

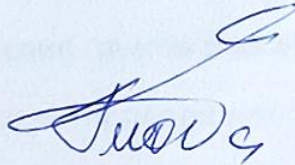
Міністерство освіти і науки України
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ННІ «Інститут геології»
Кафедра геоінформатики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА
спеціальність 193 – Геодезія та землеустрій
освітня програма «Оцінка землі та нерухомого майна»

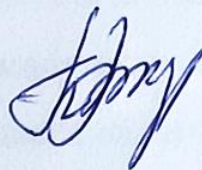
ТЕМА: «Проведення якісної оцінки ґрунтів за допомогою геоінформаційних технологій та засобів ДЗЗ»

Виконала



студентка 4-го курсу
кафедри геоінформатики
Глоба Ольга Василівна

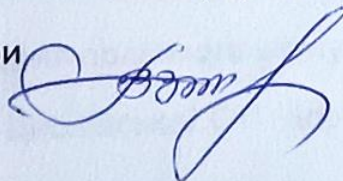
Науковий керівник



д. с.-г. н., доцент
Трофименко Петро Іванович

Робота рекомендується до захисту (протокол № 14 засідання кафедри
геоінформатики від 13.06.23р)

Завідувач кафедри



д. т. н., професор
Зацерковний Віталій Іванович

Київ – 2023

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	3
ВСТУП	4
1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ БОНІТУВАННЯ ТА ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ ҐРУНТІВ	8
1.1. Огляд нормативно-правових актів України з бонітування ґрунтів та використання даних бонітування	8
1.2. Історія бонітування ґрунтів в Україні та аналіз існуючих методик	13
1.3. Аналіз наукової літератури з бонітування та якісної оцінки ґрунтів в Україні	22
1.4. Закордонний досвід бонітування ґрунтів та якісної оцінки орних земель	26
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ ТА БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ	33
2.1. Аналіз можливостей методів ДЗЗ при якісній оцінці ґрунтів	33
2.2. Впровадження засобів ГІТ та ДЗЗ до традиційних методик оцінки якості ґрунтів	36
2.3. Дистанційне визначення пошкоджених внаслідок воєнних дій ділянок ґрунтового покриву за допомогою засобів ГІС та ДЗЗ	39
3. ПРОВЕДЕННЯ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ РІЛЛІ НА ТЕРИТОРІЇ ЦИБЛІВСЬКОЇ ОБ'ЄДНАНОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЗАСОБАМИ ГІС ТА ДЗЗ	46
3.1. Наповнення ГІС-проекту якісної оцінки ріллі та геопросторовий аналіз зібраних даних	46
3.2. Встановлення взаємозв'язку між попередніми результатами бонітування ґрунтів та даними ДЗЗ на тестових ділянках – створення моделі визначення балів бонітету	51
3.3. Верифікація розробленої моделі дистанційного визначення балів бонітету на ґрунтах Циблівського, Пологи-Яненківського та Світанківського старостинських округів	58
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66
ДОДАТКИ	73

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГІС – геоінформаційні системи;

ГІТ – геоінформаційні технології;

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі;

ЗУ – закон України;

ОТГ – об'єднана територіальна громада.

ВСТУП

Актуальність роботи. Бонітування, як складова якісної оцінки ґрунтів, грає велику участь у функціонуванні українського ринку землі, у першу чергу земельних ділянок сільськогосподарських земельних угідь. У зв'язку з швидким розвитком ринку земель сільськогосподарського призначення після скасування мораторію на їх продаж виникає нагальна потреба у проведенні нормативної грошової оцінки земельних ділянок, котра в свою чергу вимагає актуальних даних про якісний стан ґрунтів.

Як відомо, основою для проведення бонітування ґрунтів обирають карту з масштабом 1:10 000 чи 1:25 000, котра створюється за результатами польових досліджень. Наразі останнє великомасштабне обстеження ґрунтів на території України проводилося у 1957-1961 роках. Бонітування ґрунтів сільськогосподарських угідь повинно проводитися 1 раз на 7 років, проте для більшості областей якісна оцінка ґрунтів, що виражається в балах бонітету, востаннє здійснювалась у 1993 році. Тому дані бонітування потребують актуалізації.

На відміну від польових обстежень, застосування ГІС-технологій та методів дистанційного зондування у якісній оцінці ґрунтового покриву є менш ресурсо- та часозатратними. Тому виникає все більше ідей об'єднання традиційних методів бонітування ґрунтів, здійснення їх якісної оцінки з новітніми засобами ГІС та ДЗЗ.

Мета дослідження: проведення якісної оцінки ґрунтів за допомогою геоінформаційних технологій та засобів дистанційного зондування Землі.

Об'єктом дослідження виступають порядок проведення бонітування традиційним способом та особливості застосування засобів ГІС та ДЗЗ для проведення земельно-оціночних робіт.

Предметом дослідження є теоретико-технологічні особливості здійснення бонітування та якісної оцінки ґрунтів на сільськогосподарських угіддях (ріллі) на основі розробки та удосконалення алгоритмів використання засобів ГІС та ДЗЗ.

Досягнення мети досліджень потребує вирішення таких завдань:

- аналіз існуючих методик бонітування ґрунтів в Україні та за кордоном;
- дослідження існуючих засобів ГІС та ДЗЗ, що застосовуються під час якісної оцінки ґрунтів;
- проведення польового етапу досліджень на території старостинських округів Циблівської ОТГ Бориспільського району Київської області з метою визначення розташування посівів окремих сільськогосподарських культур;
- встановлення взаємозв'язку між якісними характеристиками посівів кукурудзи на зерно на спектрональних знімках та чинними (архівними) балами бонітету ріллі;
- верифікація розробленої моделі дистанційного визначення величини балу бонітету агропромислових груп ґрунтів відносно обраної сільськогосподарської культури.

Методи наукових досліджень, що були застосовані під час написання роботи: порівняльно-аналітичний – для розкриття сутності бонітування ґрунтів та порівняння існуючих методик бонітування в Україні та підходів до якісної оцінки ґрунтів за кордоном; абстрактно-логічний – під час узагальнення матеріалу та формування висновків; польовий – для виявлення на території дослідження посівів кукурудзи на зерно; розрахунковий – для обчислення індексу EVI, балів бонітету агропромислових груп ґрунтів (використовуючи регресійне рівняння); картографічний – для створення цифрової карти агропромислових груп ґрунтів території дослідження; математичний – під час встановлення залежності між

величинами часткових балів бонітету ріллі та середніми значеннями індексу EVI для побудови регресійної моделі.

Практична значущість отриманих результатів: побудована на основі даних дистанційного зондування Землі та внесена у середовище ГІС регресійна модель здатна визначати бали бонітету схожих за агрономічними властивостями та рівнем родючості агровиробничих груп ґрунтів.

До елементу *наукової новизни* можна віднести дослідження характеру взаємозалежності між величинами часткових балів бонітету та середніми значеннями удосконаленого вегетаційного індексу (EVI), що дозволить визначати бали бонітету дистанційним методом.

Інформаційну базу дослідження складають законодавчі та нормативно-правові акти України, що регламентують сутність та процес бонітування ґрунтів, праці вітчизняних та зарубіжних науковців з якісної оцінки ґрунтів, навчальна література та інтернет-ресурси з обраної тематики.

Особистий внесок здобувача. Кваліфікаційна робота, що є особистою науковою працею, виконана у 2023 році та включає наступні результати автора:

- оцифрування паперової карти ґрунтів Хоцьківського, Світанківського, Пологи-Яненківського та Циблівського старостинських округів Циблівської ОТГ;
- розрахунок вдосконаленого вегетаційного індексу EVI та визначення його середніх у межах агровиробничих груп ґрунтів;
- створення бази геоданих з паперовою картою ґрунтів та цифровою картою агровиробничих груп на територію дослідження, знімками Landsat 8-9, розрахованим індексом EVI;

- розробка регресійної моделі визначення балів бонітету агровиробничих груп ґрунтів дистанційним методом на досліджуваній території та формування висновків стосовно її дієвості.

Апробація результатів роботи. Основні результати дослідження були представлені на міжнародній науково-практичній конференції «Наука, освіта, технології і суспільство: світові тенденції та регіональний аспект». Головні положення дослідження на тему дипломної роботи були опубліковані у статті «Застосування спектральних індексів під час якісної оцінки сільськогосподарських угідь» (Додаток А).

Загальні відомості про структуру та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 50 найменування та 4 додатків. Загальний обсяг роботи становить 80 сторінок, у тому числі 77 сторінок основного тексту. Робота містить 4 таблиці, 12 рисунків, 3 формули.

1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧНІ ОСНОВИ БОНІТУВАННЯ ТА ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ ҐРУНТІВ

1.1. Огляд нормативно-правових актів України з бонітування ґрунтів та використання даних бонітування

У найголовнішому нормативно-правовому акті нашої країни, що регулює земельні відносини – Земельному кодексі України, поняття «бонітування ґрунтів» визначається так: «порівняльна оцінка якості ґрунтів за їх основними природними властивостями, які мають сталий характер та суттєво впливають на врожайність сільськогосподарських культур, вирощуваних у конкретних природно-кліматичних умовах» (*Земельний кодекс України, 2001*). З даного поняття формується мета бонітування ґрунтів: «отримання показників для порівняння оцінки якості ґрунтів за їхніми основними природними властивостями» (*Закон України «Про землеустрій», 2003*).

Правове регулювання бонітування ґрунтів забезпечує ЗУ «Про оцінку земель» та інші нормативно-правові акти. У ньому зазначаються ключові аспекти:

- підставою проведення даного виду оцінки земель є рішення органу виконавчої влади чи органу місцевого самоврядування (ст. 15);
- бонітування ґрунтів здійснюють юридичні особи, що є розробниками документації із землеустрою згідно правил, норм та інших нормативно-правових актів на землях сільськогосподарського призначення та лісового фонду (ст. 16);
- бонітування ґрунтів на сільськогосподарських землях має проводитися не рідше 1 разу на 7 років (ст. 16);

- результатом бонітування є технічна документація (ст. 20), котру затверджують чи надають відмову у затвердженні сільські, селищні та міські ради (ст. 23);
- розробники технічної документації з бонітування ґрунтів зобов'язані безоплатно передавати копії матеріалів у Державний фонд документації із землеустрою та оцінки земель (ст. 20) *(Закон України «Про оцінку земель», 2003)*.

Бонітування ґрунтів тісно пов'язане із землеустроєм. Згідно ст. 37 Закону України «Про землеустрій», дані порівняльної оцінки якості ґрунтів використовуються з метою розробки заходів із землеустрою щодо використання та охорони земель, збереження і підвищення родючості ґрунтів. Також у даній статті вказані критерії бонітування, що отримуються під час ґрунтових обстежень: ними виступають якісні показники ґрунтів, котрі незмінні в часі, істотно впливають на врожайність сільськогосподарських культур в певних природно-кліматичних умовах та найкраще відображають родючість ґрунтів *(Закон України «Про землеустрій», 2003)*.

Згідно Земельного кодексу України встановлюється 100-бальна замкнута шкала бонітування, де вищі бали мають ґрунти з більшою природною продуктивністю.

У Законах України «Про державний земельний кадастр» (ст. 21) та «Про оцінку земель» (ст. 5) зазначається, що відомості про бонітування ґрунтів є складовою частиною Державного земельного кадастру *(Закон України «Про державний земельний кадастр», 2011)*.

Бали бонітету враховуються при визначенні екологічної придатності ґрунтів для вирощування сільськогосподарських культур, а також втрат лісгосподарського виробництва *(Закон України «Про оцінку земель», 2003;*

Постанова КМ України «Про розміри та Порядок визначення втрат сільськогосподарського і лісгосподарського виробництва, які підлягають відшкодуванню», 1997).

Бали бонітету застосовуються при розрахунку нормативної грошової оцінки земельних ділянок на землях сільськогосподарського призначення (*Постанова КМ України «Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок», 2021*). Також вони використовуються як фактор, що впливає на ціну земельної ділянки під час зіставлення схожих земельних ділянок під сільськогосподарськими угіддями (*Постанова КМ України «Про експертну грошову оцінку земельних ділянок», 2002*).

Інформація про якість земель через бал бонітету в першу чергу цікава органам місцевого самоврядування, що представляють територіальні громади. Одним з важливих повноважень територіальних громад є виділення земельних ділянок, паїв. Закон вимагає враховувати лише розміри та місце розташування ділянок, а якість землі не враховується. Лише вказується, що розпаюванню не підлягають деградовані, малопродуктивні, техногенно-забруднені сільськогосподарські угіддя, що підлягають консервації, заболочені землі та землі, що недоцільно використовувати для сільськогосподарських нестатків. На відміну від фермерів, котрі мають фахівців, що можуть аналізувати якість своїх земель за значеннями багаторічної врожайності, територіальні громади такої інформації не мають. Для них бали бонітету агровиробничих груп є простою та доступною інформацією, яку можна легко проаналізувати.

