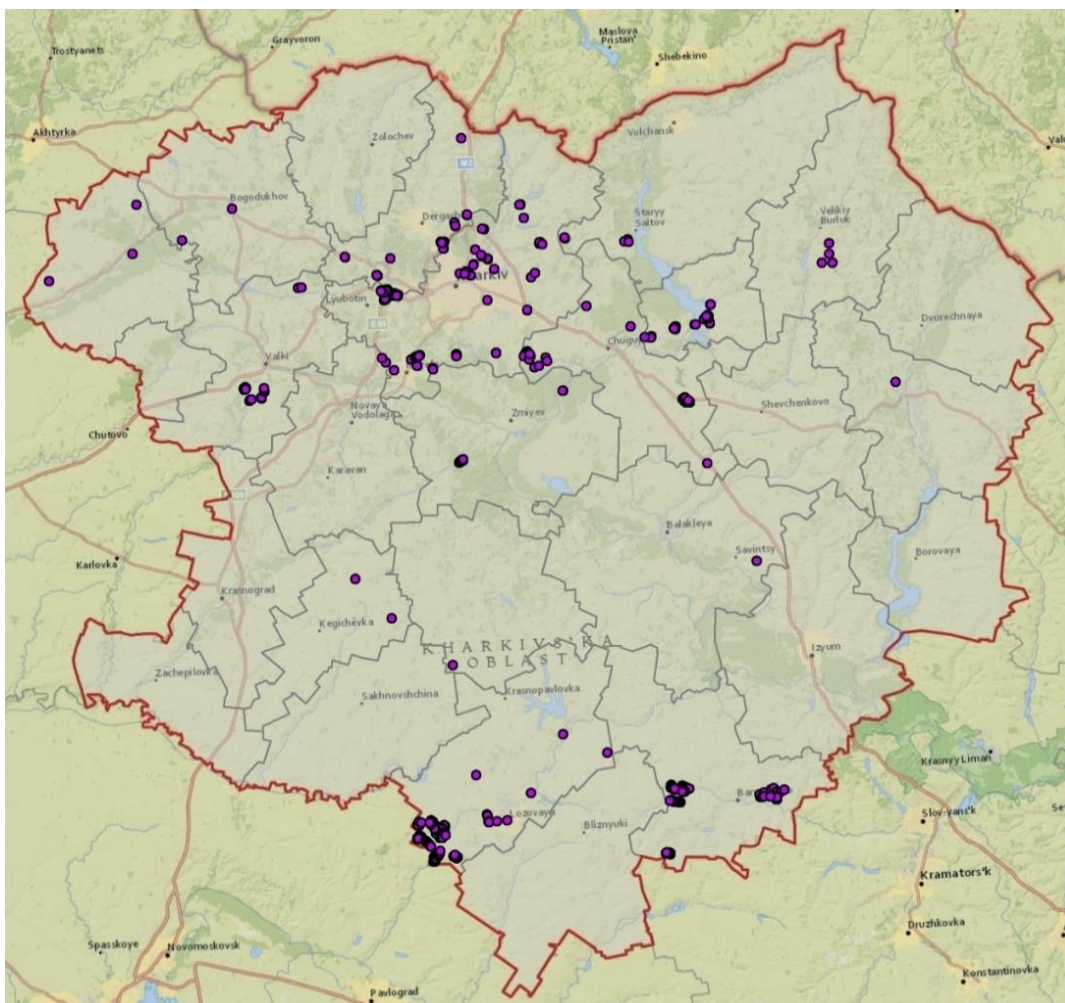


Рис. 2.1. Схема об'єктів досліджень у межах Харківської області

Закладання ґрунтових розрізів і відбирання ґрунтових проб здійснювались відповідно до ДСТУ 4287:2004 [27]. Було закладено 8 ґрунтових розрізів. Опис морфолого-генетичного профілю ґрунтів проводився відповідно до ДСТУ 7535:2014 [31]. Кожен ґрунтовий розріз був прив'язаний у системі географічних координат за допомогою приладу супутникового геопозиціонування (GPS). При цьому додається координатна відомість точок спостереження (табл.2.1).

У відібраних ґрунтових зразках визначали: рН водний (ДСТУ 8346:2015) [41], вміст гумусу (ДСТУ 4289:2004) [27], рухомий фосфор і калій за Мачигінім (ДСТУ 4114-2002) [26], а також мінеральний азот (ДСТУ 4729:2007) [28].



Рис. 2.2. Космічний знімок ділянки ОСГ «Печеніги» Печенізького району Харківської області з нанесеною ситуацією [21].

Діагностування еколого-генетичного статусу ґрунту проводилось на основі результатів аналізу морфолого-генетичної будови профілю з наступними уточненнями за даними аналітичних досліджень відібраних ґрунтових проб [8, 81].

Інформація про земельну ділянку репрезентовану ґрунтовим розрізом з використанням вимог ДСТУ ISO 11259 [42] містить опис:

- 1) рельєфу і приуроченості розрізу до його елементів;
- 2) використання земельної ділянки та стан поверхні ґрунту;
- 3) стану рослинного покриву;

- 4) глибину скипання від соляної кислоти;
- 5) глибину і якість ґрунтових вод;
- 6) ґрунтоутворювальну та підстелену породу.

Таблиця 2.1

**Координатна відомість точок відбору проб земельної ділянки
ОСГ «Печеніги» Печенізького району Харківської області**

№ точок	Широта, °	Довгота, °
P1	49,892164	37,014113
P2	49,891984	37,013208
P3	49,89035	37,010524
P4	49,89175	37,008896
P5	49,89041	37,009341
P6	49,894589	37,005808
П1	49,892959	37,007496
П2	49,89139	37,008267

Підґрунтові та поверхневі води аналізувались за катіоном-аніонним складом [35-38, 39, 40].

Під час дослідження даної земельної ділянки було закладено 8 місць відбирання проб (ґрунтові розрізи та прикопки).

Найбільш поширеним ґрунтом на території земельної ділянки є чорнозем типовий середньосуглинковий на лесах (рис.2.3).

Було описано всі точки відбирання ґрунтових зразків даної земельної ділянки, відібрано зразки та на основі лабораторних аналізів визначено назви ґрунтів:

Розріз №1 закладений у помітній за рельєфом западині. Ґрунт – лучно-чорноземний глибокослабоосолоділий середньо-суглинковий.

Розріз №2, що закладений на міжзападинному вирівняному вододілі. Ґрунт – чорнозем типовий середньосуглинковий на лесі.



Рис. 2.3. Розріз №2. Профіль чорнозему типового середньосуглинкового на лесі, розташованому на ділянці ОСГ «Печеніги».

Розріз №3 закладений у південно-західній частині земельної ділянки на горбистому підвищенні. Ґрунт – дерновий опідзолений глеюватий середньосуглинковий, підстелений давньоалювіальними пісками.

Розріз №4 закладений у місці переходу притерасного зниження в уступ одно лесової тераси. Ґрунт – чорноземно-лучний слабосолонцюватий легкосуглинковий, неглибоко підстильний супісками.

Розріз №5, закладений у південно-західній частині земельної ділянки на пасмоподібному підвищенні рельєфу неподалік від западини. Ґрунт – лучно-чорноземний слабо солонцюватий середньосуглинковий на лесі.

Розріз № 6 закладений у північно-західній частині земельної ділянки на вирівняній ділянці, яка виразно виділяється за кольором на поверхні і пригніченим станом рослинності з участю псамофітів. Ґрунт – чорнозем опідзолений супіщаний на безкарбонатних давньо-алювіальних пісках.

Розріз П1 закладений на периферії заболоченого зниження з близьким до поверхні заляганням підґрунтових вод. Ґрунт – болотний солонцювато-солончакуватий.

Розріз П2 закладений на периферії заболоченого зниження рельєфу. Ґрунт – лучно-болотний солонцювато-солончакуватий легкосуглинковий.

Ґрунтовий покрив дослідженої земельної ділянки різноманітний і представлений спектром ґрунтів: чорноземи типові, чорноземи опідзолені, лучно-чорноземні слабосолонцюваті і слабоосолоділі, чорноземно-лучні слабосолонцюваті і слабоосолоділі, лучно-болотні і болотні солонцювато-солончакуваті, дернові опідзолені глеюваті. Різноманітність ґрунтового покриву обумовлює необхідність його диференційованого використання відповідно генетичних особливостей [56].

Підґрунтові води у заболоченому зниженні рельєфу залягають на глибині 0,3 – 0,7 м, характеризуються мінералізацією 2 г/л, гідрокарбонатно-сульфатно-натрієвим хімічним складом. Для зрошення води малоприсадатні в зв'язку з небезпекою вторинного осолонцювання ґрунтів з різким погіршенням їх агрофізичних властивостей.

Для відпрацювання методики детального обстеження ґрунтів були проведені польові дослідження на виставково-інноваційному полігоні НААН поблизу с. Ксаверівка Васильківського району Київської області. Ґрунтові зразки з території полігону відбирались генетичним морфо-скульптурним методом (нерівномірною сіткою за ландшафтними відмінами) (рис. 2.4).

Було відібрано 75 проб ґрунту для аналізу лабораторним методом. Проби відібрані так, що кожна дослідна ділянка включала щонайменше одну пробу. Особливо слід відмітити, що на даному полігоні відпрацьовано елемент створення карти-версії ґрунтового покриву за допомогою аерофотозйомки високої роздільної здатності. На її основі розроблено картографічну основу, де завдяки тональності зображення проводиться оконтурювання існуючих елементів мікрорельєфу. Згідно карти-версії ґрунтового покриву були намічені

точки закладання ґрунтових розрізів, прикопок та відбирання проб. Кожна точка має просторову прив'язку із відповідними координатами, які отримані за допомогою GPS-приймача, та шляхом певної обробки виносяться на карту-версію.

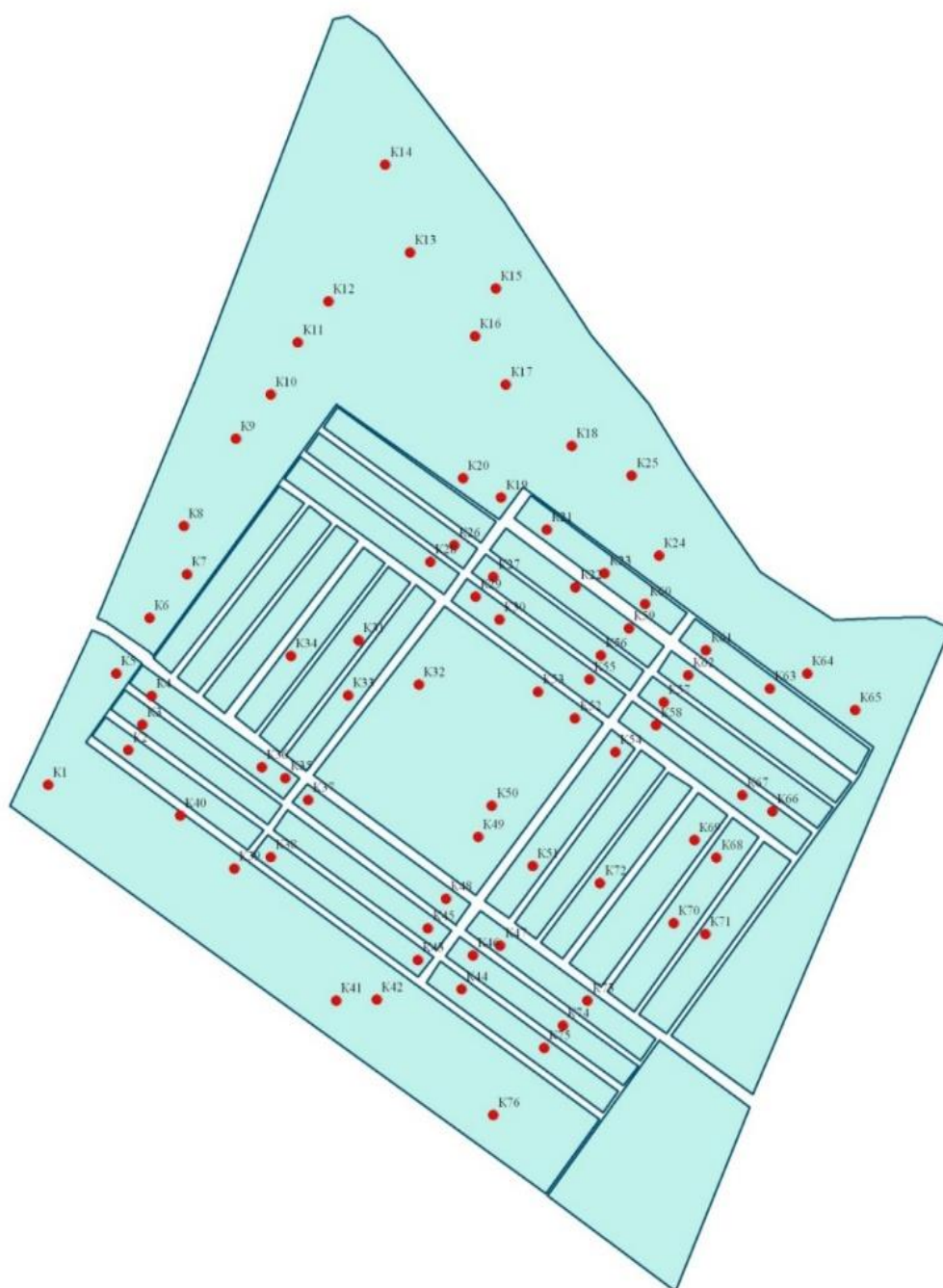


Рис. 2.4. Місця відбирання ґрунтових зразків на виставково-інноваційному полігоні НААН

Об'єктом досліджень у Чугуївському районі Харківської області був ґрунтовий покрив земельних ділянок загальної площею 300 га у ДП «ДГ «Граківське», морфогенетичні його особливості та параметри властивостей його компонентів. Були застосовані методи проведення досліджень: порівняльно-географічний, профільно-аналітичний, картографічний.

Ґрунтова зйомка земельних ділянок з непорушеним ґрунтовим покривом здійснювалась згідно з чинними нормативними документами (ДСТУ 7535:2014, ДСТУ 7827:2015, ДСТУ 7844:2015) [30-32]. Ґрунтові розрізи викопувались до глибини 130 – 150 см. Ґрунти у польових умовах визначались за морфолого-генетичною будовою профілю з наступним уточненням їх назви за результатами аналітичних робіт. Відбирання ґрунтових проб здійснювалось згідно ДСТУ 4287:2004 [27].

Дистанційне зондування земної поверхні здійснювалось за допомогою аерознімків з дистанційно керованого літального апарату (ДКЛА), масштаб ґрунтового обстеження 1:5000.

Сутність технології – створення карти-версії ґрунтового покриву (рис.2.5) на підставі суміщення існуючих ґрунтово-картографічних матеріалів з даними дистанційного зондування, попереднє визначення місць закладення ґрунтових розрізів, удосконалення попереднього номенклатурного списку ґрунтів за результатами кількісної діагностики [8], фітоіндикацію просторової строкатості ҐП за станом культурних рослин, видовим складом і розвитком окремих видів бур'янів.

Ґрунтовий покрив земельних ділянок, що знаходяться у користуванні ДП ДГ «Граківське» в межах Чугуївської району Харківської області характеризується переважанням чорноземів типових середньогумусних легкоглинистих, їх підвищено зволжених глибококарбонатних видів, слабксероморфних видів у комплексі з еродованими ґрунтами та чорноземно-лучних ґрунтів у найбільших западинах.



Рис. 2.5. Робоча карта-версія із місцями відбирання ґрунтових зразків ДП «ДГ«Граківське»

2.2 Методика дослідження

Для досягнення поставленої мети застосовано основні методи: польовий – для встановлення еколого-генетичного статусу ґрунтів із поєднанням екологічних умов; порівняльно-географічний – встановлення впливу природних умов на генезис та властивості ґрунтів, статистичний – для аналізу кореляційних залежностей між параметрами властивостей ґрунтів; картографічний – для просторового аналізу та характеристики екологічних факторів формування ґрунтового покриву, геостатистичний – для розроблення карт агрохімічних показників, математичного моделювання – створення моделей цифрових карт; лабораторні аналізи зразків ґрунту проведено за атестованими і стандартизованими методиками.

Аналітичні дослідження виконували в лабораторії інструментальних методів дослідження ґрунтів (свідоцтво про відповідність системи вимірювань вимогам ДСТУ ISO 10012:2005 № 100-153/2014 від 01.08.2014 р. та № 01 - 0104/2017 від

01.08.2017 р.). У відібраних ґрунтових зразках визначали: вмісту органічного вуглецю за методом Тюріна – згідно з ДСТУ 4289:2004 [28], гранулометричний склад – згідно з ДСТУ 4730:2007 [30], вмісту обмінних кальцію, магнію, натрію і калію – згідно з ДСТУ 7861:2015 [34], pH_{H_2O} – згідно з ДСТУ 8346:2015 [41].

Польові дослідження проводили відповідно до чинних нормативних документів: польовий опис ґрунту – згідно з ДСТУ ISO 25177:2015 [43], опис ґрунтових профілів – згідно з ДСТУ 7535:2014 [31], відбирання проб ґрунту – згідно з ДСТУ 4287-2004 [27], діагностування еколого-генетичного статусу ґрунту – згідно з ДСТУ 7844:2015 [33].

Результати математичної та статистичної обробки аналітичних та просторових даних, виконані з використанням програм ArcGIS, R-Studio, Microsoft Excel, QGIS; даних ДЗЗ за допомогою ILWIS, SAGA GIS. Розробка первинних баз даних виконана за допомогою ArcGIS; застосовано на у мобільному додатку Collector for ArcGIS та веб-ресурсі ArcGIS Online.

В основу побудови карти запасів ОҐВ була закладена S.C.O.R.P.A.N-модель. В якій моделювання ґрунтових властивостей у цифровій картографії, наразі, ґрунтується на взаємозв'язках між ґрунтами, факторами і процесами ґрунтоутворення які входять до рівняння в якості змінних предикторів [155]. Рівняння має в собі наступні змінні: ґрунт, клімат, живі організми і рослинний покрив, рельєф, материнську породу, фактор часу, просторову та географічну позиції. Роботи виконували мовою програмування R [185] удосконалення R-скрипту, розробленого при створенні національної карти органічного вуглецю та доопрацьованого згідно методик FAO [181], з використанням програмного забезпечення R-studio [175]. Крім того, для моделювання було використано алгоритм машинного навчання Random Forest [157]. Невизначеність моделі була оцінена з використанням таких параметрів, як коефіцієнт детермінації моделі (R^2) і середня квадратична похибка (RMSE).

Картографування засолених ґрунтів, а саме ґрунтів адміністративної області (Харківської області) із використанням передових методів моделювання виконане вперше в Україні та проведено згідно із рекомендацій та методик FAO

та ГПП для всіх країн світу [159]. Для виконання моделювання за рекомендаціями ФАО використовувалось наступне програмне забезпечення [141]: R; QGIS; R-studio; ILWIS. Проведено машинний аналіз для вибору найкращого алгоритму моделювання даних. За його результатами, обиралась модель за трьома значеннями: R^2 , RMSE, ME. За результатами машинного аналізу було обрано результуючу модель Cubist [126].

Результати даного розділу опубліковано у працях [2, 5, 44, 46, 47, 100].

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ҐРУНТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ІНФОРМАТИВНОСТІ

3.1 Проблеми великомасштабних ґрунтових досліджень

Сучасне великомасштабне дослідження ґрунту має на меті отримати об'єктивну інформацію про структуру ґрунтового покриву за еколого-генетичним статусом ґрунтів. Також визначити реальний стан ҐП за агровиробничими якостями щодо його раціонального використання. У той же час великомасштабне ґрунтове картографування – не тільки основний метод дослідження ҐП, а й необхідний інструмент при вирішенні генетичних та агроекологічних задач, вивченні трансформації ҐП та розробці регіональної діагностики ґрунтів [104].

Вчасна та достовірна інформація про ґрунтові ресурси за екологічними і агрономічними характеристиками ґрунтів надає нам змогу вирішити важливі проблеми на сьогодні:

- забезпечити належну охорону ґрунтів: відтворити їхні продуктивні та екологічні (біосферні) функції, розв'язати соціально-економічні проблеми продовольчої безпеки держави, поліпшити інвестиційну привабливість земель України, обґрунтувати стратегію, а також тактику підвищення ефективності аграрного сектору економіки;

- визначити агропотенціал продуктивної здатності кращих с/г культур за показниками природної та ефективної родючості ґрунту із різним еколого-генетичним статусом, в рамках окремих таксономічних одиниць класифікації, тобто основи організації високопродуктивного та стабільного землеробства;

- обґрунтувати стратегії збалансованого використання земельних ресурсів на базі системи землеробства шляхом оптимізації вибору культур, що відповідають ґрунтово-екологічним умовам;

– розробити цілеспрямовані заходи щодо усунення конкретних видів деградації ґрунтів, а також підвищення родючості ґрунтів. В цей же час кожний окремих землекористувач на основі ґрунтових матеріалів земельної ділянки матиме змогу диференційовано планувати та впроваджувати системи агротехнічних заходів, що відповідають місцевим ґрунтово-кліматичним умовам й вирощуванню культур;

– забезпечити науково обґрунтовані системи й технології щодо використання добрив шляхом оптимальних ресурсощадних доз. При цьому, варто враховувати агрохімічні показники в залежності від еколого-генетичного статусу ґрунтів;

– переглянути поділ ґрунтів на особливо цінні, закріпити їх діагностичні критерії в рамках закону щодо усунення спекуляцій по відведенню земель для не с/г використання, а також їх загальну вартість;

– обґрунтувати нормативну грошову оцінку земель с/г призначення, а також податок на основі її продуктивності;

– удосконалити доктрину оптимізації структури земельних угідь;

– використати матеріали великомасштабних досліджень ГП керівними структурами різного рівня задля управління розвитку с/г виробництва шляхом довгострокового планування, спеціалізації, концентрації, пільгової податкової системи тощо.

Результати ґрунтових досліджень є основою організації заповідної справи, рекреації, здійснення моніторингу за станом ґрунтів і довкілля, створення ґрунтових карт різного масштабу, розроблення та удосконалення районувань агрономічного та екологічного спрямувань, розвитку педотехнологій у напрямі створення довідково-інформаційних і експертно-оцінних систем для задоволення потреб з різних проблем землекористування, землеробства, охорони ґрунтових ресурсів.

Отримати та використати достовірну інформацію про якісний склад ґрунтового покриву за компонентним еколого-генетичним статусом ґрунтів і їх сучасний стан можна на основі обов'язкових методичних розробок відповідно до нових досягнень у ґрунтознавстві, агрохімії, картографії і агрономії:

- методика картографування;
- список номенклатури і діагностики еколого-генетичного статусу ґрунтів;
- оцінка агровиробничих якостей ґрунтових ресурсів за результатами великомасштабного дослідження;
- агрономічний регламент поліпшення і ефективного використання ґрунтового покриву (ґрунтовий нарис) [7].

Методика є основою для проведення картографування ґрунтового покриву. Ґрунтова карта повинна гранично точно відображати всю різноманітність ґрунтів за еколого-генетичним статусом і їх сучасний стан. Виконання цієї вимоги досягається за рахунок розробленої технології картографування і створеного на принципово нових засадах списку номенклатури та діагностики еколого-генетичного статусу ґрунтів за використання: топографічної картографічної основи у масштабі 1:10000, на якій мають бути відображені адміністративні межі із суміжними земельними ділянками, межі одиниць сучасного адміністративно-територіального устрою в залежності від розташування земельної ділянки; гідрографічна мережа і дорожня інфраструктура; назви населених пунктів та їх зовнішні межі; сільськогосподарські та інші угіддя з системою їх землекористування у вигляді полів, полезахисних лісосмуг, просік у лісових масивах; на зрошуваних землях – система каналів, осушених – дренажна відкрита система; топографія місцевості з горизонталями через 1 м; дані дистанційного зондування поверхні різними способами (космічні знімки, аерофотозйомка) за сезонами року в декілька строків (за 1 – 2 роки до обстеження території) [7].

Великомасштабне дослідження ґрунтового покриву здійснюється періодично з метою отримання інформації про його сучасний стан, яка дозволить об'єктивно оцінити його якість і буде підставою для проведення заходів щодо охорони, підвищення родючості та раціонального використання ґрунтів [7].

Великомасштабному дослідженню підлягають землі сільськогосподарського призначення згідно статті 19 Земельного кодексу України [49].

Великомасштабне дослідження ґрунтового покриву здійснюється відповідними підрозділами центральних органів виконавчої влади України, до повноважень яких належить охорона земель та їх родючості.

Науково-методичне забезпечення великомасштабного дослідження ґрунтового покриву України здійснюється науковими організаціями та кафедрами ґрунтознавства вищих навчальних закладів під керівництвом Національного наукового центру “Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського”.

Територіальною одиницею великомасштабних досліджень ґрунтового покриву є земельна ділянка і/або землекористування суб’єктів господарювання різних форм власності. Великомасштабне обстеження ґрунтового покриву здійснюють у масштабі 1:10000.

Організація та проведення робіт із суцільного обстеження ґрунтового покриву здійснюється поетапно: підготовчий, польовий та камеральний етапи.

3.2 Методичні особливості підготовчого етапу методики великомасштабних досліджень ґрунтів

Нами удосконалено методичні підходи для підготовчого етапу великомасштабних досліджень ґрунтового покриву.

Підготовчий етап великомасштабного обстеження ґрунтового покриву включає такі роботи:

- збір, узагальнення та систематизація матеріалів щодо природних умов регіону обстеження, картографічних та аналітичних даних минулого обстеження;
- розроблення попереднього номенклатурного списку ґрунтів;
- розробка програми та методик польових й аналітичних досліджень;
- підготовка картографічної основи;
- розроблення попередньої карти-версії ґрунтового покриву шляхом синтетичного узагальнення на картографічній основі ґрунтових контурів на підставі матеріалів минулого обстеження, особливостей рельєфу місцевості й тональності зображень на матеріалах дистанційного зондування земної поверхні та з використанням матеріалів аерофотозйомки;

- планування обсягу польових робіт із закладенням ґрунтових розрізів, відбиранням ґрунтових проб, визначенням набору показників аналітичного дослідження у відібраних ґрунтових пробах, підготовкою польового спорядження й обладнання;

- підготовка електронних таблиць для введення здобутої атрибутивної інформації.

Одним з найбільш важливих завдань є збір, узагальнення та систематизація матеріалів щодо природних умов регіону досліджень, картографічних та аналітичних даних минулого обстеження. Серед кліматичних показників у першу чергу аналізуються середньобагаторічні дані кількості опадів і температури повітря найближчих метеостанцій (середні дані за місяцями року). За цими кліматичними параметрами розраховується ГТК. За ГТК вважається відносний показник кліматичних ресурсів зволоження у теплий період року, коли середньодобові температури повітря перевищують 10°C . ГТК – це сума опадів за період, коли середньодобова температура повітря вище $+10^{\circ}\text{C}$ поділена на суму активних температур за той же період [80].

При відсутності середньо багаторічних кліматичних даних для ідентифікації ґрунтово-екологічної належності регіону слід скористатися схемою ґрунтово-екологічного районування [8].

Після встановлення екологічної специфіки регіону досліджень складається попередній перелік ґрунтів з діагностичними їх градаціями згідно інтенсивності відносного гумусонакопичення. Нами запропоновано використовувати показники за показниками КПНГ і КВАГ, які використовуються для уточнення еколого-генетичного статусу ґрунтів за матеріалами минулого обстеження (додаток В).

На підставі існуючих ґрунтових матеріалів розробляється попередній номенклатурний список ґрунтів. Для цього здійснюється коригування еколого-генетичного статусу ґрунтів відповідно чинних класифікаційних систем з кількісними діагностичними градаціями типів, підтипів і видів ґрунтів.

На основі топографічної карти у масштабі 1:10000 можна виготовити картографічну основу, на якій повинні бути відображені:

- адміністративні межі із суміжними земельними ділянками, а також межі одиниць адміністративно-територіального устрою в залежності від розташування земельної ділянки згідно сучасного адміністративно-територіального устрою;
- гідрографічна мережа і дорожня інфраструктура;
- назви населених пунктів та їх зовнішні межі;
- сільськогосподарські та інші угіддя з системою їх землевпорядкування у вигляді полів, полезахисних лісосмуг, просік у лісових масивах та в окремих випадках об'єктів меліорації;
- топографія місцевості з горизонталями через 1 м [7, 12].

Використання планів внутрішньогосподарського землевпорядкування в якості картографічної основи забороняється. На основі топографічної карти розробляється цифрова модель рельєфу (ЦМР). Одним зі способів побудови ЦМР даним способом спочатку необхідно за допомогою сканера топографічну основу трансформувати у графічний файл. Використання графічних редакторів дозволяє провести процедуру вилучення зображення горизонталей з загального зображення топографічної карти, а також здійснити додаткові заходи для покращення отриманого зображення - виключення зайвих позначок, деталей та фону, доведення пунктирних горизонталей тощо. Після чого відбувається (діджиталізація) оцифровка горизонталей в середовищі ГІС. Після оцифровки горизонталей дослідник має не лише векторне зображення рельєфу, а й точні цифрові значення кожної горизонталі. І на заключному етапі в автоматичному режимі ГІС здійснюється побудова растрового зображення цифрової моделі рельєфу на основі оцифрованих горизонталей.

Іншим способом отримання ЦМР є використання даних ДЗЗ. Для цього використовуються ресурси у вигляді SRTM (Shuttle Radar Topographic Mission) - знімків у форматі GeoTIFF. Дані SRTM 1 Arc-Second Global доступні у вигляді сітки з розміром комірки 1x1 арксек (тобто з роздільною здатністю 30 м) і забезпечують відкритий розподіл цієї високої роздільної здатності на глобальний набір даних. Деякі тайли все ще можуть містити порожнечі. Є можливість

верифікації карти покриття в EarthExplorer, на доступність області інтересу. Необхідно звернути увагу, що тайли північніше 50° Пн.Ш. та південніше 50° Пд.Ш. представлені з роздільною здатністю 2x1 арксек [187].

Для здійснення робіт може бути застосовано дані будь-яких супутників дистанційного зондування Землі, знімальні системи яких працюють в оптичному, ближньому та середньому інфрачервоних діапазонах спектра. Разом із багатоспектральною зйомкою супутниками може використовуватись панхромна та радіолокаційна зйомки, такі дані також можуть бути застосовано під час досліджень ґрунтового покриву. Пріоритет надається космічним знімкам із високою просторовою роздільною здатністю. Вони отримані з космічних апаратів детального спостереження (SPOT, Landsat, TERRA, Pleiades, Ikonos та ін.).

Всі топографічні карти та решта картографічних матеріалів автоматично прив'язуються окремими прошарками інформації в ГІС до базового космічного зображення на територію обстежень. В якості додаткового картографічного матеріалу не зайвим буде застосування на територію досліджень планів землеустрою, архівних ґрунтових карт різних масштабів, картосхем землекористування тощо. Всі картографічні матеріали скануються, після чого растрові зображення прив'язуються в ГІС.

Сучасні засоби ГІС дозволяють автоматично здійснити географічну прив'язку всіх прошарків інформації на основі даних, якими супроводжуються файли космічних знімків в GeoTIFF-форматі.

Методичною специфікою великомасштабного дослідження ґрунтів є попереднє створення у підготовчий період гіпотетичної карти-версії картографічної основи з віртуальними ґрунтовими контурами на основі даних минулого обстеження з сучасною їх інтерпретацією відповідно ґрунтового-екологічного районування та класифікації ґрунтів. Методичні вказівки були використані в дослідженні с/г земель за допомогою магнітної зйомки. За її результатами визначено високий ступінь зв'язку між вмістом гумусу та магнітною сприятливістю, що в свою чергу, дає можливість використання у разі,

при потребі масових детальних визначень гумусу — ерозійні дослідження та великомасштабне картографування ґрунтового покриву [111, 180]. Основи даної методики також частково використані для потреб адаптивного сільського господарства з безпосереднім використанням засобів ГІС та ДЗЗ [186]. Карта-версія ґрунтового покриву являє собою гіпотетичне відображення на картографічній основі ґрунтового покриву певної території на підставі узагальнення матеріалів ґрунтових досліджень минулих років, рельєфних особливостей місцевості та даних дистанційного зондування земної поверхні.

Вітчизняний та закордонний досвід картографування ґрунтового покриву свідчить про доцільність створення хронологічно до початку обстеження попередніх картографічних матеріалів з віртуальними ґрунтовими виділами (карта-гіпотеза, робоча ландшафтна модель тощо) [48, 118].

Мета створення карт-версій – підвищення точності відображення на ґрунтових картах ґрунтових меж, шляхом матеріалів минулих ґрунтових досліджень, топографічних карт та даних дистанційного зондування земної поверхні.

Карта-версія ґрунтового покриву створюється у підготовчий період ґрунтових досліджень у масштабі майбутньої ґрунтової зйомки на картографічній основі у системі географічних координат [44, 48].

Розроблення гіпотетичної карти-версії здійснюється шляхом перенесення на картографічну основу ґрунтових контурів минулих ґрунтових досліджень, топографічних особливостей та даних дистанційного зондування земної поверхні, виконаних у різних оптичних діапазонах і різні строки, щоб максимально охопити площі, не зайняті рослинним покривом. Ареали різної тональності зображень на аерокосмічних знімках при значній розбіжності з ґрунтовими контурами (за дослідженнями минулих років і особливостями рельєфу) підлягають попередній перевірці наземними способами [186].

До переліку основних принципів, якими слід керуватись при створенні гіпотетичних карт-версій, можуть бути віднесені:

- принцип спадкоємності – передбачає використання уже виділених на картах ґрунтових виділів;
- принцип географічності – карта-версія повинна створюватись у системі географічних координат і точно відтворювати природні особливості;
- принцип реалістичності – на картографічній основі повинні знайти відображення реально можливі ґрунтові межі;
- принцип віртуальності – межі ґрунтових виділів мають версійний характер, остаточне їх перенесення на польову ґрунтову карту можливе тільки після верифікації.

До можливих недоліків карт-версій відносяться:

- недостатня точність ґрунтових меж, в зв'язку з використанням при минулих обстеженнях в якості картографічної основи контурного плану землекористування (ліквідується уточненням ґрунтових виділів відповідно особливостей рельєфу на топографічній картах);
- розбіжність старих меж землекористувань з теперішніми (проводиться коригування відповідно діючого адміністративного устрою);
- збіг меж ґрунтових виділів, особливо змитих ґрунтів, з горизонталями на топографічній карті (у природі практично не зустрічається, вимагає окремої перевірки при польових дослідженнях).

Після виготовлення карти-версії ґрунтового покриву планується мінімально необхідний набір аналітичних робіт, який дозволяє уточнити еколого-генетичний статус виділених ґрунтів. Загально необхідний перелік включає наступні види аналізів:

1. визначення гранулометричного складу за Качинським [30];
2. вміст органічної речовини [27];
3. реакція ґрунтів (рН водної та сольової витяжки потенціометричним методом);
4. увібрані катіони за Шоленбергером.

Крім цього, для солонцюватих і засолених ґрунтів додатково передбачається визначення вмісту водорозчинних солей. Для органогенних ґрунтів бажано визначити зольність торфу.

Дешифрування гіпотетичної карти-версії проводиться шляхом закладання мережі ґрунтових розрізів. Кількість їх залежить від категорії складності ґрунтового покриву і встановлюється згідно з ДСТУ 4287:2004 [27]. Перевірці підлягають всі ґрунтові контури.

Розташування майбутніх ґрунтових розрізів визначається у підготовчий період з нанесенням на карту-версію та наступним уточненням у натурі. При необхідності уточнення еколого-генетичного статусу ґрунтів і їх меж допускається закладення додаткових ґрунтових розрізів [44].

Необхідно, щоб кожний віртуальний ґрунтовий виділ на карті-версії був ідентифікований закладенням ґрунтових розрізів. Кількість ґрунтових виробіток залежить від категорії складності ґрунтового покриву, яка визначається за генетико-літогранулометричною неоднорідністю території згідно матеріалів минулого обстеження. Крім зареєстрованих ґрунтових розрізів і прикопок, допускається закладення не реєстрованих прикопок, для уточнення контурів ґрунтових виділів, якщо вони не збігаються із картою-версією.

Виходячи з категорії складності ґрунтового покриву та площі досліджуваної ділянки, планується обсяг майбутніх польових і камеральних робіт, готується необхідне обладнання.

Приклад апробації методики представлений на території ділянки площею 40 га в Печенізькому районі Харківської області. Досліджувана земельна ділянка знаходиться у лівобережній частині Печенізького району на терасі р. Сіверський Донець, як було показано у розділі 2.

У ґрунтовому покриві згідно архівних картографічних матеріалів переважають чорноземи типові середньо- і важкосуглинкові на лесі, які характеризуються високою родючістю. Регіон досліджень характеризується пересіченим рельєфом, для якого властивий перерозподіл вологи з поверхневим

стоком. Крім того, у притерасних зниженнях з близьким заляганням підґрунтових вод поширені болотні та лучно-болотні ґрунти. У блюдцеподібних зниженнях навпаки можлива акумуляція вологи і ґрунтової маси з навколишніх територій. Це обумовлює різноманітність структури ґрунтового покриву і відповідно диференціацію земель за родючістю. В зв'язку з цим була розроблена карта-версія земельної ділянки, на якій заздалегідь до виїзду у поле були заплановані точки опробування (рис.3.1).



Рис. 3.1. Карта-версія земельної ділянки ОСГ «Печеніги» Печенізького району Харківської області

3.3 Специфічні риси польового етапу картографування ґрунтового покриву

Польовий етап великомасштабного обстеження ґрунтового покриву включає такі роботи:

- рекогносцирувальні роботи у разі відсутності матеріалів минулого обстеження або за первинного проведення суцільного обстеження ґрунтового покриву з метою визначення зв'язку між природними факторами й типом ґрунтоутворення, уточнення номенклатурного списку ґрунтів;
- дешифрування карти-версії шляхом закладення ґрунтових розрізів для діагностування еколого-генетичного стану ґрунту та відбирання ґрунтових проб;
- узгодження ґрунтових контурів на суміжних земельних ділянках;
- створення польової карти ґрунтів.

Картографування земельної ділянки здійснюється шляхом дешифрування у польових умовах попередньої карти-версії ґрунтового покриву.

