

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

ЗАЛАВСЬКИЙ ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

УДК 631.421.631.471

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

03.00.18 – ґрунтознавство

Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата
біологічних наук

Харків – 2021

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» Національної академії аграрних наук України

Науковий керівник кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник **Соловей Вадим Борисович**, Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», завідувач відділу ґрунтових ресурсів

Офіційні опоненти:

доктор біологічних наук, професор

Смага Іван Степанович, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, професор кафедри землевпорядкування та кадастру

кандидат біологічних наук, доцент

Горбань Вадим Анатолійович, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, завідувач кафедри геоботаніки, ґрунтознавства та екології

Захист відбудеться «12» травня 2021 р. о 14 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 64.354.02 у Національному науковому центрі «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» за адресою:
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» за адресою:
вул. Чайковська, 4, м. Харків, 61024

Автореферат розісланий «08» квітня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



А.О. Ачасова

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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 інфраструктуру 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 покриву (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 покриву України» (№ДР 0111U002969); 01.00.01.03.П «Розробити методику великомасштабного дослідження ґрунтового покриву 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 покриву» (№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 покриву 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 покриву 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 агропромислових 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).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

ОСНОВИ І ПРИНЦИПИ РІЗНОМАСШТАБНОГО ТА ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ҐРУНТІВ (огляд літератури)

Наведено огляд наукових праць вітчизняних та зарубіжних учених за питань ґрунтової картографії та цифрової картографії ґрунтів. Розглянуто основні принципи, а також простежено розвиток, динаміку, та сучасний стан тематичного цифрового картографування ґрунтового покриву. Проаналізовано історію різномасштабного картографування ґрунтів, методи створення карт. Виявлено, що основний розвиток цифрового картографування ґрунтів припав на початок ХХІ ст. Лідерами в даному напрямку є Австралійська, Американська, Канадська, Нідерландська та інші європейські школи.

ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження проводились на території Харківської області, що розташована в межах природних зон Степу і Лісостепу. Ґрунтовий покрив Харківської області за матеріалами великомасштабних обстежень представлений понад 150 видами та різновидами ґрунтів, які за спільними й відмінними рисами генезису та родючості об'єднані в 13 еколого-агрохімічних груп.

В роботі було використано матеріали польових досліджень ґрунтів по 513 точкам спостереження (розрізи, прикопки) 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". Апробація результатів також була проведена на виставково-інноваційному полігоні НААН в с. Ксаверівка, Київської області.

Аналітичні дослідження виконували в атестованій лабораторії інструментальних методів досліджень ґрунтів, стандартизації та метрології Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» (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: вміст органічного вуглецю за ДСТУ 4289:2004, гранулометричний склад за ДСТУ 4730:2007, вміст обмінних кальцію, магнію, натрію і калію — за ДСТУ 7861:2015, рН водний за ДСТУ 8346:2015.

Польові дослідження проводили відповідно до чинних нормативних документів: польовий опис ґрунту – за ДСТУ ISO 25177:2015, опис ґрунтових профілів – за ДСТУ 7535:2014, відбирання проб ґрунту – за ДСТУ 4287-2004, діагностування еколого-генетичного статусу ґрунту – за ДСТУ 7844:2015.

Результати математичної та статистичної обробки аналітичних та просторових даних, виконані з використанням програм ArcGIS, R-Studio, Microsoft Excel, QGIS; даних дистанційного зондування Землі (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 базується на

взаємозв'язках між ґрунтами, факторами і процесами ґрунтоутворення які входять до рівняння в якості змінних предикторів. Рівняння має в собі наступні змінні: ґрунт, клімат, живі організми і рослинний покрив, рельєф, материнську породу, фактор часу, просторову та географічну позиції. Роботи виконувалися мовою програмування R удосконалення R-скрипту, розробленого при створенні національної карти органічного вуглецю та доопрацьованого згідно методик ФАО, з використанням програмного забезпечення R-studio. Для створення карти органічного ґрунтового вуглецю (ОГВ) використано алгоритм машинного навчання Random Forest. невизначеність моделі була оцінена параметрами: коефіцієнт детермінації моделі (R^2) і середня квадратична похибка (RMSE).

Картографування засолених ґрунтів Харківської області проведено згідно із рекомендацій та методик ФАО та ГПП для всіх країн світу та адаптовано для умов регіону. Для виконання моделювання за рекомендаціями ФАО використовувались програмне забезпечення: R; QGIS; R-studio; ILWIS. Проведено машинний аналіз для вибору найкращого алгоритму моделювання даних. За показниками R^2 та RMSE машинного аналізу було обрано результуючу модель Cubist.

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДИКИ ВЕЛИКОМАСШТАБНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ҐРУНТІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ІНФОРМАТИВНОСТІ

Методичною специфікою роботи є попереднє створення у підготовчий період гіпотетичної карти-версії з віртуальними ґрунтовими контурами на основі архівних матеріалів із сучасною їх інтерпретацією, топографії місцевості згідно цифрової моделі рельєфу (ЦМР) та результатів аерофотозйомки.

На практиці, при освоєнні методики великомасштабного обстеження (картографування), постає питання про обстеження окремих полігонів, що в силу особливостей використання не потрапляють під поняття великомасштабності, тобто більше за 1:10 000. Дослідні поля передбачено обстежувати у більш детальному масштабі, що обумовлює певні методичні особливості. Рекомендується безпосереднє використання даних ДЗЗ. Процес включає в себе: Пошук найбільш вдалого космічного знімку даної території або використання результатів аерофотозйомки високої роздільної здатності. На основі даних знімків, розробляється картографічна основа, що за тональністю зображення дає можливість оконтурювання існуючих елементів мікрорельєфу. Ця основа є передумовою для розроблення попереднього номенклатурного списку і карти-версії ґрунтового покриву.