Варто розглянути ситуацію, коли бали бонітету не відповідають реальному рівню родючості ґрунтів. У такому випадку нав'язування обов'язкового застосування результатів бонітування під час оціночних операцій спричинить негативні наслідки. Тому питання об'єктивності проведення бонітування та його

зв'язку з фактичною урожайністю і продуктивністю це важливий компонент будь-якої оцінки, де фігурує ґрунт.

На сьогодні в Україні були спроби ввести на законодавчому рівні обов'язкову паспортизацію орендованих сільськогосподарських земель. В існуючому законі про оренду якісні параметри родючості земельних ділянок фактично не враховуються. Передбачено добровільне, тобто не обов'язкове включення у договір інформації про якісний стан земельних угідь (*Закон України «Про оренду землі», 1998*).

У Порядку ведення агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки, затвердженим Наказом Міністерства аграрної політики та продовольства від 11 жовтня 2011 р. № 536, взагалі вказується, що агрохімічна паспортизація орних земель обов'язкова для всіх власників і землекористувачів та має проводитися через кожні 5 років. Проте законодавство не передбачає жодних механізмів контролю та примусу, що змушують дотримуватись цих вимог (*Наказ «Про затвердження Порядку ведення агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки», 2011*).

Варто зазначити, що будь-які регламентуючі документи з одного боку покращують та розширюють способи використання балів бонітету, а з іншого зобов'язують землекористувачів правильно обробляти та застосовувати ґрунти. Наразі це є проблемою: хоч держава створила відповідні контрольні інспекції (позитивний фактор), проте вони фактично можуть контролювати лише цільове використання ділянки та грубі видимі порушення, такі як забур'яненість, явне забруднення хімічними речовинами та побутовими відходами, несанкціоноване будівництво тощо. Майже завжди залишаються безкарними дії, що також сильно знижують родючість землі, проте законодавчо не внесені до переліку порушень, наприклад, не дотримання сівозмін на полях, не внесення добрив.

Наразі у вчених виникають питання до строку орендованих земельних ділянок, особливо сільськогосподарського призначення. Строк оренди даних земель не може бути меншим ніж 7 років (*Закон України «Про оренду землі», 1998*). Деякі наковці-грунтознавці вважають цей термін не достатнім для зацікавлення орендарів, зазвичай фермерів та агрохолдингів, у відновленні та поліпшенні орендованих земельних ділянок (паїв). На їхню думку, збільшення мінімального строку оренди може посприяти збереженню ґрунтів та відновленню їх родючості за рахунок вкладення сил та коштів орендарів, що здебільшого мають більше можливостей, ніж власники цих земельних ділянок (орендодавці).

Закон України «Про іпотеку» передбачає використання землі як застави, проте якісні показники земельної ділянки взагалі у ньому не згадуються (*Закон України «Про іпотеку», 2003*). Плата встановлюється залежно від її грошової оцінки, якісна оцінка земель чи результати бонітування фактично не присутні у даній операції. Цінність земельної ділянки, особливо сільськогосподарського призначення, може бути виражена балом бонітету, що буде корисним у кожній такого роду угоді, а також при визначенні компенсації, що виникла через псування чи погіршення якості земель. (*Трофименко, 2023*).

Отже, в Україні результати бонітування ґрунтів в основному носять інформативний характер, окрім оціночної складової. Можна стверджувати, що бали бонітування не використовуються у повній мірі через низку причин, переважно організаційного та дозвільного характеру.

1.2. Історія бонітування ґрунтів в Україні та аналіз існуючих методик

Розвиток бонітування ґрунтів (лат. – *bonitas* – «добра якість») на території України сягає давніх часів. Селяни-хлібороби шанобливо ставилися до землі, називаючи її не інакше як «матір», «годувальниця». На основі свого досвіду вони робили перші висновки про родючість ґрунтів. Головними критеріями класифікації були зовнішній вигляд (колір ґрунту, розміри часточок (фракцій)) та складність обробітку. Землероби певною мірою виконували якісну оцінку ґрунтів за ефективністю виробництва.

У XVI ст. був затверджений Помісний наказ – центральне управління, що регулювало земельні відносини та однією з функцій якого був облік земельних фондів. Опис земель здійснювався у Писцових книгах, де крім інформації про власників землі та відомостей про населені пункти були дані про земельні угіддя, рельєф, ґрунти. Земля поділялась за якістю на 4 групи: добра, середня, добре-худа та худя. Також здійснювалось посошне оподаткування (соха – міра кількості землі, залежно від її якості, місцевості), котре залежало від якісної оцінки ґрунтів: володінням із середньою якістю землі (ґрунту) площа нарізу збільшувалась на 25%, з поганим – на 50%.

Починаючи з кінця XVIII – першої пол. XIX ст. розвиток земельно-оціночних робіт відновився: вчені (М.В. Ломоносов, І.М. Комов, І.Г. Леман, М.І. Афонін) публікували все більше наукових праць та доповідей стосовно ґрунтової родючості, користі та якості землі з точки зору економіки, місце розташування чорноземів. 1838-1856 роки запам'яталися початком робіт із земельного кадастру задля перерахунку розміру тогочасного земельного податку. Кадастрова комісія з'ясовувала причини переваг одних земель над іншими на

основі інформації про склад ґрунтів, їх розташування, принципи обробітку. Зібрана інформація служила основою для складання першої карти ґрунтів європейської частини Росії, в тому числі ґрунтового покриву України, масштабом 1:8400000 з виділенням 8 видів ґрунтів (Булигін та ін., 2020).

Докучаєвський період в історії бонітування ґрунтів характеризується новими сільськогосподарськими реформами, удосконаленими знаряддями праці та бажанням розвивати зовнішню торгівлю. В.В. Докучаєв під час свого дослідження чорноземної частини Російської імперії сформував нову науку – генетичне ґрунтознавство. Разом зі своїми учнями (В.І. Вернадський, М.М. Сибірцев, К.Д. Глінка, П.П. Замятченський) він здійснив земельно-оціночні роботи у Нижньогородській (1882-1886 рр.) та Полтавській (1888-1894 рр.) губерніях, занотовуючи інформацію також про агроекологічні характеристики господарств, системи землеробства та урожайність сільськогосподарських культур.

Думка Докучаєва В.В. стосовно бонітування була революційною: дослідження мають відбуватися саме на даних про природні властивості ґрунту. У праці «К вопросу о переоценке земель Европейской и Азиатской России» він зазначає головні аспекти успішного бонітування:

- природні властивості ґрунтів – основні фактори цінності та дохідності землі, а отже вони мусять бути в основі всіх досліджень;
- природні властивості ґрунтів – найбільш надійні та незмінні в часі;
- вивчення природних властивостей ґрунту має бути чітко науковим дослідженням задля досягнення найбільш об'єктивних результатів;
- під час оцінки земельних угідь наукове вивчення природних властивостей ґрунтів (фізичні, хімічні, морфолого-генетичні, кліматичні тощо) має бути в основі всіх інших досліджень (сільськогосподарські, економічні);

- вивчення природних властивостей ґрунтів скоріше за все є єдиним способом визначення відносної цінності земель, тобто бонітування (Докучаєв, 1949).

Результатом досліджень природного покриву Нижньогородської та Полтавської губерній став природно-історичний метод оцінки ґрунтів, так званий метод Докучаєва-Сибірцева. Бонітування здійснювалося у 2 етапи: спершу вивчалися всі фізичні (гранулометричний склад, пористість, щільність тощо), хімічні (кількість поживних речовин, ступінь розчинності, визначення вмісту солей) та морфолого-генетичні (потужність гумусового горизонту та його вміст, материнські породи) властивості ґрунтів (всього близько 27 параметрів), а потім визначалися типи ґрунтів та здійснювалася їх систематизація. Для орних земель Нижньогородської губернії була застосована дана методика та отримана оцінка ґрунтів за 100-бальною шкалою. Для перевірки новоствореної методики відбулося порівняння отриманих результатів із середніми даними врожайності сільськогосподарських культур за декілька років. На той час методика Докучаєва-Сибірцева показала доволі успішні (хоча і не 100-відсоткові) результати, порівняно з іншими, такими як опитувально-статистичний метод (на основі зібраних матеріалів з опитувальних бланків волосних управлінь та землевласників про якість земель) та морфологічний Ризположенського (ігнорування фізичних та хімічних показників ґрунту) (Ступень, 2006). Ця методика теж має низку недоліків: недостатня вибірка (вивчалися ґрунти лише однієї губернії), неврахування вагових коефіцієнтів під час знаходження суми показників природних властивостей, часткова невідповідність отриманих результатів з даними врожайності культур (Сибірцев, 1951). Маючи сучасні технологічні засоби, можливості лабораторних досліджень, кваліфіковане

кадрове забезпечення, нею не доречно користуватися, проте не можна заперечувати внесок Докучаєва та Сибірцева у розвиток бонітування ґрунтів.

Земельно-оціночні роботи на західноукраїнських землях відбувалися під контролем Польщі, Австро-Угорської імперії та Чехословаччини. Чехословацький земельний кадастр був спрямований більше на геодезичні вимірювання та картографічні дослідження. Проте це також вплинуло на розвиток якісної оцінки земель в подальшому.

Польський земельний кадастр 1935 року ділив землі Галичини на 6 видів земельних угідь, котрі, в свою чергу, розбивалися на класи. Останні визначалися за певними ознаками. Наприклад, при поділі ріллі звертали увагу на кліматичні умови, особливості рельєфу, водний режим, запас поживних речовин, глибину ґрунту, можливість меліорації, середню врожайність певної культури та навіть гранулометричний склад. Всі природні властивості оцінювалися від 1 до 10 балів і потім підсумовувалися, утворювалась 100-бальна шкала, котра показувала різницю між величинами чистих доходів різних класів.

Австро-Угорський земельний кадастр («дефінітум»), запроваджений 1828 року, існував для Східної Галичини до 1939 р. та мав за собою мету оцінити 8 різних класів земель за величиною чистого доходу. Тобто оцінка землі відбувалась на основі даних про її продуктивність (у подальшому впливала на ринкову вартість сільськогосподарських культур, сіна, дерева, орендну плату за земельні ділянки) та складність обробітку (впливало на кількість найманої робочої сили). Оцінювалися рілля, пасовища звичайні та гірські, сіножаті, ліси та болота. Класифікація на 5 класів за величиною чистого доходу здійснювалась через порівняння ґрунтів з визначеним комісією еталонним на всіх земельних ділянках. Для Галичини оцінка земель за дохідністю була малою: всі орні землі не перевищували середнього показника (*Ступень, 2006*).

У 1957 р. розпочалося великомасштабне суцільне обстеження ґрунтів радгоспів та колгоспів УРСР, яке тривало 4 роки (до 1961 р.). На той час це було унікальним явищем оцінки ґрунтового покриву як складової врожайності сільськогосподарських культур. Результатами стали карти ґрунтів масштабами 1:10000 та 1:25000 та різні супроводжувальні агрономічні дані, рекомендації з підвищення родючості ґрунтів, раціонального використання земель та ін. Ці дослідження надалі стануть основою проведення бонітування ґрунтів.

Наступним вагомим кроком у розвитку бонітування ґрунтів була методика С.С. Соболева (1965 р.). 1955-ті рр. характеризувалися новим етапом масштабних земельно-оціночних робіт. У 1958 р. ним була створена загальносоюзна шкала бонітування ґрунтів, а в 1967 р. – «Загальносоюзна інструкція з бонітування ґрунтів». Саме С.С. Соболев вперше застосував статистичну парну кореляцію природних властивостей ґрунтів та урожайності сільськогосподарських культур (*Соболев и Полянский, 1965*). Дана методика включала у себе 3 етапи:

- підготовчо-камеральний: на основі зібраних матеріалів про природні властивості ґрунтів (гранулометричний склад, вологість, пористість, об'ємна маса, глибина гумусових горизонтів та його вміст, кількість поживних речовин, залягання ґрунтових вод та їх мінералізація, елементи морфологічної будови, оглеєність, еродованість, солонцюватість, рН сольової витяжки, кислотність тощо), клімат (дані багаторічної середньої температури, опадів за час вегетації, безморозного періоду) багаторічну врожайність культур у господарствах, картографічних матеріалів (карти ґрунтів різних масштабів, карти для боротьби з ерозією, карти меліорації), таблиць площ земельних угідь та землекористувачів, складалися бонітувальні шкали областей, республік. Потім відбувався парний кореляційний

аналіз діагностичних властивостей ґрунтів та відносної урожайності на головних ґрунтах, і як результат – створення місцевих та регіональних шкал бонітування за урожайністю;

- польовий: перевірка на місцевості в типових колгоспах і радгоспах коректності обласної та регіональної шкал бонітування. Потім відбувалася великомасштабна ґрунтова зйомка;
- камерально-аналітичний: заключна оцінка польових і лабораторних досліджень та відомостей щодо урожайності. Кінцеве досягнення – бонітувальна обласна чи регіональна шкала (Гаврилюк, 1974).