Точка відбирання проб (розріз, напів'яма, прикопка) на місцевості вибирається так, щоб вона була максимально репрезентативною – типовою для елемента рельєфу. Необхідно уникати нетипових місць – мікропонижень або мікропідвищень рельєфу, блюдець, ділянок з антропогенними включеннями тощо, за виключенням випадків, коли це передбачено метою досліджень, зокрема детальне обстеження ділянок зі складним рельєфом.

Опис морфолого-генетичного профілю ґрунту включає будову його профілю за генетичними горизонтами, їх потужністю через глибину залягання та візуальними характеристиками: кольором, вологістю, гранулометричним складом, структурою, шпаруватістю, біологічними морфологічними елементами, пов'язаними з життєдіяльністю рослин і тварин: відокремленими сегрегованими елементами за формою, кольором, твердістю і кількістю, наявністю уламків гірських порід і включень; характером і формою переходів між генетичними горизонтами та характеристикою ґрунтоутворювальної породи.

Опис будови профілю ґрунту здійснюється відповідно генетичних горизонтів з індексацією їх відповідними символами за інтенсивністю прояву ґрунтоутворювальних процесів. Домінуючі з них позначаються великою латинською літерою їх назви, а підпорядковані – маленькими. Діагностування ґрунтоутворювальних процесів та інтенсивності їх прояву здійснюється за відповідними морфогенетичними ознаками. Наведемо приклад опису профілю ґрунтового розрізу №1, що закладений у помітній за рельєфом западині (рис.3.2). Його будова профілю має такий вигляд:



Рис. 3.2. Розріз №1. Профіль лучно-чорноземного глибоко слабоосолоділого середньо-суглинкового ґрунту ділянки ОСГ «Печеніги»

H (0-50 см) – гумусовий, темно-сірий, у вологому стані майже чорний, грудкувато-зернистий, інтенсивно пронизаний коренями рослин, середньосуглинковий, перехід поступовий;

Hr (50-74 см)– верхній перехідний, темно-сірий з бурим відтінком, грудкуватий, середньосуглинковий, безкарбонатний, сирий, перехід поступовий;

Ph(g1)(74-98 см) – нижній перехідний, брудно-палево-сірий, середньосуглинковий, безкарбонатний, сирий, перехід ясний;

Pe(gl)(98-110 см) – глеє-елювіальний, білесувато-сизо-пальовий, безструктурний з тенденцією до пластинчастості, сирий, перехід ясний;

Pigl – оглеєний без карбонатний лес, середньо суглинковий.

Ґрунт – лучно-чорноземний глибокослабоосолоділий середньо-суглинковий

3.4 Узагальнення результатів обстеження в камеральних умовах

Камеральний етап великомасштабного обстеження ґрунтового покриву включає такі роботи:

- інвентаризація відібраних проб ґрунту, планування обсягу та видів аналізів, підготовка зразків ґрунтів до аналізування;
- аналітичні дослідження зразків ґрунтів;
- заповнення електронних таблиць атрибутивних даних;
- уточнення номенклатурного списку ґрунтів на підставі параметрів їх властивостей;
- приведення виділів на ґрунтовій карті у відповідність з удосконаленим номенклатурним списком;
- створення електронної таблиці легенди цифрової карти ґрунтів;
- розроблення за необхідності проєктів меліорацій та землеустрою на підставі матеріалів великомасштабного обстеження з метою охорони, поліпшення та раціонального використання земель;
- створення авторського оригіналу паперової карти ґрунтів земельної ділянки;
- виготовлення ґрунтового нарису як основного пояснювального документу про ґрунти земельної ділянки, їх якість за властивостями та родючістю, заходи з поліпшення, охорони та раціонального використання.

За результатами аналітичних робіт проводять уточнення еколого-генетичного статусу ґрунтів згідно кількісних критеріїв. У випадку невідповідності цих результатів польовій ідентифікації ґрунтів обов'язково

потрібно встановити причину цього і ввести необхідні корективи. При неякісних результатах аналізу його необхідно повторити.

Після уточнення переліку ґрунтів відповідно кількісних їх характеристик остаточно узгоджуються їх виділи на макеті карти ґрунтів та формується номенклатурний список. Обов'язково слід узгодити межі ґрунтових видів з сусідніми земельними ділянками, за необхідності можливо додатково провести польові роботи.

Після остаточної перевірки польової ґрунтової карти формують макет авторського оригіналу карти ґрунтів [106]. На ньому не повинно залишитися непотрібних позначень. Всі ґрунтові виділи повинні бути підписані. Після цього потрібно перевести макет карти ґрунтів у електронний вигляд.

По завершенню авторського оригіналу ґрунтової карти розробляються пояснювальні документи про ґрунти земельної ділянки, їх якість за властивостями і родючістю, шляхи поліпшення, охорони і раціонального використання. За необхідності розробляються проекти меліорації та землеустрою на підставі матеріалів великомасштабного дослідження ґрунтового покриву.

Підхід до розроблення ґрунтового нарису не повинен бути шаблонним, документ не потрібно перевантажувати інформацією. Нарис повинен містити у стислій формі інформацію максимально агрономічного спрямування для використання у практичних цілях, бути довідковим документом для землевласника. Для цього в ньому повинні знайти відображення такі аспекти:

- згідно з ГСТУ 46.075 [18], СОУ 73.1-37-225 [109] та інших нормативних документів оцінка стану земель сільськогосподарського призначення за якісними властивостями і вмістом токсичних забруднювачів та інтерпретація їх за ступенем сприятливості для вирощування сільськогосподарських культур і обґрунтування зниження до оптимального рівня;

- агропотенціали природної та ефективної родючості ґрунтів у розрізі провідних сільськогосподарських культур;

- рекомендації раціонального використання природного потенціалу ґрунтів і підвищення їх ефективної родючості в умовах мінливої ринкової кон'юнктури шляхом оптимізації асортименту культур типів сівозмін, систем добрив та меліоративних заходів. Обов'язкова оцінка ефективності запропонованих технологічних агрозаходів як в економічному, так і екологічному аспектах;

- розробка проєктів меліорації, якщо землі потребують корінного поліпшення стану і реорганізації землевпорядкування при наявності інтенсивної водної ерозії, внаслідок неправильного розміщення штучних рубежів.

Інформація нарисів шляхом її застосування на виробництві повинна забезпечити підвищення його ефективності і стабільності.

3.5 Особливості детального ґрунтового обстеження як елементу методики великомасштабних досліджень

3.5.1 Спосіб генетично-морфоскульптурного картографування

Згідно традиційних поглядів генетичного ґрунтознавства, рельєф – один з провідних чинників ґрунтоутворення, що діє в основному через перерозподіл тепла і вологи. Врахування рельєфних особливостей місцевості – один з постулатів картографування ґрунтів, проте реалізація його у практичній площині залежить від масштабу зйомки, наявності топографічних карт, аерокосмічних знімків тощо. Особливо зростають вимоги до використання рельєфних особливостей при детальному картографуванні.

Відомо, що морфолого-генетичні особливості ҐП та його структура пов'язані із характером рельєфу й материнських порід. Характер рельєфу зумовлює перерозподіл тепла і вологи на земній поверхні та визначає формування водно-повітряного та теплового режиму ґрунтів. На різних елементах рельєфу складається різне співвідношення між поверхневим і внутрішнім ґрунтовим стоком води, що визначає потужність ґрунтового профілю [96].

Широко відомий і досить вживаний так званий метод пластики рельєфу, який дозволяє відобразити рельєф земної поверхні у вигляді опуклостей та увігнутостей [112]. Згідно методичних підходів, рельєф відображається за допомогою топографічних карт з використанням морфоізографів – ліній нульової кривизни. Для цього використовується ЦМР шляхом трансформації горизонталей в карту своєрідних "потоків".

Не завжди є можливість використовувати ЦМР з горизонталями, проведеними через 1 м, а при детальному картографуванні важливо відобразити рельєфні особливості при незначному перепаді висот – 0,2-1,0 м (степові блюдця, западини, мікропідвищення тощо). Водночас частина з них досить помітна на аерофотознімках і частково космічних знімках високої роздільної здатності, що дає можливість відобразити їх на карті-версії. Усі ці рельєфні особливості відобразити проблематично через незначні розміри, проте частково можна передбачити через врахування генезису морфоскульптур, який обумовлює їхню геометрію поширення в просторі, форму вираження та вплив на ґрунтоутворення.

На заплавах річок морфоскульптури флювіального походження, тому вони переважно витягнено-звивистої конфігурації і розміщуються здебільшого паралельно руслу річки (прируслові вали, стариці, протоки), у центральній частині заплави можуть бути блюдцеподібної форми (сліди колишніх водоріїв). Прируслові вали як правило характеризуються більш легким гранулометричним складом ґрунти шаруваті (верстуваті). Менш гідроморфні ґрунти западинних морфоскульптур навпаки більш гідроморфні. Це дозволяє ще на підготовчому етапі на карті-версії відобразити віртуальний ґрунтовий покрив та планувати маршрутний хід, а також закладення ґрунтових розрізів та точок підбирання ґрунтових проб.

Аналогічно на боровій терасі, складеній давньоалювіальними пісками неоднорідність рельєфу (дюни, кучугури, котловини) значною мірою обумовлена

еоловими процесами, що знаходить відображення у місцезнаходження цих морфоскульптур, їх конфігурації, особливостях впливу на ґрунтоутворення.

Для однолесових терас морфоскульптури значною мірою є успадкованого від заплави і борової тераси походження. Як правило простежується певна просторова симетрія у їх розташуванні, що дозволяє виділити певні "лінії", за якими слід очікувати появи не відображених на топографічних картах і аерокосмічних знімках цих мікроформ рельєфу. Частіше за все в западинах незначного розміру чорноземи типові підвищено зволожені із глибоким розміщенням у профілі карбонатів кальцію (глибококарбонатні види), при збільшенні розмірів – лучно-чорноземні глибоко-слабоосолоділі (рис.3.3). Незначні горбисті підвищення можуть характеризуватися зменшеним шаром лесу або взагалі його відсутністю в якості ґрунтоутворюючої породи (дерновий опідзолений середньосуглинковий ґрунт на давньоалювіальних пісках).

На двох- і трьохлесових терасах річок переважно у Лівобережному Лісостепу походження морфоскульптур може бути різне. Значного поширення набули погляди про термокарстову або субтермокарстову природу цих рельєфних утворень [74]. Для картографування важливо їх симетричне розміщення з утворенням своєрідних полігонів або "сотовидного" рельєфу, розміри блюдцеподібних знижень коливаються від 8-30 до 80-170 метрів у діаметрі. Упорядковане розміщення западинних морфоскульптур дозволяє використати найбільш крупні з них, що відображені на картографічній основі, в якості реперів для маршрутів обстеження у польових умовах, для виявлення на картах більш дрібних форм з певним генетичним набором ґрунтів.

Таким чином, детальне картографування земельних ділянок зі складним рельєфом має ряд особливостей, пов'язаних з неповним відображенням морфоскульптур на топографічних картах і аерокосмічних знімках, різним їх генезисом, що обумовлює відмінності у їхній географії та впливу на ґрунти.

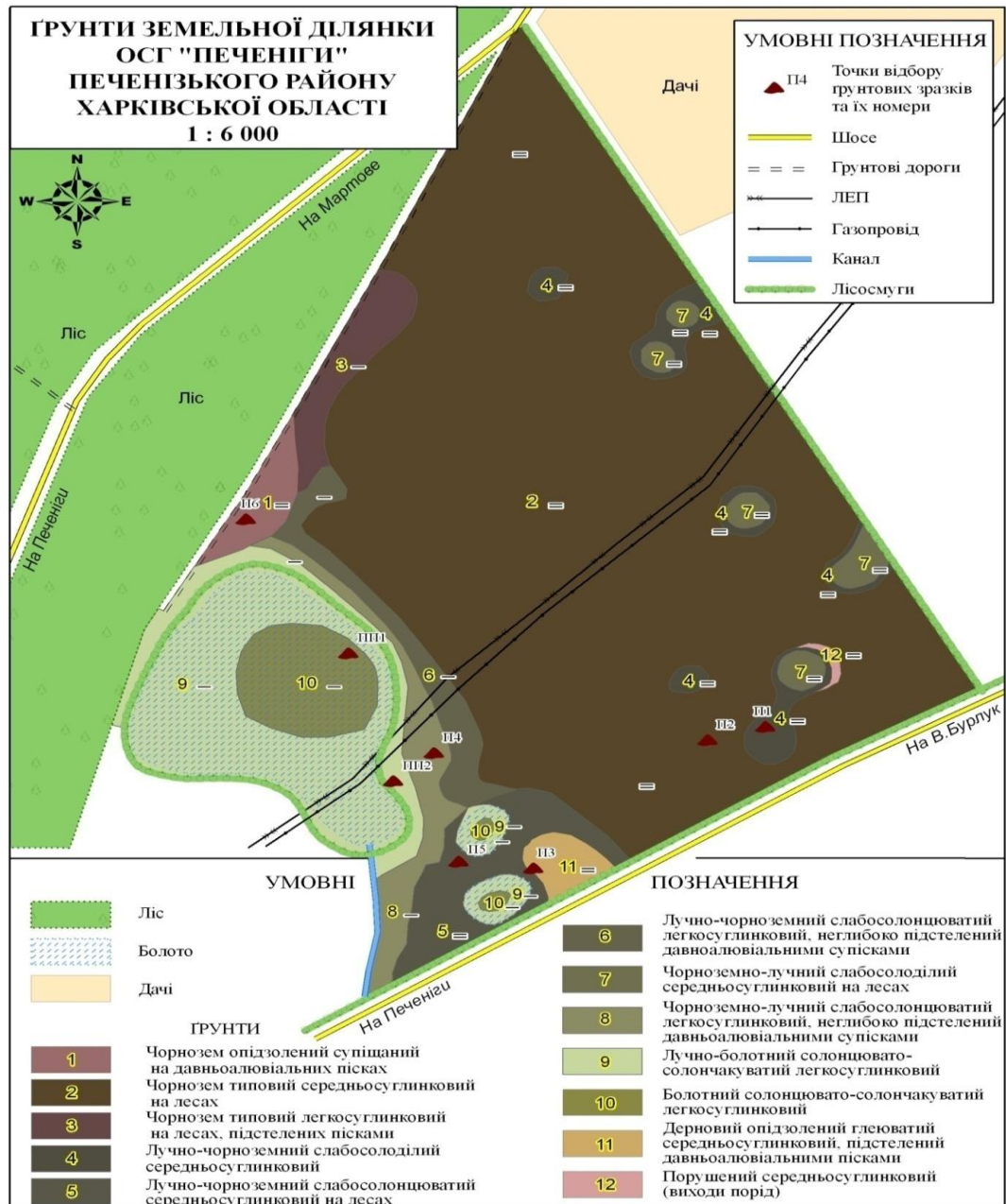


Рис. 3.3. Ґрунти земельної ділянки ОСГ «Печеніги» Печенізького району Харківської області

Розроблений нами генетичний морфоскульптурний спосіб картографування ґрунтів поєднує риси як методу пластики рельєфу (відображення опуклостей і увігнутостей), так і традиційного ландшафтно-генетичного закладення за типовими елементами рельєфу). При цьому він також враховує генезис морфоскульптур для уточнення їх географії, маршруту картографування з відбиранням проб ґрунту і виявленням неврахованих мікрознижень і мікропідвищень.

Цей спосіб був розроблений нами і верифікований в умовах Виставково-інноваційного полігону НААН, який характеризується значною кількістю западин різного розміру. Вони розміщені нерівномірно, при цьому чітко простежується три умовні "лінії" у напрямі з півдня на північ і одна перпендикулярна до них в північній зниженій частині.

На топографічній карті більшість морфоскульптур відсутня, що пояснюється незначними розмірами знижень, за окремими винятками. Аерофотозйомка з дистанційно керованого літального апарату, проведена навесні, дозволила виявити більшість западинних морфоскульптур на рівні 80% (рис.3.4). Цього було достатньо, щоб розробити карту-версію земельної ділянки, передбачити відповідні маршрути зйомки, а також місця ґрунтових розрізів й точки відбирання проб за такою системою: міжзападинний вододіл, днище западини (в найбільших – і периферія). Крім того, на час проведення дослідження, на земельній ділянці були розміщені досліди, тому було відібрано щонайменше одна проба для кожної, не відхиляючись від напрямку маршрутного ходу.

За результатами вивчення архівних ґрунтово-картографічних матеріалів для суміжних земельних ділянок було встановлено існування у ґрунтовому покриві лучно-чорноземних карбонатних ґрунтів. Наявність значного перепаду висот у межах досліджуваного полігону у поєднанні з дренажною канавою на північ від полігону, засвідчила про можливість знаходження подібних напівгідроморфних ґрунтів – лучно-чорноземних карбонатних і чорноземно-лучних карбонатних. Наявність цих ґрунтів встановлювалася розрізами, а межа з чорноземами типовими, які не вскипають з поверхні, – за допомогою 10% розчину HCl.

Застосування генетично-морфоскульптурного способу картографування ґрунтів забезпечує добру інформативність створеної карти ґрунтів. На ній виділено вісім основних видів ґрунтів, кожен з яких має селективні значення як власне ґрунтових, так і агрохімічних показників.

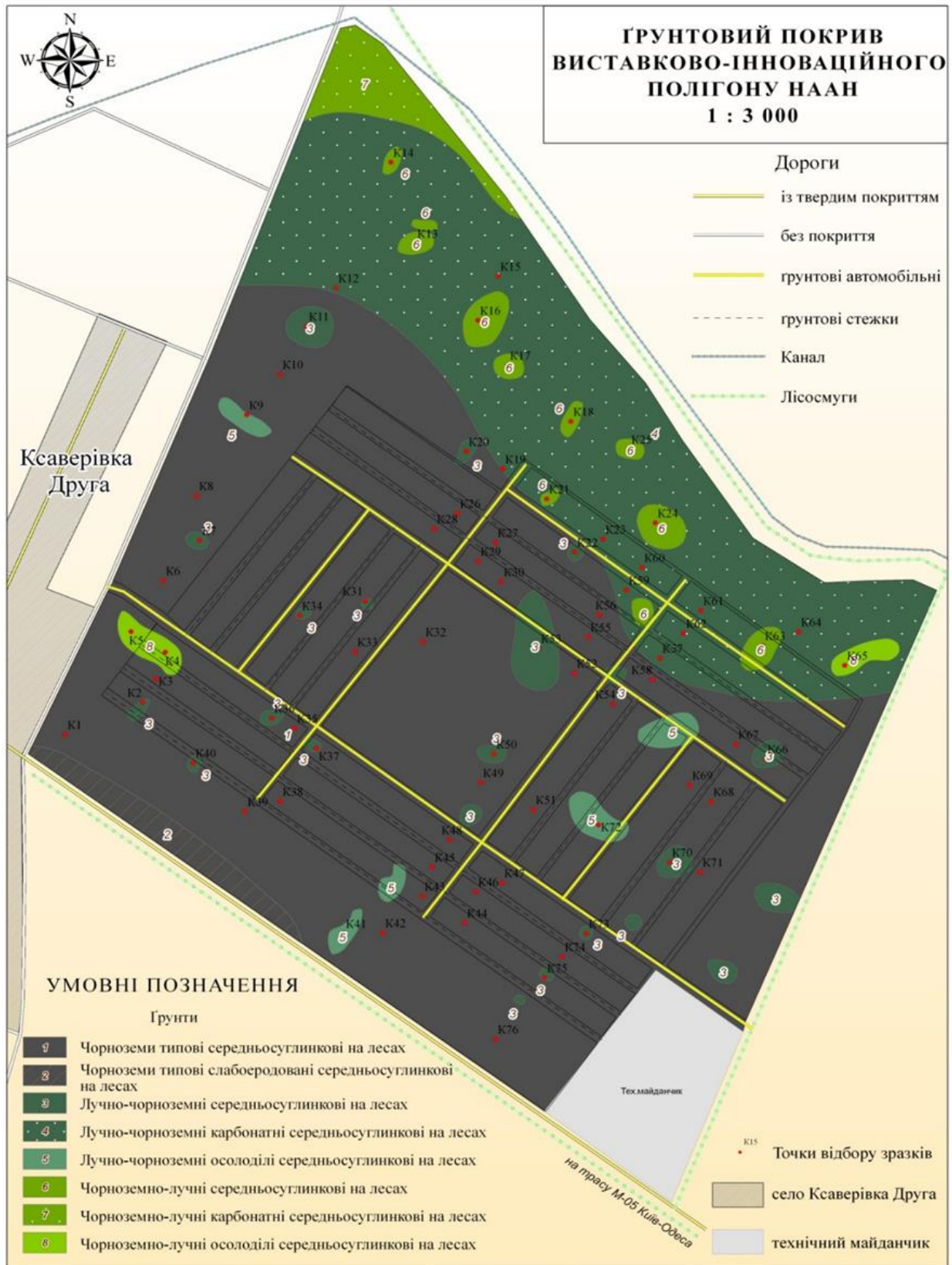


Рис. 3.4. Карта ґрунтового покриття Виставково-інноваційного полігону НААН

Так, рН водний має значний діапазон – від 5,5-7,0 у лучно-чорноземних середньосуглинкових ґрунтів до 8,5 у лучно-чорноземних карбонатних та чорноземно-лучних карбонатних. Аналогічні відмінності простежуються за вмістом рухомого фосфору 15-70 мг/кг, рухомого калію 50-450 мг/кг (рис. 3.5-3.6).

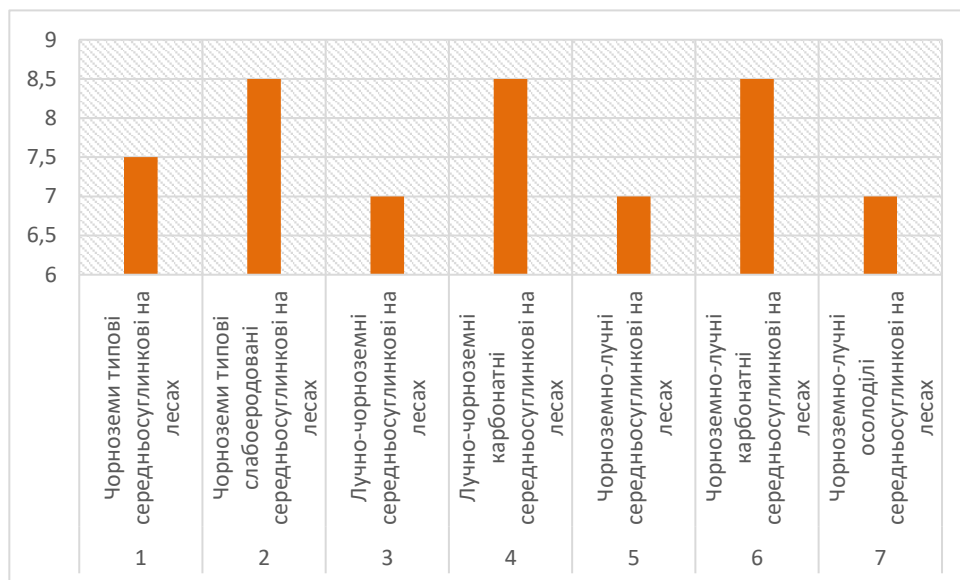


Рис. 3.5. Генетичні особливості ґрунтів через значення рН

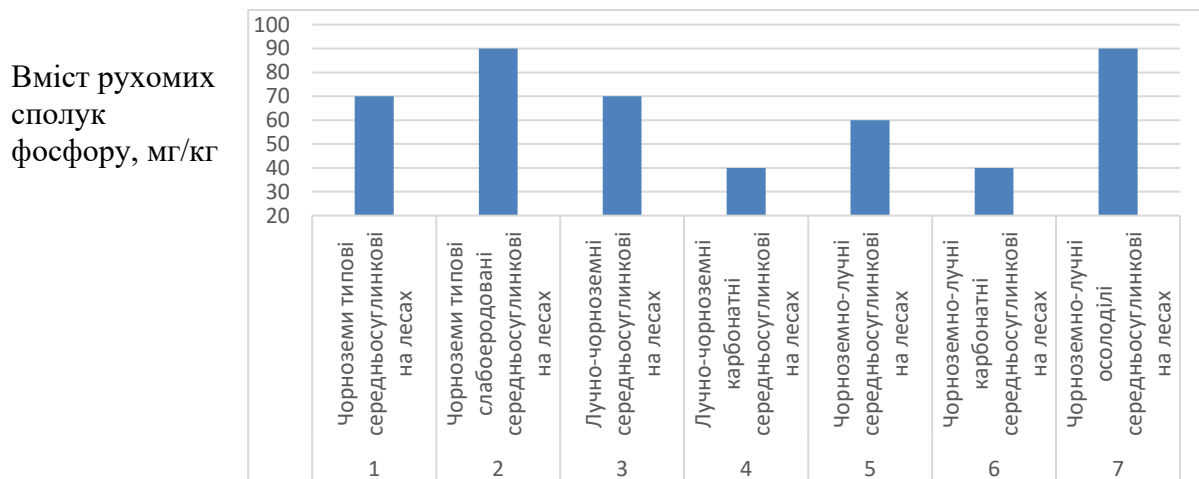


Рис.3.6. Діапазон вмісту рухомих сполук фосфору у ґрунтах Виставково-інноваційного полігону НААН

Розроблений набір агрохімічних картограм (рис.3.7-3.8) свідчить про генетичну обумовленість як ґрунтових так і агрохімічних характеристик ГП, за винятком мінерального азоту. Це дає можливість рекомендувати даний спосіб для комплексних ґрунтово-агрохімічних детальних обстежень.

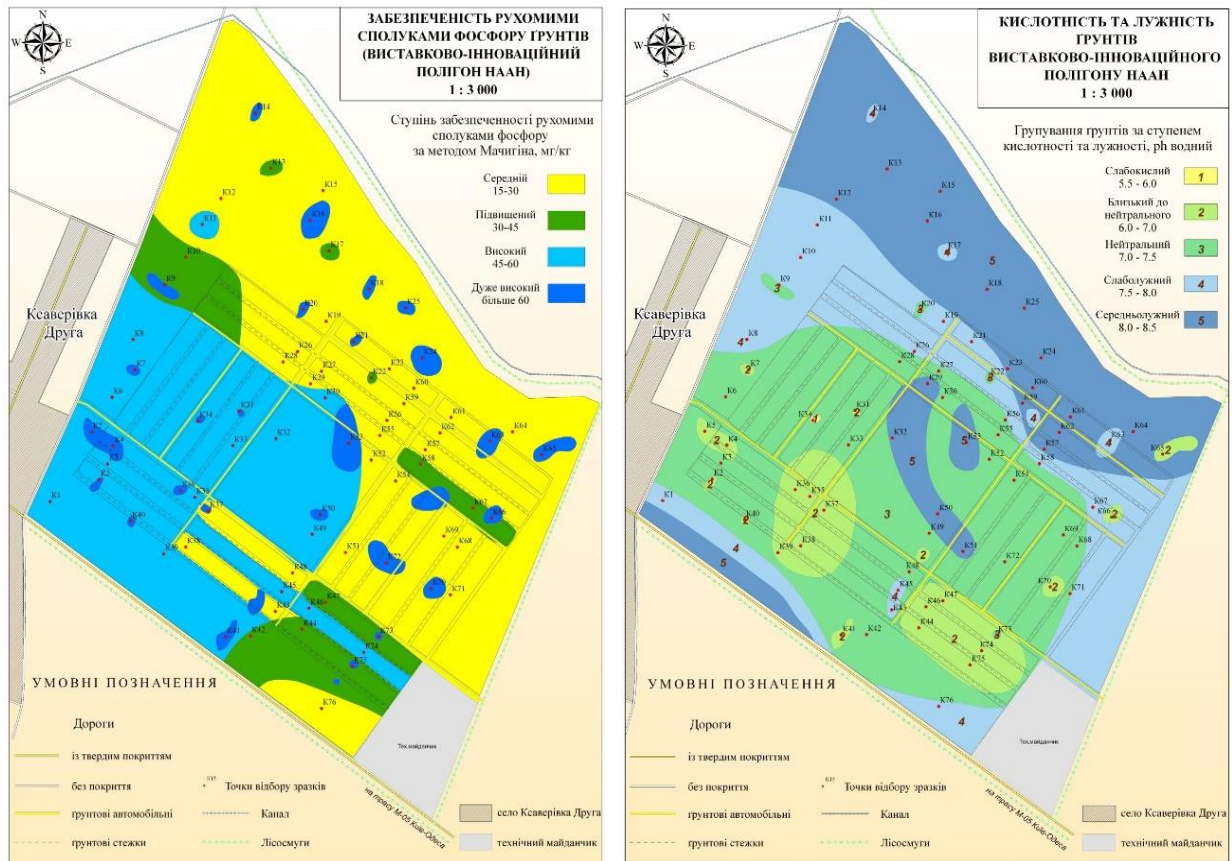


Рис. 3.7. Забезпеченість ґрунтів рухомими сполуками фосфору, кислотність та лужність ґрунтів виставково-інноваційного полігону НААН

Розроблений спосіб був використаний для детального обстеження ґрунтів ДП ДГ «Граківське» Чугуївського району Харківської області. За даними аерофотозйомки були виділені основні зниження рельєфу та їх конфігурація. Як і в попередньому об'єкті, простежується певна лінія у розміщені западинних морфоскульптур у південній частині земельної ділянки, а також початок широкої улоговини стоку в центрі та схилів ґрунтів на північному сході земельної ділянки. З урахуванням цих морфоскульптурних особливостей було розроблено маршрутні ходи та попередні місця ґрунтових розрізів і точок відбирання проб

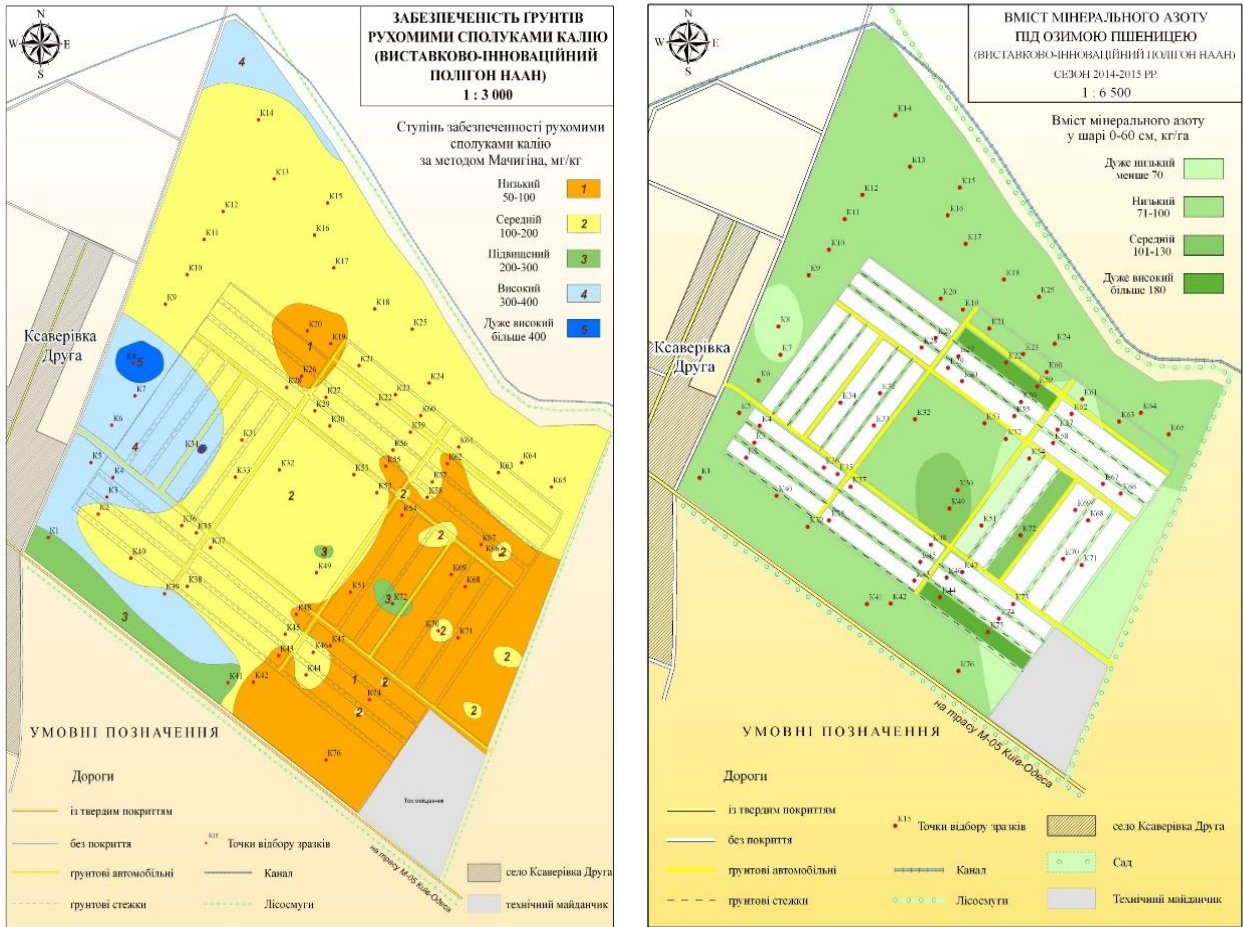


Рис. 3.8. Забезпеченість ґрунтів рухомими сполуками калію і вміст мінерального азоту в ґрунтах виставково-інноваційного полігону НААН

Як і слід було очікувати, при проходженні маршруту були виявлені додаткові западинні морфоскульптури незначної глибини 0,2-0,5 м.

Було виявлено, що ґрунти в цих мікрозниженнях на відміну від фонових чорноземів типових легкоглинистих відрізняються більш глибоким вилуговуванням карбонатів кальцію – глибше 100 см за рахунок кращої зволоженості. Остання допомагала виявити їх шляхом фітоіндикації – в них більше бур'янів особливо з білими квітами, що було дуже помітно у посівах сої.

За результатами польових і камеральних робіт з використанням цього способу було розроблено карту ґрунтів ДП «ДГ«Граківське» у масштабі 1:5000 (рис.3.9).

мікрорельєфу. Ця основа передумовою для розроблення попереднього номенклатурного списку для карти-версії ґрунтового покриву.

- на карті-версії намічаються точки закладання ґрунтових розрізів, прикопок та відбирання проб вище згаданим генетично-морфоскульптурним способом. Тобто їх розміщення повинно носити систематичний характер, але не рівномірний характер (розміщення не по рівномірній сітці), а по ключовим елементам мікрорельєфу – міжзападинний вододіл, днище западини, мікропідвищення, а також відособлені земельні ділянки дослідів. Цей спосіб дістав назву генетично-морфоскульптурного, оскільки узгоджується з рельєфними чинниками генетичної різноманітності ґрунтів та їх властивостей.

- польові науково-дослідні роботи із закладанням ґрунтових розрізів. В процесі – визначення еколого-генетичного статусу ґрунтів та їх оконтурювання на місцевості за рельєфними особливостями, відображеними у властивостях ґрунту. Для чорноземно-лучних і лучно-чорноземних карбонатних ґрунтів, для прикладу, допоміжними критеріями є скипання (не скипання) на поверхні при взаємодії з 10%-м розчином HCl. Ґрунти западин, навпаки характеризуються відсутністю карбонатів кальцію у профілі.

- складання польової версії карти ґрунтового покриву;

- отримання результатів ґрунтових проб та їх аналіз. Більш детальне уточнення ґрунтових контурів. На основі всіх цих даних завершення укладання ґрунтової карти ділянки.

Методика детального обстеження передбачає також використання результатів аерофотозйомки високої роздільної здатності та отриманих на її основі результатів при створенні карт-версій ґрунтового покриву. Для цього можна використовувати дистанційно-керований літальний апарат.

Апробацію досліджень було здійснено на двох об'єктах:

– виставково-інноваційного полігону НААН с. Ксаверівка Васильківського району Київської області.

– двулесової тераси р. Сів. Донець біля с. Липчанівка Харківської області.

На початку даного етапу необхідно отримати аерофотознімки. Вони отримуються після запуску дистанційно керованого літального апарату [102]. На основі аерофотозйомки розробляється картографічна основа, що за тональністю зображення дає можливість оконтурювання існуючих западин як елементу мікрорельєфу (рис.3.10). Ця основа є передумовою для розроблення попереднього номенклатурного списку для карти-версії ґрунтового покриву.

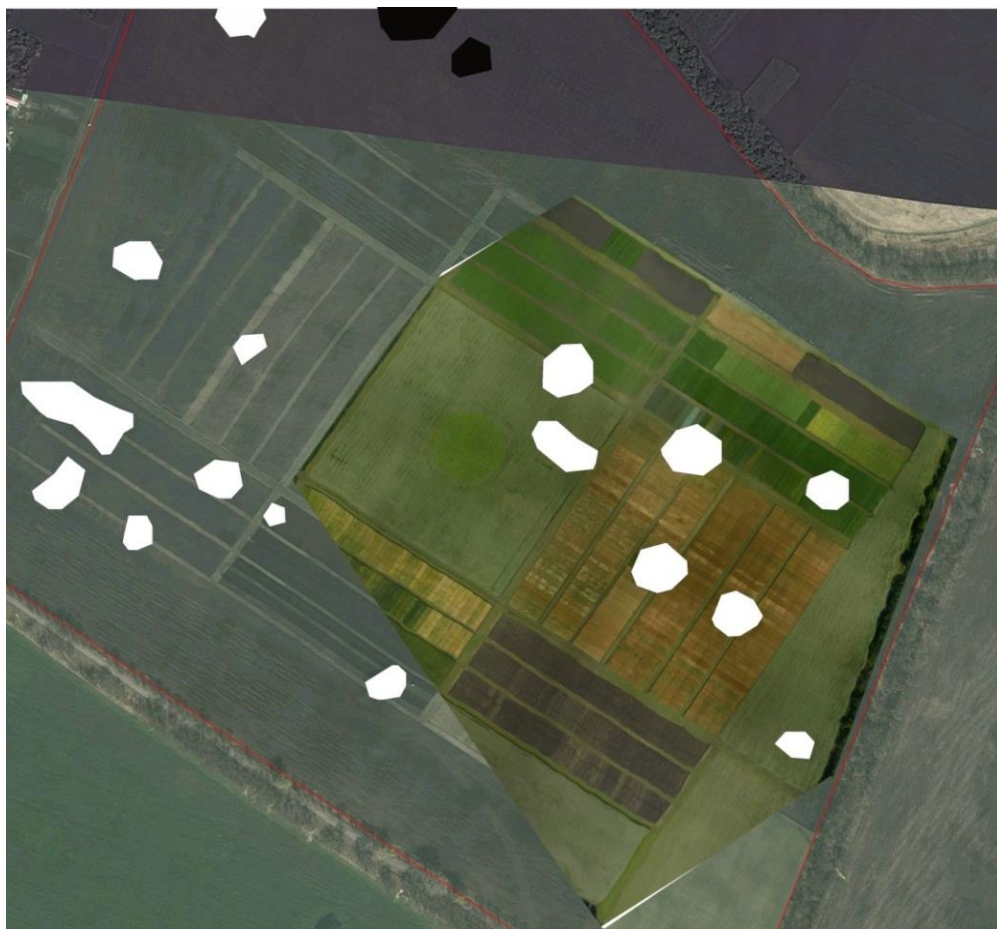


Рис. 3.10. Ортофотоплан із виділенням контурів западин виставково-інноваційного полігону НААН (автор – Солоха М.О.)