Після виготовлення карти-версії ґрунтового покриву визначено мінімально необхідний набір аналітичних робіт, який дозволяє уточнити еколого-генетичний статус виділених ґрунтів. Картографування здійснюється шляхом дешифрування гіпотетичної карти-версії і закладанням мережі ґрунтових розрізів. Місцезнаходження майбутніх ґрунтових розрізів визначається у підготовчий період згідно маршрутного ходу з урахуванням генетично-морфоскульптурних особливостей. Причому розміщення повинно носити систематичний характер відповідно походження елементів мікрорельєфу для охоплення мікроформ, не відображених на даних ДЗЗ.

Розроблений 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 верифікований в умовах Виставково-інноваційного полігону НААН (с. Ксаверівка, Київської обл.), який характеризується значною кількістю западин різного розміру, що розміщені нерівномірно, де чітко простежується три умовні "лінії" у напрямі з півдня на північ і одна перпендикулярна до них в північній зниженій частині, що узгоджується з термокарстовою теорією їх походження. На топографічній карті більшість морфоскульптур була відсутня, що пояснюється незначними розмірами знижень, за окремими винятками. Аерофотозйомка з дистанційно керованого літального апарату, проведена навесні, дозволила виявити біля 80% западинних морфоскульптур. Цього було достатньо для розроблення карти-версії земельної ділянки, передбачення відповідних маршрутів зйомки та місць ґрунтових розрізів й точок відбирання проб. Вибір місць ґрунтових розрізів й точок відбирання проб проведено за такою системою: міжзападинний вододіл, днище западини (в найбільших – і периферія). На час проведення дослідження на земельній ділянці були розміщені досліди, тому було відібрано щонайменше одну пробу для кожної дослідної ділянки, не відхиляючись від напряму маршрутного ходу. За результатами вивчення архівних ґрунтового-картографічних матеріалів для суміжних земельних ділянок було встановлено наявність у ґрунтовому покриві лучно-чорноземних карбонатних ґрунтів. Значний перепад висот у межах досліджуваного полігону у поєднанні з дренажною канавою на північ від полігону говорить 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 забезпечило добру інформативність створеної карти. На ній виділено вісім основних видів ґрунтів, кожен з яких має селективні значення як власне ґрунтових, так і агрохімічних показників.

Кожний віртуальний ґрунтовий виділ на карті-версії був ідентифікований закладенням ґрунтових розрізів. Крім зареєстрованих ґрунтових розрізів і прикопок, методикою допускається закладення нереєстрованих прикопок, для уточнення контурів ґрунтових виділів, якщо вони не співпадають із картою-версією.

ІНФОРМАЦІЙНО-КОМУНІКАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ҐРУНТОВИХ ДОСЛІДЖЕННЯХ І КАРТОГРАФУВАННІ ҐРУНТІВ

Запроваджено інформаційні-комунікаційні технології в ґрунтознавстві. Застосування мобільного пристрою (смартфон) при польових роботах із застосуванням он-лайн режиму для передачі даних безпосередньо через Інтернет-мережу. Для виконання робіт використано мобільний додаток Collector for ArcGIS

для збору польових даних разом із оснащеним GPS-приймачем мобільним пристроєм з операційною системою Android.

Для виконання робіт використано програмне забезпечення та обладнання: ArcGIS Desktop 10 і вище; ArcGIS Online з організаційним обліковим записом (акаунтом); Collector for ArcGIS від ESRI; Мобільний пристрій з операційною системою Android (планшет або смартфон).

Розроблено модель збору даних у вигляді файлової бази геоданих (БД) для збору інформації в польових умовах. Ґрунтові розрізи, позначалися точковим типом об'єктів, включають інформацію як про сам ґрунтовий профіль, так і про відібрані проби ґрунту та іншу допоміжну інформацію. Визначено перелік параметрів, що увійшли до моделі БД: Ід об'єкту, № точки, тип точки (розріз, прикопка, інше), координати розташування (географічна система координат WGS84), глибини відбору зразків, морфолого-генетичний опис профілю, попередня назва ґрунту додаткова інформація, фотозображення профілю (табл. 1). Існує можливість доповнення параметром аудіофайлу (наприклад, аудіозаписом опису розрізу).


Модель збору даних розміщена як веб-сервіс у середовищі ArcGIS. через картографічний веб-сервіс на власному ArcGIS Server або ArcGIS Online (який є сервером з хостингом від ESRI). 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.

В результаті використання інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) в ґрунтознавстві визначено методичні особливості: розробка бази геоданих в підготовчий період; представлення карти в хмаровому сховищі через ArcGIS Online та її використання для збору польових даних через мобільний пристрій; 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; синхронізація та співставлення одержаних результатів в як в польових, так і в камеральних умовах, планування робіт через аналіз властивості сукупності GPS-супутників на період часу збору польових даних для більш точної прив'язки об'єктів.

ВЕРИФІКАЦІЯ ІНОВАЦІЙНИХ МЕТОДІВ ЦИФРОВОГО КАРТОГРАФУВАННЯ ҐРУНТІВ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Цифрове картографування органічного ґрунтового вуглецю (на прикладі Харківської області). Вхідними даними для створення карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах Харківської області стала Глобальна карта ОГВ на основі даних Національної карти запасів ОГВ в ґрунтах України, що була розроблена на базі ННЦ "ІА імені О.Н. Соколовського". 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, в яку увійшло 838 точок. Розподіл значень запасів ОГВ спостерігається до $38,6 \text{ кг/м}^2$, що в перерахунку в тонах на гектар – до 386. Середнє значення складає близько 86 т/га у шарі 0-30 см.