Методика Соболева була більш точною та детальною, порівняно з методикою Докучаєва. Вона містила шкали бонітування декількох рівнів, брала до уваги об'єктивніші природні властивості ґрунту. Стосовно застосування парної кореляції між природними ознаками ґрунтів та урожайністю сільськогосподарських культур науковці розділилися на тих, хто застосовує її (В.П. Кузьмичов), та тих, хто вважає методики бонітування за врожайністю не точними (В.В. Медведєв, І.В. Пліско).

Методика бонітування ґрунтів В.П. Кузьмичова (1970 р.) взяла за основу методику С.С. Соболева (Кузьмичов, 1969). Вона теж оцінювала властивості ґрунтів в комплексі з усіма природними та економічними умовами. Щоб в подальшому розрізнити вплив природних властивостей ґрунтів від інших факторів В.П. Кузьмичов здійснив сільськогосподарське районування, розділивши територію України на 101 райони. Останні поділялися на основі даних про клімат, рельєф, материнську породу, вологозабезпеченість, гранулометричний склад ґрунту, рівень оглеєності, кислотності, засоленості. У кожному природно-економічному районі господарства поєднували у групи за переважанням певного типу ґрунту. Таким чином створювались перші

агровиробничі групи, і саме для них розраховувався бонітет. Кузьмичовим було зібрано величезну кількість інформації про ґрунти, рельєф та врожайність сільськогосподарських культур більше ніж із 10 тис. господарств по всій країні. Результатом стали загальна (за врожайністю та валовими зборами з 1 га ріллі основної продукції зернових та технічних культур) та часткова (за врожайністю певних культур) шкали бонітування. Дана методика офіційно використовувалась протягом 20 років. Деякі науковці вважають її занадто економічною, такою, що не відображає природні властивості ґрунтів та не дозволяє відділити природну родючість від штучної.

Агроекологічна методика бонітування А.І. Сірого (1987 р.) спирається на родючість ґрунту, тобто лише на його природні властивості. Критерії родючості поділяються на основні (запаси гумусу, поживних речовин, доступної вологи) та модифікаційні (оглеєність, засоленість, солонцюватість). Також беруться до уваги технологічні властивості земельних ділянок, такі як експозиція схилу, його крутизна, розчленованість рельєфу, кам'янистість, кліматичні особливості. Загальновідомими недоліками даної методики є відсутність чітких обґрунтувань стосовно вибору еталонних показників та поправочних коефіцієнтів, а також мало масштабна польова перевірка (*Серый, 1986*).

На початку 90-тих років Л.Я. Новаковський (керівник розробки) та А.П. Канаш з Інституту землеустрою, Р.Г. Дерев'яно разом з Т.М. Лактіоновою та В.В. Медведєвим із Інституту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського УААН, А.І. Сірий та М.К. Шикуча з Національного аграрного університету об'єдналися, щоб сформувавши нову методику бонітування ґрунтів. Фактично вона розглядається як часткове бонітування та є чинною вже протягом 30 років. Методика визначає ступінь відповідності природних властивостей ґрунтів, кліматичних умов та вимог сільськогосподарських культур. Вона спирається на

результати великомасштабних досліджень 1957-1961 рр. Просторовою одиницею бонітування є агровиробнича група. У цій методиці взято за основу властивості ґрунтів, котрі розділені на основні та модифікаційні. До основних належать: вміст та глибина гумусових горизонтів, вміст фізичної глини, рН сольової витяжки та глибина оглеєних горизонтів. На думку авторів цієї методики, саме вони найтісніше пов'язані з урожайністю сільськогосподарських культур. Модифікаційними вважаються вологість, поживний режим ґрунтів, а також оглеєність, еродованість та інші вади ґрунту, які потрібно коригувати поправочними коефіцієнтами. (Новаковський і др., 1992). Останні, в свою чергу, визначені експертним шляхом, так як коефіцієнти кореляції не рахувались. Це є одним зі слабких місць методики, адже ґрунтових особливостей в кожному регіоні, що мають корелювати з сільськогосподарськими культурами, занадто багато. Додатковим недоліком також є те, що природно-сільськогосподарське районування не було оновлене згідно вимог культур до вище перелічених параметрів. Бралися старі традиційні дані, на котрі покладатися без перевірки було не доречним. Також складністю є те, що при частковому бонітуванні еталонну агровиробничу групу обирають для кожної культури у межах відповідного природно-сільськогосподарського району, а саме в зоні її оптимального росту. При розрахунку загального балу бонітету еталонний ґрунт визначається для кожного зі 198 природно-сільськогосподарських районів. Тоді як під час часткового бонітування шкал стає набагато більше: у кожному природно-сільськогосподарському районі є декілька часткових шкал бонітування (Пліско, 2019).

Наразі є пропозиції удосконалити чинну методику бонітування ґрунтів України. Так, В.В. Медведєв та І.В. Пліско пропонують трирівневу бонітувальну систему «ґрунт-клімат-поле», критеріями оцінки ґрунту в якій виступатимуть

глибина залягання гумусового та глейового горизонтів, уміст фізичної глини та гумусу, рухомих форм калію і фосфору, рівноважна щільність будови та рН. Ґрунтово-кліматичні критерії – вміст доступної вологи в шарі 0-20 см у момент появи сходів та 0-100 см у момент цвітіння і формування плоду (насінини), сума активних температур у вище зазначені періоди та гідротермічний коефіцієнт. І також задіяні технологічні параметри – клас поля, що має бути визначений у результаті технологічної паспортизації та показники деградованості (осушення, зрошення, еродованість, підкислення тощо) та окультуреності. Як стверджують самі автори, дана методика дозволить окремо оцінювати бонітети ґрунту, клімату та загальний бонітет земельної ділянки (поля), а також буде застосовано 3 еталони ґрунту відповідно. Одиницею бонітування буде ґрунтовий вид. Замість більше ніж 198 шкал бонітування буде одна єдина 100-бальна шкала для території всієї України. Бали розраховуватимуться як середнє геометричне між реальними та оптимальними параметрами, вагові коефіцієнти будуть обрані не експертним шляхом, а визначатимуться автоматично (*Медведев та Пліско, 2013*).

Інша ж група науковців на чолі з М.І. Полупаном запропонували методику бонітування ґрунтів, де основним критерієм виступає врожаність сільськогосподарських культур. Автори пропонують вирощувати їх на конкретних тестових ділянках та контролювати протягом певного проміжку часу в умовах польових досліджень. Дана методика не отримала великої уваги через недостатню кількість стаціонарних дослідів та проблем з екстраполяцією даних (*Полупан та ін., 2008*).

Принципи бонітування ґрунтів у різних методиках мають як спільні, так і відмінні риси. Параметри клімату та поправочні коефіцієнти широко та повно враховуються лише у методиках Сірого та Медведева, в той час як урожайність

сільськогосподарських культур не береться до уваги взагалі. Методики Докучаєва, Кузьмичова, Медведєва під час розрахунку балів бонітету використовують властивості ґрунту без поділу на основні та модифікаційні, всі інші автори методик при розрахунку звертають увагу лише на основні. У методиках Докучаєва та Сірого математичні розрахунки не здійснюються, у Соболева та Кузьмичова використовується парний кореляційний аналіз, у Медведєва – складні моделі розрахунку, що не обмежують кількість параметрів та введених даних.

Отже, основоположником суворо наукового бонітування ґрунтів вважається В.В. Докучаєв, чиї революційні ідеї дозволили розвиватися іншим науковцям та дослідникам. Аналізуючи положення здійснення бонітування за різними методиками, можна стверджувати, що певний час науковці намагалися або удосконалити, або відійти від Докучаєвського методу. Проте загалом основні принципи виконання бонітування збереглися дотепер. Фактично перевіреними на території України лишається 3 методики – В.П. Кузьмичова, А.І. Сірого та Л.Я. Новаковського. Остання є чинною, хоча сучасні науковці до неї мають багато питань.

1.3. Аналіз наукової літератури з бонітування та якісної оцінки ґрунтів в Україні

Дослідженнями процесу бонітування ґрунтів у ХХ столітті займалися багато видатних науковців, такі як В.В. Докучаєв, Н.М. Сибірцев, С.С. Соболев, Ф.Я. Гаврилюк, В.П. Кузьмичов, А.І. Сірий, Л.Я. Новаковський, Р.Г. Дерев'янка, В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова та інші. Більшість з них пропонували власні методики розрахунку балів та створення шкал бонітету.

Ще до чіткого затвердження поняття «бонітування ґрунтів» у Земельному кодексі України, науковці давали свої визначення цього терміну. Н.М. Сибірцев писав, що бонітування ґрунтів це вчення про порівняльну добротність природних типів ґрунтів, котрі розглядаються як середовище для розвитку рослин (*Сибірцев, 1951*). С.С. Соколов вбачав у даному процесі спеціалізовану класифікацію ґрунтів за їх продуктивністю, побудовану на властивостях самих ґрунтів, що найбільш важливі для росту сільськогосподарських культур та взаємозалежать з середніми багаторічними показниками урожайності. На думку Ф.Я. Гаврилюка бонітування уособлює порівняльну оцінку ґрунтової виробничої здатності (потенційної родючості) у відношенні до сільськогосподарських культур (*Гаврилюк, 1974*).

І.С. Смага вважає, що «генетичний» бонітет ґрунту (розраховується шляхом усереднення 3 основних критеріїв бонітування, згідно чинної методики: вміст гумусу, фізичної глини та потужність гумусового горизонту) є відносно сталим у часі показником. Автор пропонує ввести зміни у статтю 16 Закону України «Про оцінку земель», де зазначити, що бонітування сільськогосподарських земель цілком достатньо проводити 1 раз на 10-15 років. У той же час І.С. Смага вважає доцільним перевизначати результати агрохімічної паспортизації орних земель сільськогосподарського призначення (фактичну наявність основних елементів живлення рослин у ґрунті після формування врожаю) 1 раз на 5 років. Вони служитимуть даними для обрахунку часткового агрохімічного бонітету – фактичного показника ефективної родючості ґрунтів. Останнім кроком буде розрахунок узагальненого показника бонітету (*Смага, 2013*).

А.М. Рокочинський та ін. у статті «Бонітування ґрунтів як основа формування вартості осушуваних земель» наголошували на тому, що єдиним недоліком такої великої кількості методик є неузгодженість у виборі природних властивостей

ґрунту. Під час своїх досліджень у сфері розрахунку прогнозованої вартості осушуваних земель вони використовували методику А.І. Сірого (1987 р.) із поправкою на вміст в орному шарі ґрунту основних елементів живлення. Результатом стали кількісні (у %) показники впливу кліматичних та меліоративних факторів на осушені землі. А.М. Рокочинський звертає увагу на важливість удосконалення методичних підходів визначення вартості землі на основі ґрунтового бонітету, особливо у місцях регульованого водного режиму (такі як зона Полісся) (Рокочинський та ін., 2020).

О.В. Тихенко у праці «Порівняльний аналіз методів бонітування ґрунтів України» аналізує 3 відомі методики: Л.Я Новаковського та ін., А.І. Сірого, В.В. Медведєва та І.В. Пліско. На його думку найбільш відповідною принципу бонітування, згідно ст. 199 Земельного кодексу України, лишається чинна методика. Автор вбачає у ній такі переваги: одиницею бонітування є агровиробнича група, показники ґрунту корелюються з врожайністю культур, модифікаційні критерії застосовуються лише до певних груп ґрунтів (Тихенко, 2010).

Наукова публікація «Якісна оцінка землі як елемент її раціонального використання» О.М. Швеця присвячена проблемам оцінки якісного стану землі, в тому числі агрохімічної паспортизації. Варто зауважити, що чинна методика бонітування законодавчо не поєднана з раніше зазначеним процесом. Закон України «Про охорону земель» відносить родючість ґрунтів та інші корисні властивості землі до тих показників, за котрими потрібен державний нагляд та захист. Агрохімічний паспорт земельної ділянки сільськогосподарського призначення містить в собі показники глибини гумусного горизонту, гранулометричний складу, кислотності, кількості рухомих сполук фосфору, калію, інших елементів та залишків пестицидів. Отже, він може служити основою під

час здійснення контролю за станом ґрунтів, відновлення родючості, планування підвищення урожайності культур (*Наказ «Про затвердження Порядку ведення агрохімічного паспорту поля, земельної ділянки», 2011*). Також автор пропонує внести доповнення до паспорту: дані про розподіл угідь за крутизною схилів, деградаційні процеси та вітрову ерозію. О.М. Швець також піднімає проблему недотримання законодавчої вимоги створення агрохімічного паспорту землевласниками і землекористувачами та їх необізнаності у раціональному землекористуванні (*Швець, 2014*).