На карті-версії намічаються точки закладання ґрунтових розрізів, прикопок та відбирання проб. Кожна точка має просторову прив'язку із відповідними координатами. Координати точок отримані за допомогою GPS-приймача, та після обробки переносяться на карту-версію.

На основі обстеження польова карта-версія дедалі перетворюється у карту ґрунтового покриву виставково-інноваційного полігону НААН, яку було

показано раніше (див. рис. 3.4). Спостерігається чітка диференціація структури ґрунтового покриву.

У ході отримання результатів ґрунтових проб та їхнього аналізу, проводиться більш детальне уточнення ґрунтових контурів. На основі всіх цих даних рекомендується виготовлення агрохімічних картограм (карт).

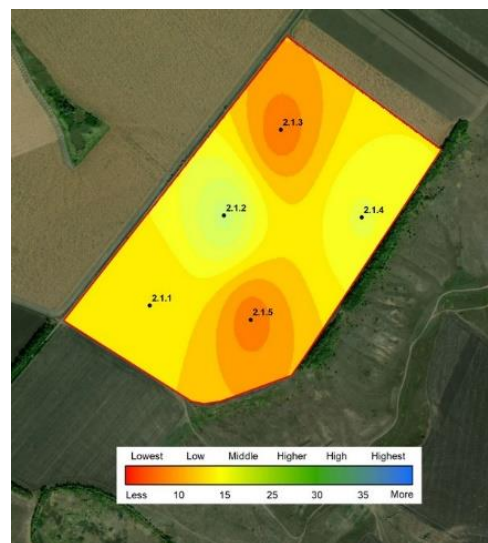
Камеральні роботи по створенню агрохімічних карт проводяться із використанням методів аналізу, синтезу та цифрового картографування ґрунтів з використанням ГІС-технологій.

Картографічні роботи виконуються в програмному продукті ArcGIS Desktop. За основу використовуються аерофотознімки, аналітична інформація за фізичним та хімічними показниками ґрунту. Для вирішення питань найважливішою інформацією є наявність мікроелементів і кількість органічного вуглецю (гумусу) в ґрунті. Для відображення наявності, аналізу та співставлення основних поживних мікроелементів – карти агрохімічних показників: фосфор (мг/кг), азот (мг/кг), калій (мг / кг), гумус (%) (рис. 3.11).

Побудова карт виконується шляхом методу інтерполяції зворотньо зваженими відстанями (IDW) [189]. Метод IDW передбачає, що об'єкти, які знаходяться поблизу, більш подібні один одному, ніж об'єкти, віддалені один від одного. Для розрахунку значення для невиміряного положення використовуються інтерполяція виміряних значень. Найбільш близькі до інтерпольованого виміряні значення надають більший вплив на прогнозування, ніж ті, що віддалені від нього на значну відстань. Також метод передбачає, що кожна вимірювана точка надає локальний вплив, який зменшується зі збільшенням відстані. Це надає більшої ваги точкам, розташованим ближче всього до інтерпольованого положення. Вага точки зменшується як функція від відстані. Для даних агрохімічних карт вихідний розмір комірки дорівнює 238.



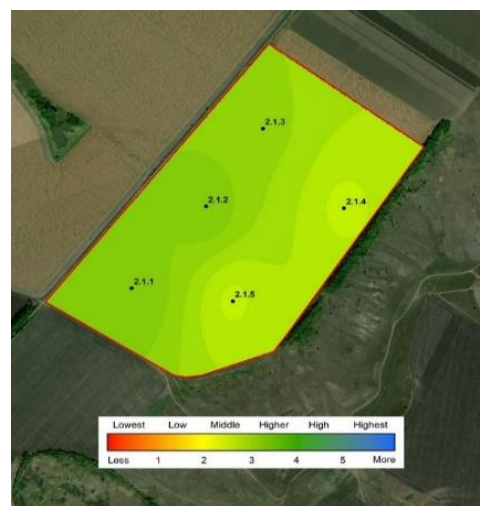
а)



б)



в)



г)

Рис. 3.11. Агрохімічні картограми ділянки двохлесової тераси біля с. Липчанівка:

а) Фосфор;

б) Азот;

в) Калій;

г) Гумус.

Ступінь, тобто значимість точок, що знаходяться в межах інтерпольованого значення дорівнює – 2. Радіус пошуку – змінний. Число найближчих вхідних опорних точок використано за замовчуванням [186].

Отже, детальні польові ґрунтові обстеження дещо відрізняються від великомасштабних досліджень. При детальному дослідженні основна увага приділяється більшій диференціації ґрунтового та більш точному значенню агрохімічних показників. Результатом роботи є наявність зв'язку між ґрунтовими особливостями та частково агрохімічними властивостями. Зокрема, можна виділити певні еколого-генетичні закономірності:

- виділяються підвищена рН лужність лучно-чорноземних і чорноземно-лучних карбонатних ґрунтів;
- знижується лужність у глибококарбонатних та осолоділих ґрунтах западин;
- вміст рухомого фосфору (P_2O_5) за Мачигінім збільшується в 4-5 разів і характерний для западин, що вказує на тісний зв'язок з ґрунтовим покривом. Збільшення вмісту рухомих сполук калію (K_2O) та фосфору (P_2O_5) на площі біля населеного пункту і дороги, що є свідомством впливу антропогенного фактору.
- якщо збільшення рухомих сполук калію частково залежить від ґрунтів, то вміст мінерального азоту пов'язаний безпосередньо із антропогенним впливом.
- вміст рухомих сполук калію (K_2O) за Мачигінім, як правило, зростає у западинах, але не завжди виходить за межі градації, властивої фоновим ґрунтам.

Результати даного розділу опубліковано у працях [44, 47, 111, 180, 186].

РОЗДІЛ 4

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ҐРУНТОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ І КАРТОГРАФУВАННІ ҐРУНТІВ

4.1 Поняття про інформаційно-комунікаційні технології та застосування їх в дослідженнях ґрунтового покриву

Наразі ми живемо в суспільстві, де поява та споживання інформації стали найважливішою діяльністю, а інформація визнається найвагомим ресурсом; інформаційні та телекомунікаційні технології стають базовими технологіями і технікою. В свою чергу інформаційне середовище стає новим середовищем існування людини – інформаційним суспільством.

Тому в наш час широко використовують інформаційно-комунікаційні технології (ІКТ) щодо підвищення ефективності та продуктивності у наданні послуг. Старою моделлю були інформаційні технології (ІТ), які забезпечували автоматизацію внутрішніх робіт органів влади за рахунок обробки даних та не підтримували зовнішнє управління [9].

Інформаційно-комунікаційні технології – це набір методів і виробничих процесів, також програмно-технічних засобів, які інтегровані з метою збору, обробки, зберігання, поширення, відображення і подальшого використання інформації в інтересах її користувачів [53].

Нова модель ІКТ підтримує не лише внутрішні роботи органів управління, а й впроваджує зовнішнє управління, встановлюючи зв'язок між, наприклад органами влади та громадянами тощо. Так, розглянемо приклад використання ІКТ на державному рівні. Нехай це буде застосування ІКТ для оптимізації або удосконалення діяльності уряду називається електронним урядом (e-Government). Це взаємодія між органами влади, споживачами та постачальниками через електронні засоби [142]. Використання концепцій e-Government в урядових організаціях світу, поступово збільшується з часу їх запровадження у 1990х роках [121]. Сучасний електронний уряд є

автоматизацією процесів та послуг у сфері управління державою, з використанням таких сучасних інформаційно-комунікаційних технологій, як мережевий та мобільний зв'язок, хмарні обчислення тощо [173].

Системи електронного уряду можуть надавати для громадян доступ он-лайн (мережі Інтернет, мобільні мережі) до інформації та послуг.

Проаналізувавши відомості про інформаційно-комунікаційні технології, нами вирішено спробувати застосувати їх у ґрунтознавстві. Зокрема використати сучасний мобільний пристрій (смартфон) при польових роботах із застосуванням он-лайн режиму для передачі даних безпосередньо через Інтернет-мережу. Для виконання робіт необхідно мати (інсталювати) мобільний додаток Collector for ArcGIS для збору польових даних разом із оснащеним GPS-приймачем мобільним пристроєм з операційною системою Android. Робота охоплює весь технологічний процес, від створення бази геоданих (БД) до представлення карти в ArcGIS Online та її використання для збору польових даних і співставлення одержаних результатів.

Для виконання робіт використано наступне програмне забезпечення та обладнання:

- ArcGIS Desktop 10.x;
- ArcGIS Online з організаційним обліковим записом (акаунтом);
- Collector for ArcGIS від ESRI;
- Мобільний пристрій з операційною системою Android (планшет або смартфон) [41].

У ході роботи проведено у польових умовах збір даних ґрунтових розрізів та їх опису за допомогою додатку Collector for ArcGIS. Технологічний процес збору даних за допомогою Collector, включає в себе:

1) Визначення даних, що мають бути зібрані, та моделі збору даних, який тип точкових об'єктів та які їх атрибути мають бути.

2) Створення макету бази геоданих з моделлю збору даних в ArcGIS Desktop.

3) Розміщення моделі збору даних як сервісу об'єктів на ArcGIS Online або на організаційному ArcGIS Server.

В процесі роботи на ArcGIS Online розміщується сервіс об'єктів, використовуючи ArcGIS for Desktop. Цей сервіс ArcGIS Online застосовується для створення веб-карти, яка пізніше буде використана для збору польових даних. Web feature service (WFS) є верб-сервісом, який за запитом вибирає географічні об'єкти або векторні дані зі сховища просторових даних і надає їх клієнту (додаток, що забезпечує розширену функціональність незалежно від серверу) для виведення їх на дисплей. WFS доставляє просторові дані користувачу, як потокові просторові об'єкти або як XML/GML - закодовану геометрію. У нашому випадку клієнтом є Collector for ArcGIS, а сховище просторових даних розміщене на сервері ESRI з хостингом ArcGIS Online на ArcGIS Server.

4) Збір даних за допомогою мобільного пристрою.

Основні етапи польового збору даних за допомогою Collector for ArcGIS:

1. Підготовка даних для польових робіт;
2. Дислокація у місце польових робіт (зокрема в місця закладання ґрунтових розрізів та прикопок);
3. Підключення, вхід та використання організаційного облікового запису ArcGIS Online (за умов можливості доступу до мережі Internet або з'єднання Wi-Fi); [67]

У зв'язку із швидким темпом розвитку швидкісного мобільного інтернету у стандарті 3G та 4G -мережі (а в майбутньому і 5G) дана умова стає дедалі простішою.

4. Застосування підготовленої веб-карти, що буде використовуватися для збору даних;

5. Збір даних (просторові координати, атрибути та фотографії);

6. Збереження даних у ArcGIS Online одразу ж (при умові наявності Wi-Fi або мобільного Internet з'єднання та синхронізація з ArcGIS Online).

Дані можуть бути зібрані двома різними способами:

1. Вручну (без GPS), вводячи координати на попередньо завантаженій карті.
2. Автоматично, використовуючи поточні координати, визначені вбудованим приймачем [100].

Спробуємо розглянути алгоритм виконання робіт дещо детальніше.

4.2 Розробка первинної бази геоданих з моделлю збору даних у програмному середовищі ArcGIS

При професійному підході, на цьому етапі вже мають бути визначені просторові об'єкти та їх атрибути, що мають бути зібрані до того часу, коли будуть вибрані інструменти збору даних. Необхідно чітко визначитись з процесом збору даних щодо уникнення помилок в ході його виконання. Клас просторових об'єктів бази геоданих може бути побудований за умови, коли усі компоненти плану збору даних визначено.

Ми застосовуємо ArcGIS for Desktop для збору польових даних, використовуючи Collector for ArcGIS для перевірки (верифікації). Для того, щоб розпочати збір даних, спершу має бути створена база геоданих з пустими класами просторових об'єктів. Ці класи просторових об'єктів потім будуть використані для введення даних у польових умовах.

ArcGIS дозволяє нам відображати локалізацію у вигляді точкових, лінійних або полігональних просторових об'єктів. Ми збираємо координати точкових об'єктів. Збір лінійних або полігональних об'єктів за допомогою смартфона може бути складним – для цього ліпше використовувати засіб із більшою діагоналлю екрану – планшет.

У даний етап входить розробка моделі збору даних, визначення типу точкових об'єктів та їх атрибутів, тобто створення первинної БД з моделлю збору даних в ArcGIS Desktop. По-перше, необхідно мати повне уявлення про дані, що

необхідні для опису ґрунтового покриву. По-друге, важливо уявляти, які дані можливо внести у БД через мобільний пристрій. Ґрунтові розрізи, що будуть позначатися точковим типом об'єктів можуть включати інформацію як про сам ґрунтовий профіль, так і про відібрані зразки ґрунту та іншу допоміжну інформацію. Так, визначено перелік параметрів, котрі увійдуть до первинної БД: № точки, тип точки (розріз, прикопка, інше), координати розташування (географічна система координат WGS84), значення глибин відбору зразків, морфолого-генетичний опис профілю, назва ґрунту, додаткова інформація та документальне підтвердження – фото із зображенням профілю. Далі, необхідно розробити структуру атрибутивних даних проєкту, яка надалі буде використано для створення класу просторових об'єктів «Точки». (Додаток В)

На початку необхідно створити первинну файлову базу геоданих (за замовчуванням це database.gdb). Всередині цієї бази необхідно створити Новий клас просторових об'єктів. У діалоговому вікні визначаються наступні параметри:

- Назва (Name): Точки.
- Псевдонім (Alias): Точки відбору зразків.
- Тип просторових об'єктів (Type of features): Точкові просторові об'єкти (Point Feature).

- Задається система координат Проекційних систем координат > Світ (Projected Coordinate Systems > World > WGS 1984 Web Mercator (auxiliary sphere). Оскільки планується розміщення карти як веб-сервіс на ArcGIS Online, то варто використовувати систему координат, яка визначена за замовченням для ArcGIS Online. Вибір для ідентичного класу просторових об'єктів тієї ж системи координат покращить роботу сервісу карти.

Заповнюється інформація у секції Властивості поля (Field Properties) (рис.4.1):

- Псевдонім (Alias): Точки відбору зразків
- Дозволяти нульові значення (Allow NULL values): Ні (No)

- Значення за замовченням (Default Value): порожньо (blank)
- Довжина (Length): 10

Field Name	Data Type
OBJECTID	Object ID
SHAPE	Geometry
Точки відбору зразків	Text

Click any field to see its properties.

Field Properties

Alias	Точки відбору зразків
Allow NULL values	No
Default Value	
Length	10

To add a new field, type the name into an empty row in the Field Name column, click in the Data Type column to choose the data type, then edit the Field Properties.

Рис. 4.1. Заповнення інформації у властивостях поля

Вище запропонований процес повторюється для решти полів. Заповнюється назва поля та тип даних наступного атрибуту (Форма відбору). Рядок «Метод вводу» вказує на те, що для поля Точки відбору зразків має бути заданий перелік значень, які потім можуть бути вибрані користувачем. Використання попередньо створеного переліку підвищує ефективність та точність введення даних в польових умовах. В ArcGIS метод попередньо визначеного переліку значень може бути застосований з використанням кодованого атрибутивного домену. Атрибутивний домен є набором правил, які обмежують можливі значення, що можуть бути введені до поля значень.

На цьому етапі створюється перелік, визначивши домени бази геоданих для поля «Точки відбору зразків». Усі редагування вносяться в шаблони форм відбору (рис. 4.2): розріз; прикопка; інше.

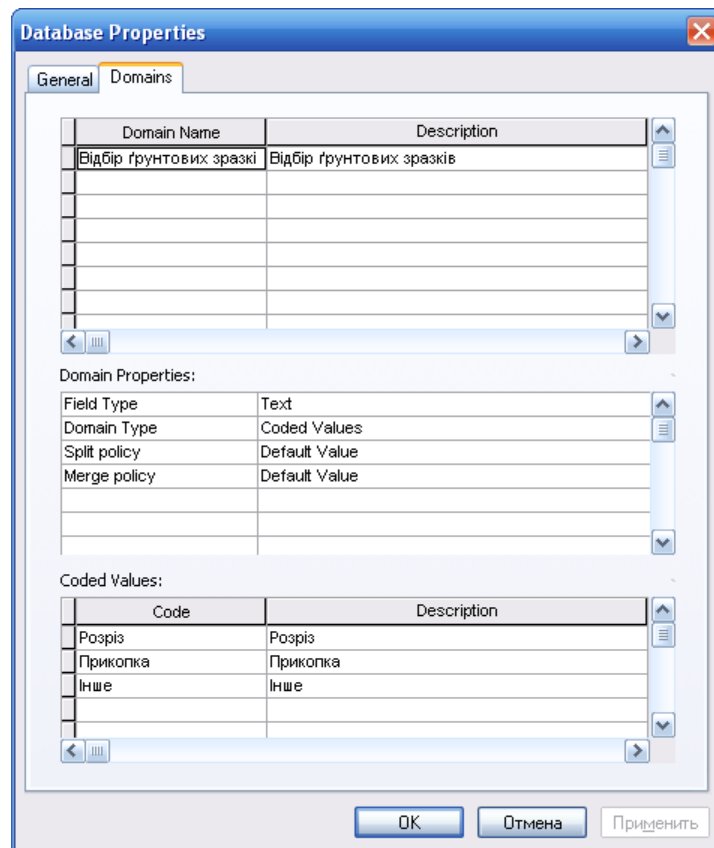


Рис. 4.2. Вигляд домену для бази геоданих для поля «Точки відбору зразків»

Наступний крок – призначення доменів відповідним полям (рис.4.3).

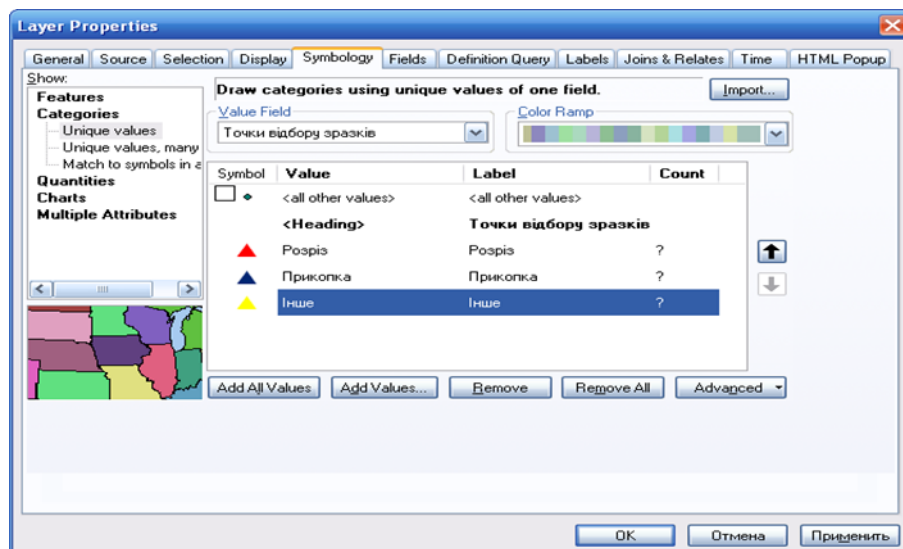


Рис. 4.3. Призначення домену відповідному полю

Наша база даних готова для розміщення у ArcGIS Online, а потім для використання у Collector for ArcGIS. Черговим завданням є вибір символів, що

з'являтимуться на карті при зборі просторових об'єктів, та їх збереження як шаблону просторових об'єктів.

В ArcMap редагуються властивості шару *Точки*. В закладці «Символи» (Symbology) обирається «Категорії» (Categories), а потім використовуються унікальні значення за полем «Точки відбору зразків»:

- визначається розмір знаку;
- додаються усі значення;
- редагуються кольори символів. Для мобільного проєкту варто використовувати темні контрастні кольори символів, які буде чітко видно на світло-розовій підоснові і які буде легко відрізнити одне від одного [45, 46].

Якщо у вигляді основи вибраний космічний знімок, то раціональніше використовувати світліший колір заливки значку (рис.4.4).

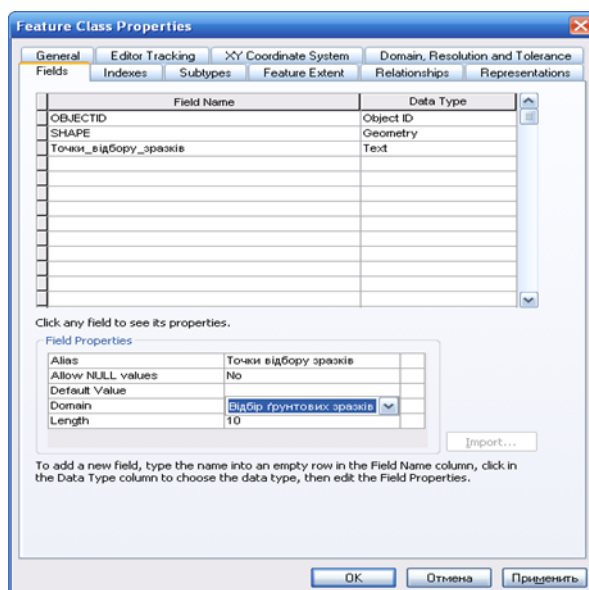


Рис. 4.4. Вибір символів для шару «Точки»

Створення шаблонів для шару «Точки». Створення шаблонів здійснюється шляхом елемента редагування об'єктів і виглядає наступним чином: «Редагувати об'єкти» (Edit Features) > «Організувати шаблони об'єктів» (Organize Feature Templates) > «Новий шаблон» (New Template). Шар «Точки» вже обраний у «Майстрі створення нових шаблонів» (Create New Template Wizard). Далі за

потребами організуються шаблони для елементів атрибутивної інформації. На цьому створення первинної бази даних закінчується [67].

4.3 Принципи розміщення моделі збору ґрунтових даних як сервісу об'єктів на ArcGIS Online

Модель збору даних побудована, однак доступна лише на комп'ютері. Для доступу моделі через Інтернет-мережу та на мобільному пристрої, необхідно розмістити її як веб-сервіс. Цей процес можна також провести через середовище ArcGIS. Створюється картографічний веб-сервіс на власному ArcGIS Server або ArcGIS Online (який є сервером з хостингом від ESRI).

На початку, шар збору даних розміщується на ArcGIS Online як сервіс об'єктів, а потім веб-карта, яка містить необхідні сервіси об'єктів, до яких надається доступ через Collector for ArcGIS та використовується для збору польових даних [124, 171].

В ArcMap має бути відкрито документ вибраної карти, додаються дані (Add Data) та базова карта (Add Basemap) (для зручності використання краще вибрати фізичну карту), де зображено рельєф для кращого орієнтування і яка містить топоніми, такою є Topographic Map.

З переліку масштабів можна вибрати будь-який. Не слід забувати про те, що чим більший масштаб – тим більше розмір файлів карти (в мегабайтах або гігабайтах), що може ускладнити роботу мобільного пристрою шляхом навантаження на оперативну пам'ять пристрою. Далі, налаштовується екстент (з англ. extent – розмір, простір, міра) фрейму даних «Шари» (Layers), використовуючи екстент поточного виду. Він і є екстентом необхідного сервісу об'єктів. Шар базової карти видаляється (*Remove*), бо він не може бути розміщений як частина сервісу об'єктів.

Процес заповнення діалогового вікна:

- Заголовок (Title): Локалізація точок відбору ґрунтових зразків

- Підсумкова інформація (Summary): Картографічний документ для розміщення порожнього сервісу об'єктів для збору координат точок відбору ґрунтових зразків.

- Опис (Description): Розміщення точок відбору ґрунтових зразків в Харківській області. Атрибути містять номери точок відбору, їх координати, опис відбору і фотоматеріал. Цей шар призначений для службового використання або для навчальних цілей тощо.

- Автор (Author): < ім'я автору >

- Права доступу (Credits): < права доступу >

- Теги (мітки) (Tags): розрізи, прикопки, ґрунти, ґрунтознавство.

Таким чином карта розміщується в сервісі ArcGIS Online [46].

4.4 Підготовка карти збору даних в ArcGIS Online при картографуванні ґрунтів

Першою невід'ємною дією є авторизація до організаційного облікового запису на сервісі ArcGIS [123, 127]. Для цього необхідно використати функцію «My Content». Після розміщення сервісу на ArcGIS Online, він може бути доданий як шар просторових об'єктів до необхідної карти. Це є причиною того, що сервіс об'єктів зазвичай називається шаром просторових об'єктів в ArcGIS Online. Однією з переваг збору даних із використанням смартфона або планшета є те, що ми з легкістю можемо сфотографувати просторовий об'єкт та приєднати до нього фото-зображення в ГІС. За замовченням додатки деактивуються, коли розміщується сервіс об'єктів, однак потім можна їх активувати в ArcGIS Online. Після цього необхідно активувати додатки, що дозволить робити фотографії за допомогою підручного (персонального) мобільного пристрою та приєднувати їх до точок (рис. 4.5) [100].

При редагуванні сервісу активуються наступні дві опції:

- дозволити експорт до різних форматів іншим користувачам (Allow others to export to different formats);

- дозволити Синхронізацію (Enable Sync (автономне редагування з синхронізацією)).

Після збереження сервісу, усі введені дані зберігаються. Сервіс готовий до використання [67].

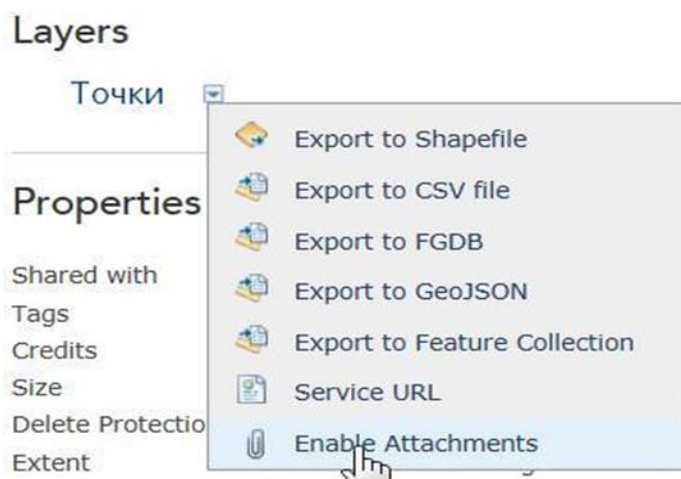


Рис. 4.5. Меню «Шари» в он-лайн сервісі карти

4.5 Планування та підготовка до польових робіт ґрунтового обстеження із застосуванням ІКТ

Планування виконання завдання полягає у налаштуванні GPS-проекту перед проведенням польових робіт. Це може включати попередній аналіз геометрії супутників для складання графіку польових робіт (розташування супутників може бути незадовільним або їх кількість – недостатньою для GPS-приймача). Аналіз властивості сукупності GPS-супутників на період часу збору польових даних [77] :

- введення координат об'єкту досліджень: широту (Latitude) і довготу (Longitude) (приблизно);
- введення абсолютної висоти: Height (приблизно);
- значення Cutoff на 10 градусах (це означає, що наближені до горизонту супутники не будуть використовуватися);
- введення дати (день) збору даних;
- вибрати 6-годинний Часовий Діапазон (Time Span) – період запланованого нами збору даних;

- обрання необхідного часового поясу;
- у розділі Satellite Library проставляється відмітка лише GPS та Glonass.

Необхідно встановити на мобільний пристрій (смартфон, планшет) мобільний додаток Collector for ArcGIS від ESRI. Додаток можна завантажити на мобільній платформі Google PlayMarket [91] або AppStore [90], які є стандартним елементом. Розглядається можливість використання додатку як на операційній системі Android, так і IOS [64].

4.6 Збір даних під час польових ґрунтових досліджень, синхронізація та розміщення результатів польових робіт

Під час дослідження ґрунтового покриву в польових умовах, закладається серія ґрунтових розрізів та прикопок на характерних елементах рельєфу (де ймовірно можлива зміна ґрунтів). GPS-приймач у смартфоні (планшеті) повинен бути увімкнений. Необхідно дочекатися коли сигнал геопозиціонування буде найкращий: не перевищувати 3-10 м. Після цього можна виконувати прив'язку точок відбору зразків. Вся ця інформація відмічається на карті у Collector for ArcGIS в мобільному пристрої (смартфон, планшет) (рис. 4.6).

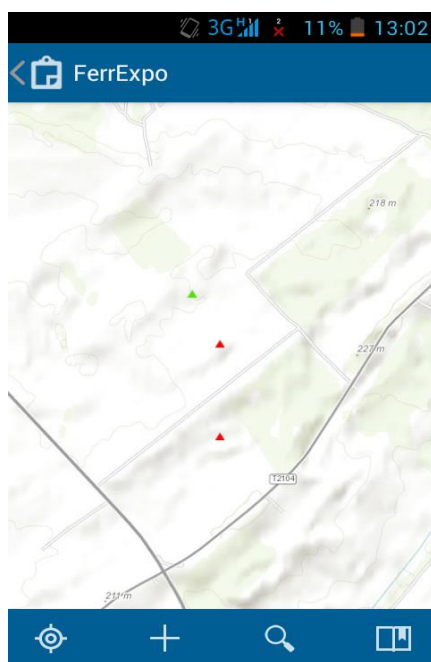


Рис. 4.6. Винесення точок відбору зразків на карту в Collector for ArcGIS в мобільному пристрої

Під час вводу точок у пристрій необхідно заповнити всі потрібні поля, які було описано в розділі 4.2 (рис. 4.7). Поля заповнюються вручну, безпосередньо на місці досліджень. Заповнення не потребує яких вправних навичок. Існує можливість прикріплення фотозображення ґрунтового розрізу та голосового опису ґрунтового профілю через адуо-файл.

По завершенню збору даних, розпочинається синхронізація з ArcGIS Online: у розділі All Maps у ArcGIS Collector функція Sync поруч із картою. Увійшовши до ArcGIS Online, можна переконаватися про оновлення інформації у вигляді додавання нових об'єктів на загальну карту [67, 100].

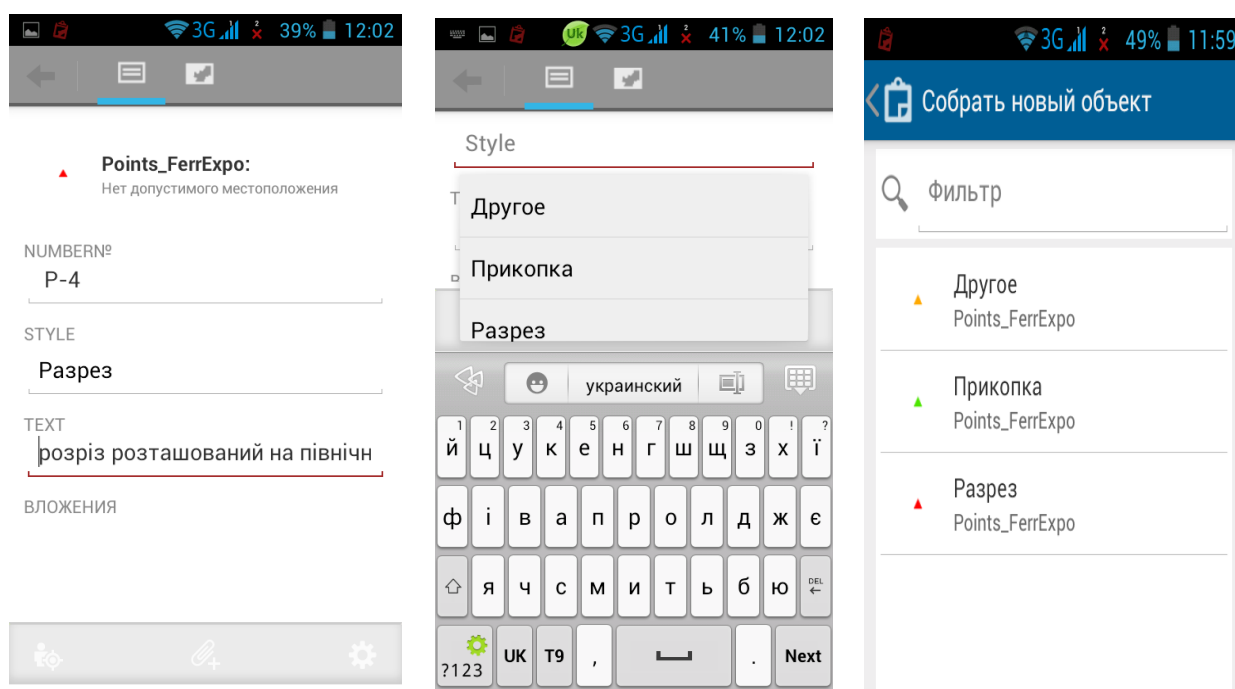


Рис. 4.7. Форми відбору ґрунтових зразків та приклад заповнення атрибутивної інформації у форму Collector for ArcGIS

Дослідження показали про наявність технічних моментів, які в подальшому будуть покращені:

- точність GPS-приймача у мобільному пристрої все ж менша за точність спеціалізованого окремого GPS-приладу, тому цей спосіб не доречно виконувати для детального ґрунтового обстеження невеликих ділянок (наприклад, менше

0,2 га), а ось до потреб велико-, середньо- та дрібномасштабних обстежень, користувацько-картографічний рівень точності планового позиціонування цілком прийнятний;

- вразливість технічного засобу (несправність, фізичне пошкодження, відсутність заряду акумуляторної батареї тощо);

- прив'язка засобу до інтернет-мережі (все ж таки інтернет-покриття в Україні не є стовідсотковим, тому є ймовірні ділянки де важко буде зробити роботи у повному обсязі).

Таким чином, підводячи рису під розділом інформаційно-комунікаційних технологій в ґрунтових дослідженнях і картографуванні ґрунтів можна зробити деякі висновки, визначивши переваги та недоліки цих інноваційних рішень.

Визначено ряд переваг:

- швидкість передачі інформації. Передача інформації будь-кому і в будь-яку точку на планеті. Результати досліджень показали, що швидкість опису розрізу в польових умовах скоротилась майже вдвічі. Тобто ефективність даного підходу складає 40-50%, що значно економить час в польових дослідженнях;

- економія коштів у відсутності необхідності придбання окремого GPS-приладу;

- заповнення атрибутивної інформації в цифровому вигляді в БД безпосередньо в полі;

- додавання фотозображення ґрунтового профілю;

- при несприятливих погодних умовах, можливість опису ґрунтового розрізу через аудіозапис;

- збір інформації багатьма користувачами в одну об'єднану файлову БД;

- можливість використання для потреб велико-, середньо- і дрібномасштабних, а також детальних обстежень ґрунтового покриття.

Але не дивлячись на усі нюанси, інформаційно-комунікативне картографування можна використовувати значно краще. У тому числі і в

ґрунтовому картографуванні не обійтись від підручних засобів технічного прогресу.

Результати даного розділу опубліковано у працях [45, 46, 67, 100].

РОЗДІЛ 5

ВЕРИФІКАЦІЯ ІНОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ҐРУНТІВ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Картографування ґрунтових властивостей, а саме використання сучасних методів цифрового картографування ґрунтів є принципово важливим методом для розвитку ґрунтознавства. Так, важливо показати і довести, як сучасні технології можуть сприяти покращенню обробки інформації про стан ҐП. На думку автора, відображення лише ґрунтів (типів ґрунтів, гранскладу, ксероморфності тощо) на карті не є достатнім, щоб уявити повну картину про стан ҐП. Для кращого сприйняття інформації про ґрунтові ресурси, можливо, доповнити її додатковими характеристиками. Зокрема для карти ґрунтових ресурсів Харківської області, цікавим є доповнення її картами запасів органічного вуглецю та засоленням ґрунтів, використовуючи сучасні методи цифрового картографування ґрунтів та їх властивостей.

5.1 Цифрове картографування органічного ґрунтового вуглецю (на прикладі Харківської області)

Органічний ґрунтовий вуглець (ОҐВ) є одним з найбільш важливих компонентів ґрунту і впливає на більшість ґрунтових процесів, що мають відношення до виробництва продуктів харчування [155]. Також загальновідома роль ґрунтів і ґрунтового органічного вуглецю в забезпеченні стійкості сільськогосподарських систем до зміни клімату, тому ОҐВ включений як моніторинговий показник в пункт 15.3.1 Цілей сталого розвитку глобального договору Організації Об'єднаних Націй (ООН). Відповідно до цього договору – величина запасів вуглецю в ґрунті є одним з трьох суб-індикаторів для визначення частки деградованої земельної ділянки, щодо всієї земельної ділянки [115].

Попри увагу, що приділяється ролі ОГВ у забезпеченні продовольчої безпеки і пом'якшення надалі зміни клімату, знання про вихідні умовах і зміни ОГВ в ґрунтах на глобальному рівні як і раніше досить обмежені. Наявні глобальні оцінки запасів ОГВ виконані з використанням різних методологій і підходів, саме тому спостерігається висока мінливість величин запасів органічного вуглецю в ґрунтах серед авторів [146].

Нині близько 33% всіх світових ґрунтів деградовані, що означає значні масштаби втрат органічного вуглецю ґрунту по всьому світі. Це створює необхідність оцінки і моніторингу запасів ОГВ та його просторового розподілу не тільки на глобальному, національному та і на регіональному рівнях.

Україна, як постійний член ГПП, Європейського регіонального ґрунтового партнерства також брала участь в цьому глобальному процесі, створивши національну карту запасів органічного вуглецю в ґрунтах [99], (додаток В). При цьому була розроблена певна методика створення даного типу карт [181]. Так, елементи даної методики були удосконалені та адаптовані для окремого регіону на прикладі Харківської області.