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, 20-30, 40-50, 60-70	<p>He (0 – 18 см) – гумусовий елювіований, темно-сірий з білесим відтінком, слабоущільнений, грудкуватий, середньосуглинковий, перехід ясний за кольором;</p> <p>Hі(18 – 40 см) – гумусований слабоілювіований, темно-сірий, дуже щільний у сухому стані, призма видно-грудкуватий, середньосуглинковий, перехід поступовий</p> <p>Hр(i)/k (40 – 60 см) – верхній перехідний, сірий з буруватим відтінком, менш ущільнений, рідкі кротовини, скипання з 50 см, перехід поступовий.</p> <p>РНк (60 – 79 см) – нижній перехідний, бурувато-сірий, неоднорідний, окремі кротовини, перехід ясний;</p> <p>Р(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.	

Підготовлені карти-предиктори (або коваріати) навколишнього середовища відповідно до методології цифрового картографування ґрунтів. Створений набір растрів шляхом підготовки цифрової ґрунтової карти Харківської області, обробки даних ДЗЗ і даних про рельєф. Проведено аналіз вкладу коваріат в результуючу модель та виділено із вибірки найменш впливові. Оновлена цифрова карта ґрунтів Харківської області була створена на основі матеріалів великомасштабного обстеження України 1957-61 рр. та уточненням і удосконаленням даних матеріалів, а також приведенням до сучасної класифікації ґрунтів України. За матеріалами цифрової карти ґрунтів, отримані додаткові карти-предиктори: гранулометричного складу (трансформовані в карту вмісту фізичної глини), материнської породи. Одною з основних карт-предикторів була ЦМР SRTM 1 Arc-Second Global з просторовою роздільною здатністю 1 арксек. Із цифрової моделі рельєфу за допомогою SAGA GIS та ArcGIS 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. В якості базового шару земного покриву був обраний продукт Європейського Космічного Агентства CCI land cover з роздільною здатністю 300 м. У якості супутникових даних були використані знімки спектральних сенсорів MODIS.

Кліматичні дані були отримані двома шляхами: були зібрані дані 137 метеостанцій по всій Україні; були розраховані середні багаторічні значення опадів (загальної та за теплий період) та суми температур за теплий період (травень-вересень) за 100 років спостережень. З цих значень для кожної метеостанції були розраховані значення гідротермічного коефіцієнту Селянинова (ГТК). Далі методом інтерполяції обернено-зважених відстаней були створені растрові шари опадів, температур та ГТК. Завантажені шари даних World Climate Data середньомісячних температур та опадів з роздільною здатністю 1 км. Для створення результуючих растрів використані шари температур і опадів за теплий та холодний періоди року, а також ГТК.

Просторове моделювання виконувалось мовою програмування R шляхом доопрацювання та удосконалення R-скрипту, розробленого при створенні національної карти органічного вуглецю в ґрунтах України. Для просторового моделювання розподілу запасів ОГВ використаний алгоритм Random Forest. Встановлено, що даний алгоритм є найбільш якісним завдяки свої відносній простоті в моделюванні та навантаженні на технічні засоби в поєднанні з високим коефіцієнтом детермінації моделі. Значення запасів ОГВ показали просторову кореляцію. Використано метод кригінгу для моделювання просторового розподілу запасів ОГВ для отримання кінцевого варіанту карти. В результаті отримано карту запасів органічного ґрунтового вуглецю Харківської області з просторовою роздільною здатністю 1×1 км (рис. 1).