Повертаючись до питання охорони земель, цікавою є стаття О.П. Канаша «Яким має бути паспорт земельної ділянки?». Автор акцентує увагу на можливості поєднання даних агрохімічного, ґрунтового та технічного обстежень в одному документі. На його думку, лише так можливо здійснювати ефективне господарювання та контроль (*Канаш, 2009*).

Бонітування ґрунтів як систему «ґрунт-клімат-поле» разом з В.В. Медведєвим та І.В. Пліско розвивала також К.Б. Гіржева. У своїй дисертації автор вивчала та довела кореляцію між фізичними показниками ґрунту (щільність, потужність гумусового шару, вміст фізичної глини, вмісту продуктивної вологи) та урожаєм сільськогосподарських культур на території господарств Харківської області. Бонітет фізичного стану ґрунтів демонструє хороші результати під час визначення якості ґрунтів різних агрокліматичних зон України (*Гіржева, 2007*).

Праця «Якість земель як основа контролю землекористування» С.Ю. Булигіна розкриває сутність якості ґрунтів, як сукупність його властивостей, що впливають на спроможність ґрунту задовольняти потреби рослин в елементах живлення, водному, повітряному та тепловому забезпеченні. Автор нагадує, що облік кількості та якості земель, як і бонітування, є складовою земельного кадастру України та потрібне для прогнозу деградаційних процесів, регулювання

земельних відносин, визначення розміру плати за землю. С.Ю. Булигін наводить формулу розрахунку якості земель як відношення фактичного урожаю до потенційного, так як вважає поняття «родючість ґрунту» основою терміну «якість земель» (Булигін, 2015).

Г.Б. та Б.В. Погріщуки у своїй праці «Ретроспективний аналіз визначення якісного стану та оцінки земельних ресурсів» узагальнюють історичні етапи земельно-оціночних робіт. Також вони акцентують увагу на проблемі зменшення вмісту гумусу в українських землях. Він є важливою складовою якості ґрунту та належить до групи основних критеріїв бонітування, і так як останній раз в Україні бонітування проводилося 30 років тому, можна стверджувати, що чинні бали та шкали бонітету втратили свою актуальність (Погріщук Г. та Погріщук Б., 2017).

1.4. Закордонний досвід бонітування ґрунтів та якісної оцінки орних земель

Термін "якісна оцінка землі" відноситься до процесу визначення сільськогосподарської продуктивності технологічних властивостей земельних ділянок з усім комплексом природних умов, в той час коли бонітування ґрунтів здійснюється для оцінки потенційного використання ґрунту для певних видів діяльності. Тобто, якісна оцінка землі – це комплексний аналіз фізико-хімічних, біологічних та екологічних параметрів землі з метою визначення її якості та придатності для різних типів використання (сільськогосподарського, лісового, будівельного тощо). В процесі якісної оцінки землі враховують такі параметри, як кислотність, гумусовий стан, ступінь засоленості, мінеральний склад, структура та гранулометричний склад ґрунту, наявність важких металів та радіонуклідів, наявність рослинного покриву та інші фактори. Оцінка землі може бути

використана для розробки рекомендацій щодо раціонального використання земельних ресурсів, визначення планування території та розвитку регіону.

Наразі у США використовуються дві основні системи класифікації ґрунтів: Soil Taxonomy та Soil Survey. Система Soil Taxonomy, що була розроблена для використання на національному та міжнародному рівнях, базується на характеристиках ґрунтів та геологічних процесів, які призводять до їх формування. Згідно цієї системи, ґрунти класифікуються на 12 класів, починаючи з найвищого (Great Group) і закінчуючи найнижчим (Family) (*Soil Survey Staff, 1999*).

Система класифікації ґрунтів Soil Survey була розроблена для використання на місцевому рівні. Її основна мета – надати детальну інформацію про ґрунти на конкретній території, щоб забезпечити планування використання землі та управління земельними ресурсами. За даною системою ґрунти класифікуються на 4 рівні організації, де найвищим рівнем є клас, який визначається на основі характеристик ґрунтів, пов'язаних з утворенням та геологічним походженням, а найнижчим є вид, котрий визначається на основі характеристик профілю ґрунту (*Soil Science Division Staff, 2018*).

У штатах існує національна система даних про ґрунти (The National Soil Information System), котра допомагає у зборі, зберіганні, обробці та поширенні інформації про ґрунт. Характеристики ґрунту, які вносяться в дану систему: потужність гумусованого горизонту, водопроникність, структурний склад, пористість, щільність будови ґрунту, показник рН, вміст гумусу та поживних елементів, біологічні показники.

Бонітування у США поділяється на факторне (врахування природних факторів щодо властивостей ґрунтів та їх меліорації) та комплексне (оцінка природно-територіальних комплексів за багаторічною врожайністю). Також існує

індуктивний (на основі передбачуваного впливу земель та природних властивостей ґрунтів) та дедуктивний (на даних про врожайність сільськогосподарських культур на різних ґрунтах) методологічні підходи бонітування ґрунтів за продуктивністю. Штати США мають власні схеми оцінок земель за обома підходами.

Бонітування ґрунтів в Канаді виконувалося за методом Сторі, що був розроблений у 1950-х роках та модифікований у 1970-тих. За ним основним показником виступає відношення багаторічної врожайності пшениці та одиниці земельної площі. Якщо у господарстві вирощують інші культури, то вводять спеціальні коефіцієнти. Метод Сторі ґрунтується на визначенні п'яти основних характеристик ґрунту, таких як глибина прошарку ґрунту, структура, текстура, вміст органічних і мінеральних речовин. Кожній характеристиці встановлюється бал від 1 до 10. У Канаді за методом Сторі виділяють 7 класів земель: від класу 1 (76-100 балів за бонітувальною шкалою) до класу 7 (менше 31 балу бонітету).

На першій Всекитайській конференції з класифікації ґрунтів (1978 р.) було затверджено Попередню класифікацію ґрунтів Китаю, як основу для другого раунду обстеження ґрунтів усієї країни. У подальшому досвід закордонних країн сприяв Китаю використовувати назви ґрунтів і таксонів з американської системи та частково з легенди до карти ґрунтів ФАО. У 1984 році було створено китайську таксономію ґрунтів. У ній присутні 4 головні рівні: перший – властивості ґрунту (результати основного ґрунтоутворювального процесу), другий – властивості ґрунту, що відображають внесок ґрунтоутворюючих факторів (враховується температурний режим та режими зволоження ґрунту, а також особливості материнських порід), третій – відмінності у властивостях зумовлені інтенсивністю основного процесу та впливом додаткових процесів або факторів, четвертий – доповнення до третього рівня і властивості породи. Китайська класифікаційна

система ґрунтів містить 12 порядків (перший рівень), 31 підрядів, 60 груп і 1520 підгруп (четвертий рівень), а також за інформацією з різноманітних праць 12150 родів та 43200 видів (*Zhang, 2014*).

Якісна оцінка земель у Чехії проводиться на основі бонітування ґрунтів, яке здійснюється на різних рівнях адміністрації. Оцінка ґрунтів у Чехії проводиться на основі даних, зібраних під час проведення різних досліджень, включаючи геологічні, гідрологічні, агрономічні, топографічні та інші. Результатом є класифікація ґрунтів за якісними властивостями по 9-бальній шкалі: від найкращих до найменш сприятливих для господарського використання. Інформація про бонітування доступна для приватних землевласників, аграрних підприємств та інших зацікавлених сторін.

У Німеччині бонітування ґрунтів проводиться на основі природних властивостей ґрунтів, таких як механічний склад, генезис, ступінь вираженості ґрунтоутворення (7-ми ступенева класифікація). Утворюватиметься бонітувальна шкала – *Bodenwertzahl*, де найкращий ґрунт оцінюватиметься на 100 балів, найгірший – приблизно на 7 балів (безплідний ґрунт – 0 балів). Отримані бали бонітету в подальшому додатково уточнюватимуться в залежності від природних умов місцевості.

Англія застосовує 2 типи методів оцінки земель. Перший тип полягає в оцінці їх потенційної продуктивності на основі природних умов, таких як клімат, географічне положення, рельєф, якість ґрунту, а також дренаж та зрошення. Оцінка сільськогосподарських земель за даним типом здійснюється на основі розподілу на три категорії, після чого землі класифікують за 10 класами продуктивності. Оцінка земель за другим типом здійснюється на основі фактичної урожайності різних культур, що вирощують на цих землях. Проте цей метод має деякі труднощі (залежність від виду культури та від здібностей

землекористувачів), тому оцінка земель за допомогою урожайності може надати неточне визначення природної родючості земель.

У Польщі бонітування ґрунтів проводиться Міністерством сільського господарства, та запроваджена класифікація земель за шістьма класами в залежності від придатності до вирощування різних видів сільськогосподарських культур. Державна служба земельних ресурсів може здійснювати контроль за проведенням бонітування ґрунтів та визнавати його результати відповідними органами державної влади. Також, бонітування ґрунтів можуть замовляти та проводити приватні компанії та фермерські господарства для власних потреб.

Бонітування ґрунтів в країнах Балтії мають схожі риси. У Естонії існує бонітування ґрунтів та бонітування земель (коли оцінюються ґрунти разом із природно-економічними умовами, що визначають ефективну родючість). Критерієм оцінки прийнята урожайність сільськогосподарських культур. Бонітування ґрунтів здійснюється за допомогою оціночних таблиць, результатом є 100-бальна шкала з виділенням 10 класів. У Литві та Латвії принципи бонітування ґрунтів майже не відрізняються від естонських (*Гаврилук, 1974*).

Система оцінки земель ФАО базується на таких показниках, як потужність профілю, гранулометричний склад, структура ґрунту, ступінь ерозії, вологість, кліматичні умови, дренажність місцевості та інші фактори, що впливають на продуктивність землі. Дана оцінка була проведена у більш як 100 країнах світу, серед яких країни Азії, Африки, Латинської Америки.

Отже, порівнюючи чинну методіку бонітування ґрунтів в Україні з методиками зарубіжних держав, можна зробити висновок, що країни мають власні методології оцінки якості ґрунтів та земель. Існують основні властивості, які оцінюють більшість методик, проте також є специфічні характеристики в

методиках кожної країни, залежно від мети проведення бонітування та якісної оцінки земель.

Висновки до 1 розділу

У чинних нормативно-правових актах України, що регулюють земельні відносини, питання якісної оцінки ґрунтів, їх бонітування враховані не достатньо. Недосконалість земельного законодавства, у першу чергу, спричиняє зниження родючості, так як не існує правових механізмів контролю та примусу, що змушують дотримуватись вимог з коректного використання ґрунтів та земель. Також викликати проблеми у багатьох земельних відносинах можуть застарілі результати бонітування ґрунтів, що використовуються в оціночних операціях, питаннях пов'язаних з охороною земель. Бал бонітету ґрунту – показник, що легко аналізується як звичайними землевласниками, землекористувачами та фермерами, так і органами виконавчої влади та місцевого самоврядування з питань земельних ресурсів, охорони земель. Тому актуалізація даних бонітування та обрахунок нових балів бонітету наразі є важливим фактором для отримання об'єктивної інформації щодо оцінки та охорони земель.

Аналізуючи положення здійснення бонітування за різними методиками, можна стверджувати, що певний час науковці намагалися або удосконалити, або відійти від докучаєвського методу. Проте загалом основні принципи виконання бонітування збереглися дотепер. Фактично перевіреними на території України лишається 3 методики – В.П. Кузьмичова, А.І. Сірого та Л.Я. Новаковського. Остання є чинною, хоча сучасні науковці вбачають у ній вагомі недоліки, такі як визначення поправочних коефіцієнтів на оглеєність, еродованість та інші вади ґрунту суто експертним шляхом, застаріле природно-сільськогосподарське

районування, неможливість порівняти ґрунти з різних районів через наявність великої кількості шкал. Тому питання удосконалення чинної методики бонітування ґрунтів лишається актуальним. Також науковці пропонують об'єднати результати агрохімічної паспортизації земельних ділянок та бонітування ґрунтів, так як вони разом можуть служити основою під час здійснення моніторингу за станом ґрунтів, відновлення його родючості, розвитку стратегій підвищення урожайності культур.