Вхідними даними для створення карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах Харківської області стали Глобальна карта ОГВ [16] на основі даних Національної карти запасів ОГВ в ґрунтах України, що була на базі ННЦ "ІА імені О.Н.Соколовського" [111]. Також дані були верифіковані та доповнені новими результатами польових досліджень та даними матеріалів фонду Відділу ґрунтових ресурсів ННЦ "ІА імені О.Н.Соколовського" та була сформована вибірка точкових даних. На даному етапі у вибірку увійшло 838 точок.

Розподіл значень запасів ОГВ коливається від 0 до 38,6 кг/м², що в перерахунку в тонах на гектар – до 386. А середнє значення складає близько 86 т/га (рис.5.1).

Після етапу підготовки точкових даних, настає черга етапу підготовки карт-предикторів (або коваріат) навколишнього середовища. Відповідно до

методології цифрового картографування ґрунтів [161] були створені так звані растрові коваріати навколишнього середовища.

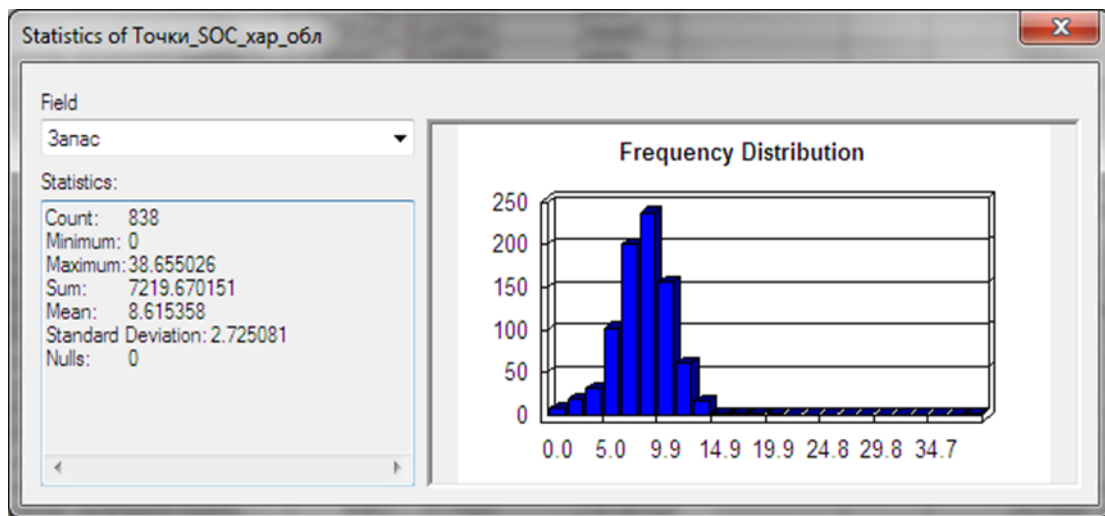


Рис. 5.1. Частота розподілу значень запасів ОГВ

Моделювання ґрунтових властивостей у цифровій картографії, наразі, ґрунтується на взаємозв'язках між ґрунтами, факторами і процесами ґрунтоутворення (так званої S.C.O.R.P.A.N-моделі), які входять до рівняння в якості змінних предикторів [161]. Рівняння має в собі наступні змінні: ґрунт, клімат, живі організми і рослинний покрив, рельєф, материнську породу, фактор часу, просторову та географічну позиції. Щоб включити ці параметри в модель, був створений набір растрів шляхом підготовки цифрової ґрунтової карти Харківської області, обробки даних ДЗЗ і даних про рельєф. Оновлена цифрова карта ґрунтів Харківської області була створена на основі матеріалів великомасштабного обстеження України 1957-61рр. та уточненням і удосконаленням даних матеріалів, а також приведенням до сучасної класифікації ґрунтів України [81] (рис. 5.2а). За матеріалами цифрової карти ґрунтів, отримані додаткові карти-предиктори: гранулометричного складу (класи гранскладу в свою чергу трансформовані в карту вмісту фізичної глини; відповідно до класифікації ґрунтів України [70, 79, 81] за назвою гранскладу можна визначити вміст фізичної глини з точністю до 5%) (рис. 5.2б), материнської породи. (рис. 5.2в).

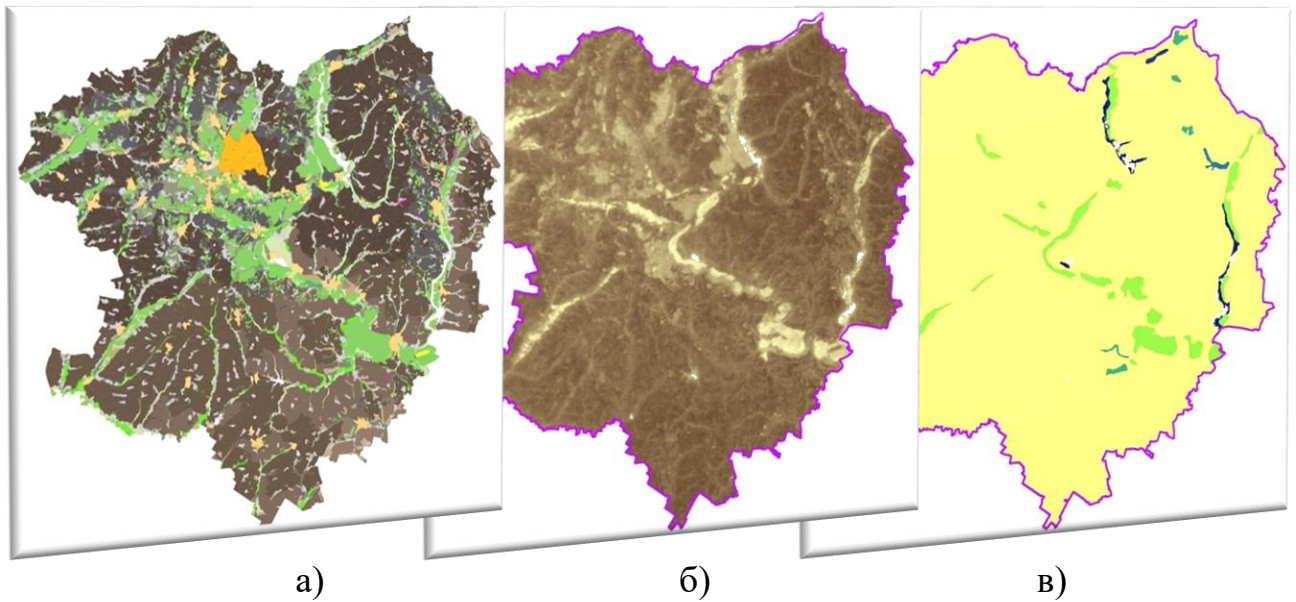


Рис. 5.2. Карти-предиктори:

- а) ґрунти Харківської області;
- б) вміст фізичної глини;
- в) материнська порода.

В якості карти-предиктора використана ЦМР. Як джерело даних рельєфу (рис. 5.3) були завантажені тайли продукту SRTM 1 Arc-Second Global з просторовою роздільною здатністю 1 арксек [20].

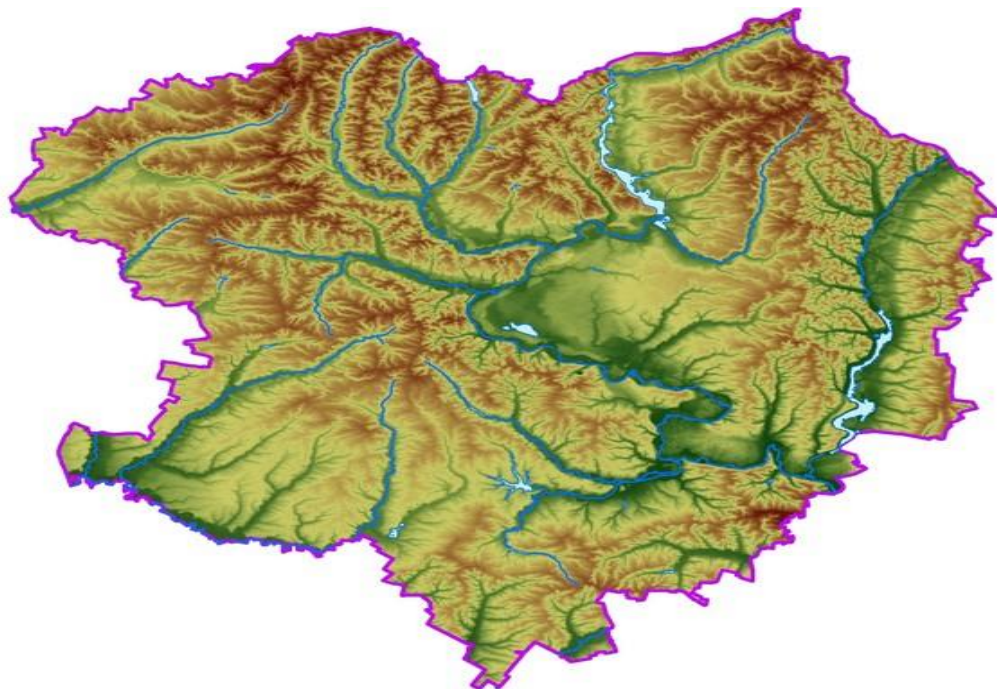


Рис. 5.3. Цифрова модель рельєфу Харківської області.

Завантажені тайли оброблювались, зшивались та була накладена маска об'єкту за допомогою ArcGIS. В результаті чого була отримана карта ЦМР.

Із цифрової моделі рельєфу за допомогою SAGA GIS та ArcGIS були, як і при створенні національної карти ОГВ, були отримані растрові зображення за наступними параметрами: Ухил; Експозиція схилу; Вертикальна кривизна топографічної поверхні; Горизонтальна кривизна топографічної поверхні; Топографічний індекс зволоження; Відносна позиція на схилі; Замкнені пониження; Індекс топографічного положення (Рис. 5.4) [133].

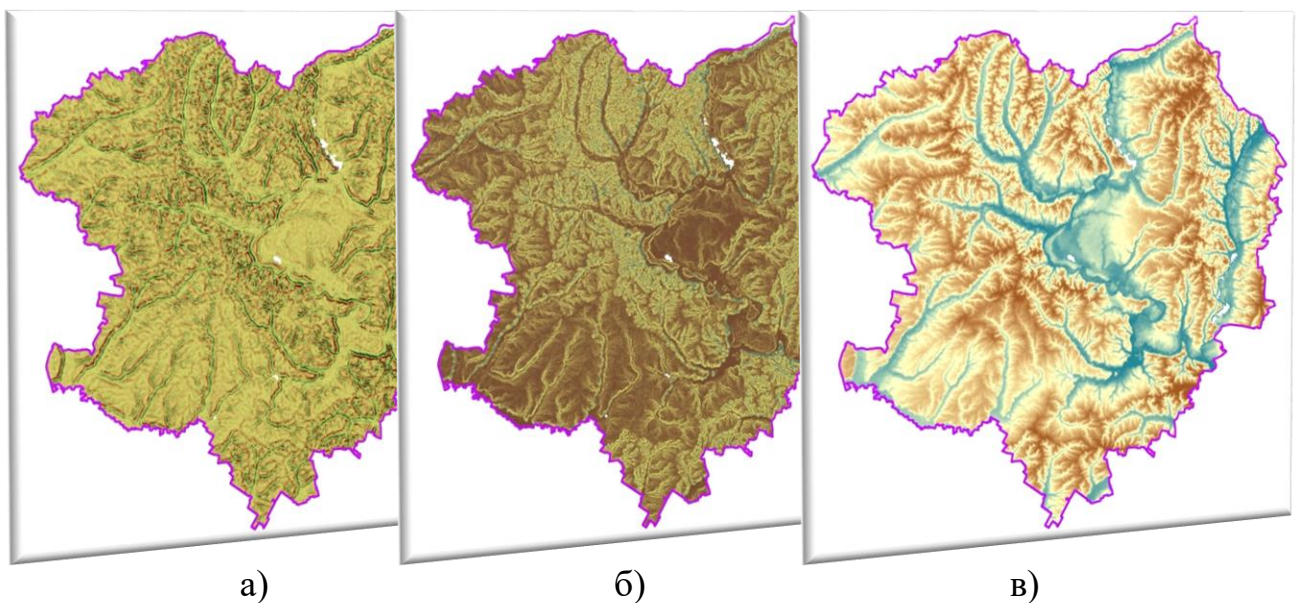


Рисунок 5.4. Вихідні коваріати із ЦМР:

- а) вертикальна кривизна топографічної поверхні;
- б) експозиція схилу;
- в) індекс топографічного положення.

В якості базового шару земного покриття був обраний продукт Європейського Космічного Агентства CCI land cover з роздільною здатністю 300 м [21]. Класи земного покриття були агреговані у 8 категорій (рис. 5.5): рілля; луки та чагарники; широколистяний ліс; хвойний ліс; мішаний ліс; населенні пункти; землі без рослинності; гідрографія.

Порівняння даного шару з супутниковими знімками високої роздільної здатності показало хороше відображення лісів та типів лісу, а також штучних

територій та водних об'єктів. Гідрографія та штучні території були використані в якості маски, яка видаляє відповідні пікселі, що накладаються на неї з усіх растрів [133].

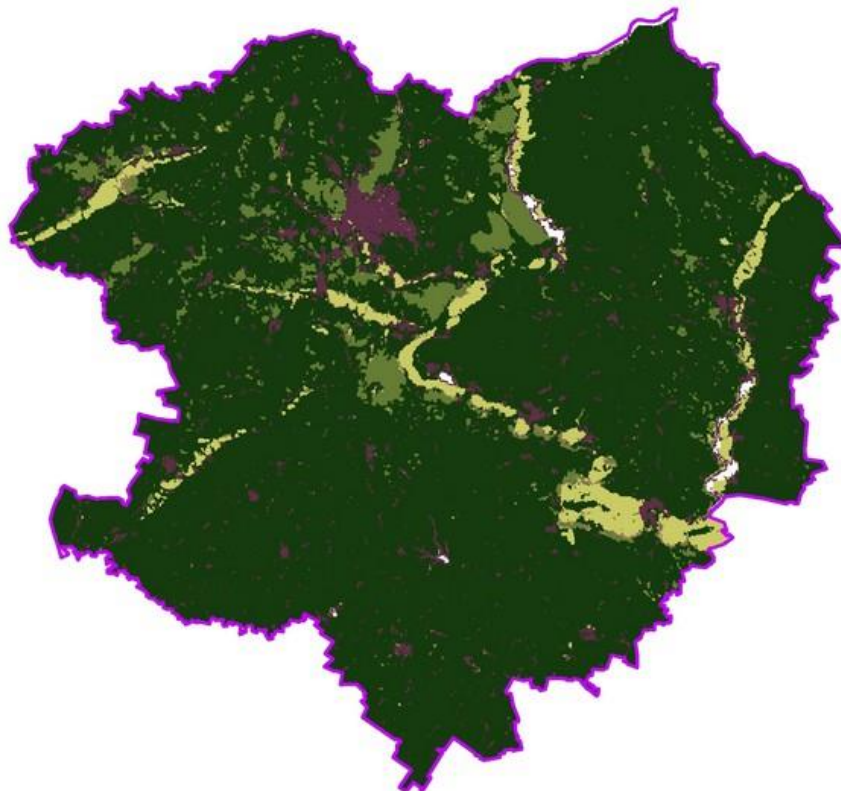


Рис. 5.5. Класи землекористування Харківської області

У якості супутникових даних були використані знімки спектральних сенсорів MODIS, а саме два продукти: - MOD13Q1: MODIS / Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250 m Grid SIN V006 [131] – для мозаїки растрів в ближньому інфрачервоному діапазоні (ІЧ-діапазоні), растрів вегетаційних індексів NDVI (нормалізований відносний індекс рослинності) (Рис.5.6а) і EVI (покращений вегетаційний індекс) (Рис.5.6б); – MOD17A3H: MODIS / Terra Net Primary Production Yearly L4 Global 500 m SIN Grid V006 [176] – для растра первинної продуктивності. Попередні дослідження показали, що ближній ІЧ-діапазон відкритого ґрунту має велику залежність від вмісту органічного вуглецю в ґрунті [114].

Як було доказано українськими вченими, ключовим фактором, що визначає характеристики ґрунтів України є гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) [81].

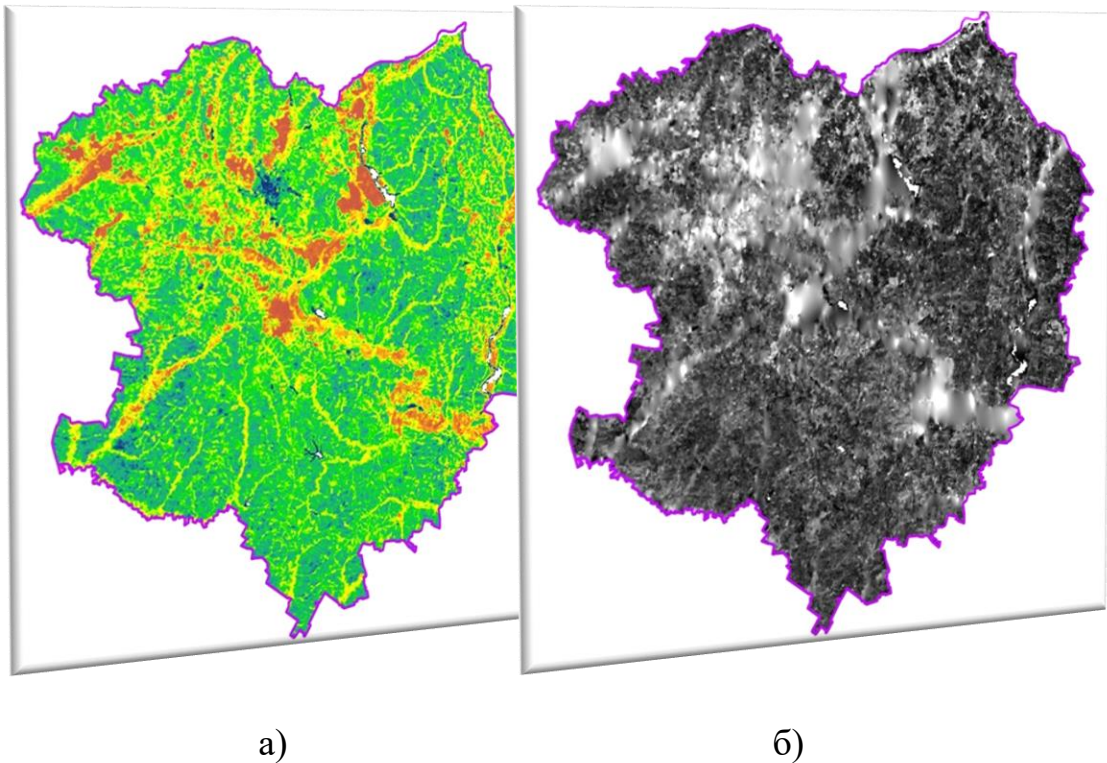


Рис. 5.6. Вихідні растри вегетаційних індексів:

а) NDVI;

б) EVI.

ГТК представляє собою відношення суми опадів (R) (у міліметрах) протягом періоду з середніми температурами повітря вище $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ до суми температур (Σt) за той самий період, зменшеної у 10 разів:

$$\text{ГТК} = \Sigma R \cdot 10 / \Sigma t \quad (5.1)$$

Для оцінки цього показника були зібрані дані 137 метеостанцій по всій Україні та були розраховані середні багаторічні значення опадів (загальної та за теплий період), та суми температур за теплий період (травень-вересень) з 100 років спостережень (1890-1990). З цих значень для кожної метеостанції були розраховані значення ГТК.

Далі методом інтерполяції обернено-зважених відстаней були створені растрові шари опадів, температур та ГТК (рис. 5.7) [133].

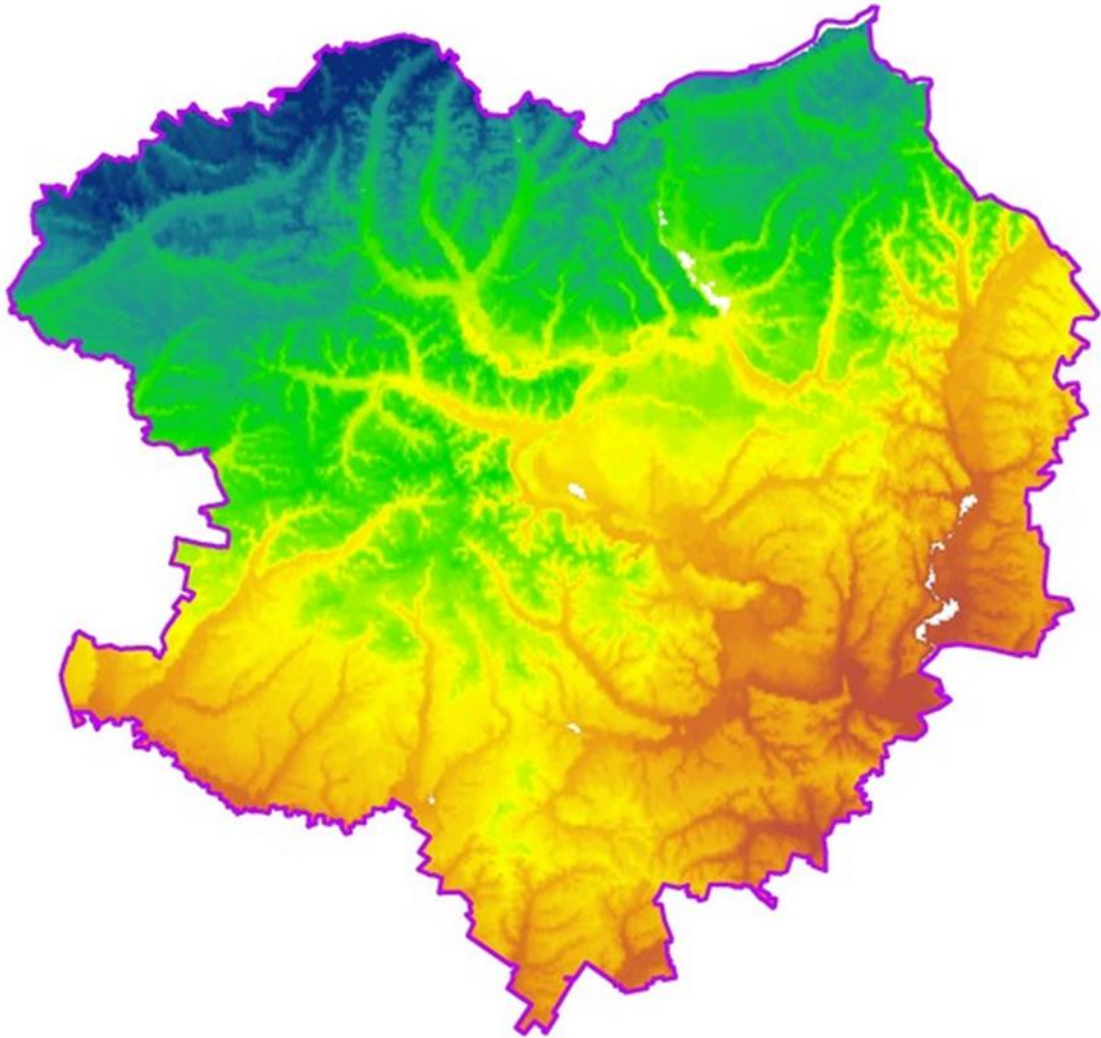


Рис. 5.7. Карта-предиктор за гідротермічним показником Харківської області

Додатково були завантажені шари даних World Climate Data середньомісячних температур та опадів за 1960-1990рр. з роздільною здатністю 1 км із даними середньої місячної температури і опадів за 1960-1990 рр. Для створення результуючих растрів були використані шари температур і опадів за теплий і холодний періоди року і ГТК (Рис 5.8). [111]

Просторове моделювання виконувалось мовою програмування R [185] шляхом доопрацювання та удосконалення R-скрипту, розробленого при

створенні національної карти органічного вуглецю та доопрацьованого згідно методик ФАО [181], з використанням програмного забезпечення R-studio [175].

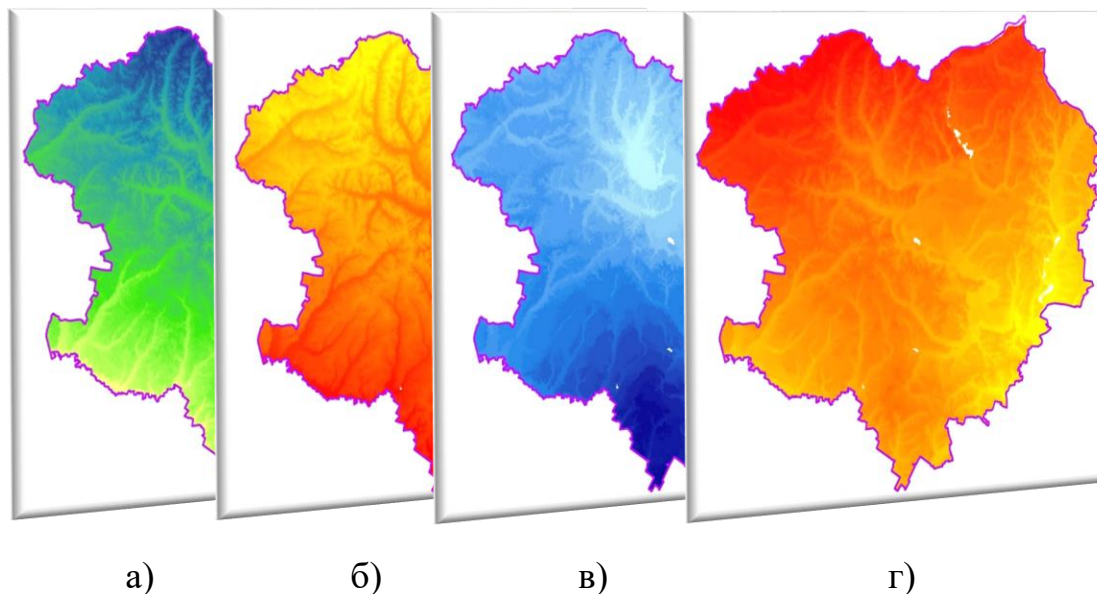


Рис. 5.8. Набір кліматичних коваріат Харківської області:

- а) сума опадів в холодний період;
- б) сума опадів в теплий період;
- в) сума температур в холодний період;
- г) сума температур в теплий період.

Програмний аналіз запасів ОГВ дозволив виявити зразки із занадто високими або нульовими (не реальними або помилковими) значеннями, що згодом, були видалені з вибірки.

Для просторового моделювання розподілу запасів ОГВ використаний алгоритм Random Forest [157]. Даний алгоритм найбільш широко використовується в ЦКГ завдяки свої відносній простоті в моделюванні та навантаженні на центральний процесор комп'ютера. Значення запасів ОГВ показали деяку просторову кореляцію, тому було використано звичайний метод крігінгу для моделювання просторового розподілу запасів ОГВ для отримання кінцевого варіанту карти. Невизначеність моделі була оцінена з використанням таких параметрів, як коефіцієнт детермінації моделі (R^2) і середня квадратична

похибка (RMSE). Результат показав, що значення $R^2 = 0,6176$ та $RMSE = 1,6159$ для ґрунтів Харківської області, це означає непогану якість моделі (рис.5.9).

	ME	RMSE	R2
Random Forest	1.288662	1.615959	0.61769266

Рис. 5.9. Результати оцінки моделі

На фінальному етапі отримано карту запасів органічного ґрунтового вуглецю Харківської області роздільною здатністю 1км на 1км (Рис.5.10).

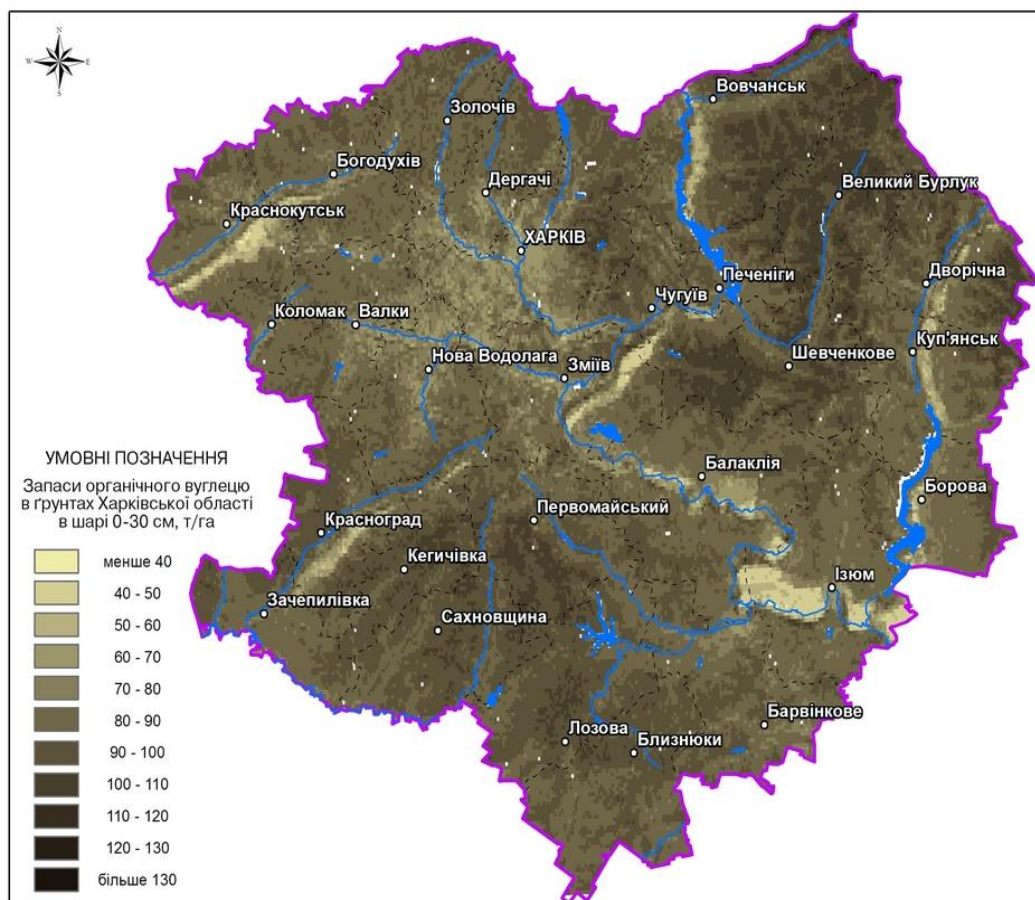


Рис. 5.10. Карта запасів ґрунтового органічного вуглецю Харківської області

Так, аналізуючи виконану роботу, можна зробити наступні висновки:

1) Найбільші запаси ОГВ сконцентровані в північно-східній частині області на відрогах Середньоруської височини, а в ґрунтовому покриві

переважають чорноземи типові, що приурочені до Лісостепової ґрунтово-екологічної зони (додаток В). Займають переважно територію Вовчанського, Великобурлуцького, Шевченківського, Чугуївського та частково Харківського районів. Така кількість запасів ОГВ обумовлена гарним трав'янистим покривом у минулому, достатнім зволоженням та важким гранскладом (легкоглинистим), що сприяє процесам гумусонакопичення.

2) Підвищення запасів спостерігається в південно-західній частині області, а саме в Первомайському, Сахновщинському, Кегичівському та Лозівському районах, що лежать в межах Північно-степової підзони за ґрунтово-екологічним районуванням України [80]. Щодо ґрунтів, тут переважають чорноземи звичайні переважно важкого гранскладу (легкоглинистого і частково середньоглинистого у Сахновщинському та Кегичівському районах.

3) Зниження запасів ОГВ має також важливі закономірності. Так, воно спостерігається на терасах річок, що пояснюється "полегшенням" гранулометричного складу.

4) Не зважаючи на те, що точність моделі становить лише 60%, на ній все одно чітко простежуються ґрунтово-екологічно-географічні закономірності, які значною мірою можна побачити і на ґрунтово-екологічній карті.

5) Не лише якісні характеристики ґрунтів, а і кількісні показники впливають на їх родючість. Цифрове картографування і є інструментом переходу до точного землеробства та раціонального використання ґрунтів в цілому.

6) Карті фізичних властивостей ґрунту можуть стати важливим доповненням карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області щодо інформаційного супроводу раціонального використання ґрунтів відповідно їх якості.

7) Технічна сторона питання цифрового картографування органічного вуглецю ще не достатньо відпрацьована, але це, в той самий час це створює додаткові умови для вдосконалення практичних навичок (скілів) не тільки

грунтознавця або ІТ-спеціаліста, а саме фахівця з цифрового картографування ґрунтів.

5.2 Цифрове картографування засолених ґрунтів (на прикладі Харківської області)

Картографування засолених ґрунтів, а саме ґрунтів адміністративної області (Харківської області) із використанням передових методів моделювання виконане вперше в Україні. Моделювання проведено згідно із рекомендацій та методик ФАО та ГПП для всіх країн світу [159]. Основними задачами для виконання роботи є:

- підготовка та обробка чинних даних ННЦ «ІА імені О.Н.Соколовського» засоленості ґрунтів;
- підготовка використання факторів (географічні, орографічні, кліматичні та ін.) у якості карт-предикторів, що теоретично і практично можуть впливати на стан засоленості;
- адаптація алгоритмів моделювання для території Харківської області.

Як відомо, до категорії засолених відносять ґрунти, що містять хоча б в одному горизонті ґрунтового профілю легкорозчинні солі або їх іони в кількостях, що перевищують поріг токсичності – максимально допустима кількість солей, що не викликає пригнічення рослин [58].

Враховуючи геопросторове розміщення території Харківської області, достатнє зволоження, то для даної території більш характерне первинне природне засолення ґрунтів. Воно приурочене, в основному, до долин річок і близьким заляганням ґрунтових вод. Вторинне засолення практично не зустрічається, оскільки нині зрошення мінералізованими водами на Харківщині майже не використовується, за винятком окремих випадків (наприклад, стічними водами агрокомплексу «Слобожанський») [10].

В нашій країні вміст і склад розчинних солей традиційно визначають водним екстрактом 1:5. Основним показником є сума солей. Точки місць відбору

зразків із сумою солей та координатною прив'язкою і є вхідними даними, для нашої карти засолення. Первинне природне засолення відбувається із глибини, а не з поверхні, як при вторинному. Тому важливу роль відграє і глибина солонцювання. Таким чином, в кінцевому результаті буде отримано два варіанти карт засолення:

- засолення ґрунтів на глибині 0-30 см;
- засолення ґрунтів на глибині 30-100 см.

По-перше, було опрацьовано дані фондів матеріалів Відділу ґрунтових ресурсів ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського», та проведено вибірку ґрунтових проб на різних глибинах, що розташовані на території області.

Так, було відібрано 337 точок відбору зразків із координатною прив'язкою для глибин до 30 см (рис. 5.11).

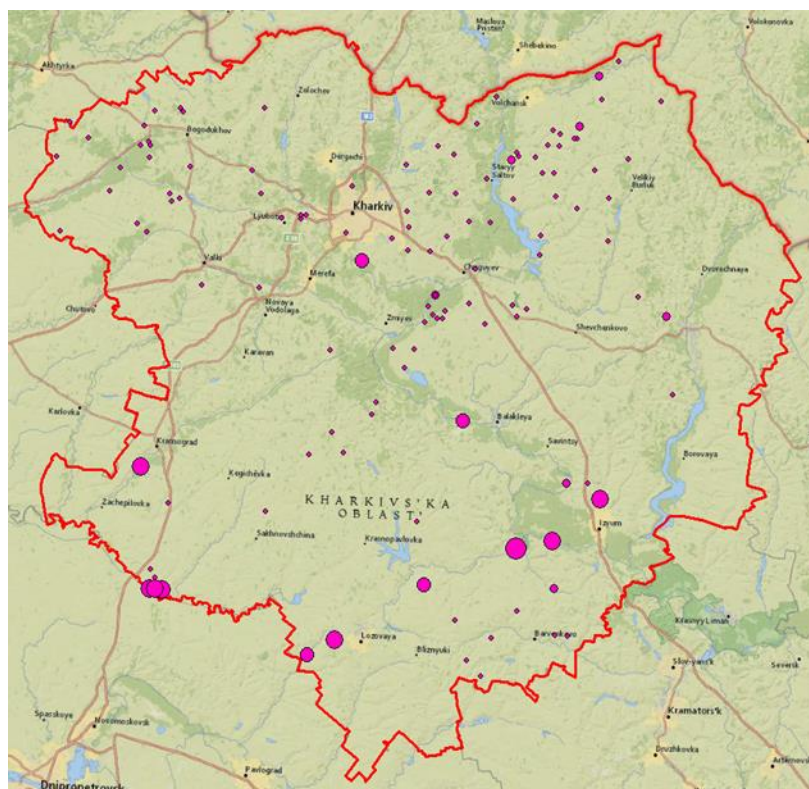


Рис. 5.11. Просторовий розподіл ґрунтових зразків на глибині 0-30см на території Харківської області

Але лише незначна кількість точок на глибині 0-30 см мають ознаки засолення. З них тільки 21 зразок мають значення більше 0,2, що відповідає

мінімальному ступеню засоленості як за національною класифікацією [32], так і за іншими [63, 130]. Тобто 21 зразок із значимим показником засоленості (рис. 5.12).

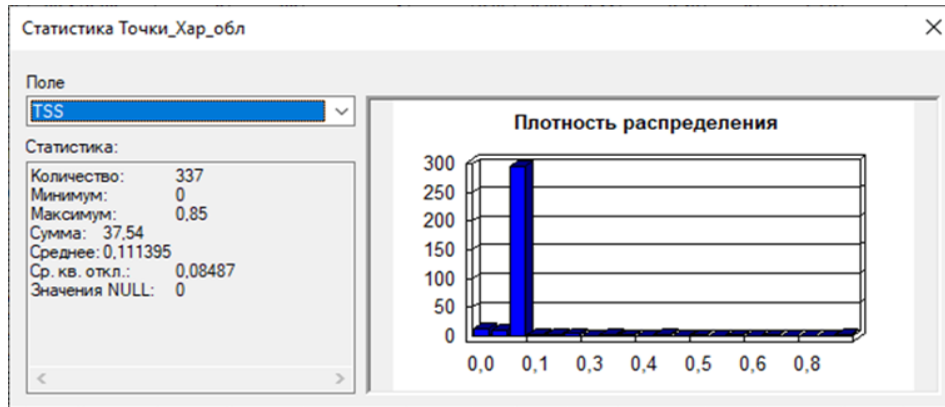


Рис. 5.12. Щільність розподілу значень засолення на глибині 0-30 см
Аналогічно було проведено вибірку для глибин 30-100 см. Так, відібрано 154 зразки (рис. 5.13). Лише в 17-ти із 154-х було виявлено засолення (рис.5.14). Іншим також присвоєно значення 0,1.