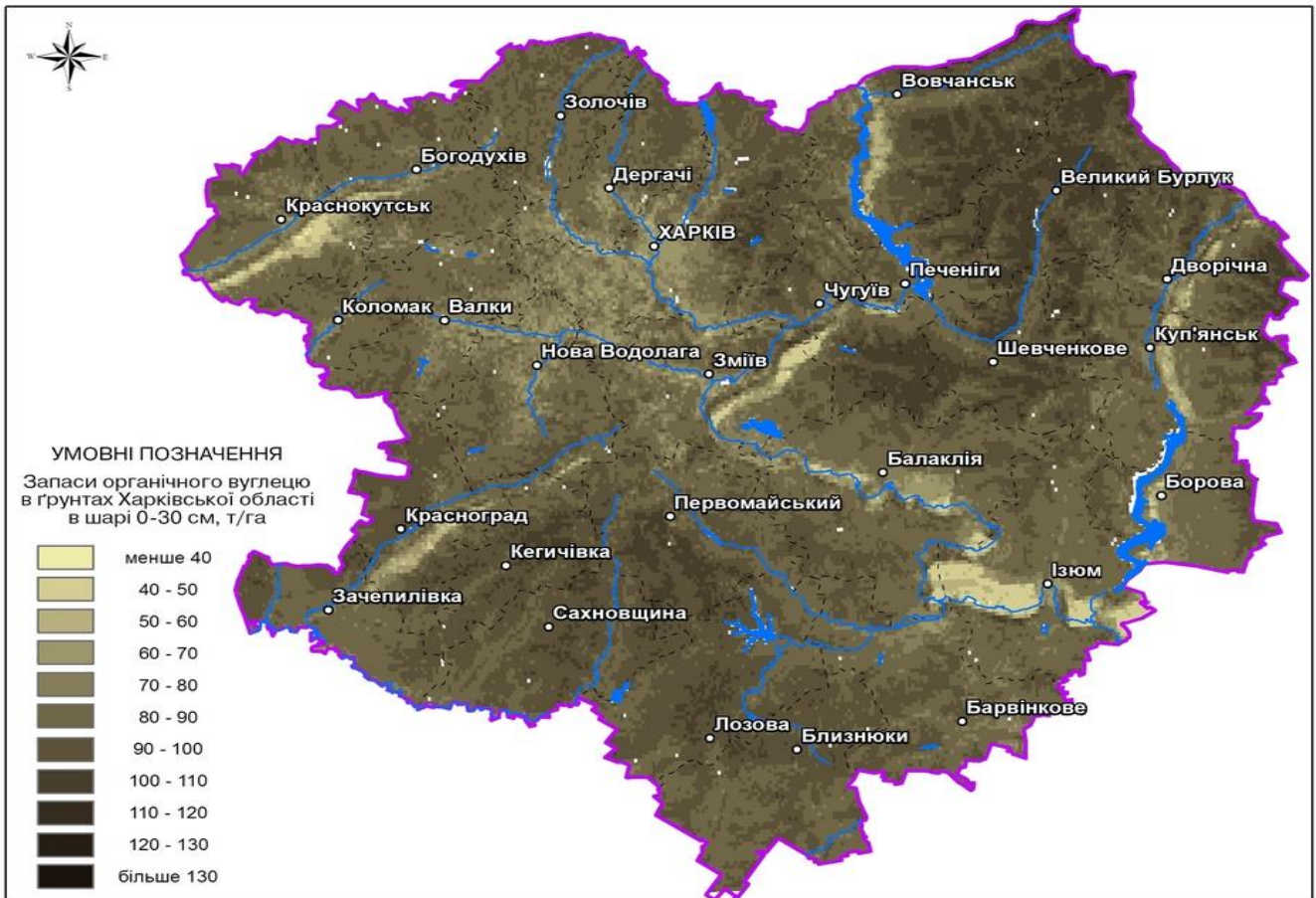


Рис. 1 Карта запасів ОГВ Харківської області

Невизначеність моделі була оцінена через коефіцієнт детермінації моделі $R^2 = 0,61$ та середньоквадратичну похибку $RMSE = 1,61$. Результат показав що модель прийнятна та відповідає поставленим задачам.

Цифрове картографування засолених ґрунтів (на прикладі Харківської області). Картографування засолених ґрунтів адміністративної області (Харківської області) із використанням передових методів моделювання виконане вперше в Україні. Використано дані відділу ґрунтових ресурсів ННЦ «ІГА імені О.Н.Соколовського» засоленості ґрунтів; використано дані факторів (географічні, орографічні, кліматичні та ін.) у якості карт-предикторів, що теоретично і практично можуть впливати на стан засоленості; удосконалено та адаптовано алгоритми моделювання для території Харківської області.

Точки місць відбору проб із сумою солей та координатною прив'язкою – вхідні дані, для карти засолення. Через важливу роль відграє глибини засолення. створено два варіанти карт засолення: на глибині 0-30 см; на глибині 30-100 см. Відібрано 337 точок відбору проб із координатною прив'язкою для глибин до 30см.

Просторовий розподіл ґрунтових зразків на глибині 0-30 см вказав, що тільки 45 точок мають показники засолення, з них тільки 21 зразок має значення більше 0,2, що є мінімальним значенням ступенем засоленості за національною класифікацією. Відібрано 154 проби на глибині 30-100 м. Лише в 17-ти із 154-х було виявлено засолення. Точкам, що не мали жодних значень, було присвоєно умовні значення 0,1.

Карти-предиктори (або коваріати) отримувались двома шляхами: побудовою растрових зображень зі значеннями вже існуючих карт солонцюватості, кислотності, кількісних та якісних показників засоленості ґрунтів тощо; Використанням різноманітних даних ДЗЗ, починаючи від ЦМР, закінчуючи кліматичними даними. За допомогою програмного середовища QGIS та ArcGIS були створені растрові карти-предиктори.

На основі карти ґрунтів України, були виділені контури ґрунтів за характером засолення. Таким чином, було отримано карти солонцюватості, хлоридно-натрієвого та змішаного засолення. В додаток до цих карт створена растрова карта кислотності ґрунтів. Інший блок предикторів включив в себе дані дистанційного зондування землі характеристик земної поверхні. Дані ДЗЗ отримані із ресурсів Європейського космічного агентства (ESA) та Американської державної геологічної служби (USGS). Серед них: ЦМР; класи землекористування; довжина та крутизна схилу; повздожня кривизна; глибина долин; вертикальна відстань до мережі тальвегів. Третій блок карт-предикторів являє собою комплекс кліматичних даних: середніх багаторічних температур в теплий період; середніх багаторічних температур в холодний період; середньої багаторічної кількості опадів в теплий період; середньої багаторічної кількості опадів в холодний період; максимальних температур; мінімальних температур; максимальної кількості опадів; мінімальної кількості опадів; вегетаційних сезонів, складена на основі даних карти вегетаційних сезонів України. Також увійшли дані, створені на основі ЦМР.

На основі даних і рекомендації ФАО по картографуванню засолених ґрунтів удосконалено та адаптовано програмний скрипт для програмної обробки та моделювання даних програмною мовою R через R-studio. Алгоритм включає загрузку, обробку, виділення великих масивів даних із подальшим визначенням ступенем значимості кожного предиктора. Проведено машинний аналіз для вибору найкращого алгоритму моделювання даних. Найкращі результати показали три моделі: Random Forest ($R^2 = 0,711$; RMSE = 0,268), Cubist ($R^2 = 0,709$; RMSE = 0,262) та Ranger ($R^2 = 0,722$; RMSE = 0,268). Проведено моделювання за трьома вищеописаними моделями. Через різницю алгоритмів моделей були отримані різні результуючі карти. Найбільш якісний результат показала модель Cubist. Завершенням роботи моделі є: визначення предикційної карти, об'єднання карти та набору даних валідації, а також експорт фінальної карти для шару 0-30 см. Аналогічним чином створена карта засолення для шару 30-100 см (рис. 2).