Проаналізувавши методики, що були застосовані на ґрунтах України, та закордонні підходи до якісної оцінки ґрунтів, можна стверджувати, що бонітування виконується для оцінки ґрунтової родючості та розподілу ґрунтів за придатністю до використання. Термін «бонітування» за кордоном зазвичай не використовується та замінений поняттям «оцінка якості». Кожна країна обрала свій шлях та мету проведення якісної оцінки ґрунтів. Методики мають як спільні (багато країн використовує природні властивості ґрунтів як головні критерії, деякі застосовують врожайність під час визначення балів бонітету), так і відмінні риси. Аналіз зарубіжних методик показав, що результатом бонітування може бути ступінь природного стану ґрунтів, класи, категорії, бали бонітету. Можна зробити висновки, що діюча методика бонітування ґрунтів в Україні має багато схожих з ними рис (властивостей), хоча й не існує навіть двох країн з ідентичними методологіями. Існує багато різних підходів та методів оцінки земель, які залежать від специфіки кожної країни та потреб відповідної держави. Однак, всі вони мають спільну мету – забезпечити якісну оцінку земель з максимальною точністю та об'єктивністю для прийняття подальших рішень.

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ ТА БОНІТУВАННЯ ҐРУНТІВ

2.1. Аналіз можливостей методів ДЗЗ при якісній оцінці ґрунтів

Використання методів дистанційного зондування є зручним інструментом під час визначення якісної оцінки ґрунтів. Багатоспектральне сканування, радіолокаційна та георадарна зйомки, фотозйомка дозволяють напряду визначати певні природні властивості ґрунтів, виявляти та контролювати шкідливі впливи на ґрунтове середовище (табл. 2.1). Застосування методів дистанційного зондування дозволяє значно зменшити час і витрати на збір та обробку даних, що робить їх більш економічно ефективними порівняно з традиційними методами якісної оцінки ґрунтів.

Спектральна відбивна здатність ґрунтів містить в собі велику кількість інформації стосовно їх природних властивостей. На неї впливають кількість органічної речовини (гумусу та азоту) у ґрунтах, вологість, гранулометричний склад, нерівність поверхні, наявність оксиду заліза, частка відкладень. Наприклад, сухі ґрунти мають більші коефіцієнти спектральної яскравості у довжинах хвиль до 2 мкм: від чорноземів з вмістом гумусу 6-8%, каштанових, сірих лісових, підзолистих ґрунтів і далі до буроземів, солонців з великою кількістю окисного заліза та солончаків із великим умістом солей на поверхні (*Світличний та Чорний, 2007*). Вологі ґрунти мають меншу спектральну яскравість у видимій та ближній інфрачервоній частинах спектра без зміни характеру кривих. Найбільші відмінності у спектральній яскравості ґрунтів можна помітити у червоній та ближній інфрачервоних зонах (0,7 мкм).

Загалом, гумус знижує спектральну відбивну здатність ґрунтів. Проте, варто враховувати такі чинники, як гумінові кислоти (підвищують яскравість у червоній зоні спектра), кліматичні зони (поєднання температури, кількості опадів),

карбонати, умови дренажу тощо (Трускавецький, 2006). При збільшенні вмісту оксиду заліза у ґрунтах, спектральна відбивна здатність ґрунтів зменшується.

Гладка ущільнена поверхня ґрунту характеризується більшими коефіцієнтами спектральної яскравості. Встановлено, що безструктурні ґрунти відбивають більше світла, ніж добре структуровані. Варто враховувати, що результати наземного та космічного дослідження відбивної здатності ґрунтів відрізняються через вплив атмосферного серпанку, просторового розрізнення знімальних систем та рослинного покриття. Значення розміру, кількості складових частин ґрунту та його вологості сильно корелюють між собою. При збільшенні розміру частинок коефіцієнт поглинання зростає, у той час як зволоження призводить до зменшення спектральної яскравості у всьому спектральному діапазоні (Зацерковний, 2018).

У праці «Наукове обґрунтування використання методів дистанційного зондування в моніторингу ґрунтів» М.М. Гічка дослідив можливості радіолокаційного зондування ґрунтових властивостей. Автор отримав позитивні результати залежності відбитого радіосигналу між щільністю будови ґрунту, грудкуватістю, умістом водостійких агрегатів та фізичної глини. Було висловлено думку щодо використання матеріалів радіолокаційної зйомки під час дистанційного визначення вмісту гумусу у якості корегуючих до матеріалів багатоспектрального сканування задля визначення поправок на стан ґрунтової поверхні. Георадарний метод можливо використовувати під час визначення глибини гумусованого профілю ґрунту (Гічка, 2007).

Таблиця 2.1

Можливості застосування методів ДЗЗ під час моніторингу природних властивостей ґрунту та процесів, що з ними відбуваються

Процеси, які контролюються	Дистанційні методи
Зміна структури ґрунтового покриву (змитість, засоленість, дренаваність тощо)	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Радіолокаційне знімання • Аерофотознімання
Поверхнева структура ґрунту	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Радіолокаційне знімання • Аерофотознімання
Гумусовий стан	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Аерофотознімання
Глибина гумусового горизонту	<ul style="list-style-type: none"> • Георадарне знімання
Вміст оксиду заліза	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Аерофотознімання
Водний режим (вміст вологи)	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Радіометричне знімання • Інфрачервоне знімання
Агрофізичні властивості (рівноважна щільність, агрегатний стан)	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Радіолокаційне знімання
Рівень підґрунтових вод та їх склад	<ul style="list-style-type: none"> • Георадарне знімання
Оцінка інтенсивності прояву процесів ерозії	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Радіолокаційне знімання • Аерофотознімання
Облік динаміки проектного покриття ґрунту рослинністю або її рештками	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Радіолокаційне знімання
Антропогенне порушення ґрунтів	<ul style="list-style-type: none"> • Багатоспектральне сканування • Георадарне знімання • Аерофотознімання • Радіолокаційне знімання

Джерело: Гічка, 2007

Отже, дистанційні методи зондування ґрунтів мають декілька переваг, які роблять їх більш перспективними порівняно з іншими методами моніторингу ґрунтів. Перевагами їх використання є:

- точність та інформативність: дистанційні методи дозволяють отримати точну інформацію про властивості ґрунту, такі як вміст вологи, вміст гумусу, гранулометричний склад, структура, шорсткість ґрунтової поверхні та інші характеристики;
- масштабованість: дані методи дозволяють проводити моніторинг значних територій;
- оперативність: дистанційні методи дозволяють отримувати дані в режимі реального часу, що дозволяє оперативно відреагувати на зміни в ґрунтовому середовищі;
- об'єктивність: вони дозволяють отримувати об'єктивні дані, що не залежать від суб'єктивного бачення та інтерпретації спостерігача;
- економічна ефективність: дистанційні методи зондування дозволяють зменшити витрати на моніторинг ґрунту порівняно з традиційними методами;
- невторчання в ґрунтові процеси: під час застосування цих методів не пошкоджується ґрунтова товща, що дозволяє уникнути негативного впливу на ґрунтове середовище та ґрунтові процеси (Гічка, 2007).

2.2. Впровадження засобів ГІТ та ДЗЗ до традиційних методик оцінки якості ґрунтів

Так як ґрунтовий покрив представляє собою просторову комбінацію різних типів ґрунтів з визначеними межами та характеристиками, то його цілком

можливо представляти у вигляді картографічних матеріалів. Наразі всі картографічні матеріали про ґрунтовий покрив України є застарілими, адже вони розроблялися ще в часи проведення великомасштабних обстежень у 1957-1961 роках. Польові та лабораторні дослідження є трудомісткими та ресурсозатратними. Тому оновлення карт ґрунтів поки відбувається на поодиноких територіях (вибіркових полях, фермерських господарствах, старостинських округах тощо) зацікавленими особами за власний рахунок. Потреба в оновленні даної інформації на всю територію України та об'єднанні її в стандартизовані бази даних лишається не вирішеною.

Проблему отримання актуальної інформації можуть вирішити дистанційні методи, а проблему створення баз даних та карт ґрунтів – ГІТ. База геопросторових даних під час здійснення якісної оцінки ґрунтів є зручним місцем збору, зберігання, обробки, аналізу інформації та її оновлення. Архівні карти ґрунтів скануються, просторово прив'язуються до певної системи координат та векторизуються, у результаті утворюючи основу бази даних з якісної оцінки ґрунтів. Надалі до неї додається найрізноманітніша інформація згідно мети дослідження; це можуть бути багатоспектральні космічні, георадарні та радіолокаційні знімки, топографічні карти, цифрові моделі рельєфу, дані агрохімічних аналізів, інформація про погодні умови протягом певного проміжку часу, критерії оцінки ґрунтів, що застосовуються під час розрахунку балу бонітету та самі бали. Додатково можна додавати карти-схеми посівів, сівозмін, урожайності тощо (Толчевська, 2014). Поєднання в єдиній базі геоданих різноманітної інформації, що напряду та опосередковано пов'язана з оцінкою ґрунтів, дозволить швидко проводити аналіз, розраховувати нові показники та індекси, створювати тематичні картографічні матеріали. Україні слід перейняти досвід інших країн у створенні динамічних ґрунтових баз даних. Наприклад,

Сполучені Штати Америки мають Національну Ґрунтову Інформаційну Систему (NASIS) для перенесення всіх даних ґрунтових обстежень у цифровий формат, Європейський союз створив проект LUCAS (Land Use/Cover Area from Survey), а для глобального картографування ґрунтів Міжнародним Ґрунтовим Довідково-Інформаційним Центром було розроблений проект SoilGrids (*Трускавецький та ін., 2017*).

Вирішення проблеми актуалізації карт ґрунтів можливе з даними ДЗЗ. Наприклад, аналіз результатів дослідження С.Р. Трускавецького та Л.П. Коляди виявив розбіжності між старою картою ґрунтів та новоствореною засобами ГІТ за даними яскравості космічних знімків та рельєфу. Було встановлено, що саме нова карта надає достовірну інформацію про місце розташування контурів ґрунтових відмін, їх кількість та зв'язок з елементами ландшафту (рис. 2.1) (*Трускавецький та Коляда, 2013*).

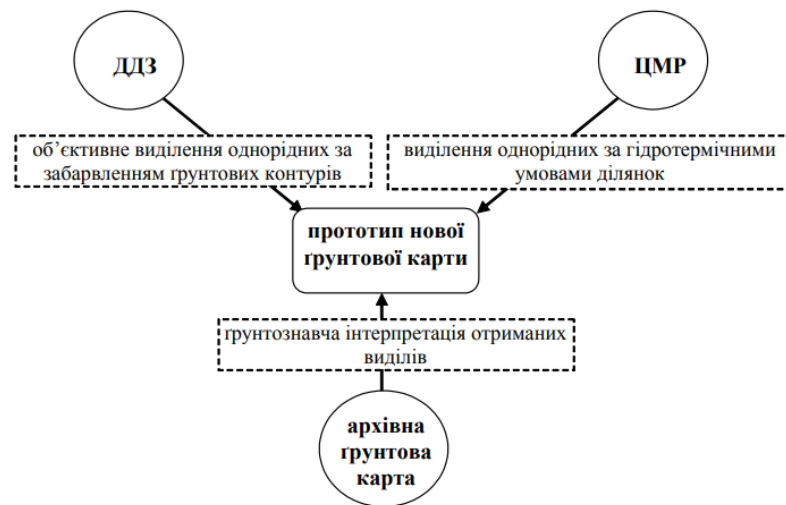


Рис. 2.1 – Схема створення прототипу ґрунтової карти на засадах використання даних ДЗЗ та інформації про рельєф

Джерело: Ачасов та Ачасова, 2011

Схожі результати отримали Д.І. Бідолах та В.І. Диня: інформація на старій та новій картах ґрунтів співпадає на 33,1 %. Архівні карти створювалися без точної

географічної прив'язки та додаткових даних про стан ґрунтового покриву, що дозволили б коригувати їх (Бідолах та Диня, 2022). Це говорить про важливість використання даних, отриманих шляхом дистанційного зондування, в процесі картографування ґрунтів.

2.3. Дистанційне визначення пошкоджених внаслідок воєнних дій ділянок ґрунтового покриву за допомогою засобів ГІС та ДЗЗ

Частина державної системи моніторингу довкілля – система моніторингу ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення здійснюється для оперативного пошуку змін ґрунтів, їх оцінки та спрямовування сил на усунення наслідків негативних дій (*«Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення», 2004*). Наразі ґрунти України страждають від механічного пошкодження, хімічного забруднення паливо-мастильними матеріалами та забруднення уламками боєприпасів унаслідок повномасштабного вторгнення. Міністерством захисту довкілля та природних ресурсів України було створено методологію розрахунку шкоди, завданої землі та ґрунтам через збройну агресію та надзвичайні ситуації (*«Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану», 2022*). У ній зазначається, що одним з можливих варіантів виявлення фактів забруднення ґрунтів та засмічення земель, розрахунку їх масштабів є дистанційне зондування Землі. Засоби ГІС під час вирішення даних проблем відіграють важливу роль, так як вони дозволяють зберігати та аналізувати велику кількість просторової інформації.