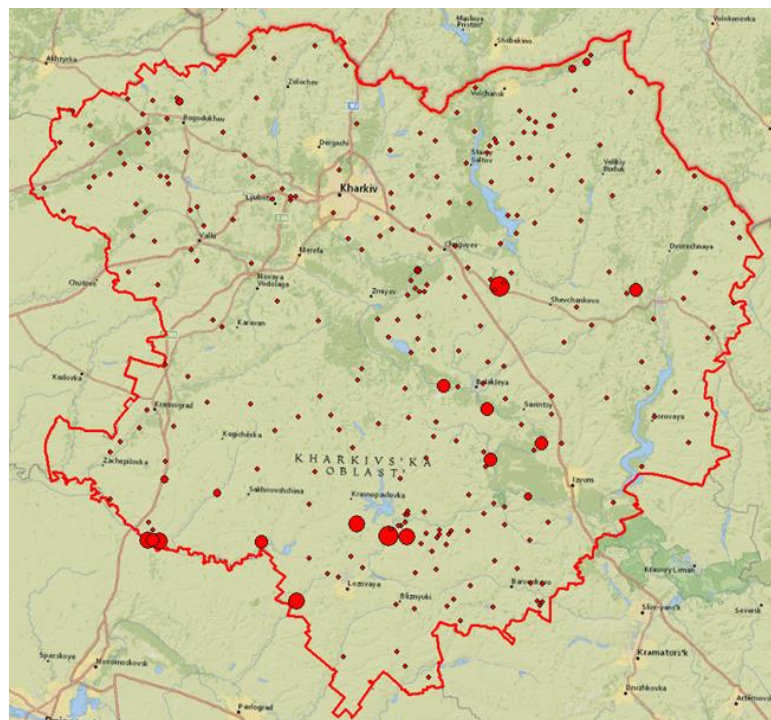


Рис. 5.13. Просторовий розподіл ґрунтових зразків на глибині 30-100 см на території Харківської області



Рис. 5.14. Щільність розподілу значень засолення на глибині 30-100 см

Після обробки точкових даних розпочато вибір карт-предикторів. Карти-предиктори (або коваріати) отримувались двома шляхами:

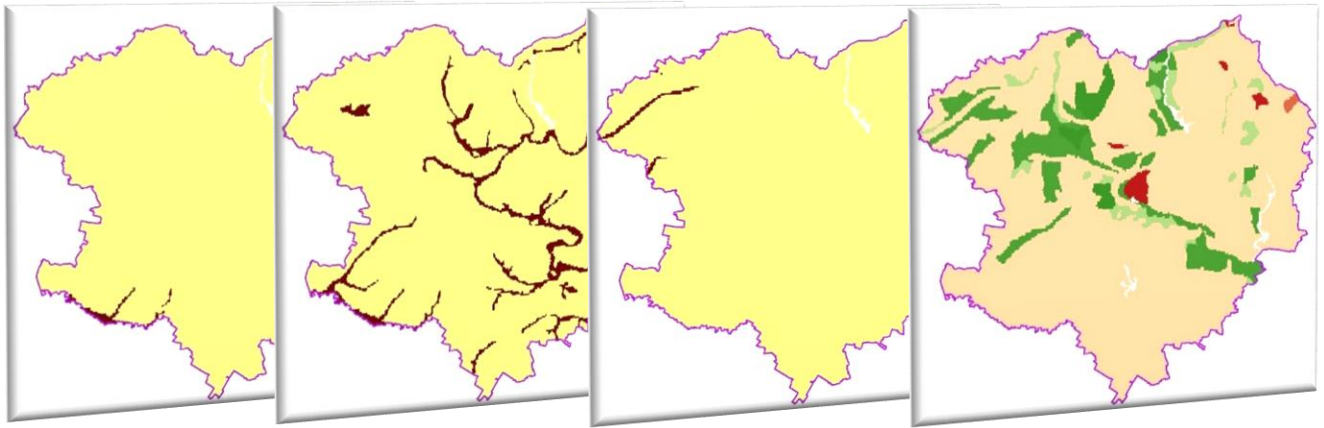
1. Побудовою растрових зображень зі значеннями вже існуючих карт солонцюватості, кислотності, кількісних та якісних показників засоленості ґрунтів;
2. Використанням різноманітних даних ДЗЗ, починаючи від ЦМР, закінчуючи кліматичними даними.

Для виконання моделювання за рекомендаціями ФАО використовувалось наступне програмне забезпечення [141]: R; QGIS та ArcGIS; R-studio; ILWIS.

За допомогою програмного середовища QGIS та ArcGIS були створені растрові карти-предиктори. На основі ґрунтової карти України, були виділені контури ґрунтів за характером засолення. Таким чином, було отримано карти солонцюватості, хлоридно-натрієвого та змішаного засолення. В додаток до цих карт підготовлена растрова карта кислотності ґрунтів (рис. 5.15).

Наступний блок предикторів охоплює дані дистанційного зондування землі характеристик земної поверхні. Дані ДЗЗ отримані із ресурсів Європейського космічного агентства (ESA) та Американської державної геологічної служби (USGS) [20, 21].

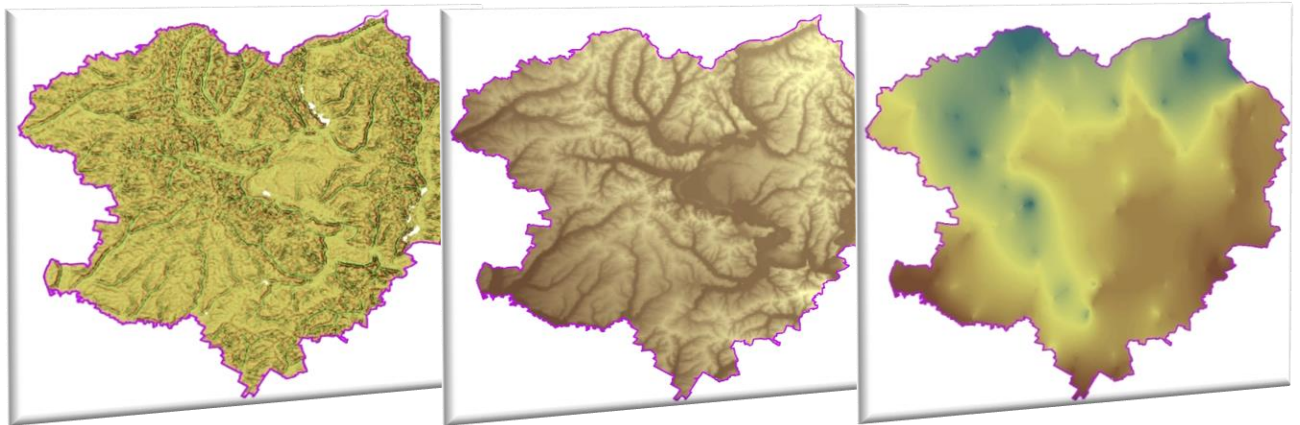
Серед них: ЦМР; класи землекористування; ковжина та крутизна схилу; повздожня кривизна; глибина долин; вертикальна відстань до мережі тальвегів (рис. 5.16).



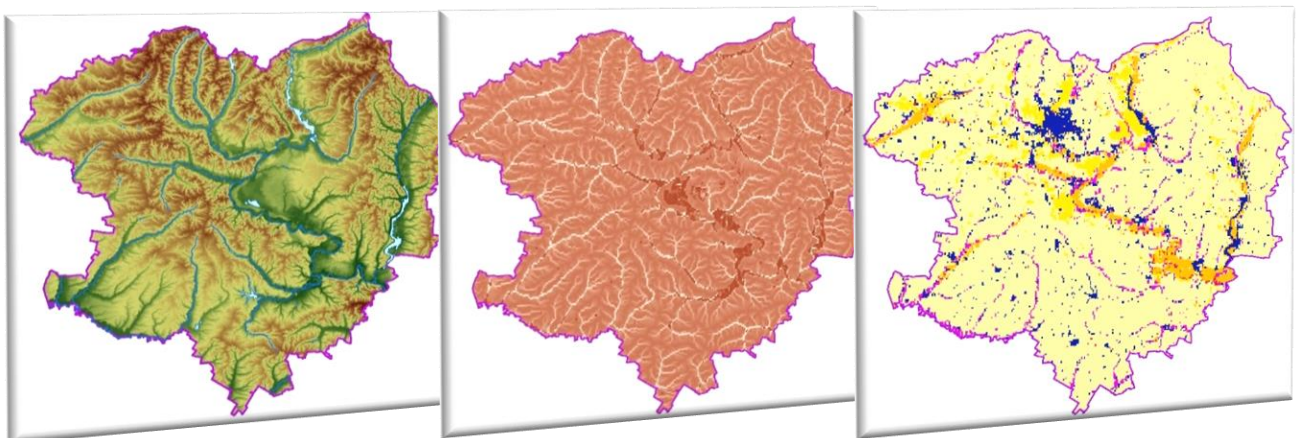
а) б) в) г)

Рис. 5.15. Карти-предиктори:

а) солонцюватість; б) хлоридно-сульфатне засолення; в) змішане засолення; г) кислотність ґрунтів.



а) б) в)



г) д) е)

Рис.5.16. Карти-предиктори земної поверхні:

а) ЦМР; б) класи землекористування; в) довжина та крутизна схилу; г) повздожня кривизна; д) глибина долин; е) вертикальна відстань до мережі тальвегів.

Третій блок карт-предикторів являє собою комплекс кліматичних даних. До них увійшли дані [11] (рис. 5.17).

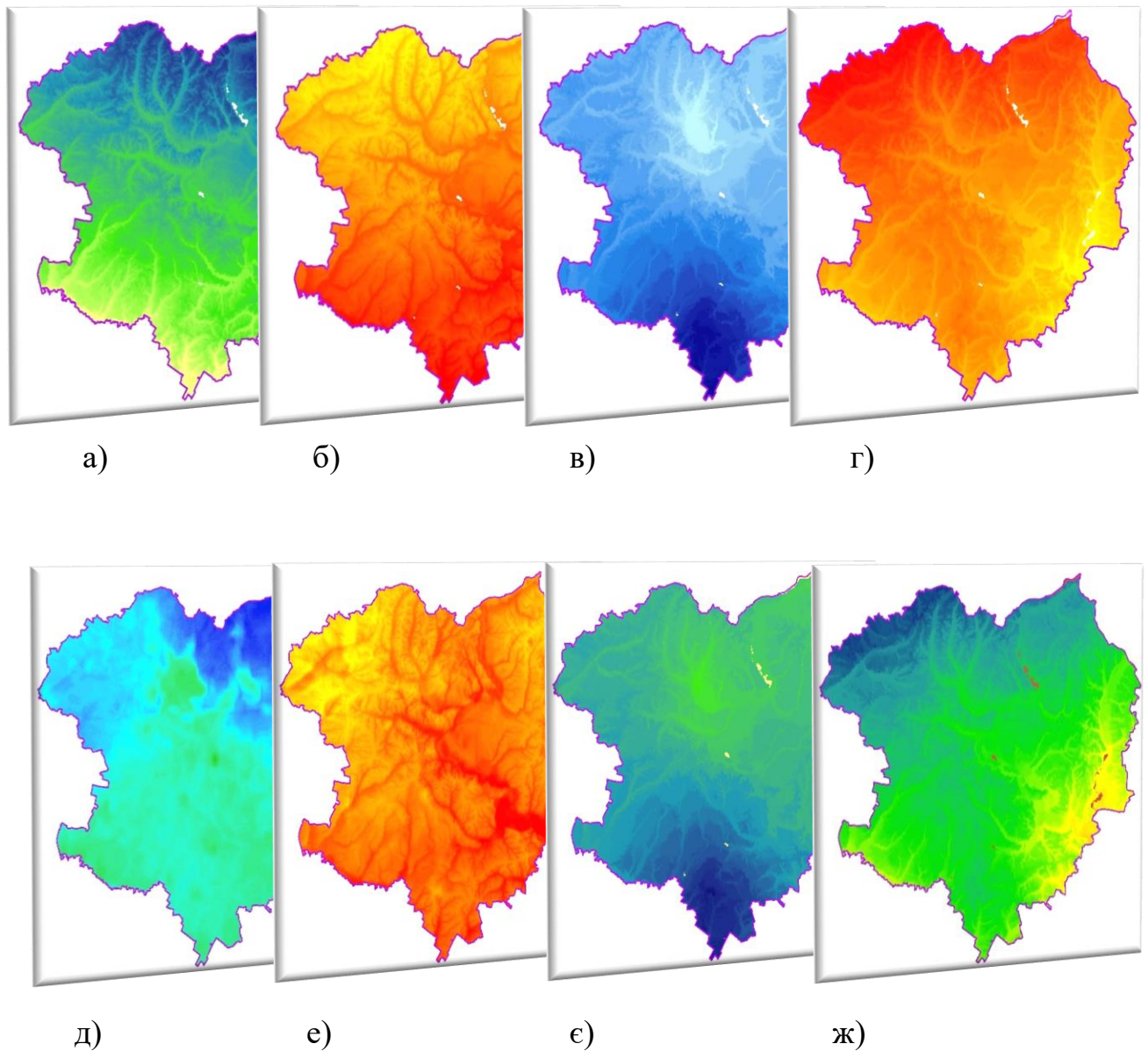


Рис. 5.17. Приклади предикторів кліматичних даних:

- а) середніх багаторічних температур в холодний період;
- б) середніх багаторічних температур в теплий період;
- в) середньої багаторічної кількості опадів в холодний період;
- г) середньої багаторічної кількості опадів в теплий період;
- д) мінімальних температур;
- е) максимальних температур;
- є) мінімальної кількості опадів;

ж) максимальної кількості опадів.

Також у якості карт-предикторів використано дані із ґрунтової карти. Важливими факторами, що впливають на утримання солей у ґрунті є гранулометричний склад та підстеляюча поверхня, які використані, як коваріативні дані. Всі карти-предиктори приведені до однакової координатної системи (WGS84), як і точкові дані із координатами.

На основі даних і рекомендації ФАО по картографуванню засолених ґрунтів [159], було удосконалено та адаптовано програмний скрипт для програмної обробки та моделювання даних. Даний скрипт написаний програмною мовою R, а вся статистична обробка і моделювання здійснюється за допомогою програмного забезпечення R-studio.

Алгоритм містить завантаження, обробку, виділення великих масивів даних із подальшим визначенням ступенем вагомості кожного предиктора. Аналіз точок показав, що найбільші значення засолення на глибині 0-30 см становлять 0,85 г/л, у той час, як на глибині до 1 м ці дані збільшуються до 1,34 г/л. Хоча все ж така лівова доля зразків має низькі показники засолення що не вважається шкідливою засоленістю взагалі за класифікацією. На даному етапі також проведено гармонізацію даних для оптимізації показників, які тим чи іншим чином випадають із загальної вибірки та стандартного відхилення.

Після обробки даних та карт-предикторів, проведено машинний аналіз для вибору найкращого алгоритму моделювання даних. За його результатами, обиралась модель. Для нас важливими є три значення: R^2 – коефіцієнт детермінації моделі; RMSE – середня квадратична похибка; ME (mean error) – середня похибка (рис.5.18). Чим більший показник R^2 , тим модель якісніша. І звичайно ж, показники RMSE та ME повинні бути якомога менше. Оскільки похибка повинна бути найменшою. Було проаналізовано значення найменшої середньої квадратичної похибки та середньої похибки відповідають моделі Cubist [126]. А показник R^2 є найкращим для трьох моделей Ranger, Random Forest і Cubist, та різниця між значеннями досить невелика.

Проведено моделювання за трьома вищеописаними моделями. Через різницю алгоритмів моделей були отримані різні результуючі карти, але найбільш якісний результат показала модель Cubist.

	ME	RMSE	R2
Linear	0.18626498	0.4467285	0.05631168
RandomForest	0.11061359	0.2684058	0.71130022
SVM	0.15610640	0.4534000	0.02779779
BayesianGLM	0.18630459	0.4466195	0.04492859
BaggedCART	0.15995693	0.3949355	0.28672130
Cubist	0.09024982	0.2625304	0.70897139
CART	0.15650741	0.4423556	0.06767736
Ranger	0.11358550	0.2683307	0.72287996
QuantRandForest	0.06275324	0.2622385	0.66785696
QuantNeuralNT	0.17168449	1.0778120	0.05957723

Рис. 5.18. Визначення відповідної моделі Cubist

Завершенням роботи моделі є спочатку визначення предикційної карти, об'єднання карти та набору даних валідації, і, нарешті, експорт фінальної карти для шару 0-30 см (рис. 5.19).

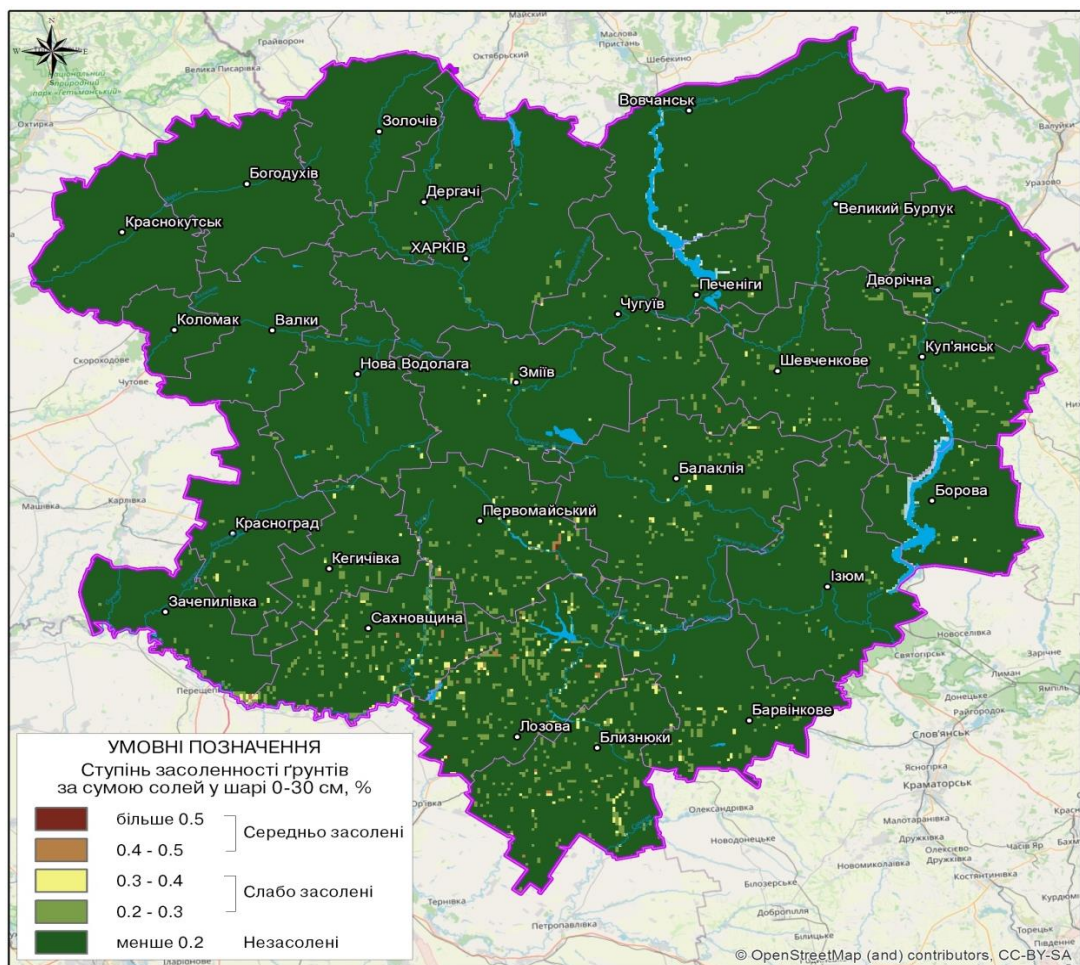


Рис. 5.19. Карта засолення ґрунтів Харківської області в шарі 0-30 см

Аналогічним чином моделюється карта засолення для шару 30-100 см. (рис. 5.20).

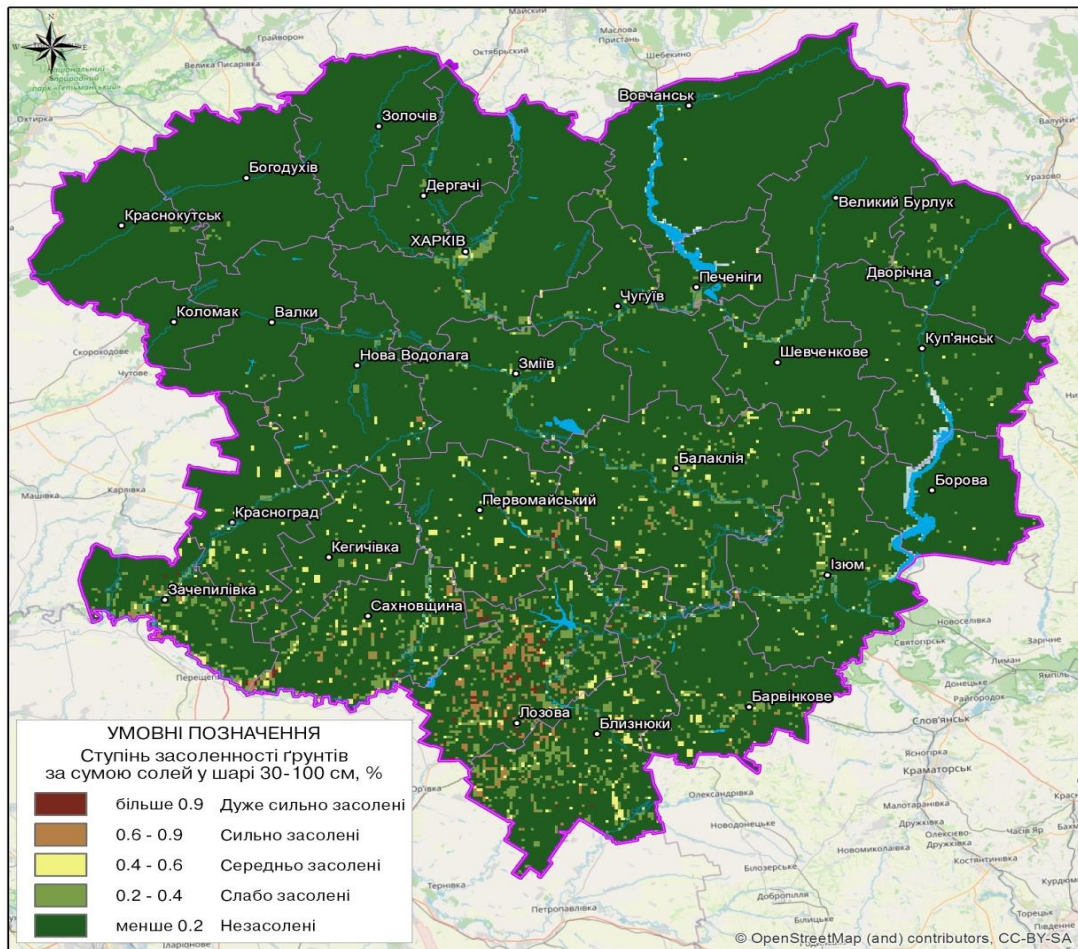


Рис. 5.20. Карта засолення ґрунтів Харківської області в шарі 30-100 см

Надалі необхідно отримати значення точності моделі. В результаті проведення вимірювань виникає поняття невизначеності через те, що будь-яку величину можна виміряти абсолютно точно – тобто, завжди будуть виникати сумніви в істинності результату. Тому, щоб підсумковий результат вимірювань був максимально повним, необхідно одночасно вказувати якусь пов'язану з ним оцінку «сумнівів у результаті» [136].

Для оцінки точності карт було виконано моделювання невизначеності та створено карти невизначеності ступеню засолення Харківської області для шарів 0-30 та 30-100 см (рис. 5.21 та рис. 5.22).

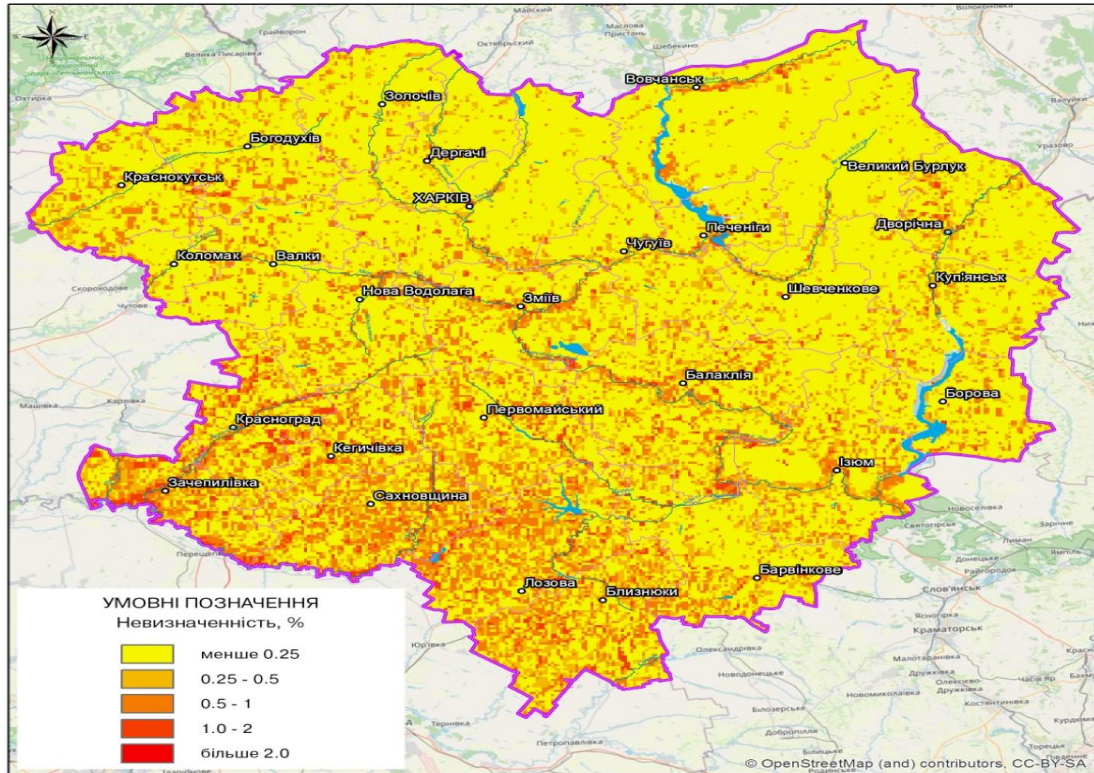


Рис. 5.21. Карта невизначеності значень засолення ґрунтів для шару 0-30 см Харківської області

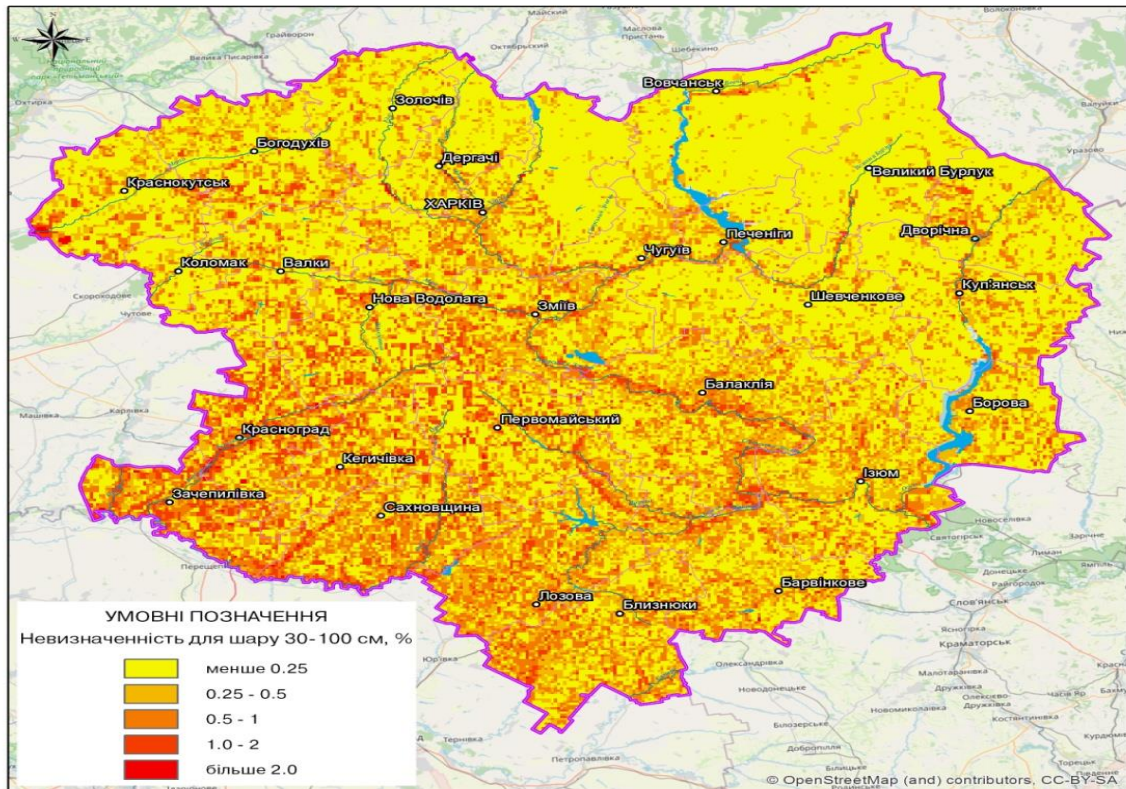


Рис. 5.22. Карта невизначеності значень засолення ґрунтів для шару 30-100 см Харківської області

На основі досліджень цифрового картографування ґрунтів, а саме картографування засолення ґрунтів території Харківської області, можна зробити наступні висновки:

- характер первинного засолення ґрунтів в Україні має переважно локалізований вигляд. Розроблені дані растрові карти засолення ґрунтів більш локалізовано відображають "осередки" засолення ніж цифрові векторні карти, які показують дані більш генералізовано контуром;

- розроблені карти невизначеності показують високу точність карт засолення. Про це свідчить показник невизначеності, який не перевищує 5%.

- дана робота може бути основою, для подальшого покращення якості карт засолення із більшою роздільною здатністю або для цифрового картографування засолення ґрунтів інших регіонів.

- порівнюючи засолення ґрунтів на глибинах 0-30 та 30-100 см, можна побачити, що засолення з глибиною збільшується. Адже первинне засолення в регіоні відбувається переважно із глибини, шляхом пульсації підґрунтових вод;

- можливість швидкого оновлення карт шляхом додавання нових точкових даних із координатною прив'язкою, оновлення даних предикторів (оновлення даних ДЗЗ, кліматичних даних та додавання принципово нових карт-факторів, що впливають на засолення);

- опрацьовано методичні рекомендації ФАО та ГПП для цифрового картографування засолених ґрунтів та адаптовано їх для національного масштабу;

- нерівномірне розміщення точок відбору проб вказує на наявність своєрідних "білих плям" із недостатньою інформацією. Рекомендовано, проводити додаткові дослідження в місцях "білих плям" для покращення інформативності карт засолення ґрунтів Харківської області;

- при створенні карт засолення варто враховувати не тільки точки зі значеннями вище 0,2% за сумою солей, а й інші точки із низьким показником

солей у якості фонових точок. Цей фактор впливає на точність відбиття даних та на кінцевий показ на карті;

– дану роботу можна використовувати в навчальних цілях для відпрацювання навиків цифрового картографування ґрунтів.

Результати даного розділу опубліковано у працях [75, 99, 111, 133].

РОЗДІЛ 6

СЕКВЕНТНІСТЬ ГРУНТІВ ТА СЕРЕДОВИЩЕ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІНФОРМАЦІЇ, ЯК НАУКОВА ОСНОВА РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ГРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ МАСШТАБУ 1:250 000 (НА ПРИКЛАДІ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

6.1 Розробка моделі персональної бази даних як основи електронної карти в програмному середовищі ArcGIS

6.1.1 Бази даних програмного середовища ArcGIS

База даних – це організований набір даних. БД може бути простою, як збірка карточок з рецептами, та дуже складною, як система управління великою багатонаціональною корпорацією. Складна БД може містити мільйони складових інформації щодо рахунків, споживачів, цінностей, складових, відправлень, співробітників, будівель тощо. Добре організована БД, незалежно від її складності, впорядкована так ефективно, що дані легко можна в ній зберігати, обробляти та отримувати.

Системи управління базами даних (СУБД) призначені для зберігання, оброблення та одержання табличної інформації з використанням комп'ютера. Системи управління базами даних створені для ефективного зберігання та одержання мільйонів записів даних. Здебільшого вони налаштовані для швидкого одержання даних, оскільки більшість даних зберігаються один раз, а одержуються з бази даних багаторазово. Механізмом забезпечення збереження, управління та одержання даних у більшості сучасних баз даних є мова, яка називається мовою структурованих (або стандартних) запитів, що відома як SQL. SQL дозволяє виконувати однакові операції у різних базах даних з використанням єдиної мови [158].

База геоданих – фінальна структура, що застосовується в програмному забезпеченні ESRI, нині вона активно використовується і удосконалюється. База

геоданих є сукупністю наборів класів просторових об'єктів (точки, лінії та полігони), таблиць, растрів і TIN-моделей. Усі просторові, атрибутивні, табличні та топологічні дані зберігаються в одній об'єктно-реляційній базі даних. Особливістю, що робить базу геоданих привабливою є те, що на відміну від попередніх форматів, вона (база) не прив'язана до програмних засобів конкретної бази даних, такої як INFO або dBase. База геоданих може бути реалізована з використанням універсальних СУБД, наприклад, Access, DB2, Informix, Oracle, SQL Server та PostgreSQL.

База геоданих містить у собі багато аспектів в тому числі поняття поведінки об'єкта. Поведінка визначає здатність бази геоданих вводити обмеження в процесі створення або підтримання просторових об'єктів. Ці обмеження, в свою чергу забезпечують рівень цілісності даних, які раніше забезпечувалися вручну. Нижче наведені приклади типів поведінки, які можуть контролюватися в базі геоданих.

Доменні обмеження контролюють допустимі значення для атрибутів просторових об'єктів. Наприклад, коли ви вводите тип ґрунту земельної ділянки, то має бути відповідне значення, як наприклад, чорнозем типовий або сірий лісовий, що наперед оголошені в домені допустимих значень.

Топологічні обмеження контролюють просторові відношення між об'єктами. Наприклад, потрібно, щоб всі ґрунтові контури чітко прилягали одне до одного (тобто вони не можуть виходити за межі або перетинатися).

Геометричні обмеження контролюють спосіб просторового структурування об'єктів. Обмеження у відношеннях контролюють спосіб зв'язку об'єктів один з одним.

База геоданих може розглядатися як об'єктно-реляційне утворення. Вона значною мірою спирається на реляційну базу даних для зберігання моделей на дискових накопичувачах, оброблення запитів, безпеки та оброблення транзакцій, але програми ГІС забезпечують функції більше пов'язані з об'єктно-орієнтованими елементами, такими як поведінка, що зв'язана з географічними

об'єктами та керування асоціаціями й підтипами між класами об'єктів. Фактично, зберігання та пошук інформації скеровується СУБД, а семантика даних обробляється програмами.

В ArcGIS вирізняють три типи баз геоданих:

- персональна база геоданих;
- файлова база геоданих;
- база даних ArcSDE (SDE від Spatial Data Engine – означає машина бази просторових даних).

Персональна база геоданих зберігається в базі даних MS Access. У цій структурі, всі елементи бази геоданих зберігаються в одному файлі бази даних Access (MDB файл). Розмір персональної бази геоданих обмежується 2Gb, що пов'язано з форматом Access, але документація ESRI показує, що продуктивність значно падає, коли розмір бази даних сягає від 250 до 500 Мб. Персональна база геоданих одночасно підтримує декількох користувачів, що виконують лише завдання, пов'язані з читанням даних, і максимум одного користувача, що вводить та редагує записи бази даних. Вони підтримують повну інформаційну модель бази геоданих (тобто поведінку, класи відношень, каталоги растрів та інше) і не вимагають інвестицій в прикладне програмне забезпечення бази даних.

Файлова база геоданих – це структура, що ґрунтується на персональній базі геоданих. Вона також надає широкий доступ, безкоштовне і просте рішення для багатьох додатків бази геоданих. Крім того, вона знімає обмеження на розмір, що накладаються Access (файлова база геоданих обмежує обсяг на рівні 1 ТБ) та підвищує продуктивність бази даних. Як і в персональній базі геоданих, файлові бази геоданих не вимагають значних інвестицій користувача у програмне забезпечення СУБД. Дані зберігаються у декількох файлах, розміщених в одній папці на носії інформації.

Файлові бази геоданих також дозволяють декільком користувачам отримувати інформацію з однієї бази даних, і певною мірою поліпшують підтримання розподіленого доступу кількох користувачів для одночасного

запису в базу даних. Файлові бази геоданих дозволяють забезпечити доступ користувача до редагування на рівні окремого набору даних певного класу просторових об'єктів на відміну від персональної бази геоданих, в якій дозволяється редагування тільки на рівні доступу до усієї бази даних. Наприклад, файлова база геоданих дозволить одному користувачеві редагувати об'єкти доріг, а іншому – межі земельних ділянок, навіть якщо об'єкти обох класів розміщені в одній файловій базі геоданих.

Бази геоданих ArcSDE зберігають свої дані в універсальних СУБД, зокрема, DB2, Oracle, Informix SQL Server та PostgreSQL. Вони в основному використовуються у великих організаціях з великою кількістю користувачів та ґрунтуються на базовій архітектурі СУБД для керування інформаційною безпекою, резервним копіюванням, цілісністю та реплікацією даних. Бази геоданих ArcSDE можуть підтримувати дуже великі бази даних та велику кількість одночасно працюючих користувачів. Підкреслимо, що в сучасних версіях ArcSDE реалізація рівня SQL-доступу до баз геопросторових даних ґрунтується на стандарті ISO SQL/MM Spatial та на специфікації консорціуму OGC щодо SQL-доступу до простих просторових об'єктів, які розширюють стандарти SQL для підтримання цифрових векторних даних в об'єктно-реляційних СУБД [158,183].