Для оцінки точності карт було виконано моделювання невизначеності та створено карти невизначеності ступеню засолення Харківської області для шарів 0-30 та 30-100 см. Показник невизначеності склав менше 5%. Це вказує на те, що точність моделі висока.

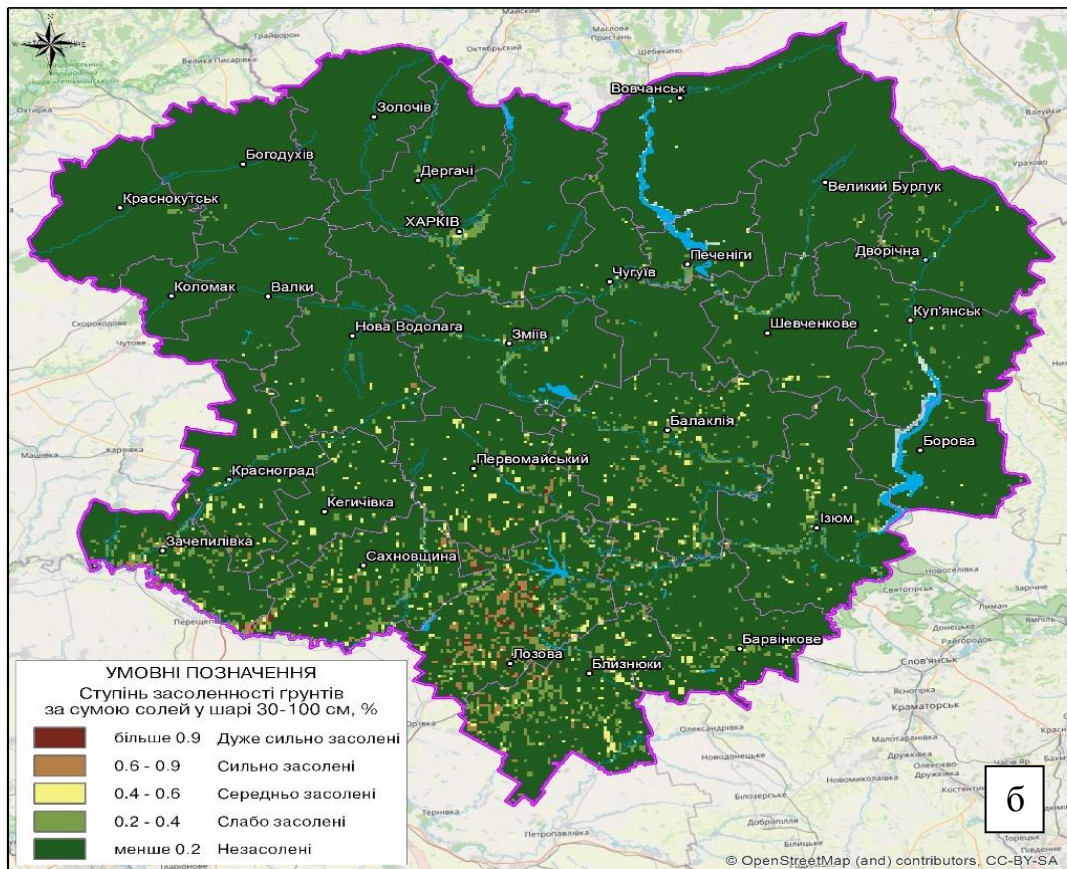
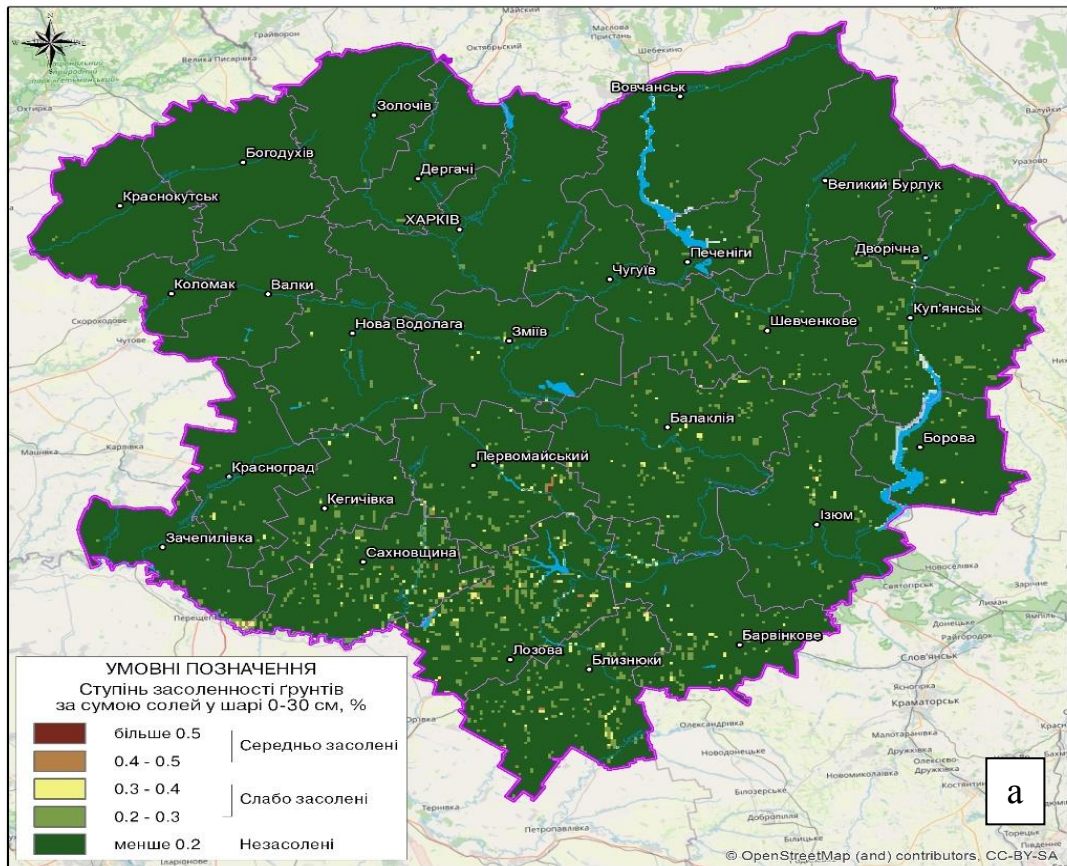