На жаль, бойові дії тривають, тому проведення комплексних польових спостережень часто є фізично неможливим та небезпечним для життя людини. Допомогти у пошуку вражених земельних ділянок здатне дистанційне зондування Землі.

Починаючи з початку повномасштабного вторгнення, російські війська оперували в межах наявної інфраструктури. Проте Україна витримала початкову атаку, і ворогу довелося змінити свою тактику та почати готуватись до довготривалих протистоянь. Для цього обидві сторони створили власні бази та фортифікаційні споруди. На космічних знімках високої розрізненості можна спостерігати траншеї, бліндажі, окопи та довготривалі оборонні точки. На рис. 2.2 видно процес риття окопів на орних землях. Дані споруди можуть простягатися на тисячі метрів, на місці їх будівництва лишається пошкоджена ґрунтова товща. У подальшому це вплине на вирощування сільськогосподарських культур на даній території. За допомогою методів дистанційного зондування Землі вдасться ідентифікувати лінійні фортифікаційні споруди, а у ГІС-забезпеченні буде можливим розрахувати пошкоджені площі орних земель.



Рис. 2.2 – Окопи у північній частині тимчасово окупованого Криму

Джерело: космознімок Махаг

Пошкоджені ґрунтові профілі є не найбільшою проблемою, що виникає під час воєнних дій. Більш серйозним для орних земель є вигорання посівів внаслідок потрапляння в поля боєприпасів (рис.2.3). У даній інформації, у першу чергу, зацікавлені великі фермери та агрохолдинги. Постраждали земельні ділянки впадуть із запланованої сівозміни, на них протягом певного часу буде неможливим вирощування сільськогосподарських культур. Дешифрування полів з активними пожежами чи з їх наслідками методами ДЗЗ на основі космічної інформації є зручним способом моніторингу. Також зміни стану сільськогосподарських площ у період їх вегетації можна спостерігати на основі побудови індексних зображень, наприклад, внаслідок підрахунку індексу нормалізованого диференційного вегетаційного індексу NDVI.



Рис. 2.3 – Вигорання посівів, спричинене потраплянням боєприпасів на поле

Джерело: електронна стаття «Укрінформ», 2022

Для точного визначення геометричних характеристик вибухових воронок можуть використовуватись натурні геодезичні методи, проте їх застосування потребує людських ресурсів. Такі методи небезпечні під час бойових дій. У зв'язку

з цим, ефективними є дистанційні методи, які дозволяють визначити кількісні характеристики воронок без необхідності безпосередньо перебувати на місці події. На основі доступних космічних знімків високої розрізненості (10-20 м/піксель), таких як Sentinel-2, можна визначити місцезростання воронок (рис. 2.4).



Рис. 2.4 – Воронки від артилерійських снарядів (білий колір пікселів) біля села Краснопілля Донецької області на знімках Sentinel-2 просторовою розрізненістю 10 м/піксель

Джерело: космознімок Sentinel-2

Проте визначити геометричні характеристики вибухових кратерів з мінімальними похибками можливо лише за допомогою супутникових даних з надвисокою розрізненістю (менше 2-3 м/піксель). Ця інформація дає можливість оцінити масштаби руйнувань родючого шару ґрунту та розрахувати збитки, заподіяні державі, підприємствам та звичайним громадянам. У місцях воронок від снарядів спостерігається змішаний, окислений у результаті порушення

водонерпроникного шару, значно ущільнений ґрунт, котрому доведеться відновлюватись до довоєнного стану декілька десятків років.

У праці «Визначення геометричних характеристик вибухових вирв на землях сільськогосподарського призначення дистанційними методами» було запропоновано методикау безпечного та швидкого розрахунку геометричних характеристик кратерів, таких як радіус, глибина та об'єм за даними ДЗЗ на сільськогосподарських угіддях. Вирви на досліджуваній ділянці було дешифровано вручну, хоча наразі українські спеціалісти у сфері ГІС створюють додаткові модулі з інструментами, що дозволять автоматично визначати на космоснімках місцерозташування, розмір та інші кількісні характеристики вирв. За допомогою геомodelей, створених геостатистичним методом «Кригінг», авторами було проведено оцінку руйнування сільськогосподарських земель та ґрунтів і визначено найбільш небезпечні ділянки (*Горелик та ін., 2022*).

У результаті детонацій у довкілля потрапляє велика кількість токсичних речовин, які забруднюють ґрунт та атмосферу. Чавун із домішками сталі є найбільш поширеним для виготовлення оболонок боєприпасів, і включає у себе не тільки стандартні складові, такі як залізо та вуглець, але й сірку, мідь та збіднений уран. За даними дослідження Української природоохоронної групи, обстріл на 1 км² поля в Харківській області призвів до потрапляння у ґрунт приблизно 50 тонн заліза, 1 тонни сполук сірки та 2,35 тонни міді. Крім того, токсичні гази, що потрапляють у ґрунт з кислотними дощами, змінюють його рівень рН, призводячи до інтоксикації рослин, ускладнення засвоєння поживних елементів (*Губарева, 2022*).

Висновки до 2 розділу

Отже, методи ДЗЗ можуть допомогти оперативно отримувати достовірні дані про обмежений набір природних властивостей ґрунтів для їх подальшої якісної оцінки чи бонітування. Поки що дистанційні методи мають свої обмеження, тому їх використання повинно бути поєднане з традиційними польовими та лабораторними етапами. Проте розвиток науки та технологій у сфері ДЗЗ дозволить подолати ці бар'єри, і в подальшому повноцінно здійснювати моніторинг ґрунтових показників, оновлювати та створювати нові карти ґрунтів за даними ДЗЗ.

Іноземний досвід показує, що геоінформаційне забезпечення сприяло створенню зручних у використанні великих проектів з якісної оцінки ґрунтів. Можливість організації інформації як кількісного, так і якісного характеру у структурованих електронних базах даних, здатність відображати її у графічному вигляді, здійснювати операції розрахунку над нею, що в подальшому дозволить розробити найрізноманітніші тематичні карти робить програмні засоби ГІС незамінними під час створення або оновлення ґрунтових картографічних матеріалів. Беручи до уваги факт, що великомасштабні ґрунтові обстеження на всій території України та їх порівняльна якісна оцінка проводилися дуже давно, застосування засобів ГІС та даних ДЗЗ допоможе зменшити час та ресурси під час майбутніх досліджень.

Україна переживає важкі часи військової агресії країни-терориста. Ґрунти страждають від механічного пошкодження та хімічного забруднення. Дані дистанційного зондування Землі здатні допомогти під час пошуку вражених земельних ділянок, ґрунтових товщ, так як є одним з найбезпечніших для життя людини способом їх виявлення. Розробка геомodelей у ГІС-забезпеченні,

додаткових модулів для автоматичного пошуку вирв від снарядів та визначення їх кількісних характеристик дозволить оцінити ступінь негативного впливу на ґрунти та в подальшому буде застосована під час розрахунку збитків.

3. ПРОВЕДЕННЯ ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ РІЛЛІ НА ТЕРИТОРІЇ ЦИБЛІВСЬКОЇ ОБ'ЄДНАНОЇ ТЕРИТОРІАЛЬНОЇ ГРОМАДИ ЗАСОБАМИ ГІС ТА ДЗЗ

3.1. Наповнення ГІС-проекту якісної оцінки ріллі та гепросторовий аналіз зібраних даних

Якісна оцінка ріллі, як об'єкта дослідження даної дипломної роботи, буде здійснюватись на території Циблівської ОТГ Бориспільського району Київської області, а саме на земельних ділянках Хоцьківського ($49^{\circ}54'22''$ пн.ш. $31^{\circ}38'47''$ сх.д.), Світанківського ($49^{\circ}52'15''$ пн.ш. $31^{\circ}42'55''$ сх.д.), Пологи-Яненківського ($49^{\circ}57'17''$ пн.ш. $31^{\circ}43'43''$ сх.д.) та Циблівського ($49^{\circ}59'37''$ пн.ш. $31^{\circ}33'48''$ сх.д.) старостинських округів (рис. 3.1).



Рис. 3.1 – Місце розташування старостинських округів

Джерело: власна розробка на картографічній основі Google Maps

Старостинські округи розташовані на території Придніпровської низовини. Згідно фізико-географічного районування, Циблівська ОТГ входить до Лівобережно-Дніпровської лісостепової провінції в межах Лісостепової зони. Хоцьківський старостинський округ лежить у межах Процівсько-Ліплявського району Північно-Дніпровської терасової низовинної області. Прямуючи на схід, територія видозмінюється: спостерігається виразний степовий ландшафт з рівнинним рельєфом, що включає численні западини та пониження.

Проаналізувавши скановані паперові карти ґрунтів на досліджувану територію (Додаток Б.1), що були розроблені на основі даних великомасштабних ґрунтових обстежень, було визначено ґрунти, рілья яких піддаватиметься якійсь оцінці (Додаток Б.2): на території Хоцьківського старостинського округу переважають чорноземи типові вилуговані слабогумусовані в поєднанні з лучно-чорноземними глибоковилуговуваними ґрунтами западин (до 10%) та крапліннями лучно-чорноземних супіщаних ґрунтів, на території Світанківського – також чорноземи типові вилуговані глибокі слабогумусовані та чорноземи типові малогумусні, у Пологи-Яненківському окрузі – більше лучних та чорноземно-лучних ґрунтів, а у Циблівському старостинському окрузі до чорноземів типових вилуговуваних глибоких малогумусованих додаються дерново-слабопідзолисті глеюваті ґрунти. Згідно природно-сільськогосподарського районування, територія відноситься до Переяслав-Хмельницького (04) району.

На територію дослідження було завантажено багатоспектральні знімки Landsat 8-9 Collection 2 Level-1 розрізненістю 30 м/піксель на 20.06.2022, 24.08.2022 та 11.10.2022 із сайту Earth Explorer. Час знімання – 08:48:56, 08:43:33, 08:43:32 відповідно. Знімки, радіометрично та атмосферно відкориговані за допомогою програмного забезпечення ENVI, будуть застосовані під час

розрахунку вдосконаленого вегетаційного індексу (EVI) для подальшої побудови моделі залежності між величинами балів бонітету та середніми значеннями індексу EVI, що дозволить здійснювати якісну оцінку ґрунтів дистанційно.

Першим етапом дослідження у даній дипломній роботі був польовий етап, а саме визначення на місцевості земельних ділянок (полів) під певними сільськогосподарськими культурами площею близько 5 тис. га. Даний етап проходив у грудні-січні 2022-2023 років. Більшій увазі приділялося коректне визначення полів саме з посівами кукурудзи на зерно, органічні рештки якої легко виявити навіть після осіннього збору урожаю (Додаток В). Межі полів було векторизовано у програмному забезпеченні ArcMap у новоствореній базі геоданих (рис. 3.2).



Рис. 3.2 – Карта полів на території дослідження

Джерело: власна розробка на основі знімку Landsat 8-9

Результати польового етапу дозволили виявити 956 га посівів кукурудзи на зерно на території Хоцьківського старостинського округу та 1185 га посівів кукурудзи на території Світанківського, Циблівського та Пологи-Яненківського округів.

На основі експертної інформації та завантажених знімків було визначено фази органогенезу посівів кукурудзи на зерно на досліджуваних територіях (табл. 3.1).