6.1.2 Створення персональної бази даних як основи ґрунтово-екологічної карти Харківської області

Розроблення структури бази даних так і самої БД – є основним елементом для створення електронної карти як такої. Варто враховувати всю можливу інформацію, що тісно пов'язана із ґрунтовими ресурсами. Є кілька способів створення нової бази геоданих. Цей процес повинен завжди починатися з етапу проєктування, але процес побудови бази геоданих від проєктування до повної бази геоданих з класами об'єктів і доменами може варіюватися.

Принципово існує два способи створення бази геоданих:

- 1) імпорт наявних даних в тому вигляді, в якому вони надаються, з наступним доповненням зв'язків, доменів та інших елементів;
- 2) створення бази даних з самого початку з усіма необхідними зв'язками та поведінкою класів, а потім імпорт або створення необхідних даних (рис.6.1).

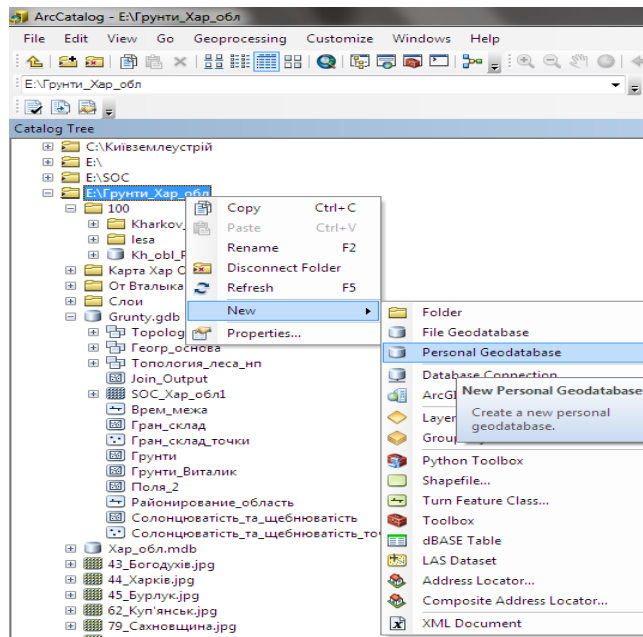


Рис. 6.1. Створення файлу персональної бази геоданих в ArcCatalog.

В цьому випадку потрібно створити базу із самого початку. Окремо можна виділити порядок робіт від проєкту бази даних до завершеної бази геоданих:

1) Спочатку, імпорт будь-яких наявних даних в нову базу геоданих, щоб створити основні об'єкти таблиць бази даних. Ця базова структура може бути вдосконалена шляхом доповнення взаємозв'язків та елементів поведінки за допомогою ArcCatalog.

2) Ручне створення комплексно сконструйованої бази геоданих за допомогою ArcCatalog, щоб реалізувати всю структуру бази даних, а потім завантажити або зареєструвати дані в нуль-базі даних за створеною схемою (див. рис.6.1).

3) Використовуючи інструменти Computer Aided Software Engineering (CASE), розробити проєкт структури бази геоданих, а потім застосувати

інструментальні засоби ESRI для автоматичного створення проєктованої бази даних безпосередньо за CASE-проєктом її структури. У цьому випадку програмне забезпечення CASE відіграє значну роль на всій стадії проєктування, але з метою опису для ясності виділено проєкт структури і тематичну реалізацію. Цей шлях включає створення структури нуль-бази геоданих і завантаження в неї даних на наступних етапах.

На практиці, при організації структури бази геоданих можуть використовуватись окремі або усі перелічені методи. У більшості організацій є значні обсяги існуючих даних у різних форматах, що будуть використані в готовій базі геоданих, в тому числі і в Національному науковому центрі "Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського". Ці дані можуть включати покриття, шейп-файли, файли систем автоматизованого проєктування (САПР), файли і непросторові таблиці, що зберігаються в форматі dBase або Excel.

Імпорт існуючих даних майже завжди займає значну частину процесу створення бази геоданих.

Засоби ArcCatalog і ArcToolbox забезпечують імпортування таких даних з використанням простого візуального інтерфейсу для виконання таких завдань, як відображення атрибутів вхідної таблиці в таблицю призначення з іншими назвами атрибутів. Ці засоби також гарантують, що типи даних або геометричні типи в одному форматі даних відображаються у відповідні типи нової бази геоданих. Наприклад, потрібно змінити тип даних поля у вхідному шейп-файлі на поле короткого або довгого цілого в базі геоданих [122, 188].

Рекомендується для завантаження таблиць і класів об'єктів в базу геоданих використовувати засоби, що поставляються з програмним забезпеченням ESRI, а не засоби, вбудовані в СУБД. При використанні засобів ArcMap, нові об'єкти будуть зареєстровані в базі геоданих так, щоб вони могли коректно застосовуватися надалі для створення зв'язків, правил валідності тощо.

Для розробки моделі персональної бази даних як основи для карти ґрунтових ресурсів Харківської області, по-перше, створюється первинна персональна база геоданих (або “схема” нуль-бази геоданих – структура без введених полігонів та значень атрибутів), яка буде використана для зберігання інформації щодо характеристик ґрунтового покриву. По-друге, створюється класифікаційна схема.

Розроблена нами проєктна база даних має трирівневу класифікаційну схему з десятьма основними класами і сімома допоміжними на найбільш загальному рівні, що поділяються на багато підкласів, наприклад, найбільш загальний рівень має десять класів (додаток В) :

1. Назва ґрунту
2. Шифр
3. Індекс
4. Гранулометричний склад
5. Ксероморфність
6. Оглеєність
7. Засоленість
8. Ґрунтоутворюючі породи
9. КВАГ
10. КПНГ

Так, наприклад межах класу Гранулометричного складу на території Харківської області виділяються дванадцять підтипів:

- 1.1. Щебенюватий;
- 1.2. Легковажкосуглинковий;
- 1.3. Легкосередньосуглинковий;
- 1.4. Піщано-легкосуглинковий;
- 1.5. Легкоглинистий;
- 1.6....тощо

Таким чином, створено базу геоданих, що містить «ґрунтови» полігони, а для кожного полігону зберігатимуться наступні атрибути:

Клас – узагальнена класифікаційна одиниця із можливих семи характеристик;

Підклас – вузла класифікаційна одиниця, що відображає відмінності у межах кожного із семи типів характеристик.

Підкласи є специфікаторами в межах класу. Наприклад, специфікатор «Слабосолончаковий» існує лише для класу «засоленість».

Перетворення структури моделі можна знайти у відображенні в базі даних карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області (рис.6.2).

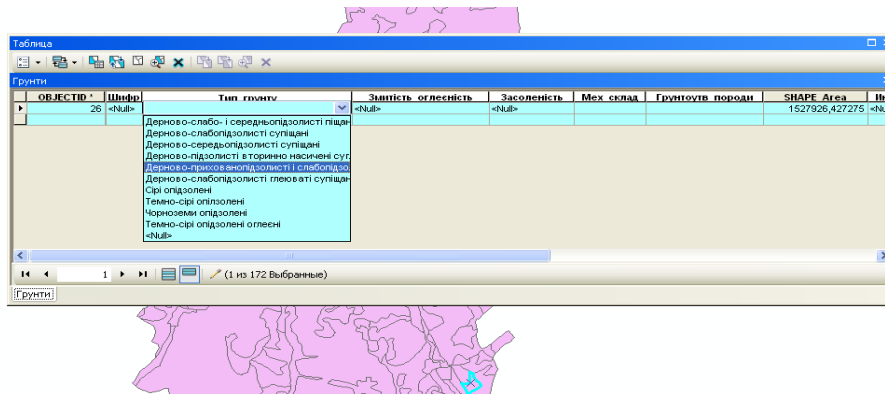


Рис. 6.2. Підкласи узагальненого класу «тип ґрунту»

Можна побачити, що при виділенні будь-якого ґрунтового контуру, одразу ж з'являється перелік можливих варіантів типу ґрунтового покриття характерного для території Харківської області. Теж саме можна зазначити при потребі заповнення даних в інших характеристиках класів (рис.6.3-6.7).

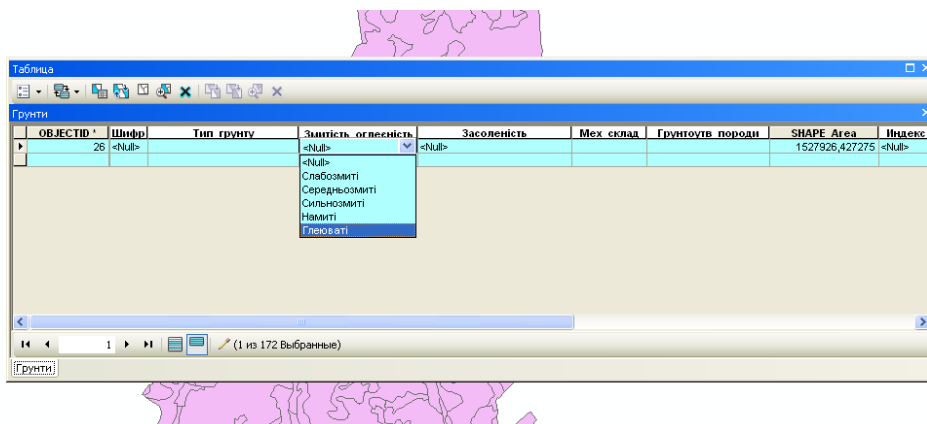


Рис. 6.3. Підкласи узагальненого класу «шифр»

ОБ'ЄКТІВ	Шифр	Тип ґрунту	Змитість оглеєність	Засоленість	Мех склад	ґрунтоутв породи	SHAPE Area	Індекс
26	<Null>		<Null>	<Null>			1527926,427275	<Null>

Рис. 6.4. Підкласи узагальненого класу «змитість (ксероморфність)»

ОБ'ЄКТІВ	Шифр	Тип ґрунту	Змитість оглеєність	Засоленість	Мех склад	ґрунтоутв породи	SHAPE Area	Індекс
26	<Null>		<Null>	<Null>			1527926,427275	<Null>

Рис. 6.5. Підкласи узагальненого класу «засоленість»

ОБ'ЄКТІВ	Шифр	Тип ґрунту	Змитість оглеєність	Засоленість	Мех склад	ґрунтоутв породи	SHAPE Area	Індекс
26	<Null>		<Null>	<Null>			1527926,427275	<Null>

Рис. 6.6. Підкласи узагальненого класу «гранулометричний склад»

Для полів, КВАГ та КПНГ, які складаються із числових значень, показники заносяться в ручному режимі. Показники КВАГ та КПНГ вносяться тільки після проведення лабораторних аналізів ґрунтових зразків.

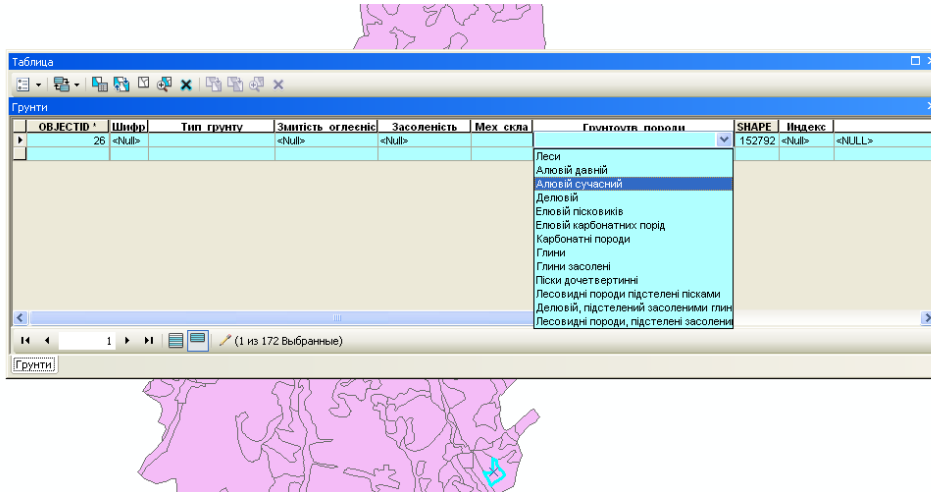


Рис. 6.7. Підкласи узагальненого класу «ґрунтоутворюючі породи»

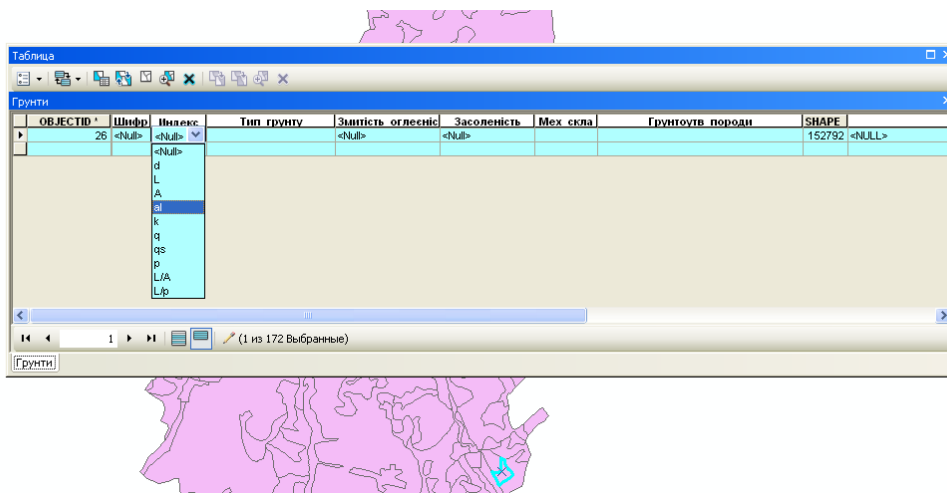


Рис. 6.8. Підкласи узагальненого класу індекс

Отже, зроблена спроба поєднання та структуризація інформації щодо існуючої інформації та доповнення її при великомасштабних та детальних дослідженнях окремих ділянок (наприклад в Печенізькому районі, а в попередніх роках у Валківському, Первомайському, Чугуївському, та ін. районах області) для побудови легенди карти. Вивчено характеристики ґрунтів, що притаманні конкретному регіону (Харківська область), та їх відображення в електронному

форматі для складання легенди карти для потреб дрібно-, середньо- та великомасштабного картографування ґрунтового покриву.

6.2 Укладання карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області

Нині ґрунтова картографія є великим розділом ґрунтознавства, зміст якого визначається різноманітністю завдань, що вирішуються за допомогою карт різного призначення і різних масштабів. Ґрунтова карта підсумовує досягнення всіх розділів ґрунтознавства, відображаючи сучасний рівень розвитку науки про ґрунт, і є вихідним матеріалом для вирішення безлічі практичних задач. Рациональне ведення сільськогосподарського виробництва та лісового господарства, землевпорядних та кадастрових робіт, меліоративних і агротехнічних заходів щодо окультурення ґрунтів неможливо без ретельного обліку усього розмаїття ґрунтів, тобто без застосування ґрунтових карт, які дають наочне уявлення про якість ґрунтів і їх географічному (територіальному) поширення [59]. Саме цим обумовлено створення карти обласного масштабу в цифровому форматі масштабу 1:250 000. Тому що сьогодні основним фактором розвитку тематичної картографії є поширення цифрових методів отримання і обробки інформації. Вони здатні відповісти на сучасні запити практики - зростаючі вимоги до точності і оперативності отримання інформації, дозволяють в рази знизити вартість кінцевого продукту і підвищити швидкість картування території в різних масштабах. Зараз використання сучасних цифрових технологій можливо для просторового, кількісного і якісного аналізу ґрунтового покриву на всіх етапах дослідження і картографування ґрунтового покриву.

Існує декілька причин для оновлення ґрунтової карти області в цифровому форматі. Для цього можна знайти наступні важливі аспекти щодо ГІС:

– цифровий опис об'єкта в ГІС – це формалізоване подання даних про об'єкт топографічної карти в цифровому вигляді, яке містить ідентифікатор,

опис просторового поширення об'єкта, його смисловий зміст і просторово-логічні зв'язки з іншими об'єктами;

– важливою ознакою ГІС є географічна прив'язка об'єктів, що дає можливість користуватися єдиним координатним простором. Використовуючи жорстку координатну прив'язку, можна з легкістю управляти одними і тими ж шарами або об'єктами ГІС різного типу і масштабності;

– ГІС – це застосування аналітичної обробки. В цьому випадку аналітичний алгоритм складається самим користувачем на підставі запитів і послідовних операцій просторового аналізу (буферизацію, об'єднання, вирізання, накладення тощо);

– можливість моделювання на основі цифрових карт. Потрібно лише скласти серію запитів інструментами програмного продукту і найпростіша модель місцевості або географічного об'єкту буде готова.

А необхідність переведення інформації із паперових джерел в електронний вигляд обумовлена вирішенням багатьох питань та нових можливостей:

– доцільність оновлення існуючих ґрунтових карт та доповнення їх новою інформацією (наприклад, уточнення існуючих меж ґрунтів, їх складу, забруднення та інше);

– можливість систематизації інформації в електронні бази даних для відображення будь-якої інформації кількісного та якісного характеру. В подальшому користуванні їх можна редагувати, доповнювати новими даними тощо. Включити бази даних в національну інфраструктуру просторових даних;

– за допомогою ГІС-технологій можна не тільки показати інформацію, а і здійснювати різноманітні операції із даними: робити розрахунки, конвертувати дані тощо;

– можливість швидкого відображення табличної інформації із баз даних у графічному вигляді (створенню різноманітних тематичних ґрунтових карт);

– можливість достатньо простого процесу переходу масштабування електронних карт, що було достатньо складним процесом із паперовими зразками;

- можливість змінювати картографічні проєкції відображення поверхні в залежності від потреб (наприклад, для створення ґрунтів різних територій, країн і т.п.);
- необхідність використання існуючих ґрунтових карт для виготовлення карт-версій ґрунтового покриття як атрибуту його повторного дослідження;
- для цілей моделювання, зокрема складання тривимірних моделей карт ґрунтів для більш наочного сприйняття інформації;
- більш широкий доступ користувачів до потрібної інформації через джерела комп'ютерної мережі [48].

Нова удосконалена карта ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області, передбачається у базовому масштабі 1:250 000. Вся інформація на карті повинна бути представлена в цифровому форматі, задовольняючи умови сучасним потребам цифрового картографування ґрунтів. Для отримання ґрунтової інформації вищезгаданого масштабу були використані ґрунтові карти, розроблені за результатами великомасштабних обстежень ґрунтового покриття. Дані обстеження були проведені в Україні протягом 1957–1961 рр. і на їх підставі, розроблений комплекс карт ґрунтів різного масштабу [47]. Дані карти були розбиті за географічною сіткою на "квадрати" в масштабі 1:200 000 (в 1 см – 2 км) із відповідною порядковою нумерацією. Окремий "квадрат" розташований на окремому аркуші. Так територія Харківської області розташована на 12 аркушів. Кожний аркуш був просторово прив'язаний у географічній системі координат WGS84 оцифрований, використовуючи спеціально створену БД (розділ 5.2.2) для внесення атрибутивних даних з попередньої карти та оновлення інформації даними сучасних досліджень.

Особливістю даної карти є те, що вона не тільки ґрунтова, а ґрунтово-екологічна. Іншими словами, карта відображає певні екологічні показники, які впливають, перш за все, на родючість ґрунту. Окрім ґрунтового покриття, також відображено зональність розподілу опадів, температур у вегетаційний сезон через ГТК. Згідно ґрунтово-екологічному районуванню нанесено межі зон,

підзон, фацій та провінцій [80]. Також уточнено їх межі, виходячи із масштабу карти.

А саме відображення екологічних показників, що генетично пов'язані з просторовим розподілом ґрунтів та їх властивостей на території області. Так було уточнено межі ґрунтово-екологічного районування, враховуючи особливості масштабу карти. Це стосується переходу від дрібномасштабної карти ґрунтово-екологічного районування України в масштабі 1:3 500 000 (додаток В) до відображення в середньому масштабі регіональної карти масштабу 1:250 000. При цьому межі стають більш чіткими та менш генералізованими. Так, зонально було відображено показники зволоження через ГТК. Згідно районування, територія Харківщини, знаходиться у двох зонах:

- Лісостепу, що охоплює підзони ПЛС-5 (зволожену) та ПЛС-6 (помірно зволожену) із показниками зволоженості ГТК 1,0-1,2 та 0,9-1,0 відповідно;
- Степу, що включає в себе в основному підзону ПСПн-1 із ГТК 0,83-0,89 (недостатньо зволожену) та частково захоплює на самому півдні регіону підзону ПСПнЦ-2 (помірно засушливу) із значеннями ГТК 0,76-0,82.

Більш детальний поділ за показниками зволоженості представлено на карті у вигляді ґрунтово-екологічних провінцій. Використовуючи легенду карти можна визначити детальні показники зволоженості через ГТК. Таким чином, область умовно поділяється на наступні ґрунтово-екологічні провінції: 6.4б", 7'.4в', 7.4б, 7.4в', 7.5в', 7.5в", 8.5в", 8.6б', 8.6б", 8.6в", 9.6в". Розшифровка показана в табл. 6.1.

В додаток до цього проведено межі фацій, що показані номерами I та II:

I. Зимово-сильно холодна, тривалість морозного періоду 120-133 дні та засвоєння опадів холодного періоду – 47%.

II. Зимово-холодна, тривалість морозного періоду 111-123 дні та засвоєння опадів холодного періоду – 52%.

Варто відзначити, карта ґрунтів повинна мати географічну основу. Доречно нанесення адміністративних меж, населених пунктів, гідрографії. Хоча

для електронної карту маючи точну географічну прив'язку, як географічну основу можна використовувати карти з відкритих веб-ресурсів, таких як OSM, GoogleMaps тощо.

Таблиця 6.1

**Розшифровка назв ґрунтово-екологічних провінцій в межах
Харківської області**

Параметри зволоження через ГТК		Опади XI-III	
4	0,64-0,73	б	140-160
5	0,74-0,80	б'	140-150
6	0,81-0,90	б''	150-160
7	0,91-1,00	в'	160-170
8	1,00-1,10	в''	170-180
9	1,10-1,20	-	-

Щодо назв ґрунтів, їх було приведено до сучасної ґрунтової класифікації України [81]. В результаті було отримано 30 типів ґрунтів безпосередньо, 4 типи, що відображаються тільки в комплексі, і окремо виходи порід. Важливими, на погляд автора, є дослідження чорноземів та опідзолених ґрунтів Лісостепу [5, 98], їх особливостей та особливостей картографування [54, 55, 68, 101]. Оскільки строкатість ґрунтового покриву значно інтенсивніша, ніж у степовій зоні. Також уточнено межі спірних ґрунтів, інколи для цього використовувались дані детальних обстежень з використанням аерофотозйомки [44, 186].

Детальність карти, визначає мінімальний розмір контуру, що читається на карті. Якщо вважати мінімальним розміром ґрунтового контуру 0,5 см² на карті [72], то для нашої карти із масштабом 1:250 000 цей показник становить відповідно 3,5 км².

Вся атрибутивна інформація занесена в БД карти із архівних матеріалів та результатів наукового дослідження автора. Для уточнення контурів ґрунтових виділів використано дані 513 точок досліджень ґрунту (розрізи, прикопки; відбір

зразків та їх аналіз) в яких автор безпосередньо приймав участь в період з 2012 по 2020 рр, в складі Відділу ґрунтових ресурсів ННЦ "ІА імені О.Н.Соколовського". Польовими дослідженнями охоплено більше половини районів області. Для неохопленої території області були використані ґрунтові дані фонду відділу ґрунтових ресурсів ННЦ "ІА імені О.Н.Соколовського" та Українського ґрунтового інформаційного центру. Всього ґрунтова інформація була доповнена 783 зразками, які повністю охопили територію Харківської області. Вся інформація на карті представлена в цифровому форматі, що задовольняє сучасним потребам цифрового картографування ґрунтів. Верифікація та редагування меж ґрунтових виділів проводилась при співставленні оцифрованих контурів, точок ґрунтових спостережень, цифрової моделі рельєфу та експертного аналізу. Змінена інформація коригування була занесена в атрибутивні таблиці БД для даної карти.

Внесені зміни ґрунтових контурів за результатами польових досліджень сумнівних ареалів, що суперечать секвентності ґрунтового покриття, яка проявляється у закономірній послідовності зміни ґрунтів у просторі. Екологічні умови через особливості зволоження і дію рельєфного фактору, обумовлюють відповідні спектри ґрунтів. Виявлено такі послідовності: чорноземи типові – чорноземи опідзолені – темно-сірі опідзолені – сірі лісові ґрунти; чорноземи типові (або звичайні) – лучно-чорноземні – чорноземно-лучні – лучно-болотні; чорноземи типові повнопрофільні – слабксероморфні – середньоксероморфні – сильноксероморфні тощо. Чорноземи типові не можуть безпосередньо межувати на картах з темно-сірими опідзоленими ґрунтами, як і сірі лісові – безпосередньо із чорноземами опідзоленими. На основі врахування цих закономірностей, які впливають з континуальності ґрунтового покриття, було визначено картографічні спектри та проведено їх верифікацію.

В додаток до цифрової карти, розроблена структура компоновки карти для паперових носіїв. Для цього розроблено схема Ґрунтово-екологічної карти Харківської області масштабу 1:250 000 (рис. 6.9). До неї повинні входити

якомога більше корисної інформації але і не перевантажувати її. По суті, можна виділити основні елементи, які можуть увійти до складу карти:

- по-перше, основна карта ґрунтово-екологічних ресурсів. Вона складається із географічної основи, ґрунтової та екологічної інформації (районування);
- по-друге, легенда карти із розшифруванням інформації на карті;
- по-третє, насичення карти додатковою інформацією. До неї входять: Карти-врізки органічного ґрунтового вуглецю та засолення ґрунтів Харківської області, виконані методами ЦКГ; Таблиці продуктивності ґрунтів; Ілюстративні матеріали (фото ґрунтових профілів переважаючих типів ґрунтів на території області).

Вченими визначено, що в межах кожного з підтипів ґрунту, для яких встановлені нормативи виробничих витрат та урожайності, величина урожаю закономірно зростає з поважчанням гранулометричного складу ґрунту, адже залежить від більшого вмісту гумусу в таких умовах та поживних речовин для рослин [97]. Це означає, що карта ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області може сприйматися як основа для економічної оцінки земель Харківщини.

На виході постає питання доцільності використання даної карти. Аналізуючи проведену роботу, можна зробити деякі висновки та відмітити переваги удосконаленої цифрової карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області:

- більша точність за рахунок використання нових діагностичних критеріїв (на кількісній основі);
- підвищення інформативності (за властивостями ґрунтів відображена специфіка кліматичних умов) для ефективного управління земельними ресурсами;
- об'єктивна інформація про ґрунтові ресурси для оцінювання родючості та агроінвестиційної привабливості земель у ринкових відносинах;



Рис. 6.9. Цифрова карта ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області

- базова основа для диференціації агротехнологій землеробства відповідно специфіки ґрунтово-екологічних умов, удосконалення спеціалізації аграрного сектору;
- виявлена секвентність ґрунтів, повністю знайшла відображення на карті;
- цифрова ґрунтова інформація у векторному форматі, що дозволяє просторове моделювання даних та просте подальше редагування;
- інформація про характеристику ґрунтового покриття в узагальненій базі даних;
- можливість використання для моніторингу стану ґрунтового покриття (ареали репрезентативності);
- швидке оновлення та доповнення інформації;
- доступний інтерфейс для сприйняття інформації про ґрунтовий покрив території Харківської області для усіх типів користувачів;
- можливість розміщення на он-лайн ресурсах, в т.ч. і в мобільних додатках.

Таким чином, створена нами карта Ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області акумулювала в себе всі напрацьовані матеріали роботи, починаючи від польових ґрунтових досліджень та закінчуючи фінальним макетом, що відображає сучасний стан, закономірності та секвентність ґрунтового покриття та екологічні (кліматичні) умови в межах Харківщини.

Результати даного розділу опубліковано у працях [44, 47, 48, 186].

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розглянуто теоретичні і практичні питання великомасштабного дослідження шляхом картографування з використанням сучасних технічних засобів. Для створення карт було адаптовано різноманітні способи цифрового картографування ґрунтів та зберігання ґрунтової інформації. На основі аналізу отриманих результатів зроблено наступні висновки:

1. Удосконалено методика великомасштабних досліджень ґрунтів шляхом впровадження нових технологій та методичних підходів. Визначено методичні засади детального ґрунтового обстеження, які включають підготовку попередньої карти-версії на базі аерофотозйомки; генетично-морфоскульптурний спосіб картографування з маршрутним ходом для виявлення ґрунтових відмінностей; польові дослідження із закладанням розрізів, визначенням еколого-генетичного статусу ґрунтів та ін.; складання польової ґрунтової карти тощо.

2. Розроблено та верифіковано нові підходи щодо обстеження та картографування ґрунтів. Аналіз показав, що цифрове картографування ґрунтів (ЦКГ) постійно удосконалюється та перейшло на інший рівень моделювання растрових карт з використанням методів геостатистики і поняття масштабу змінюється на роздільну здатність.

3. Визначено методичні особливості використання інформаційно-комунікаційних технологій для дослідження ґрунтів, які включають: розробку бази геоданих (БД) в підготовчий період; представлення карти в хмаровому сховищі через онлайн-ресурс та використання її для збору польових даних через мобільний пристрій; заповнення БД атрибутивною інформацією в цифровому вигляді безпосередньо в полі; додавання фотозображення ґрунтового профілю; за несприятливих погодних умов можливість опису ґрунтового розрізу через аудіозапис; синхронізацію та співставлення одержаних результатів в як в польових, так і в камеральних умовах. Розроблена та апробована методика застосування ІКТ показала низку переваг: швидкість передачі інформації між

користувачами; економія коштів, необов'язковість придбання окремих спеціалізованих технічних засобів; швидке заповнення форм з готовими шаблонами в цифровому форматі без конвертації; можливість збору інформації багатьма користувачами в одну об'єднану файловою базу даних; можливість використання для потреб велико-, середньо- і дрібномасштабних, а також частково детальних обстежень ґрунтового покриття.

4. Досліджено та адаптовано для умов України сучасні світові методики цифрового ґрунтового картографування (на прикладі Харківської області). Валідація карт запасів ОГВ та ступеню засоленості ґрунтів показала добру точність моделей цих карт, що означає можливість подальшого інтегрування методик ЦКГ у вітчизняне картографування ґрунтів.

5. Визначено запаси ОГВ та ступень засоленості ґрунтів території Харківської області шляхом верифікації та адаптації світових методів моделювання до умов України. Моделі карт виконані різними алгоритмами машинного навчання Random Forest і Cubist. Карта запасів ОГВ показала, що найбільші запаси ОГВ сконцентровані в північно-східній частині області на відрогах Середньоруської височини (90-130 т/га у шарі 0-30 см), а в ґрунтовому покритті переважають чорноземи типові і приурочені до Лісостепової ґрунтово-екологічної зони. Підвищення запасів ОГВ також спостерігається в південно-західній частині області, що обумовлено переважанням чорноземів звичайних важкого гранулометричного складу. Зниження запасів ОГВ має також певні закономірності й спостерігається на терасах річок (менше 50 т/га в шарі 0-30 см), що пояснюється "полегшенням" гранулометричного складу.

6. Вперше розроблено карту ступеню засолення ґрунтів Харківщини шляхом моделювання методами ЦКГ. Причому ступінь засоленості визначався на двох глибинах: 0-30 см і 30-100 см. Дані розробленої растрової карти засолення ґрунтів більш локалізовано відображають "осередки" засолення, ніж цифрові векторні карти, які використовували раніше, де дані представлені більш

генералізовано, тобто контуром. Встановлено, що найбільш якісною моделлю у даному випадку є Cubist при показниках $R^2 = 0,709$; $RMSE = 0,262$.

7. Встановлено можливість використання світової методики цифрового картографування засолених ґрунтів, але із залученням даних по не засоленим ґрунтам як фонових.

8. Розроблено методичні засади і алгоритми створення цифрової карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області на основі секвентності ґрунтів. Електронна база даних цієї карти включає як якісну, так і кількісну інформацію для окремого ґрунтового виділу. БД легко редагується та доповнюється новою інформацією та новими показниками. Наявність інформації у цифровому вигляді дозволяє використовувати її як для моделювання, так і для розроблення різних тематичних ґрунтових карт.

9. Верифіковано розроблені методики для картографування ґрунтово-екологічних параметрів. Створена на основі застосування цих методик цифрова карта ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області дозволяє провести більш повну оцінку ґрунтових ресурсів внаслідок більшої точності й використання нових діагностичних критеріїв (на кількісній основі).

10. Територіальним органам Держгеокадастру України, ДУ “Інститут охорони ґрунтів України, іншим установам та організаціям, що проводять обстеження ґрунтів, рекомендовано:

– використовувати методику детальної зйомки при обстеженні ґрунтів так званих “білих плям” на картах з розробленням у підготовчий період карти-версії на основі топографічних особливостей місцевості, матеріалів минулих обстежень для суміжних ділянок, та даних ДЗЗ;

– при проведенні польового етапу ґрунтових обстежень використовувати інформаційно-комунікаційне картографування задля оптимізації робочого процесу;

– використовувати карту ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області для оцінювання якості ґрунтового покриву з метою визначення агровиробничих груп ґрунтів щодо нормативно-грошової оцінки земель.

Департаменту агропромислового розвитку Харківської ОДА
рекомендовано застосувати цифрову карту ґрунтово-екологічних ресурсів
Харківської області для покращення управління ґрунтовими ресурсами та
раціонального використання ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроклиматический справочник по Харьковской области. Ленинград: Агротехиздат, 1957. 178 с.
2. Актуальність і переваги досліджень ґрунтового покриву на нових методичних засадах / С. В. Канівець та ін. *Вісник ХНАУ імені В. В. Докучаєва*. 2016. № 1. С. 82–87.
3. Арманд Д. Л. Наука о ландшафте. Москва: Мысль, 1975. 426 с.
4. Берлянт А. М. Образ пространства: карта и информация. Москва: Мысль, 1986. 237 с.
5. Білівець І. І., Залавський Ю. В. Особливості картографування опідзолених ґрунтів Лісостепу. *Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства* : Міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів і молодих учених, 2-4 жовтня 2013 р. Харків, 2013. С. 16.
6. Бобришова В. Ф., Гржимало О. Ф., Мамонтов В. Т. Ґрунти Харківської області. Харків: Прапор, 1970. 70 с.
7. Великомасштабне дослідження ґрунтового покриву України – стратегічний захід ефективного збалансованого його використання / В. Ф. Петриченко та ін. *Вісник аграрної науки*. 2013. № 5. С. 5–13.
8. Визначник еколого-генетичного статусу та родючості ґрунтів України / М.І. Полупан, В. Б. Соловей, В. І. Кисіль, В.А. Величко. Київ: Колобіг, 2005. 303 с.
9. Використання інформаційно-комунікаційних технологій з метою розвитку. Резолюція Генеральної Асамблеї ООН від 4 березня 2003 р. №57/295. URL: <https://www.un.org/ru/documents/ods.asp?m=A/RES/57/295> (дата звернення: 29.10.2016)
10. Вплив зрошування стічними водами свинокомплексу на властивості чорнозему типового / С. В. Канівець та ін. *Агроекологічний журнал*. 2018. № 3. С. 40–44.
11. Всесвітні кліматичні дані. URL:<https://www.worldclim.org/data/index.html> (дата звернення 20.06.2020).

12. Гедымин А. В. Использование изображения рельефа горизонталями при создании почвенных карт крупного масштаба: методическое пособие. Москва: Географический факультет МГУ, 1990. 24 с.
13. Геоинформатика / Е. Г. Капралов и др. М.: Академия, 2005. 480 с.
14. Герасимов И. П. Основы почвоведения и географии почв. Москва: Науч. мысль, 1960. 257 с.
15. Герасимов И. П. Программа Государственной почвенной карты в масштабе 1:1 млн. и проект сводной шкалы условных обозначений. Москва: Изд-во АН СССР, 1955. 20 с.
16. Глобальна карта органічного ґрунтового вуглецю. Версія 1.5.0. URL: <http://54.229.242.119/GSOCmap/#> (Дата звернення 12.05.2019).
17. Горбань В. А. Экологическая физика почв как раздел экологического почвоведения. *Ecology and noospherology*. 2015. Vol. 26, № 3–4. С. 96–105.
18. ГСТУ 46.075-2004. Якість ґрунтів. Сертифікація земель (ґрунтів) сільськогосподарського призначення. Основні положення. [Чинний від 2004-06-01]. Київ: Мінагрополітики України, 2004. 16 с.
19. Ґрунтові ресурси Харківської області: стан, резерви продуктивної здатності: аналітична записка / С.А. Балюк та ін. Харків: Стиль-Іздат, 2018. 52 с.
20. Дані Державної Американської Геологічної Служби (USGS). URL:<https://www.usgs.gov/> (дата звернення 13.06.2020). (DOI) number: /10.5066/F7PR7TFTURL
21. Дані земної поверхні Європейського космічного агентства URL:<https://www.esa-landcover-cci.org/> (дата звернення 12.06.2020).
22. Деякі питання цифрового розвитку: постанова Кабінету Міністрів України від 30 січня 2019 р. № 56. *Офіційний вісник України*. 2019. № 13. ст.473. С.102.
23. Довкілля Харківської області 2013 р.: стат. зб. Головне управління статистики у Харківській області. Харків, 2014. 124 с.