Рис. 2 Карти ступеню засолення ґрунтів Харківської області:
а) в шарі 0-30см; б) в шарі 30-100 см

СЕКВЕНТНІСТЬ ҐРУНТІВ ТА СУЧАСНА ІНФОРМАЦІЯ, ЯК НАУКОВА ОСНОВА РОЗРОБЛЕННЯ ЦИФРОВОЇ КАРТИ ҐРУНТОВО-ЕКОЛОГІЧНИХ РЕСУРСІВ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ МАСШТАБУ 1:250 000

Для розробки моделі персональної бази даних як основи для карти ґрунтових ресурсів Харківської області, створено первинну персональну базу, яка використана для зберігання інформації щодо характеристик ґрунтового покриву та складена класифікаційна схема. Проектна база даних має трирівневу класифікаційну схему з десятьма основними класами і сімома допоміжними на найбільш загальному рівні, що поділяються на багато підкласів. Найбільш загальний рівень має десять класів: Назва ґрунту; Шифр; Індекс; Гранулометричний склад; Ксероморфність; Оглеєність; Засоленість; Ґрунтоутворюючі породи; КВАГ; КПНГ. Для отримання ґрунтової інформації необхідного масштабу були використані ґрунтові карти, розроблені за результатами великомасштабних обстежень ґрунтового покриву. Дані обстеження були проведені в Україні протягом 1957–1961 рр. і на їх підставі розроблений комплекс карт ґрунтів різного масштабу. 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 "ІГА імені О. Н. Соколовського". Польовими дослідженнями охоплено більше половини районів області. Для неохопленої території області були використані ґрунтові дані фонду відділу ґрунтових ресурсів ННЦ "ІГА 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. (Рис. 3) 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.

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 покриву, також відображено особливість розподілу опадів, температур в вегетаційний сезон через ГТК. Згідно ґрунтово-екологічному районуванню відображено зональність у вигляді зон, підзон, фацій та провінцій.

Назви ґрунтів приведено до сучасної класифікації ґрунтів України. В результаті було отримано 30 типів ґрунтів безпосередньо, 4 типи що відображаються тільки в комплексі, і окремо виходи (відслонення) порід.



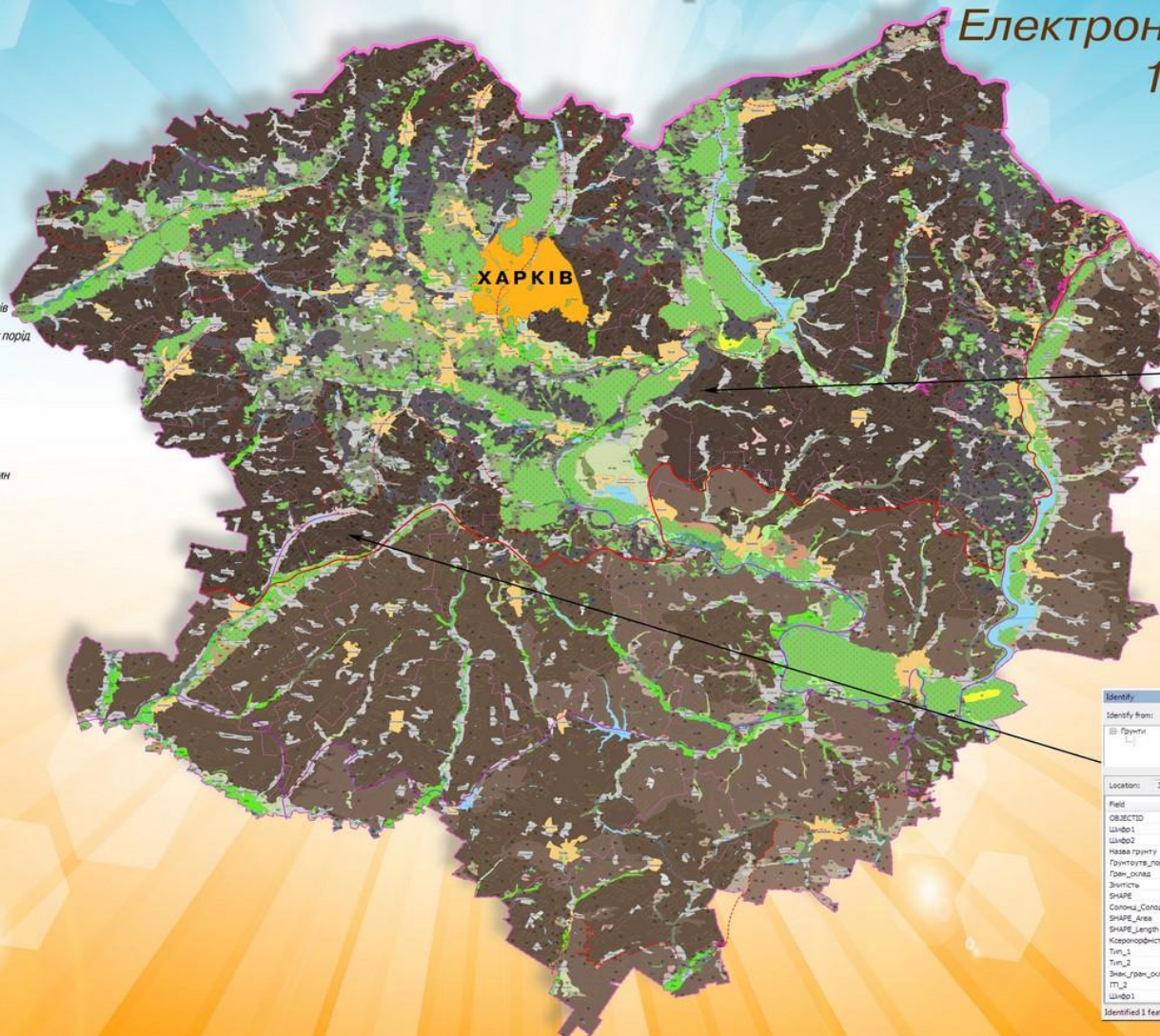
Національний науковий центр
«Інститут ґрунтознавства та агрохімії
імені О.Н. Соколовського»