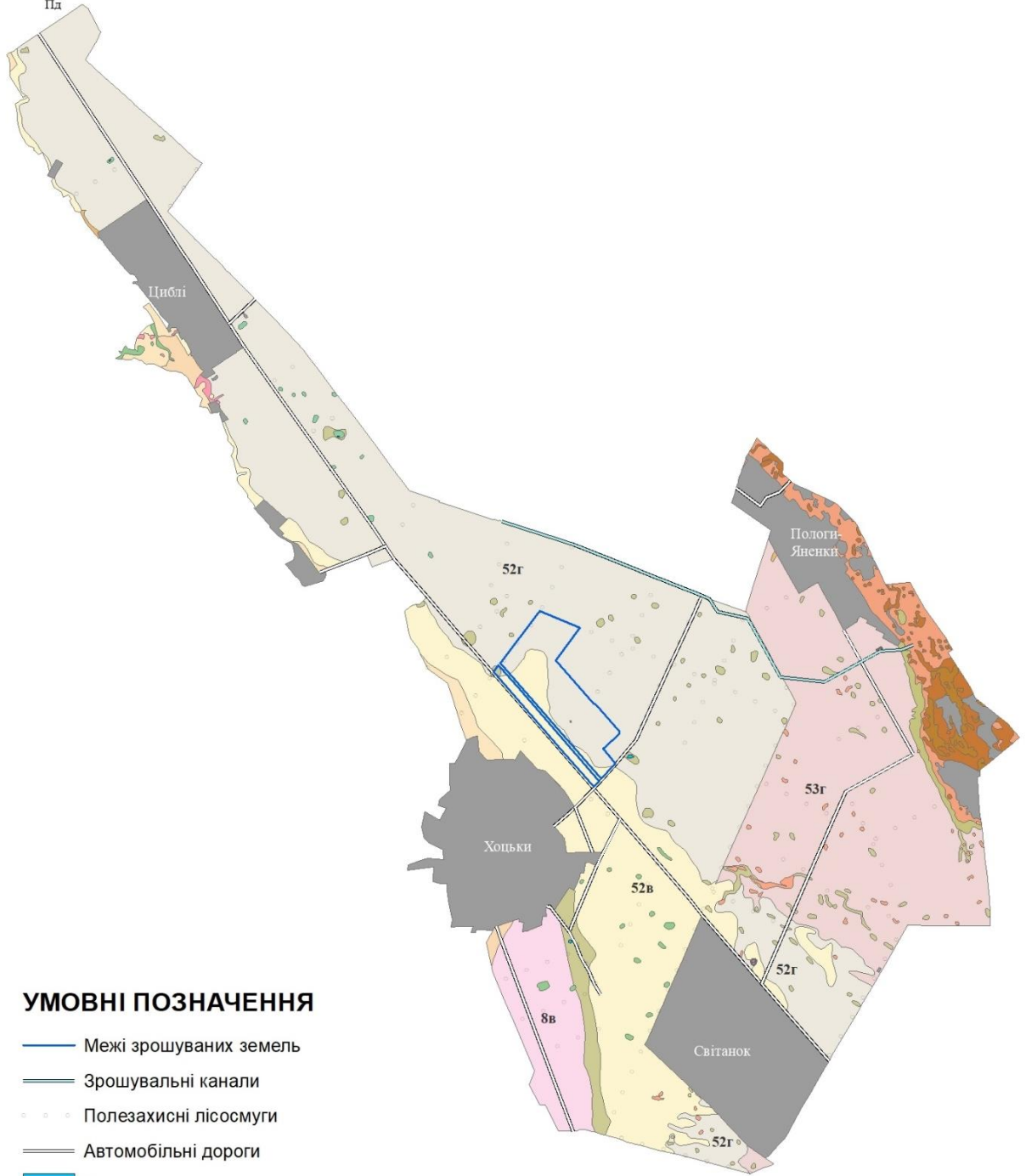
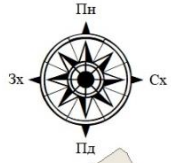
Таблиця 3.1

**Фази розвитку кукурудзи на зерно на досліджуваних територіях
Циблівської ОТГ**







Дата отримання космознімку	Фаза росту і розвитку кукурудзи на зерно
20.06.2022	Вихід у трубку
24.08.2022	Рання воскова стиглість
11.10.2022	Повна стиглість

Джерело: власна розробка на основі даних з електронного джерела «SuperAgronom», 2017

У програмному забезпеченні ArcMap була здійснена просторова прив'язка до системи координат проекції WGS_1984_UTM_Zone_36N відсканованих паперових карт ґрунтів на досліджувані території старостинських округів. У новоствореній базі геоданих було створено точкові, лінійні та полігональні класи просторових об'єктів, за допомогою яких відбулася ручна векторизація, а також внесено інформацію до атрибутивних таблиць шарів. У результаті було отримано цифрову версію картограми агровиробничих груп ґрунтів (рис. 3.3).



УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

-  Межі зрошуваних земель
-  Зрошувальні канали
-  Полезахисні лісосмуги
-  Автомобільні дороги
-  Копанки та озера
-  Хоцьки Землі під населеними пунктами



Агровиробничі групи ґрунтів

56	Дерново-підзолисті та дернові неоглеєні і глеюваті глинисто-піщані ґрунти на піщаних відкладах
5в	Дерново-підзолисті та дернові неоглеєні і глеюваті супіщані ґрунти на піщаних відкладах
8в	Дерново-підзолисті глеюваті супіщані ґрунти на супіщаних відкладах
52в	Чорноземи типові слабогумусовані супіщані та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 %
52г	Чорноземи типові слабогумусовані легкосуглинкові та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 %
53г	Чорноземи типові малогумусні та чорноземи сильнореградовані легкосуглинкові
55г	Чорноземи типові і чорноземи сильнореградовані слабозмиті легкосуглинкові
121в	Лучно-чорноземні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни супіщані
121г	Лучно-чорноземні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни легкосуглинкові
122г	Лучно-чорноземні слабосолонцюваті солончакуваті ґрунти легкосуглинкові
133г	Лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни легкосуглинкові
134г	Лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні несолонцюваті і слабосолонцюваті засолені легкосуглинкові ґрунти
136г	Лучні, чорноземно-лучні і каштаново-лучні слабосолонцюваті і засолені легкосуглинкові ґрунти в комплексі із солонцями (10 - 30 %)
141	Лучно-болотні, мулуваті-болотні і торфуваті-болотні неосушені ґрунти
178в	Дернові глибокі глейові супіщані ґрунти та їх опідзолені відміни
178г	Дернові глибокі глейові легкосуглинкові ґрунти та їх опідзолені відміни
215б	Розмиті глинисто-піщані ґрунти і відходи рихлих піщаних порід
215г	Розмиті легкосуглинкові ґрунти і відходи рихлих лесовидних порід

Рис. 3.3 – Цифрова карта агровиробничих груп ґрунтів досліджуваної території (масштаб відображення – 1: 100 000)

Джерело: власна розробка на основі паперових карт ґрунтів

Отже, заповнення бази геоданих в ArcGIS відсканованими паперовими та векторизованими вручну картографічними матеріалами, космоснімками дозволить здійснити просторовий аналіз, розрахункові роботи та знайти залежності між величинами часткових балів бонітету та середніми значеннями удосконаленого вегетаційного індексу (EVI).

3.2. Встановлення взаємозв'язку між попередніми результатами бонітування ґрунтів та даними ДЗЗ на тестових ділянках – створення моделі визначення балів бонітету

Встановлення залежності між даними дистанційного зондування Землі та частковими балами бонітету відносно кукурудзи на зерно на досліджуваній

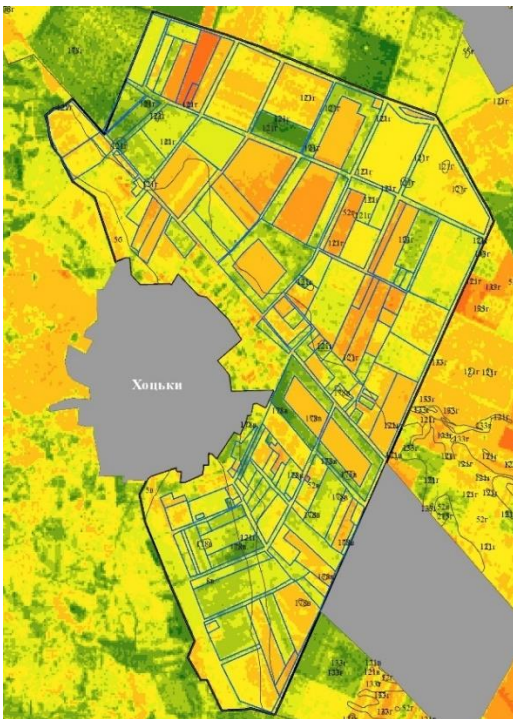
території передбачає розрахунок удосконаленого вегетаційного індексу (EVI) під час виходу в трубку (20.06.2022), фаз ранньої воскової (24.08.2022) та повної стиглості (11.10.2022). Даний індекс використовує видимий червоний (Red), ближній інфрачервоний (NIR) та видимий синій (Blue) діапазони.

Розрахунок індексу EVI здійснювався у середовищі ArcMap інструментом «Калькулятор растру» за формулою (3.1). Результати представлені на рис. 3.4.

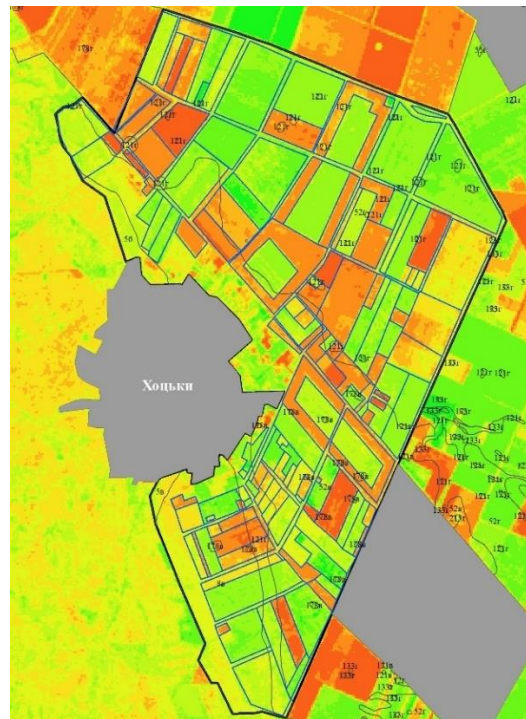
$$EVI = 2,5 * \frac{(NIR - Red)}{(NIR + C1 * Red - C2 * Blue + L)} = \quad (3.1)$$

$$= 2,5 * \frac{(Band5 - Band4)}{(Band5 + 6 * Band4 - 7,5 * Band2 + 1)}$$

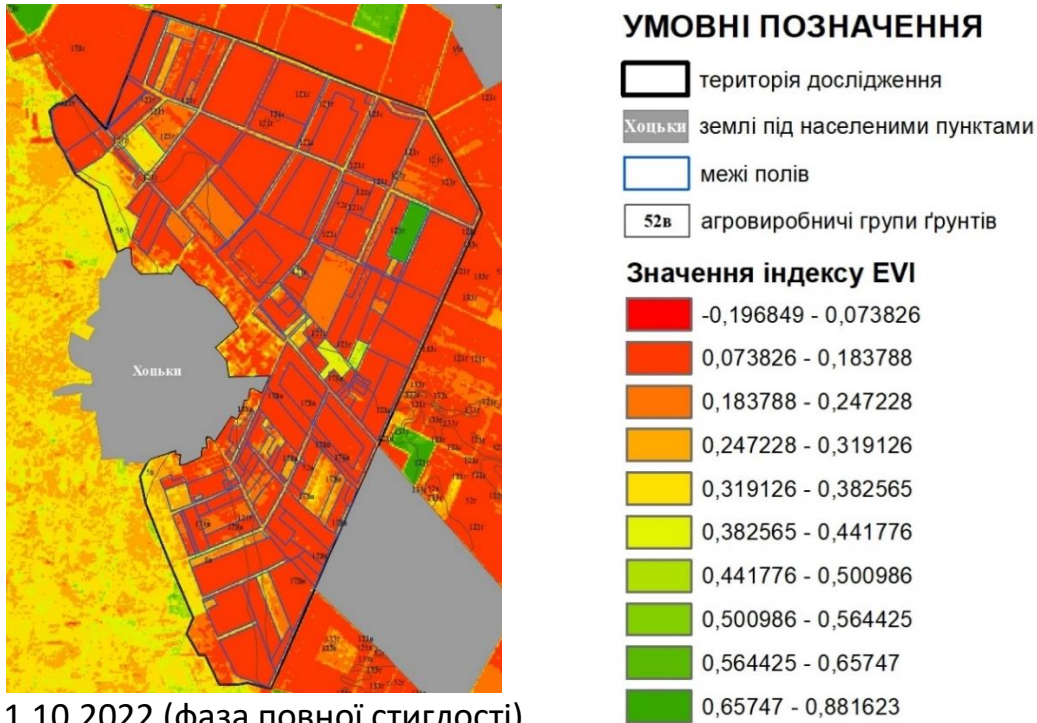
де $C1, C2$ – коефіцієнти коригування аерозольних розсіювань, котрі присутні в атмосфері; L – коефіцієнт коригування впливу ґрунту та рослинного покриву (Jiang et al., 2008).



20.06.2022 (фаза виходу в трубку)



24.08.2022 (фаза ранньої
воскової стиглості)



11.10.2022 (фаза повної стиглості)

Рис. 3.4 – Значення індексу EVI у різних фазах органогенезу

Джерело: власна розробка

Наступним кроком є визначення максимальних, мінімальних та середніх значень індексу EVI у межах агро виробничих груп ґрунтів на території Хоцьківського старостинського округу (табл. 3.2). Бали бонітету було визначено Київським філіалом інституту землеустрою у 1993 році за чинною методикою бонітування ґрунтів.