24. Докучаев В. В., Сибирцев Н. М. Введение. *Тр. экспедиции М-ва земледелия и гос. имуществ.* М., 1953. С. 428–455.
25. Докучаев В. В. Естественнo-историческая классификация русских почв. Материалы к оценке почв Нижегородской губ. М.; Л., 1950. С. 332–340.
26. ДСТУ 4114:2002. Ґрунти. Визначення рухомих сполук фосфору і калію за модифікованим методом Мачигіна. [Чинний від 2003-01-01]. Київ: Державний комітет України з питань технологічного регулювання та споживчої політики, 2002. 10 с.
27. ДСТУ 4287:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 5 с.
28. ДСТУ 4289:2004. Якість ґрунту. Методи визначення органічної речовини. [Чинний від 2005-07-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
29. ДСТУ 4729:2007. Якість ґрунту. Визначання нітратного і амонійного азоту в модифікації ННЦ ІГА ім. О.Н.Соколовського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 10 с.
30. ДСТУ 4730:2007 Якість ґрунту. Визначання гранулометричного складу методом піпетки в модифікації Н.А. Качинського. [Чинний від 2008-01-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2008. 17 с.
31. ДСТУ 7535:2014. Якість ґрунту. Морфолого-генетичний профіль. Правила та порядок описування. [Чинний від 2015-04-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. 7 с.
32. ДСТУ 7827:2015. Якість ґрунту. Класифікація ґрунтів за ступенем вторинної засоленості. Загальні вимоги. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 11 с.
33. ДСТУ 7844:2015. Якість ґрунту. Діагностування еколого-генетичного статусу ґрунту. Загальні вимоги. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 12 с.
34. ДСТУ 7861:2015 Якість ґрунту. Визначення обмінних кальцію, магнію, натрію і калію в ґрунті за Шолленбергером у модифікації ННЦ ІГА імені

- О.Н. Соколовського. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 12с.
35. ДСТУ 7908:2015. Якість ґрунту. Визначення хлорид-іона у водній витяжці. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 13 с.
 36. ДСТУ 7909:2015. Якість ґрунту. Визначення сульфат-іона у водній витяжці. [Чинний від 2016-07-01]. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 11 с.
 37. ДСТУ 7921:2015. Якість ґрунту. Великомасштабне дослідження ґрунтового покриття. Загальні вимоги. [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. 8 с.
 38. ДСТУ 7943:2015 Якість ґрунту. Визначення іонів карбонатів і бікарбонатів у водній витяжці: [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 12 с.
 39. ДСТУ 7944:2015. Якість ґрунту. Визначення іонів натрію і калію у водній витяжці. [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 9 с.
 40. ДСТУ 7945:2015. Якість ґрунту. Визначення іонів кальцію і магнію у водній витяжці. [Чинний від 2016-09-01]. Київ: ДП «Укр НДНЦ», 2016. 10 с.
 41. ДСТУ 8346:2015. Якість ґрунту. Методи визначення питомої електропровідності, рН і щільного залишку водної витяжки. [Чинний від 2017-07-01]. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017. 9 с.
 42. ДСТУ ISO 11259:2004 Якість ґрунту. Спрощений опис ґрунту (ISO 11259:1998, IDT). [Чинний від 2006-04-01]. Київ: Держспоживстандарт України, 2006. 28 с.
 43. ДСТУ ISO 25177:2015 Якість ґрунту. Польовий опис ґрунту (ISO 25177:2008, IDT). [Чинний від 2016-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 32 с.
 44. Залавський Ю.В. Детальное почвенное обследование и картографирование черноземных почв Лесостепи Украины с применением современных технологий. *Восточно-европейские черноземы – 140 лет после В. Докучаева: материалы междунар. науч. конф., 02-03 октября 2019 г. Кишинев. 2019.* С. 329-332.

45. Залавський Ю.В. Інформаційно-комунікаційні технології як засіб збору даних про ґрунтовий покрив в польових умовах для потреб картографування ґрунтів. *Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці* : Всеукр. наук.-практ. круглий стіл для молодих вчених, 18-19 травня 2017 р. Харків. 2017. С. 5–6.
46. Залавський Ю.В. Использование информационно-коммуникационных технологий для нужд почвенного обследования и картографии почв. *Плодородие почв: оценка, использование и охрана, воспроизводство*: материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 26-30 июня 2017 г. Минск: Изд-во НАН Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии, 2017. С. 53–55.
47. Залавський Ю.В. Особливості створення і верифікації карт-версій під час повторного великомасштабного дослідження ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвип. до ІХ з'їзду УТГА*, 30 червня-4 липня 2014 р. Миколаїв. 2014. Кн. 2. С. 36–38.
48. Залавський Ю.В. Удосконалення існуючих карт ґрунтів з використанням ГІС-технологій. *Використання ГІС та ДЗЗ в землекористуванні* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 14 – 16 листопада 2012 р. Миколаїв. 2012. С. 19–21.
49. Земельний кодекс України. Закон від 25.10.2001 № 2768-III. *Відомості Верховної Ради України*. 2002. №3. ст.27.
50. Из опыта полевого исследования и картографирования земель колхозов и совхозов / А. В. Гедымин, С. В. Головенко, К. В. Зворыкин, И.Г. Побединцева М: Изд-во МГУ, 1961. 74 с.
51. Инструкция по почвенному обследованию совхозов ИКСХ СССР на 1939 г. / НКСХ СССР, Всесоюз. контора Совхозмелпострой. М., 1939. 184с.
52. Использование ГИС-технологий для исследования и картографирования растительности Московского региона / И. К. Лурье и др. *Вестник*

- Московского университета. Серия 5: География.* Изд-во Моск. ун-та. 2006, № 4. С. 40-45.
53. Кадемія М. Ю. Інформаційно-комунікаційні технології навчання : термінологічний словник. Львів : Вид-во “СПОЛОМ”, 2009. 260 с.
54. Картографія ґрунтів: навч. посібник для студ. аграр. спец. вищ. навч. аграр. закл. III-IV рівнів акредитації / за ред. Д.Г. Тихоненка. Харків. 2001. 319 с.
55. Картографія ґрунтів / за редакцією професора Д. Г.Тихоненка та редактора-укладача професора М. О. Горіна. Харків : Майдан, 2014. 494 с.
56. Картография почв и структура почвенного покрова: науч. тр. / Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М. 1980.
57. Качинский Н.А. Классификация почв по механическому составу *Механический и микроагрегатный состав почвы, методы его изучения.* М: Изд-во АН СССР, 1958.С. 148–172.
58. Классификация и диагностика почв СССР. М.: Колос, 1977. 224 с.
59. Клебанович Н.В., Прокопович С.Н., Дамшевич А.Ч. Методические аспекты создания средне- и мелкомасштабных цифровых почвенных карт (на примере Клецкого района Минской области республики Беларусь). *Природные ресурсы.* 2014. № 1.С. 33–41.
60. Клименко В. Г., Клубань С. С. Гідрокліматичні ресурси Харківської області: методичний посібник для студентів-географів. Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2011. 34 с.
61. Ковтун О.В. Элементы методики картографування ґрунтів: історичні аспекти. *Питання історії науки і техніки.* 2008. № 2. С. 2–7.
62. Колмогоров А.Н. Локальная структура турбулентности в несжимаемой жидкости при очень больших числах Рейнольдса. *ДАН СССР.* 1941. т.30, №4. С.299–303.
63. Копикова Л. П., Скулкин В. С. Оценка засоления почв по сопряженным данным водных вытяжек и экстрактов из водонасыщенных паст. *Условия*

- формирования и свойства трудномелиорируемых почв Джизакской степи:*
Науч. тр. Почв. ин-та им. В.В. Докучаева. М. 1990. С. 74-81.
64. Короткий довідник по Collector for ArcGIS. URL: <http://doc.arcgis.com/ru/collector/ios/collect-data/quick-reference.htm>. (дата звернення 15.03.2014).
 65. Крупномасштабная картография почв. Методы, теория и практика. М.: Наука, 1971. 214 с.
 66. Курок О. І. Різномасштабне картографування ґрунтів України: історія, методологія, методика. *Історія науки і біографістика*. 2010. №3. URL: http://inb.dnsgb.com.ua/2010-3/10_kurok.pdf (дата звернення: 02.10.2018).
 67. Лебедь В. В., Залавський Ю. В. Сучасні методи дослідження ґрунтового покриву з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3. С. 84–86 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201803-15>
 68. Лебедь В. В. Секвентный характер черноземных почв однолессовой террасы реки Северский Донец. *Восточно-европейские черноземы – 140 лет после В. Докучаева*: мат-лы м/н научн. конф. Кишинев, 2-3 октября 2019. С. 168-171.
 69. Магнітна сприйнятливість чорноземних ґрунтів Харківської області та її діагностичне значення / О. В. Круглов та ін. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10. С.12–17 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-02>
 70. Методика крупномасштабного дослідження ґрунтів колгоспів і радгоспів Української РСР. Харків: Держсільгоспвидав УРСР, 1958. 483 с.
 71. Методика составления крупномасштабных почвенных карт с применением материалов аэрофотосъемки. М.: Изд. АН СССР, 1962. 114 с.
 72. Методические указания по составлению областных почвенных карт / Н.И. Смян и др.; Институт почвоведения и агрохимии. Минск. 2007. 27 с.

73. Мешалкина. Ю. Л. Что такое «Цифровая почвенная картография»? *Цифровая почвенная картография: теоретические и экспериментальные исследования*. Сборник статей. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева, 2012. 350 с.
74. Молодых И. И. Грунты подов и степных блюдеч субэраального покрова Украины: гидрогеол. и инж.-геол. особенности. 1982. 159 с.
75. Набок В., Залавський Ю., Іванова Н. Вегетаційні сезони (карта) 1:3500000. *Зерно*. 2014. №5(98). С.33–34.
76. Неуструев С. С. Элементы географии почв. Л.: Сельхозгиз, 1930. 283 с.
77. Онлайн планування Глобальних навігаційних супутникових систем. URL: <http://www.trimble.com/GNSSPlanningOnline> (дата звернення 07.07.2018).
78. Общесоюзная инструкция по крупномасштабным почвенным и агрохимическим исследованиям территории колхозов и совхозов и по составлению почвенных карт территорий производственных колхозно-совхозных управлений. М.: Колос, 1964. 112 с.
79. Полевой определитель почв / под ред. Н. И. Полупана, Б. С. Носко, В. П. Кузьмичева. К.: Урожай, 1981. 230 с.
80. Полупан М. І., Величко В. В., Соловей В. Б. Розвиток українського агрономічного ґрунтознавства: генетичні та виробничі аспекти: монографія / за ред. доктора с.-г. наук М.І. Полупана. Київ: Аграрна наука, 2015. 400 с.
81. Полупан М. І. Соловей В. Б. Величко В. В. Класифікація ґрунтів України. Київ: Аграрна наука, 2005. 298 с.
82. Прасолов Л. И. К вопросу о содержании почвенных карт малого масштаба. *Почвоведение*. 1935, №4. С. 477–480.
83. Прасолов Л. И. О красках и знаках для почвенных карт. *Почвоведение*. 1932. № 2. С. 149–162.
84. Прасолов Л. И. О почвенных картах Европейской части СССР. *Почвоведение*. 1937. №6. С. 913–917.
85. Про земельний устрій: Закон України від 22.05.2003. № 858-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 36. ст.282.

86. Про національну інфраструктуру геопросторових даних: Закон України від 13.04.2020. № 554-IX. *Відомості Верховної Ради України*. 2020. № 37. ст.277. С.5.
87. Про охорону земель: Закон України від 19.06.2003. № 962-IV. *Відомості Верховної Ради України*. 2003. № 39. ст.349.
88. Про утворення Міжгалузевої ради з питань цифрового розвитку, цифрових трансформацій і цифровізації: постанова Кабінету Міністрів України від 8 липня 2020 р. № 595. *Офіційний вісник України*. 2020. № 59. ст.1855. С.57.
89. Розов Н. Н. Принципы раскраски почвенных карт. *Почвоведение*. 1934. № 6. С. 843–850.
90. Середовище App Store для завантаження мобільних додатків для IOS. URL: <https://apps.apple.com/ua/app/applestore/id375380948?l> (дата звернення 01.10.2018).
91. Середовище GoolePlay для завантаження мобільних додатків для ОС Андроїд. URL: <https://play.google.com/store/apps?hl=ru&gl=US> (дата звернення 22.02.2015).
92. Сибирцев Н. М. Избранные сочинения: Т.1-2 / под ред. и с предисл. С. С. Соболева. М.: Сельхозиз. Т. 1: Почвоведение. 1951. 472 с.
93. Сибирцев Н. М. Об основаниях генетической классификации почв. М. 1953. С. 271–293.
94. Сибирцев Н. М. Почвоведение: Лекции, читанные в Институте сел. хоз-ва и лесоводства в Ново-Александрии. Вып. 1-3: СПб.: Вып. 3: Описательное почвоведение; География и картография почв; Бонитировка почв. 1901. 212 с.
95. Симакова М. С. О содержании, принципах и приемах оформления почвенных карт. *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. 2008. №61. С. 3–11.
96. Смага І. С. Географо-генетичні аспекти формування ґрунтів з диференційованим профілем в умовах Карпатської гірсько- лісової провінції / *Науковий вісник Чернівецького ун-ту: Географія*. 2011. № 587 – 588. С. 19–23.

97. Смага І. С. Економічна оцінка орних земель за нормативними вихідними даними. *Молодий вчений*. 2019. №5(69). С. 584–589.
98. Соловей В. Б., Белевец І. І., Залавський Ю. В. Географія, свойства и плодородие черноземов оподзоленных юго-западных отрогов Среднерусской возвышенности. *Современное состояние чернозёмов: материалы межд. науч. конф.* 24-26 сентября 2013 г. Ростов-на-Дону, 2013. С. 282–285.
99. Создание национальной карты запасов органического углерода в почвах Украины с использованием цифровых методов почвенного картографирования / К. В. Вяткин и др. *Почвоведение и агрохимия*. 2018. № 2 (июнь). С. 5–17.
100. Соловей В.Б., Залавський Ю.В. Використання інформаційно-комунікаційних пристроїв у польових умовах для великомасштабного картографування ґрунтового покриву. *Ґрунтознавство*. 2017. Т.18, № 3-4. С. 67-72.
101. Соловей В. Б., Лебедь В. В. Опідзолені ґрунти однолесових терас річок Лісостепу. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 12. С. 26–33 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201812-04>
102. Солоха М. О., Бабушкіна Р. А., Надеєвец А. С. Проблеми ідентифікації сільськогосподарської рослинності на основі аерофотозйомки. *Таврійський науковий вісник*. 2015. Вип. 91. С. 72–78.
103. Сорокина Н.П. Крупномасштабная картография почв в связи с агроэкологической типизацией земель. *Почвоведение*. 1993. № 9. С.37-46.
104. Сорокина Н. П. Методология составления крупномасштабных агроэкологически ориентированных почвенных карт. М.: Почвенный ин-т им. В.В. Докучаева РАСХН, 2006. 161с.
105. Сорокина Н. П. Об информативности и точности почвенных карт. *География и генезис антропогенно-измененных и естественных почв*. Науч. тр. Почв, ин-та им. В.В. Докучаева. 1986. С. 93–101.

106. Составление и использование детальных почвенных карт : методические рекомендации / Сорокина Н.П. Редакторы: Фридланд В.М., Григорьев Г.И. Почв, ин-т им. В.В. Докучаева. ВАСХНИЛ. М. 1977. 52с.
107. Составление и использование почвенных карт / под ред. А. Д. Кашанского: 2-е изд. перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1987. 287 с.
108. Составление крупномасштабных почвенных карт с показом структуры почвенного покрова. Методические рекомендации / Л. Л. Шишов и др. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева ВАСХНИЛ. М. 1989. 56 с.
109. СОУ 73.1-37-225:2008. Якість ґрунту. Сертифікація земель (ґрунтів) сільськогосподарського призначення. Номенклатура показників. [Чинний від 2008-09-01]. Київ : Мінагрополітики України, 2008. 12 с.
110. Справочник по климату СССР. Украина. Влажность воздуха, атмосферные осадки и снежный покров. Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. Ч. 4. 696 с.
111. Створення національної карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах України / І. В. Пліско та ін. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 87. С.57-62.
112. Степанов И. Н. Формы в мире почв. М.: Наука, 1986. 192 с.
113. Технические указания по корректировке материалов крупномасштабного обследования почв колхозов и совхозов Украинской ССР. Киев, 1977. 124 с.
114. Трускавецький С. Р. Використання багатоспектрального космічного сканування та геоінформаційних систем у дослідженні ґрунтового покриву Полісся : автореф. дис. ... канд. біол. наук : 03.00.18. Харків: ННЦ «ІГА імені О.Н. Соколовського», 2006. 24 с.
115. ФАО И ЦУР. Показатели: достижение результатов в выполнении Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года. ФАО. 2017. 40с. URL: <http://www.fao.org/3/a-i6919r.pdf>. (дата звернення 18.09.2019)
116. Флоринский И. В. Картографирование почвы на основе цифрового моделирования рельефа (по данным кинематических GPS-съепок и почвенных наземных съепок). *Исследование Земли из космоса*. 2009. № 6. С. 56–65.

117. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова и методы ее изучения. М. 1973. 257 с.
118. Фридланд В. М. Проблемы географии, генезиса и классификации почв. М.: Наука, 1986. 243 с.
119. Фридланд В. М. Структура почвенного покрова. М.: МЫСЛЬ, 1972. 424 с.
120. Чисельність наявного населення України. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2020/zb/05/zb_chuselnist%202019.pdf (дата звернення 29.08.2020)
121. Ahn M. J. Bretschneider S. Politics of e-Government: e-Government and the Political Control of Bureaucracy. *Public Administration Review*. 2011. 71(3). P. 414-424.
122. ArcGIS 9. ArcCatalog Tutorial. URL: http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/pdf/ArcCatalog_Tutorial.pdf. (дата звернення 10.10.2017).
123. ArcGIS Online. URL: <http://www.esri.com/software/arcgis/arcgisonline> (дата звернення 04.11.2015).
124. ArcGis Online tutorial. ESRI Canada. URL: http://www.davidmckie.com/ArcGISOnline_tutorial-FINAL.pdf (дата звернення 14.04.2017).
125. Converting pH 1:1 H₂O and 1:2 CaCl₂ to 1:5 H₂O to contribute to a harmonized global soil database / Z. Libohova at al. *Geoderma*. № 213. P. 544–550. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.08.019>.
126. Cubist Regression Models. URL: <https://cran.r-project.org/web/packages/Cubist/vignettes/cubist.html> (дата звернення 18.02.2020)
127. Database Servers Tutorial. ESRI. 2010. 44 p. URL: <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/pdf/database-servers-tutorial.pdf> (дата звернення 25.05.2015).
128. De Gruijter J. J., Bie S. W. A discrete approach to automated mapping of multivariate systems. *Automation in Cartography: Proceedings Technical Working*

- Session, Commission III. Enschede: International Cartography Association, 1974. P. 17–28.
129. De Gruijter J. J., Walvoort, D. J. J, van Gaans P. F. M. Continuous soil maps – a fuzzy set approach to bridge the gap between aggregation levels of process and distribution models. *Geoderma*. 1997. №77. P. 169–195.
130. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils: USDA Agriculture handbook. 1954. № 60. 160 p.
131. Didan. K. MOD13Q1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V006. NASA EOSDIS Land Processes DAAC: Land Processes Distributed Active Archive Center (LP DAAC). URL: <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD13Q1.006> (дата звернення 25.12.2015)
132. Dideriksen R. O. Soil Survey of Hamilton County, Iowa. U.S. Department of Agriculture, Soil Conservation Service. 1986. 156 p.
133. Digital mapping of soil organic carbon stocks in Ukraine / K. V. Viatkin at al. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. P.5–11. doi: <https://doi.org/10.31073/acss88-01>.
134. Digital soil map of the world / P.A. Sanchez at al. *Science*. 2009. № 325 (5941). P. 680–681.
135. Effects of DEM resolution and neighborhood size on digital soil survey / M.P. Smith, A.X. Zhu, J.E. Burt, C. Stiles. *Geoderma*. 2006. V. 137. P.58-69.
136. Evaluation of measurement data: Guide to the expression of uncertainty in measurement. Bureau International des Poids et Mesures. 2008. 134 p.
137. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils / C.A. Cambardella at al. *Soil Science Society of America Journal*. 1994. №58 (5). P. 1501–1511.
138. Florinsky I. V. The soil formation equation: Imaginary scientific priority of Hans Jenny. *Pedomeron*. 2011. № 30. P. 1-3.
139. Frontiers in Soil Science Research: Report of a Workshop. Washington, DC: The National Academies Press. 2009. 80 p.

140. Fuzzy soil mapping based on prototype category theory / Qi F. et al. *Geoderma*. 2006. V. 136, Iss. 3–4. P. 774–787.
141. Global Soil Salinity Map – GSSmap: Lesson 1 – Requirements and preparation for national mapping of salt-affected soils / C.T. Omuto, R. Vargas, K. Viatkin, Y. Yigini. Rome: FAO. 2020. 15 p.
142. Godse V., Garg A. From e-Government to e-Governance. URL: http://www.csisigegov.org/1/2_313.pdf (дата звернення 25.04.2017).
143. Goovaerts P., Geostatistics in soil science: state-of-the-art and perspectives. *Geoderma*. 1999. № 89. P. 1–45.
144. Gridded Soil Survey Geographic (gSSURGO). Database for Iowa. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. URL: <http://datagateway.nrcs.usda.gov> (дата звернення 12.01.2015).
145. Grunwald S. Multi-criteria characterization of recent digital soil mapping and modeling approaches. *Geoderma*. 2009. V. 152. P. 195–207.
146. GSP Guidelines for sharing national data information to compile a Global Soil Organic Carbon map (GSOC17). Rome. FAO. 2016. 23 p. URL: <http://www.fao.org/3/a-bp164e.pdf>. (дата звернення 20.09.2018)
147. Harmonization of legacy soil maps in North America: status, trends, and implications for digital soil mapping efforts / J. A. Thompson et al. *Digital Soil Assessments and Beyond*; In: B. Minasny, B. P. Malone, A. B. McBratney (Eds.). Boca Raton, FL: CRC Press. P. 97–102.
148. Hartemink A. E. Soils are back on the global agenda. *Soil Use Management*. 2008. №24. P. 327–330.
149. Hartemink A. E., McBratney A. B. A soil science renaissance. *Geoderma*. 2008. № 148. P. 123–129.
150. Holleran M., Levi M., Rasmussen C. Quantifying soil and critical zone variability in a forested catchment through digital soil mapping. *Soil*. 2015. №1. 47–64.

151. Kravchenko A. N., Robertson G. P. Can topographical and yield data substantially improve total soil carbon mapping by regression kriging? *Agron.* 2007. № 99 (1). P. 12–17.
152. Krige D.G. A Statistical Approaches to Some Basic Mine Valuation Problems on the Witwatersrand. *Journal of the Chemical, Metallurgical and Mining Society of South Africa.* 1951. №52. P. 119–139.
153. Lagacherie P., McBratney A. B. An Introductory Perspective. *Digital Soil Mapping*; In, edited by P. Lagacherie, A. B. McBratney, M. Voltz. Amsterdam: Elsevier. 2006. Vol.31. P. 3–22.
154. Lagacherie P. Digital Soil Mapping: a state of the art. *Digital soil mapping with limited data* ; Eds. A. Hartemink, A. B. McBratney, L. Mendonca. Montpellier: Springer-Verlag, 2008. Vol. 2. P. 3–181.
155. Lal R. Soil health and carbon management. *Food and Energy Security.* 2016. Vol. 5, Is. 4. P. 212–222. URL: <https://doi.org/10.1002/fes3.96>. (дата звернення 16.09.2019).
156. Levi M., Rasmussen C. Covariate selection with iterative principal component analysis for predicting physical soil properties. *Geoderma.* 2014. Vol. 219-220, P. 46–57. URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.geoderma.2013.12.013>.
157. Machine learning algoritm of Random Forest. URL: <https://machinelearning-blog.com/2018/02/06/the-random-forest-algorithm> (дата звернення 15.11.18).
158. Maguire B. Foundations of Geographic Information Systems. Course Geography 501: Training material. Nanaimo: Vancouver Island University. 2014. 153 p.
159. Mapping of salt-affected soils: Technical specifications and country guidelines. Rome. FAO. 2020. 26 p.
160. Mapping the subaqueous soils of Lake Champlain's Missisquoi Bay using ground-penetrating radar, digital soil mapping and field measurement / Z. Libohova at al. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing.* 2014. № 80 (4). P. 323–332.
161. McBratney A. B., Mendonça Santos M. L., Minasny B. On digital soil mapping. *Geoderma.* 2003. V.117. Iss. 1–2. P. 3–52.

162. McBratney A. B., Minasny B., Stockmann U. Pedometrics. 2018. XIII, 720 p. DOI:10.1007/978-3-319-63439-5.
163. Miller B. A., Schaetzl R. J. The historical role of base maps in soil geography. *Geoderma*. 2014. Vol. 230-231. P. 329–339.
164. Minasny B., McBratney A. B. Chapter 12 Latin Hypercube Sampling as a Tool for Digital Soil Mapping. *Digital Soil Mapping. An Introductory Perspective. Developments in Soil Science* / Eds. P. Lagacherie, A.B. McBratney, M. Voltz. Amsterdam: Elsevier. 2007. V.31. P.153–165.
165. Minasny B., McBratney A. B. Digital soil mapping: a brief history and some lessons. *Geoderma*. 2016. Vol. 264. P. 301–311.
166. Mueller T. G., Pierce F. J. Soil carbon maps: enhancing spatial estimates with simple terrain attributes at multiple scales. *Soil Science Society of America Journal*. 2003. №67. P. 258–267.
167. Multi-scale digital terrain analysis and feature selection for digital soil mapping / T. Behrens, A. X. Zhu, K. Schmidt, T. Scholten. *Geoderma*. 2010. Vol. 155, Iss. 3–4. P. 175-185.
168. Odgers N. P., Libohova Z., Thompson J. A. Equal-area spline functions applied to alegacy soil database to create weighted-means maps of soil organic carbon at a continental scale. *Geoderma*. 2012. № 189-190. P.153–163.
169. Pozdnyakova L., Zhang R. Geostatistical analyses of soil salinity in a large field. *Precision Agriculture*. 1999. №1 (2). P. 153–165.
170. Predicting soil organic carbon stock using profile depth distribution functions and ordinary kriging / U. Mishra at al. *Soil Science Society of America Journal*. 2009. №73 (3). P. 906–914.
171. Quick Start Guide to ArcGIS Online for Public Accounts. URL: <https://www.esri.com/content/dam/esrisites/sitecore-archive/Files/Pdfs/library/brochures/pdfs/quick-start-arcgis-online-organizations.pdf>. (дата звернення: 01.03.2017).

172. Report of the Thirteenth Working Session of the Intergovernmental Technical Panel on Soils: Virtual Session. FAO. Rome, 16-18 November 2020. URL: <http://www.fao.org/3/cb2603en/cb2603en.pdf> (дата звернення: 27.12.2020)
173. Rombach D. Steffens P. e-Government. *Springer Handbook of Automation* / Eds. Simon Y. Nof. Berlin. 2009. Iss. 92. P. 1629-1641.
174. Ross C. W., Grunwald S., Myers D. B. Spatiotemporal modeling of soil organic carbon stocks across a subtropical region. *Science of the Total Environment*. 2013. № 461-462. P. 149–157.
175. RStudio Team. RStudio: Integrated Development for R. URL: <http://www.rstudio.com> (дата звернення 30.09.2019).
176. Running S. Mu. Q., Zhao M. MOD17A3H. v006MODIS/Terra Net Primary Production Yearly L4 Global 500 m SIN Grid. URL: <https://doi.org/10.5067/MODIS/MOD17A3H.006> (дата звернення 21.07.2018)
177. Selected highlights in American soil science history from the 1980s to the mid 2010s / E.C. Brevik at al. *Catena*. 2016. № 146. P. 128-146.
178. Shary P. A., Sharaya L. S., Mitusov A. V. Fundamental quantitative methods of land surface analysis. *Geoderma*. 2002. V.107, Iss. 1–2. P.1–32.
179. Soil layer models created with profile cone penetrometer data / S. Grunwald, K. McSweeney, D. J. Rooney, B. Lowery. *Geoderma*. 2001. № 103. P. 181–201.
180. Soil mapping with magnetic methods at the agriculture lands of Pechenigy, Ukraine / O. Menshov, O. Kruglov, Y. Zalavskiy, A. Suhorada. *New Trendson on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, 16-th Castle meeting: Abs. conf.*, 10-16 June 2018, Warsaw. 2018. Vol. 423 (C-112). P. 97-98.
181. Soil organic carbon mapping cookbook: 2nd edition. FAO. Rome. 2018. 223 p.
182. Soil Survey Geographic (SSURGO). Database for Hamilton County, Iowa. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. URL: <http://datagateway.nrcs.usda.gov> (дата звернення 12.01.2015).
183. Spatial Analysis and Modeling GII-07: Training material. Vilnius: Ministry of Agriculture. 2008. 191 p.

184. The interdisciplinary nature of soil / E. C. Brevik at al. *Soil*. 2015. №1. P. 117–129.
185. The R Project for Statistical Computing: R-project. URL: <https://www.r-project.org> (дата звернення 30.09.2019).
186. The use of aerial photography data and instrumental data in adaptive farming / M. Solokha at al. *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*. 2020. Vol. IX. P. 213-222.
187. USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global. URL:https://www.usgs.gov/centers/eros/science/usgs-eros-archive-digital-elevation-shuttle-radar-topography-mission-srtm-1-arc?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects (дата звернення 29.09.2020).
188. Using ArcToolbox. GIS by ESRI. URL: http://www.ciesin.org/gisservicecenter/pdf/Using_ArcToolbox.pdf. (дата звернення 15.10.2017).
189. Watson D. F., Philip G. M. A Refinement of Inverse Distance Weighted Interpolation. *Geoprocessing*. 1985. Vol. 2, № 4. P. 315-327.
190. Webster R. The development of pedometrics. *Geoderma*. 1994. Vol. 62, Iss. 1–3. P. 1-15.
191. Webster R., Burgess T. M. Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties. *Journal of Soil Science*. 1980. № 31, Iss. 32. P. 505 – 524.
192. White J. G., Welch R. M., Norvell W. A. Soil zinc map of the USA using geostatistics and geographic information systems. *Soil Science Society of America Journal*. 1997. № 61 (1). P. 185–194.
193. Young I. M., Crawford J. W. Interaction and self organization in the soilmicrobe complex. *Science*. 2004. № 304. P. 1634–1637.

ДОДАТКИ

Додаток А

Довідки про впровадження результатів дисертаційної роботи



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В. Н. КАРАЗІНА**

майдан Свободи, 4, м. Харків, 61022, тел. +38 057 706-13-54, +38 057 707-52-31, факс +38 057 705-02-41
E-mail: univer@karazin.ua, сайт: www.univer.kharkov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 02071205

19.01.2021 № 0501-D4
на № _____

ДОВІДКА

про впровадження результатів дисертаційної роботи
наукового співробітника відділу ґрунтових ресурсів
Національного наукового центру
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
Залавського Юрія Володимировича
за темою: «Теоретичні і практичні аспекти розроблення різномасштабних ґрунтових карт
(на прикладі Харківської області)»

Довідкою підтверджується впровадження результатів дисертаційної роботи Залавського Юрія Володимировича за темою: «Теоретичні і практичні аспекти розроблення різномасштабних ґрунтових карт (на прикладі Харківської області)», поданої на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук зі спеціальності 03.00.18 – ґрунтознавство.

Термін впровадження: березень 2020 р. – січень 2021 р.

Форма впровадження результатів: на основі результатів дисертаційного дослідження оновлено окремі складові навчальних дисциплін «Ґрунтознавство і біогеографія», «ГІС в географії», а також навчальної природничо-наукової практики та навчальної професійно-орієнтованої практики, що викладаються при підготовці студентів за спеціальностями 106. Географія та 014.07. Середня освіта (Географія)

Характеристика масштабу впровадження: впроваджено у навчальний процес на кафедрі фізичної географії та картографії факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Новизна впроваджених результатів: розробки автора щодо теорії та практики картографування ґрунтів впроваджено у вигляді окремих практичних робіт з новими даними та із використанням сучасного інструментарію, удосконалені підходи до методики великомасштабних досліджень та принципи інформаційно-комунікаційного картографування ґрунтів впроваджено у методики польових досліджень під час практик.

Ефективність впровадження: Результати авторських досліджень, які були впроваджені в навчальний процес при підготовці фахівців-географів, у комплексі з іншими підходами, дозволили сформувати необхідні професійні вміння та навички, що є сучасними і відповідають передовому науково-практичному досвіду.

Проректор
з науково-педагогічної роботи

Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ

Декан факультету геології, географії,
рекреації і туризму

Віліна ПЕРЕСАДЬКО

Завідувач кафедри фізичної географії
та картографії

Юлія ПРАСУЛ





Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру
Державне підприємство
“Харківський науково-дослідний та
проектний інститут землеустрою”

61145, м. Харків, вул. Космічна, 21, 2 під'їзд, 8 поверх тел./факс 701-13-93
 ЄДРПОУ № 00689237 Р/р
 UA0735153300000UA073515330000026008060816879 в
 АТ КБ “Приватбанк” м. Харків

10.02.2021, р. № 70/01-585.....
 на № від

Т. в. о. директора Національного наукового центру
 «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені
 О.Н.Соколовського»
МІРОШНИЧЕНКУ Миколи

Довідка

про впровадження результатів досліджень, що проводились науковим співробітником Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н.Соколовського» **Залавським Юрієм Володимировичем** за темою «Методичні та прикладні засади розроблення різномасштабних карт ґрунтів (на прикладі Харківської області)»

Цією довідкою засвідчуємо, що результати дисертаційного дослідження Залавського Ю.В. у вигляді методичних та прикладних засад інформаційно-комунікаційного картографування впроваджуються для досліджень ґрунтового покриву у польових умовах з метою визначення агровиробничих груп ґрунтів щодо нормативно-грошової оцінки земель. Апробація досліджень проведена на території Чугуївського району Харківської області. Використання інформаційно-комунікаційних технологій дозволило пришвидшити процес збору та обробки інформації про ґрунти під час польових досліджень ґрунтового покриву.

В.о. директора



Олександр САЄНКО

ДП “Харківський інститут землеустрою”
 70/07-№85 від 10.02.2021

10:05:12



Додаток Б

Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію та впровадження результатів дисертації

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації

1. Лебедь В.В., Залавський Ю.В. Сучасні методи дослідження ґрунтового покриву з використанням інформаційно-комунікаційних технологій. *Вісник аграрної науки*. 2018. № 3. С. 84-86 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201803-15> (розробка та планування польових та камеральних досліджень, аналіз результатів експериментальних даних, розробка методики)

2. Соловей В.Б., Залавський Ю.В. Використання інформаційно-комунікаційних пристроїв у польових умовах для великомасштабного картографування ґрунтового покриву. *Ґрунтознавство*. 2017. Т.18, № 3-4. С. 67-72. (аналіз даних, проведення польових та камеральних досліджень, розробка бази даних, написання статті)

3. Digital mapping of soil organic carbon stocks in Ukraine / K. V. Viatkin, Y. V. Zalavskyi, V. V. Lebed, O.I. Sherstyuk, O.M. Bihun, I.V. Plisko, S.G. Nakisko. *Агрехімія і ґрунтознавство*. 2019. № 88. P.5-11. doi: <https://doi.org/10.31073/acss88-01> (збір та аналіз просторових даних, діджиталізація карт та створення карт-предикторів)

4. The use of aerial photography data and instrumental data in adaptive farming / M. Solokha, V. Solovei, M. Zakharova, R.Babushkina, Y. Zalavskyi, V.Lebed *Scientific Papers. Series E. Land Reclamation, Earth Observation & Surveying, Environmental Engineering*. 2020. Vol. IX. P. 213-222 (організація та планування наукового експерименту, розробка та створення картографічного матеріалу)

5. Створення національної карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах України / І. В. Пліско, О. М. Бігун, В. В. Лебедь, С. Г. Накісько, Ю. В.

Залавський. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2018. № 87. С.57-62 (збір та аналіз просторових даних, діджиталізація карт та створення карт-предикторів)

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації

6. Залавський Ю.В. Детальное почвенное обследование и картографирование черноземных почв Лесостепи Украины с применением современных технологий. *Восточно-европейские черноземы – 140 лет после В. Докучаева* : материалы междунар. науч. конф., 02-03 октября 2019 г. Кишинев. 2019. С. 329-332.

7. Залавський Ю.В. Использование информационно-коммуникационных технологий для нужд почвенного обследования и картографии почв. *Плодородие почв: оценка, использование и охрана, воспроизводство* : материалы междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых, 26-30 июня 2017 г. Минск: Изд-во НАН Беларуси, Институт почвоведения и агрохимии, 2017. С. 53-55.

8. Залавський Ю.В. Особливості створення і верифікації карт-версій під час повторного великомасштабного дослідження ґрунтів / *Агрохімія і ґрунтознавство. Спецвип. до ІХ з'їзду УТГА*, 30 червня-4 липня 2014 р. Миколаїв. 2014. Кн. 2. С. 36-38.

9. Залавський Ю.В. Інформаційно-комунікаційні технології як засіб збору даних про ґрунтовий покрив в польових умовах для потреб картографування ґрунтів. *Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці* : Всеукр. наук.-практ. круглий стіл для молодих вчених, 18-19 травня 2017 р. Харків. 2017. С. 5-6.

10. Залавський Ю.В. Удосконалення існуючих карт ґрунтів з використанням ГІС-технологій. *Використання ГІС та ДЗЗ в землекористуванні* : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., 14 – 16 листопада 2012 р. Миколаїв. 2012. С. 19-21.

11. Білівець І.І., Залавський Ю.В. Особливості картографування опідзолених ґрунтів Лісостепу. *Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства* : Міжнар. наук.-практ. конф. студентів,

аспірантів і молодих учених, 2-4 жовтня 2013 р. Харків, 2013. С. 16 (обґрунтування теоретичних та практичних аспектів, аналіз даних, написання тезису)

12. Menshov O., Kruglov O, Zalavskiy Y., Suhorada A. Soil mapping with magnetic methods at the agriculture lands of Pechenigy, Ukraine. *New Trendson on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, 16-th Castle meeting* : Abs. conf., 10-16 June 2018, Warsaw. 2018. Vol. 423 (C-112). P. 97-98 (польові експериментальні дослідження, картографічні роботи).