Ґрунтово-екологічні ресурси Харківської області

Електронна карта
1:250 000

Ґрунти

- 1 Дернові опідзолени на давньоалювіальних відкладах
- 2 Дернові опідзолени оглеєні
- 3 Сірі лісові
- 4 Темно-сірі опідзолени
- 5 Чорноземи опідзолени
- 6 Чорноземи типові середньогумусні
- 7 Чорноземи звичайні середньогумусні глибокі
- 8 Чорноземи звичайні середньогумусні
- 9 Чорноземи звичайні малогуmusні
- 10 Чорноземи солонцюваті на щільних глинах
- 11 Чорноземи звичайні переважно щебенюваті на еловій пісковиків
- 12 Чорноземи звичайні карбонатні на еловій щільних карбонатних порід
- 13 Чорноземи зв'язно-піщані і супіщані
- 14 Чорноземи і глинисто-піщані і супіщані
- 15 Лучно-чорноземні
- 16 Лучно-чорноземні солонцюваті
- 17 Лучно-чорноземні глибоквилуговані (осолоділі) ґрунти западин
- 18 Чорноземно-лучні
- 19 Чорноземно-лучні солонцюваті
- 20 Лучні
- 21 Лучні солонцюваті
- 22 Лучно-болотні
- 23 Лучно-болотні солонцюваті
- 24 Болотні
- 25 Болотні солонцюваті
- 26 Торфувато-болотні
- 27 Торфопо-болотні
- 28 Торфоваща низинні
- 29 Псамміземи
- 30 Псамміземи оглеєні
- 31 Солонці чорноземні (в комплексі)
- 32 Солонці лучно-чорноземні (в комплексі)
- 33 Солонці чорноземно-лучні (в комплексі)
- 34 Солоді лучно-чорноземні (в комплексі)
- 35 Виходи порід
- Ксероморфні у комплексі з еродованими



Field	Value
OBJECTID	4194
шифр1	6
шифр2	<null>
Назва ґрунту	Чорноземи типові середньогумусні
Ґрунтоутв_подов	L
Глиб_орна	Гепчорозимий
Зміст	-
SHAPE	Polygon
Сполуч_Сполуч	<null>
SHAPE_Area	0.009339
SHAPE_Length	1.393564
Корозійність	<null>
Тит_1	43
Тит_2	<null>
Знач_ґрун_орна	1
ПТ_2	<null>
шифр1	6

Identified 1 feature

Рис. 3 Цифрова карта 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 впливу фактору рельєфу, 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 – слабоксероморфні – 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 покриву, було визначено картографічні спектри та проведено їх верифікацію.

В результаті, на базі відділу ґрунтових ресурсів ННЦ "ІА імені О.Н.Соколовського" було створено нову цифрову карту ґрунтово-екологічних ресурсів Харківської області на основі секвентності ґрунтів в базовому масштабі 1:250 000 та розроблено макет компоновки для масштабу 1:250 000.

Детальність карти визначає мінімальний розмір контуру, що зчитується з карти. Якщо вважати мінімальним розміром ґрунтового контуру 0,5 см² на карті, то для карти із масштабом 1:250 000 цей показник складає відповідно 3,125 км².

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 покриву та екологічні (кліматичні) умови в межах Харківщини.

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 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 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 файлову базу даних; можливість використання для потреб велико-, середньо- і дрібномасштабних, а також частково детальних обстежень ґрунтового покриву.

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 покриві 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).

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

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 дистанційного зондування;

– 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 для об’єктивної 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 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. Zalavskiy, V.V. Lebed, O.I. Sherstyuk, O.M. Bihun, I.V. Plisko, S.G. Nakisko. *Agrochemistry and Soil Science*. 2019. Вип. 88. Р. 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. Р. 213-222 (організація та планування наукового експерименту, розробка та створення картографічного матеріалу).

5) Створення національної карти запасів органічного вуглецю в ґрунтах України / Пліско І.В., Бігун О.М., Лебедь В.В., Накісько С.Г., Залавський Ю.В. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Харків, 2018. Вип. 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 / International Scientific Conference "Eastern European Chernozems - 140 years after V. Dokuchaev", 2-3 October 2019, Chisinau, 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. научно-практ. конф. молодых ученых (Минск, 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*. Спецвипуск до ІХ з'їзду УТГА (Миколаїв, 30 червня - 4 липня 2014 р.). 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 / Всеукраїнський науково-практичний круглий стіл для молодих вчених «Теорія і практика інноваційних розробок молодих вчених у ґрунтово-агрохімічній науці» (Харків, 18-19 травня 2017 р.). 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. Миколаїв, 2012. С. 19 - 21.

11) Білівець І.І., Залавський Ю.В. Особливості картографування опідзолених ґрунтів Лісостепу / Матеріали конф. «Екологізація сталого розвитку і ноосферна перспектива інформаційного суспільства», 2-4 жовтня 2013 р. Харків, 2013. С. 16 (обґрунтування теоретичних та практичних аспектів, аналіз даних, написання тез).

12) Soil mapping with magnetic methods at the agriculture lands of Pechenigy, Ukraine / Menshov O., Kruglov O, Zalavskiy Y., Suhorada A. / Abs. conf. «New Trendson on Paleo, Rock and Environmental Magnetism, 16-th Castle meeting» (10-16 June 2018, Checiny, Poland). Warsaw, 2018. Vol. 423 (C-112). P. 97-98. DOI: 10.25171/instGeoph_PAS_Publs-2018-050 (*польові експериментальні дослідження, картографічні роботи*).

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації

13) Создание национальной карты запасов органического углерода в почвах Украины с использованием цифровых методов почвенного картографирования / Вяткин К.В., Залавский Ю.В., Бигун О.Н., Лебедь В.В., Шерстюк А.И., Плиско И.В., Накисько С.Г. Почвоведение и агрохимия. Алматы: КНИИПА им. У.У. Успанова, 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 / Канівець С.В., Волков П.О., Лебедь В.В., Білівець І.І., Залавський Ю.В., Коростін О.В., Шигимага І.Л. Вісник ХНАУ імені В.В. Докучаєва. 2016. №1. 2016. С. 82-87 (*польові дослідження, аналіз даних, картографічні роботи*).

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

АНОТАЦІЯ

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

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук за спеціальністю 03.00.18 «Ґрунтознавство» (Біологічні науки). – Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського», 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. Визначено методичні особливості використання ІКТ та застосовано інформаційно-комунікаційні засоби в дослідженні ґрунтів.

Досліджено та адаптовано для умов України сучасні світові методики цифрового ґрунтового картографування (на прикладі Харківської області). 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.

Вперше розроблено карту ступеню засолення ґрунтів Харківщини шляхом моделювання методами ЦКГ. Ступінь засоленості визначався на двох глибинах: 0-30 см і 30-100 см. Визначено можливість використання світової методики цифрового картографування засолених ґрунтів за використання даних не тільки засолених, а й не засолених ґрунтів, як фонових даних. Для оцінки ступеню засолення ґрунтів використано модель Cubist. Валідація карт запасів ОГВ та ступеню засоленості ґрунтів показала добру точність моделей даних карт.

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. 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 – слабоксероморфні – середньоксероморфні – сильноксероморфні тощо. 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).

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

SUMMARY

Zalavskiy Yu. V. Methodical and applied principles of large-scale soil maps development (on the example of Kharkiv region). – 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 digital soil mapping (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 reserves 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, which is 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).

АННОТАЦИЯ

Залавский Ю. В. Методические и прикладные основы разработки разномасштабных карт почв (на примере Харьковской области). – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 03.00.18 «Почвоведение» (Биологические науки). – Национальный научный центр «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского», Харьков, 2021.

Диссертационная работа является законченным научным исследованием методических и прикладных основ разработки разномасштабных карт почв (на примере Харьковской области).

Усовершенствована методика крупномасштабных исследований почв путем внедрения новых технологий и методических подходов. Определены методические основы детального почвенного обследования.

Разработаны и верифицированы новые подходы к обследованию и картографированию почв. Определены методические особенности использования ИКТ в исследовании почв. Разработана и апробирована методика применения ИКТ.

Исследованы и адаптированы для условий Украины современные мировые методики цифрового почвенного картографирования (на примере Харьковской области). Валидация карт запасов почвенного органического углерода (ПОУ) и степени засоленности почв показала хорошую точность моделей данных карт, $R^2 = 0,61$ и $RMSE = 1,61$. Автоматизированный анализ показал, что наиболее качественная модель для запасов ПОУ – Random Forest. Карта запасов ОГВ показала, что наибольшие запасы ПОУ сконцентрированы в северо-восточной части области на отрогах Среднерусской возвышенности, а в почвенном покрове преобладают черноземы типичные и приурочены к лесостепной почвенно-экологической зоне. Повышение запасов ПОУ также наблюдается в юго-западной части области, что объясняется преобладанием черноземов обычных тяжелого гранулометрического состава. Снижение запасов ПОУ имеет также определенные закономерности и наблюдается на террасах рек, объясняется "облегчением" гранулометрического состава.

Впервые разработана карта степени засоления почв Харьковщины путем моделирования методами ЦКП. Причем степень засоленности определялся на двух глубинах: 0-30 см и 30-100 см. Для оценки степени засоления почв использована модель Cubist, показавшая наиболее высокую точность ($R^2 = 0,709$; $RMSE = 0,262$). Определена дееспособность использования мировой методики цифрового картографирования засоленных почв при использовании данных не только засоленных, а и не засоленных почв, как фоновых данных.

Разработаны методические основы и алгоритмы создания цифровой карты почвенно-экологических ресурсов Харьковской области. Уточнены почвенные контура, противоречащие секвентности почвенного покрова.

Выявлены следующие последовательности: черноземы типичные – черноземы оподзоленные – темно-серые оподзоленные – серые лесные почвы; черноземы типичные (или обыкновенные) – лугово-черноземные – черноземно-луговые – лугово-болотные; и т.п. Верифицированы разработаны методики для картографирования почвенно-экологических параметров. Созданная на основе применения данных методик цифровая карта почвенно-экологических ресурсов Харьковской области позволяет провести более полную оценку почвенных ресурсов за счет большей точности и использованию новых диагностических критериев (на количественной основе).

Ключевые слова: крупномасштабные исследования почв, почвенно-экологические ресурсы, детальное обследование почв, информационно-коммуникационные технологии, карта засоления почв, карта органического углерода, цифровое картографирование почв.