Наукові праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

13. Создание национальной карты запасов органического углерода в почвах Украины с использованием цифровых методов почвенного картографирования / К.В.Вяткин, Ю.В.Залавский, О.Н.Бигун, В.В.Лебедь, А.И.Шерстюк, И. В. Плиско, С. Г. Накисько. *Почвоведение и агрохимия*. 2018. № 2 (июнь). С. 5-17 (збір та аналіз просторових даних, діджиталізація карт та створення карт-предикторів)

14. Актуальність і переваги досліджень ґрунтового покриву на нових методичних засадах / С. В. Канівець, П. О. Волков, В. В. Лебедь, І. І. Білівець, Ю. В. Залавський, О. В. Коростін, І. Л. Шигимага. *Вісник ХНАУ імені В. В. Докучаєва*. 2016. № 1. С. 82-87. (польові дослідження, аналіз даних, картографічні роботи)

15. Магнітна сприйнятливість чорноземних ґрунтів Харківської області та її діагностичне значення / О. В. Круглов, Є. В. Панасенко, Ю. В. Залавський, В. В. Лебедь, Ю. О. Афанасьєв, П.Г. Назарок. *Вісник аграрної науки*. 2019. № 10. С.12-17 doi: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201910-02> (польові експериментальні дослідження, картографічні роботи)

Відомості про апробацію та впровадження результатів дисертації

Основні результати та положення дисертації доповідалися і обговорювалися на: ISRIC Spring School «Hands on Digital Soil Mapping»

(Wageningen, the Netherlands, 28 May – 1 June 2018, форма участі – очна); «Training on Soil Salinity Management» Supported by FAO and implemented by NSC ISSAR (Kharkiv, Ukraine, September 2017, форма участі – очна); Training on Soil Salinity Mapping, implemented by FAO (Izmir, Turkey, 2-7 March 2020, форма участі – очна); «Training on Soil Information and Digital Soil Mapping» (implemented by FAO) (Almaty, Republic of Kazakhstan, 31 October – 5 November 2016, форма участі – очна); «Global Black Soil Distribution Map Training» implemented by FAO Global Soil Partnership (ZOOM platform, 9-11 December, 2020, форма участі – очна); International Scientific Conference №Eastern European Chernozems – 140 years after V. Dokuchaev» (Chisinau, Republic of Moldova, 2-3 October 2019, форма участі – очна); Всеукраїнській науково-практичній конференції «Використання ГІС та ДЗЗ в землекористуванні» (м. Миколаїв, 14-16 листопада 2012 р. , форма участі – очна); Міжнародній науково-практичній конференції «Екологізація сталого розвитку і ноосфера перспектива інформаційного суспільства» (м. Харків, 2-4 жовтня 2013 р. , форма участі – очна); науково-практичному семінарі «Поширення наукових знань про ґрунти – запорука їх збереження (Наукова школа послідовників, учнів та однодумців О.Н. Соколовського)» (м. Харків, 14-15 травня 2014 р. , форма участі – очна); Всеукраїнському науково-практичному круглому столу для молодих вчених «Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці» (м. Харків, 18-19 травня 2017 р. , форма участі – очна); Международной научно-практ. конференции молодых ученых «Плодородие почв: оценка, использование и охрана, воспроизводство» (г. Минск, 26-30 июня 2017 г. , форма участі – очна); Курсах підвищення кваліфікації науковців та науково-педагогічних кадрів за програмою «Збалансоване використання, прогноз і стале управління ґрунтовими ресурсами» (м. Харків, 14-18 травня 2018 р. , форма участі – очна); Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих вчених та спеціалістів «Сучасні ґрунтово-агрохімічні дослідження в контексті запобігання деградації земель» (м. Харків, 22-23 травня 2019 р. , форма

участі – очна); Курсах підвищення кваліфікації науковців та науково-педагогічних кадрів за програмою «Збалансоване використання, прогноз і стале управління ґрунтовими ресурсами» (м. Харків, 20-24 травня 2019 р. , форма участі – очна).

Результати дисертаційного дослідження впроваджено у навчальний процес на кафедрі фізичної географії та картографії факультету геології, географії, рекреації і туризму Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна.

Оновлено окремі складові навчальних дисциплін «Ґрунтознавство і біогеографія», «ГІС в географії», а також навчальної природничо-наукової практики та навчальної професійно-орієнтованої практики, що викладаються при підготовці студентів за спеціальностями 106. Географія та 014.07. Середня освіта (Географія). Впровадження у вигляді окремих практичних робіт з новими даними та із використанням сучасного інструментарію, удосконалені підходи до методики великомасштабних досліджень та принципи інформаційно-комунікаційного картографування ґрунтів впроваджено у методики польових досліджень під час практик. Результати авторських досліджень, які були впроваджені в навчальний процес при підготовці фахівців-географів, у комплексі з іншими підходами, дозволили сформувати необхідні професійні вміння та навички, що є сучасними і відповідають передовому науково-практичному досвіду.

Додаток В

Результати проведення наукових досліджень та допоміжні матеріали

**Діагностичні параметри видів ґрунтів за параметрами профільного
гумусонакопичення через показник КПНГ¹⁾**

Зона	Терміни типу ґрунту	КПНГ¹⁾
Полісся	Дерново-підзолистий	0,020 - 0,040
	Дерновий опідзолений	0,040 - 0,070
	Дерновий глейовий	0,080 - 0,110
Лісостеп	Ясно-сірий лісовий	0,023 - 0,031
	Сірий лісовий	0,031 - 0,040
	Темно-сірий опідзолений	0,040 - 0,050
	Чорнозем опідзолений	0,051 - 0,070
	Чорнозем типовий	0,075 - 0,100
	Лучно-типовочорноземний	0,090 - 0,125
	Чорноземно-лучний	0,060 - 0,080
	Степ Північний	Чорнозем звичайний
Лучно-звичайночорноземний		0,065 - 0,085
Солонець чорноземний ²⁾		0,038 - 0,046
Чорноземно-лучний		0,055 - 0,065
Степ Південний	Чорнозем південний	0,045 - 0,055
	Лучно-південночорноземний	0,055 - 0,065
	Лучно-південночорноземний поверхнево оглеєний	0,034 - 0,045
	Дерновий поверхнево оглеєний	0,023 - 0,032
	Дерново-поверхнево глейовий осолоділий	0,016 - 0,023
	Чорноземно-лучний	0,050 - 0,060
Степ Сухий	Темно-каштановий	0,035 - 0,045
	Каштановий солонцюватий	0,030 - 0,035
	Солонець каштановий	0,020 - 0,030
	Лучно-каштановий солонцюватий	0,034 - 0,040
	Солонець лучно-каштановий	0,029 - 0,035
	Каштаново-лучний солонцюватий засолений	0,028 - 0,032
	Солонець каштановий солончаковий	0,017 - 0,028
	Дерновий глейовий солончаковий	0,025 - 0,030
Гірсько - лучна Карпатська	Бурозем	0,210 - 0,340
Лісова буроземна	Бурозем опідзолений	0,050 - 0,260
	Буроземно-підзолистий поверхнево оглеєний	0,015 - 0,020
	Лучно-буроземно-підзолистий поверхнево оглеєний	0,022 - 0,027
	Лучно-буроземно глейовий	0,023 - 0,030
Ксерофітно-лісова Кримська	Коричневий	0,025 - 0,038
<p>¹⁾ Для Полісся, Лісостепу, гірсько - лучної Карпатської, лісової буроземної і ксерофітно-лісової Кримської 0 – 100 см, а для Степу Північного, Південного і Сухого – за фактичною потужністю профілю.</p> <p>²⁾ Зустрічається в Степу Північному і Південному.</p>		

Таблиця В.2

**Діагностичні параметри видів ґрунтів за параметрами інтенсивності гумусонакопичення в шарі (0 - 30) см
через показник КВАГ**

Тип ґрунту	Терміни підтипів та відповідні параметри КВАГ													
	екс - тра -	суб - екс - тра -	дуже висо - ко -	висо - ко -	помір - но висо - ко -	дуже доб - ре -	доб - ре -	помір - но доб - ре -	се - ред - ньо -	помір но сла - бо -	сла - бо -	низь - ко -	дуже низь - ко -	уль - тра низь - ко -
	Г у м у с о а к у м у л я т и в н и й													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Чорнозем типовий	-	-	-	-	1,25 - 1,35	1,12 - 1,20	0,98 - 1,10	-	-	-	-	-	-	-
Чорнозем опідзолений	-	-	-	-	-	-	1,05 - 1,15	0,91 - 1,05	0,78 - 0,93	0,68 - 0,78	-	-	-	-
Темно-сірий опідзолений	-	-	-	-	-	-	-	0,86 - 0,95	0,70 - 0,85	0,68 - 0,76	0,63 - 0,72	-	-	-
Сірий лісовий	-	-	-	-	-	-	-	-	0,74 - 0,81	0,60 - 0,73	0,58 - 0,62	0,43 - 0,58	-	-
Ясно-сірий лісовий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63 - 0,70	0,56 - 0,65	0,48 - 0,55	0,42 - 0,51	-
Лучно типово- чорноземний	-	-	-	1,55 - 1,65	1,36 - 1,52	1,20 - 1,35	-	-	-	-	-	-	-	-
Чорнозем звичайний	-	-	-	-	-	-	-	0,83 - 0,89	0,76 - 0,82	0,68 - 0,79	-	-	-	-
Лучно-звичайно- чорноземний	-	-	-	-	-	-	1,08 - 1,20	0,96 - 1,07	0,82 - 0,95	-	-	-	-	-
Чорнозем південний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55 - 0,66	-	-	-

Продовж. табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Лучно-південно-чорноземний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,67 - 0,81	-	-	-	-
Лучно-південночорноземний поверхнево оглеєний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50 - 0,64	-	-	-
Дерновий поверхнево оглеєний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35 - 0,48	-
Дерново-поверхнево глейовий осолоділий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,33 - 0,40	-
Чорноземно-лучний	-	-	-	1,55 - 1,65	1,36 - 1,52	1,20 - 1,35	1,08 - 1,20	0,96 - 1,07	0,85 - 0,95	0,66 - 0,84	-	-	-	-
Темно-каштановий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45 - 0,53	-	-
Каштановий солонцюватий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,35 - 0,45	-
Солонець каштановий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,28 - 0,34
Лучно-каштановий солонцюватий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,39 - 0,50	-
Солонець лучно каштановий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,30 - 0,41
Каштановий лучний солонцюватий засолений	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,37 - 0,43	-
Солонець каштаново-лучний солончаковий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,20 - 0,25

Кінець табл. В.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Бурозем	3,8 - 5,0	3,2 - 3,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Бурозем опідзолений	-	-	3,0 - 4,7	2,1 - 3,0	1,3 - 2,0	-	-	0,7 - 1,2	-	-	-	-	-	-
Буроземно-підзолистий. поверхнево оглеєний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,40 - 0,55	-	-
Лучно-буроземно- підзолистий поверхнево оглеєний	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65 - 0,75	-	-	-	-
Лучно-буроземно- глейовий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,65 - 0,80	-	-	-	-
Коричневий	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,55 - 0,65	0,40 - 0,54	-	-

Таблиця В.3

Структура атрибутивних даних просторових об'єктів


Атрибут	Номери точок відбору зразків	Форма відбору	Координати		Глибини відбору	Опис розрізу	Додаткова інформація	Фото
			X	Y				
Назва поля	№	Форма	X	Y	Глибини	Опис	Інфо	Фото
Тип даних	Short (Коротке)	Text (Текст)	Double (Подвійне)	Double (Подвійне)	Text (Текст)	Text (Текст)	Text (Текст)	-
Довжина	10	20	20	20	20	1000	1000	-
Значення за замовченням	Порожнє	Порожнє	Порожнє	Порожнє	Порожнє	Порожнє	Порожнє	Порожнє
Метод вводу	Вручну	Вибір з переліку	Вручну	Вручну	Вручну	Вручну	Вручну	Вручну
Ім'я домену	-	Type	-	-	-	-	-	-
Приклад	15	Розріз	36.322124	49.918523	0-10, 15-25, 30-40, 50-60, 70-80	<p>He (0 – 18 см) – гумусовий елювійований, темно-сірий з білесим відтінком, слабоущільнений, грудкуватий, середньосуглинковий, перехід ясний за кольором;</p> <p>Hi (18 – 40 см) – гумусований слабоілювійований, темно-сірий, дуже щільний у сухому стані, призмо видно-грудкуватий, середньосуглинковий, перехід поступовий</p> <p>Hp(i)k (40 – 60 см) – верхній перехідний, сірий з буруватим відтінком, менш ущільнений, рідкі кротовини, скипання з 50 см, перехід поступовий.</p> <p>PHk (60 – 79 см) – нижній перехідний, бурувато-сірий, неоднорідний, окремі кротовини, перехід ясний;</p> <p>P(gl)k (> 79 см) – карбонатний лес, виразно мергелізований.</p> <p>Орієнтовний рівень підґрунтових вод 3 м.</p>	закладений у південно-західній частині земельної ділянки на пасмоподібному підвищенні рельєфу неподалік від западини, має таку будову профілю	



Рис. В.1. Національна карта запасів органічного вуглецю у ґрунтах України

Таблиця В.4

Дані щодо змін клімату в межах зон Харківської області

Місяці	1950-1970 рр.			2005-2015 рр.			Багаторічні дані за останні 50 і більше років		
	Атмосферні опади, мм	Температура повітря, °С	ГТК	Атмосферні опади, мм	Температура повітря, °С	ГТК	Атмосферні опади, мм	Температура повітря, °С	ГТК
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Лісостеп (узагальнені дані 4 метеостанцій)									
Січень	31	-7,9	-	33	-5,1	-	32	-6,5	-
Лютий	23	-7,7	-	36	-4,7	-	30	-6,2	-
Березень	31	-2,1	-	38	0,1	-	34	-1,0	-
Квітень	38	6,8	-	40	8,9	-	39	7,8	-
Травень	49	14,8	1,07	56	15,0	1,20	52	14,9	1,13
Червень	68	17,9	1,27	65	18,8	1,15	66	18,4	1,20
Липень	60	20,4	0,95	53	20,8	0,82	57	20,6	0,89
Серпень	50	19,2	0,87	44	19,4	0,73	48	19,3	0,80
Вересень	33	13,6	0,81	47	13,8	1,14	40	13,7	0,97
Жовтень	38	7,1	-	49	7,5	-	43	7,3	-
Листопад	43	0,2	-	42	0,2	-	43	0,2	-
Грудень	37	-5,7	-	39	-4,2	-	38	-5,0	-
СУМА за рік	501	6,4	-	542	7,5	-	522	7,0	-

Кінець табл. В.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Північний Степ (узагальнені дані 3 метеостанцій)									
Січень	31	-7,1	-	33	-4,5	-	32	-6,0	-
Лютий	23	-6,7	-	38	-4,1	-	30	-5,8	-
Березень	32	-1,1	-	45	0,7	-	38	-0,4	-
Квітень	37	7,5	-	41	9,2	1,20	39	8,5	-
Травень	52	15,2	1,10	57	15,3	1,00	54	15,3	1,14
Червень	70	18,9	1,23	58	19,4	0,65	65	19,1	1,13
Липень	60	21,1	0,92	43	21,3	0,70	52	21,2	0,79
Серпень	50	19,8	0,81	43	19,8	1,20	47	19,8	0,77
Вересень	32	14,1	0,76	52	14,4	-	40	14,2	0,94
Жовтень	41	7,8	-	44	7,8	-	42	7,8	-
Листопад	43	0,6	-	40	0,8	-	41	0,7	-
Грудень	40	-4,8	-	44	-3,6	-	42	-4,0	-
СУМА за рік	511	7,1	-	538	8,0	-	522	7,5	-

Таблиця В.5

Еколого-агровиробничі типи ґрунтів Харківської області, їх площа та властивості

Еколого-агровиробничі типи ґрунтів	Площа, тис. га			Властивості у шарі 0-25 см				
	с.-г. угіддя	рілля		рН вод.	Валовий запас, т/га			
		тис. га	% від загаль- ної площі ріллі		гумус	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сірі лісові модальні	7,6	6,3	0,3	5,7-6,3	60-75	3,3-4,1	35-40	43-49
Сірі лісові ксероморфні в комплексі з еродованими	29,7	20,7	1,1	5,8-6,4	35-60	1,8-3,4	30-36	39-42
Темно-сірі опідзолені модальні	102,0	21,0	4,7	5,8-6,4	90-105	4,4-5,3	39-49	48-55
Темно-сірі опідзолені ксероморфні в комплексі з еродованими	39,3	37,0	1,9	6,0-6,6	60-80	3,0-4,4	35-40	40-50
Чорноземи опідзолені модальні	51,7	39,3	2,0	5,9-6,8	110-130	5,5-7,0	43-54	53-60
Чорноземи опідзолені ксероморфні в комплексі з еродованими	100,0	80,0	4,1	6,3-7,2	65-110	3,5-5,5	38-44	47-54
Чорноземи типові модальні	435,5	402,0	20,8	6,7-7,4	140-165	7,8-9,0	48-60	60-72
Чорноземи типові ксероморфні в комплексі з еродованими	333,7	290,3	15,1	7,0-8,0	100-145	5,2-8,0	40-50	54-60
Чорноземи звичайні глибокі модальні	397,5	388,9	20,2	6,8-7,6	145-165	7,5-8,7	50-65	64-75

Кінець табл. В.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Чорноземи звичайні глибокі ксероморфні в комплексі з еродованими	331,2	260,0	13,5	7,2-8,2	90-145	4,5-7,5	42-50	56-65
Чорноземи звичайні модальні	160,4	156,3	8,1	6,8-7,4	120-135	6,6-7,4	53-68	60-75
Чорноземи звичайні ксероморфні в комплексі з еродованими	70,2	63,1	3,3	7,7-8,3	85-120	4,7-6,5	40-55	53-64
Лучно-чорноземні переважно солонцюваті	45,4	22,0	1,1	7,3-8,1	150-175	7,6-9,3	56-70	62-70
Інші	309,6	70,7	3,7					
Всього	2413,8	1928,6						

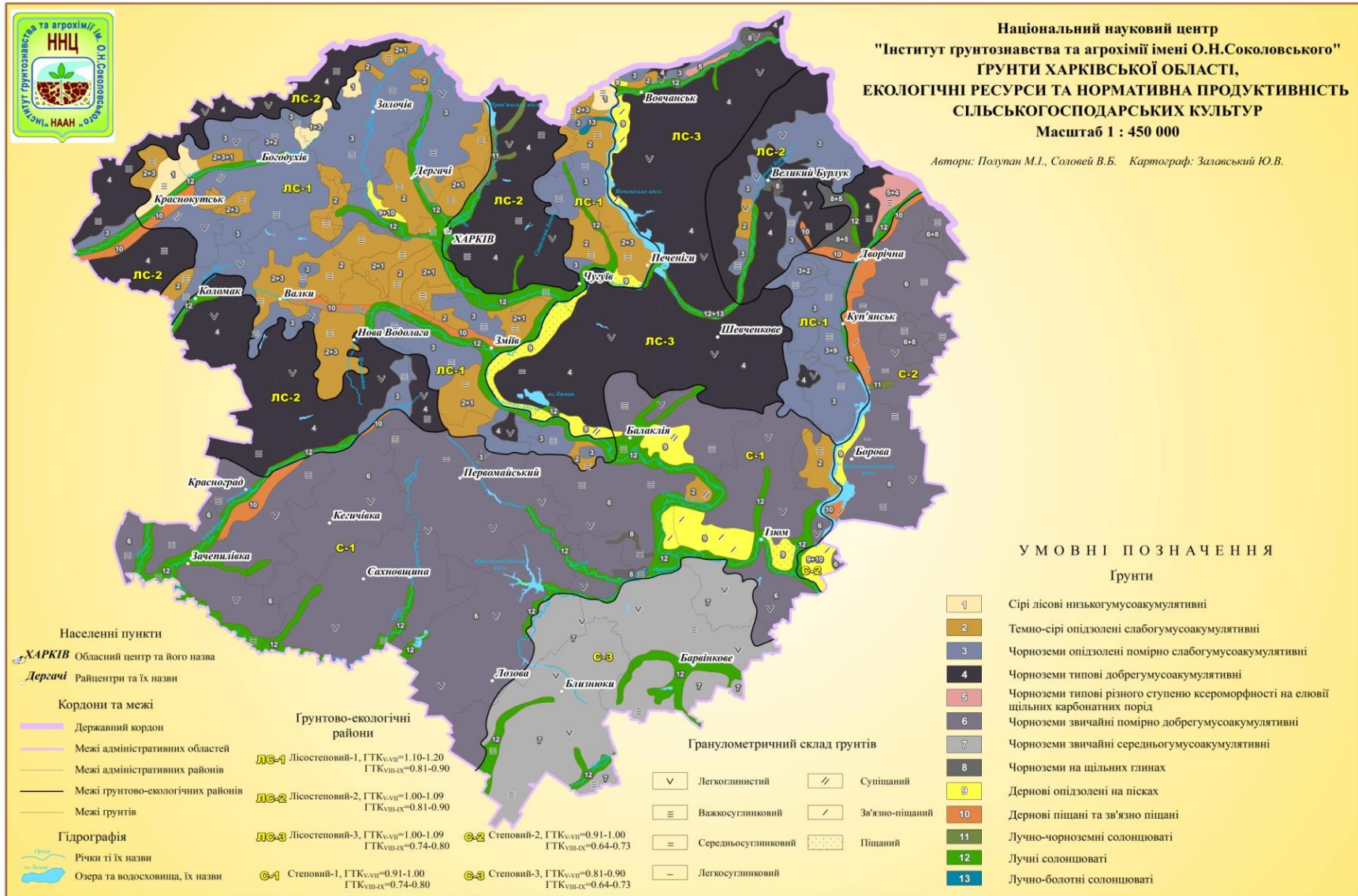


Рис. В.2. Карта ґрунтів Харківської області масштабу 1:450 000

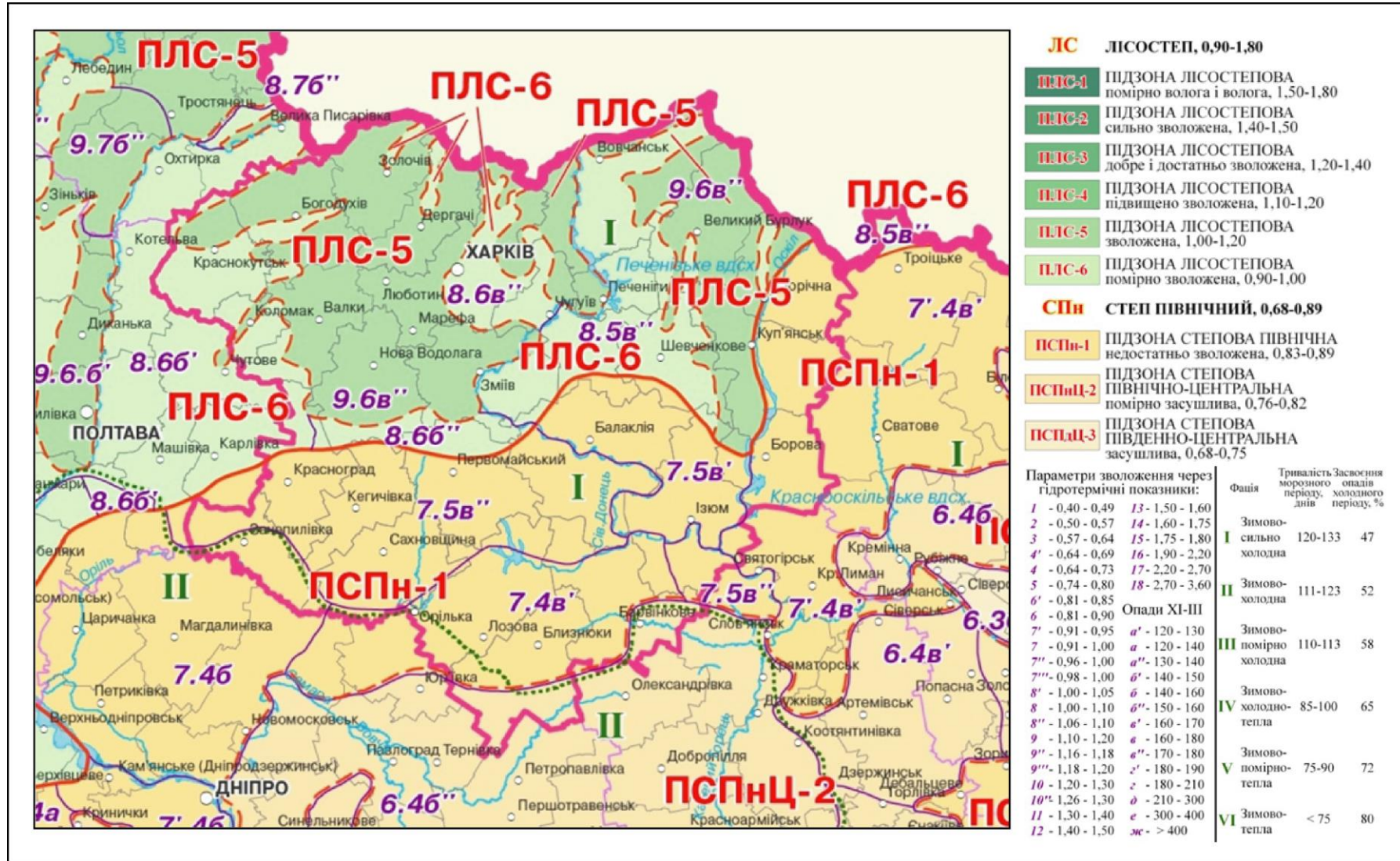


Рис. В.3. Грунтово-екологічне районування Харківської області

Таблиця В.6

**Параметри (значення) основних показників родючості (за узагальненими даними) 1-го туру
агрохімічного обстеження ґрунтів у шарі 0-25 см (1964-1969 рр.)**

Адміністративні райони	С орг., %	Гумус, %	Вміст потенційно доступних елементів живлення, мг/кг	
			P ₂ O ₅ *	K ₂ O*
1	2	3	4	5
Лісостеп				
Богодухівський	2,71	4,6	77	110
Валківський	2,59	4,4	78	115
Дергачівський	2,47	4,2	65	107
Зміївський	2,47	4,2	68	99
Золочівський	2,47	4,2	69	110
Краснокутський	2,65	4,5	81	108
Нововодолазький	3,06	5,2	72	118
Печенізький				
Харківський	3,12	5,3	75	111
Чугуївський	3,00	5,1	78	112
Північний Степ				
Балаклійський	3,1	5,2	65	115
Барвінківський	3,4	5,7	67	126
Близнюківський	3,5	6,0	77	131
Борівський	3,4	5,7	71	120
Великобурлуцький	3,3	5,6	71	128
Вовчанський	3,1	5,2	69	144
Дворічанський	3,1	5,3	63	134

Кінець табл. В.6

1	2	3	4	5
Зачепилівський	3,1	5,3	73	126
Ізюмський	2,8	4,7	66	115
Кегичівський	3,5	5,9	74	126
Красноградський	2,9	4,9	77	117
Куп'янський	2,8	4,7	69	146
Лозівський	3,4	5,7	80	161
Первомайський	3,1	5,3	70	125
Сахновщинський	3,6	6,1	75	128
Шевченківський	3,0	5,1	70	116

Таблиця В.7

Параметри (значення) основних показників родючості (за узагальненими даними) 6-го туру агрохімічного обстеження ґрунтів у шарі 0-25 см (1992-1997 рр.)

Адміністративні райони	С орг., %	Гумус, %	Вміст потенційно доступних елементів живлення, мг/кг		рН сол.
			P ₂ O ₅	K ₂ O	
1	2	3	4	5	6
Лісостеп					
Богодухівський	2,2	3,8	107	118	6,0
Валківський	2,7	4,6	101	118	5,8
Дергачівський	2,2	3,7	113	127	5,7
Зміївський	2,4	4,0	90	101	5,6
Золочівський	2,8	4,7	98	101	6,0
Коломацький	2,8	4,7	89	95	6,1
Краснокутський	2,2	3,8	116	136	5,7
Нововодолазький	2,6	4,4	98	99	6,0
Печенізький	2,6	4,5	94	102	6,3
Харківський	2,3	3,9	95	99	5,8
Чугуївський	2,6	4,5	95	103	6,1
Північний Степ					
Балаклійський	2,5	4,2	145	162	6,4
Барвінківський	2,5	4,3	112	131	6,6
Близнюківський	2,6	4,4	105	124	6,6
Борівський	2,6	4,5	111	144	6,5

Кінець табл. В.7

1	2	3	4	5	6
Великобурлуцький	2,8	4,8	111	132	6,0
Вовчанський	2,7	4,6	127	146	6,2
Дворічанський	2,6	4,5	111	140	6,6
Зачепилівський	2,8	4,7	101	113	5,9
Ізюмський	2,5	4,2	102	146	6,2
Кегичівський	2,7	4,6	117	125	6,1
Красноградський	2,6	4,4	120	99	5,9
Куп'янський	2,5	4,2	111	135	6,2
Лозівський	2,7	4,6	138	166	6,8
Первомайський	3,0	5,1	116	125	6,1
Сахновщинський	2,7	4,6	100	116	6,1
Шевченківський	2,8	4,7	137	143	6,4

Таблиця В.8

Параметри (значення) основних показників родючості (за узагальненими даними) 10-го туру агрохімічного обстеження ґрунтів у шарі 0-25 см (2011-2015 рр.)

Адміністративні райони	С орг., %	Гумус, %	Вміст потенційно доступних елементів живлення, мг/кг			Увібрані катіони, мг-екв/100 г ґрунту	рН сол.
			N легкогідр.	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺ + Mg ²⁺	
1	2	3	5	6	7	8	10
Лісостеп							
Богодучівський	2,5	4,2	113,3	88,3	46,7	31,0	6,0
Валківський	2,2	3,7	102,6	83,3	66,4	33,6	6,1
Дергачівський	2,2	3,8	100,0	88,0	108,0	28,8	5,6
Зміївський	2,4	4,0	95,6	115,4	95,5	28,6	5,6
Золочівський	2,3	3,9	115,6	117,3	105,1	28,2	5,8
Коломацький	2,3	3,9	90,0	101,0	115,0	-	5,7
Краснокутський	2,6	4,5	99,9	125,0	107,5	38,3	6,0
Нововодолазький	2,5	4,2	107,0	122,2	100,0	31,0	5,8
Печенізький	2,4	4,1	97,3	117,9	72,9	26,1	5,9
Харківський	2,2	3,7	100,4	84,9	119,9	27,4	5,9
Чугуївський	2,4	4,0	95,6	97,8	115,5	29,6	6,0

Кінець табл. В.8

1	2	3	5	6	7	8	10
Північний Степ							
Балаклійський	2,4	4,1	115,3	96,1	84,8	35,5	6,1
Барвінківський	2,5	4,3	108,4	93,8	68,5	32,6	6,3
Близнюківський	2,4	4,1	113,3	104,7	85,7	31,0	6,4
Борівський	2,5	4,2	110,0	72,8	46,7	36,9	6,6
Великобурлуцький	2,4	4,1	129,1	99,3	117,6	38,1	5,8
Вовчанський	2,6	4,4	126,5	70,1	50,4	33,8	6,4
Дворічанський	2,6	4,4	107,0	123,0	145,0	32,4	6,3
Зачепилівський	2,6	4,4	119,0	128,0	92,4	40,3	6,3
Ізюмський	2,4	4,1	105,0	115,0	140,0	-	6,1
Кегичівський	2,9	4,9	119,0	114,0	140,0	39,9	6,1
Красноградський	2,5	4,2	115,2	101,5	102,3	27,7	5,9
Куп'янський	2,3	3,9	116,0	84,7	57,7	31,1	6,0
Лозівський	2,9	4,9	117,9	122,3	78,5	37,5	6,0
Первомайський	2,8	4,7	113,8	107,1	102,7	34,3	6,0
Сахновщинський	2,9	4,9	111,0	111,0	102,5	38,5	6,0
Шевченківський	2,8	4,8	113,4	101,7	66,0	33,0	6,2

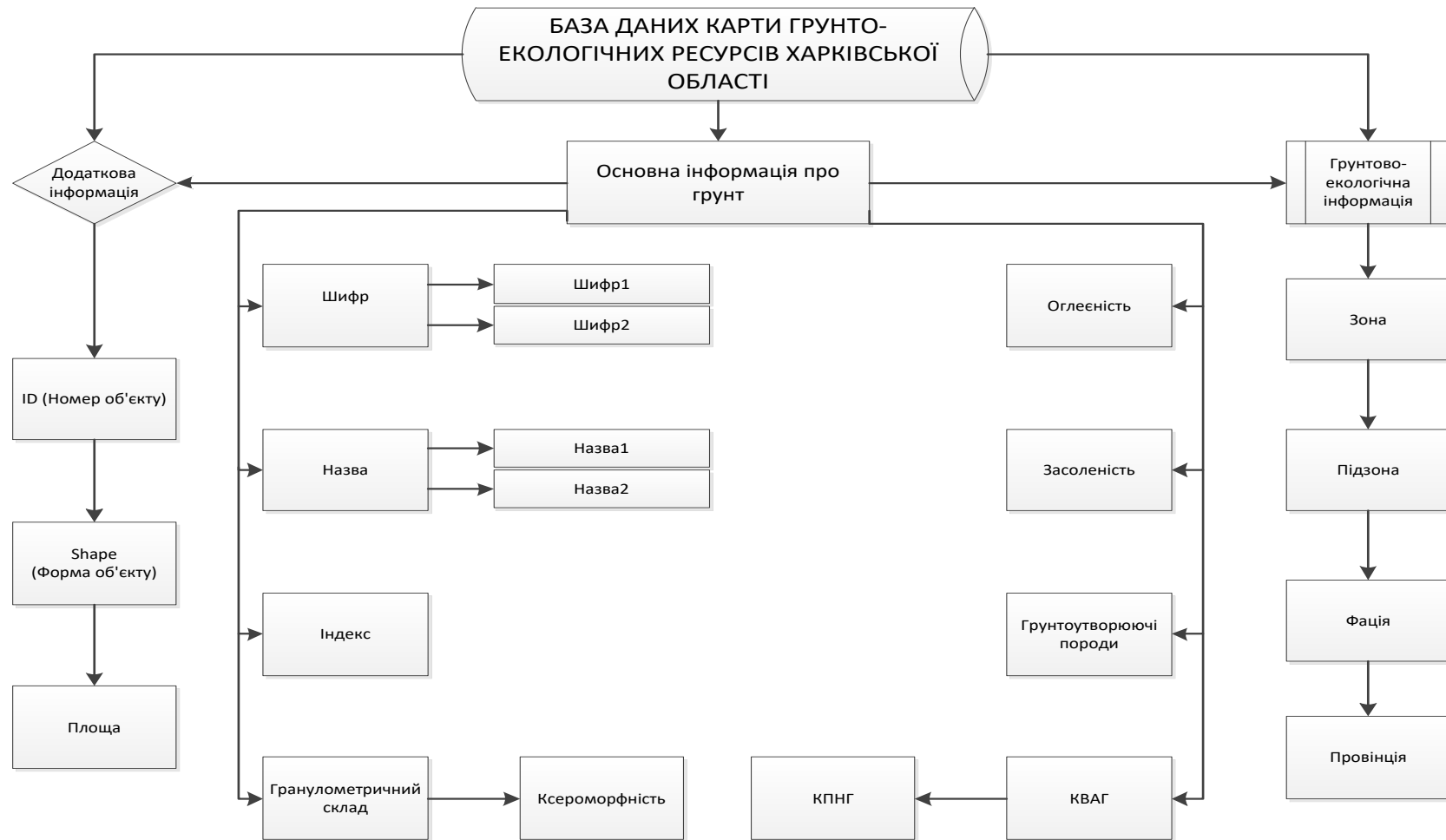


Рис. В.4. Схема бази даних для карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області

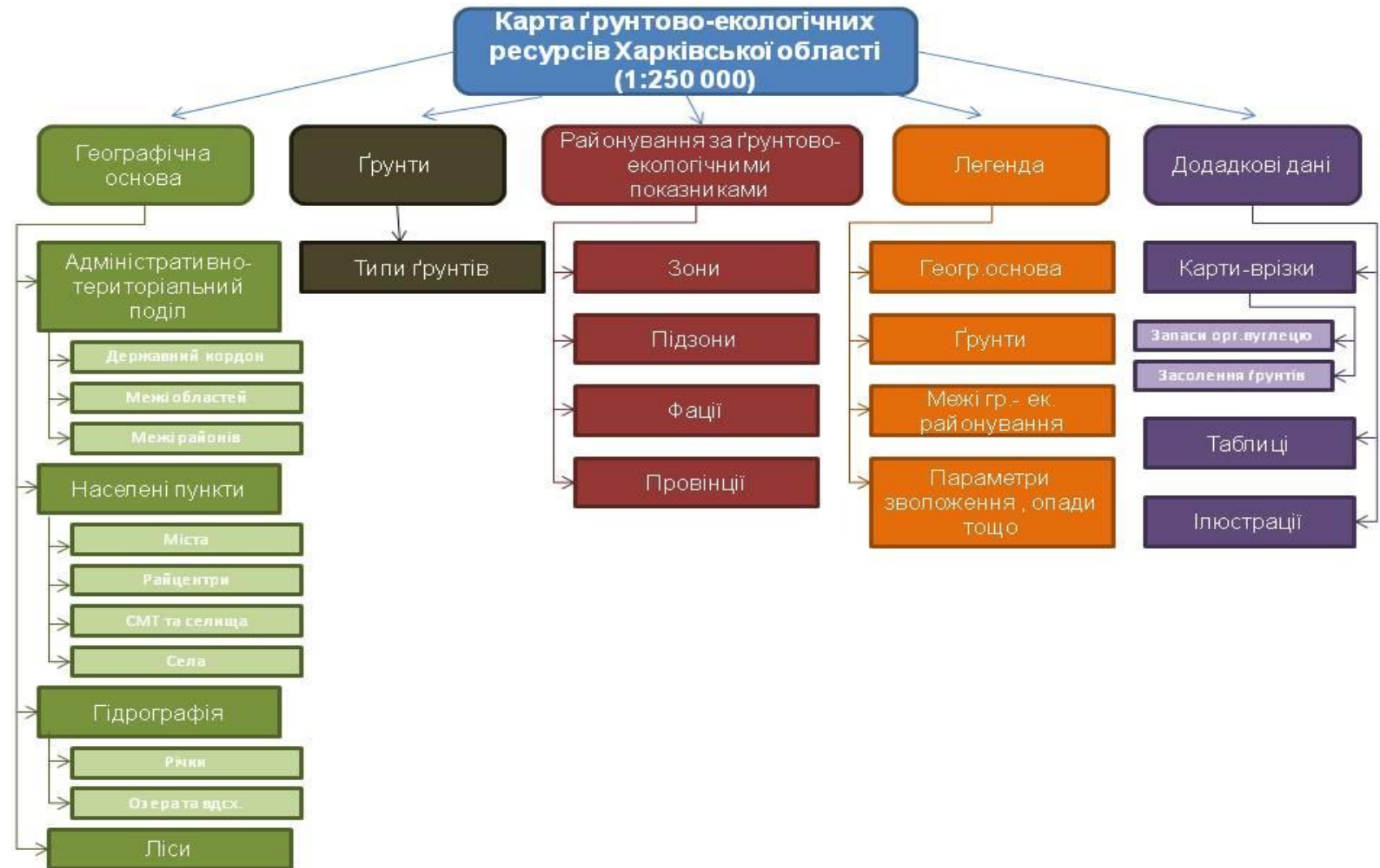


Рис. В.5. Макет компоновки карти ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області для паперових носіїв в масштабі 1:250 000