Таблиця 3.2

Значення індексу EVI для кукурудзи на зерно в межах агро виробничих груп ґрунтів на території Хоцьківського старостинського округу

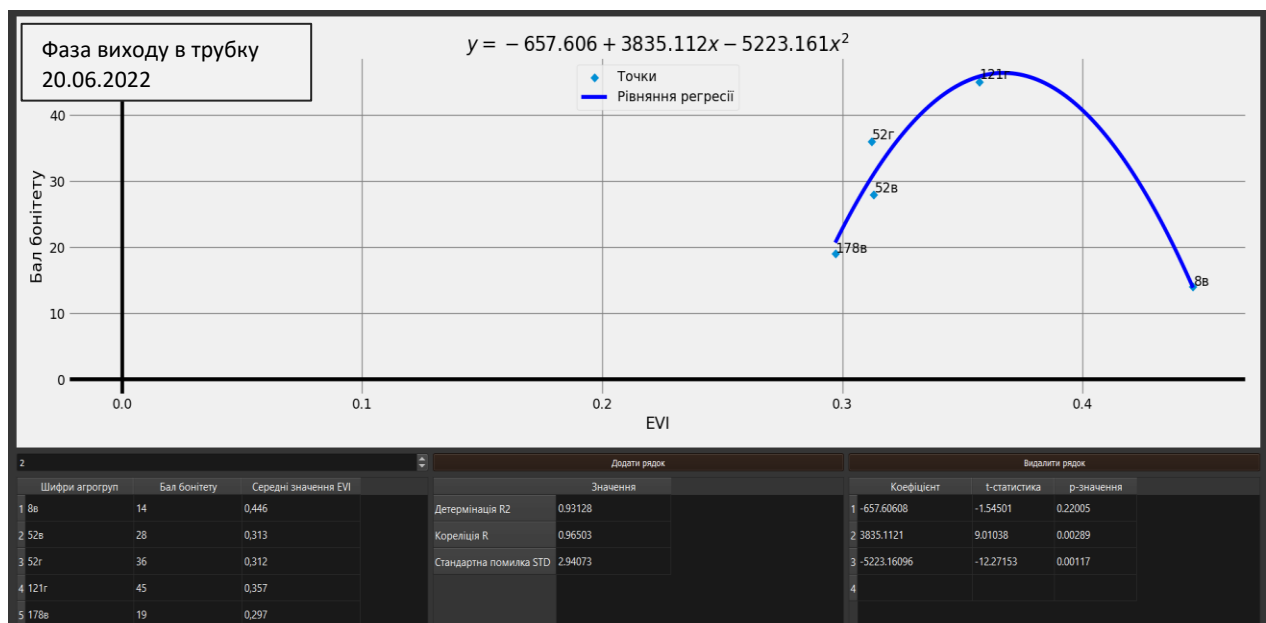
Шифр та назва агро виробничої групи	Бал бонітету	Значення індексу EVI на певну дату		
		$\frac{\min - \max}{\text{сер}}$		
		20.06.2022	24.08.2022	11.10.2022
8в – Дерново-підзолисті глеюваті глинисто-піщані ґрунти на супіщаних відкладах	14	$\frac{0,305 - 0,54}{0,446}$	$\frac{0,327 - 0,602}{0,529}$	$\frac{0,071 - 0,282}{0,123}$

Продовження таблиці 3.2

52в – Чорноземи типові слабогумусовані супіщані та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 відсотків	28	$\frac{0,237 - 0,483}{0,313}$	$\frac{0,228 - 0,612}{0,485}$	$\frac{0,085 - 0,265}{0,14}$
52г – Чорноземи типові слабогумусовані легкосуглинкові та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 відсотків	36	$\frac{0,187 - 0,504}{0,312}$	$\frac{0,239 - 0,77}{0,534}$	$\frac{0,097 - 0,386}{0,134}$
121г – Лучно-чорноземні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни легкосуглинкові	45	$\frac{0,222 - 0,476}{0,357}$	$\frac{0,334 - 0,594}{0,503}$	$\frac{0,104 - 0,339}{0,134}$
178в – Дернові глибокі глейові супіщані ґрунти та їх опідзолені відміни	19	$\frac{0,28 - 0,326}{0,297}$	$\frac{0,372 - 0,563}{0,495}$	$\frac{0,152 - 0,206}{0,167}$

Джерело: власна розробка

Для побудови моделі визначення балів бонітету дистанційним методом було здійснено регресійний аналіз. Для трьох фаз органогенезу кукурудзи на зерно було створено регресійні квадратні рівняння: вони містять змінну «X», що представляє собою розраховані середні значення індексу EVI та змінну «Y» – часткові бали бонітету агропромислових груп ґрунтів (рис. 3.5).



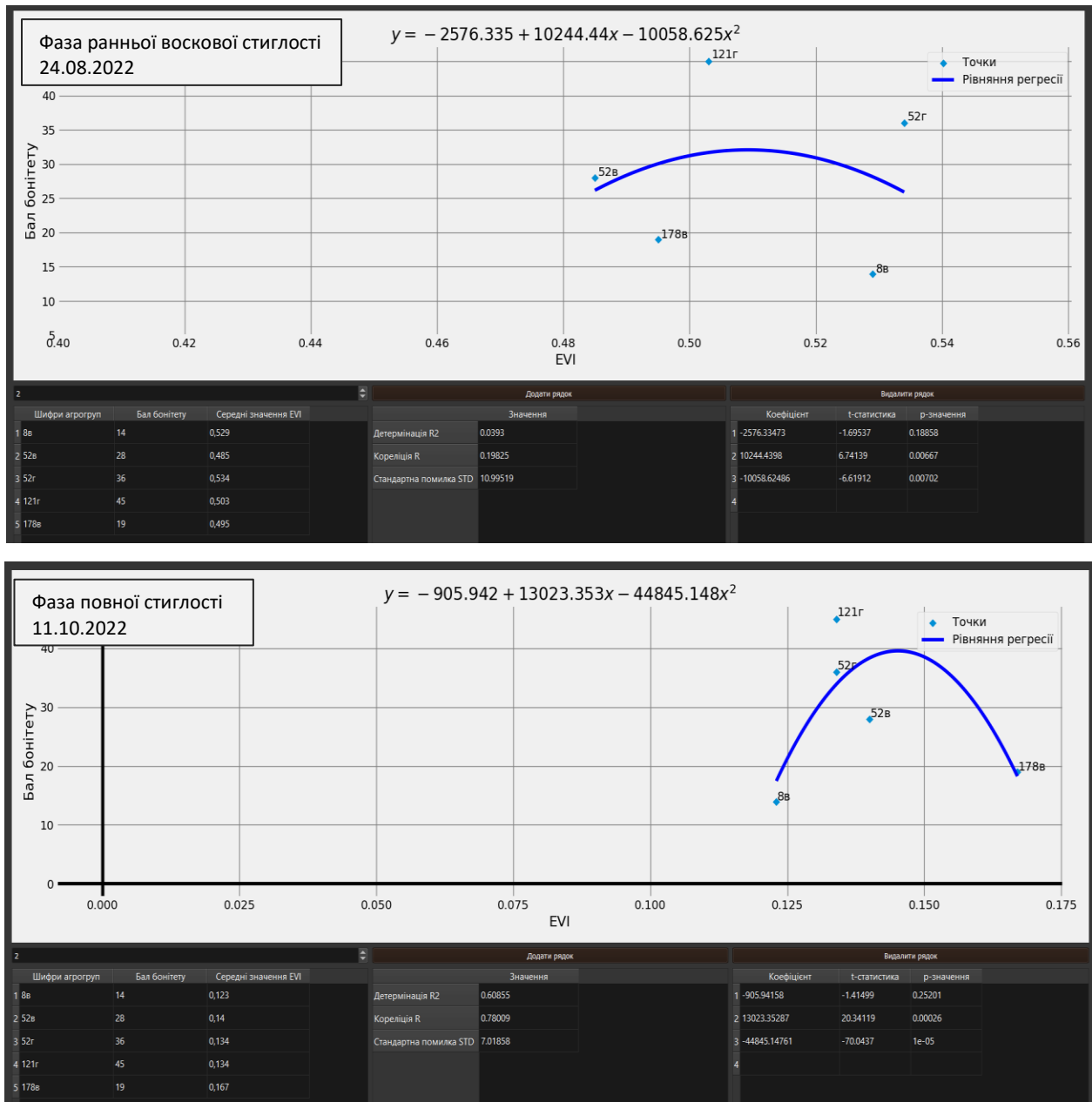


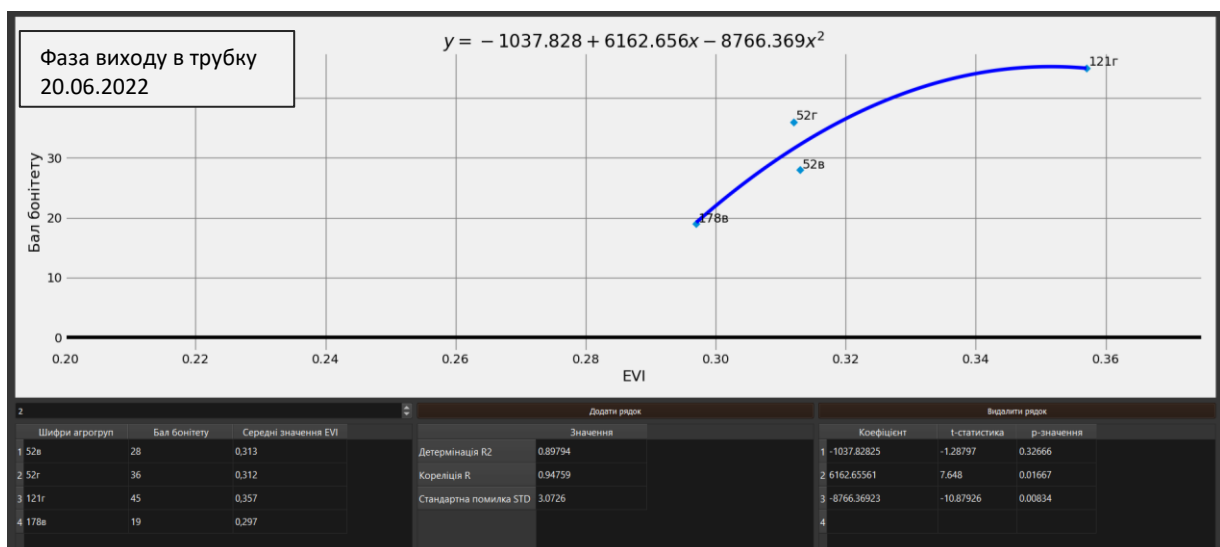
Рис. 3.5 – Результати регресійного аналізу для трьох фаз органогенезу кукурудзи на зерно (за 5 агрогосподарськими групами ґрунтів)

Джерело: власна розробка

Аналіз статистичних метрик ефективності моделей показав, що отриманий коефіцієнт детермінації R^2 більший за 90% лише у рівнянні регресії за 20 червня, інші рівняння характеризуються меншими значеннями даного коефіцієнту. Поглянувши на середні значення індексу EVI (табл. 3.2) та побудовані регресійні

рівняння, можна спостерігати вагомий вплив вхідних параметрів агро виробничої групи ґрунту з шифром «8в». Маючи найнижчий частковий бал бонітету, дана агрогрупа характеризується найвищими середніми значеннями індексу EVI. Її значення XY суттєво впливають на поведінку всіх кривих, котрі було побудовано для різних фаз органогенезу. На високі показники індексу EVI під дерново-підзолистими глеуватими ґрунтами (шифр «8в») могли вплинути наступні чинники: внесення органічних чи мінеральних добрив, правильно складена сівозміна з виділенням часом для відпочинку ґрунту, вапнування, дотримання поливних норм, здійснення вирівнювання поверхні поля тощо. Іншою групою факторів слід вважати чинники, що пов'язані зі станом самої культури: на полях під даною агро виробничою групою могли бути посаджені кращі сорти кукурудзи на зерно, могла здійснюватися обробка від шкідників, посіви на полях під агрогрупою з шифром «8в» можуть бути у відмінних від інших посівах фазах органогенезу. Тому було вирішено прибрати дерново-підзолисті глеуваті ґрунти з навчальної вибірки.

Було отримано результати регресійного аналізу для трьох фаз органогенезу без внесення у навчальну вибірку агро виробничої групи ґрунтів з шифром «8в» (рис. 3.6).



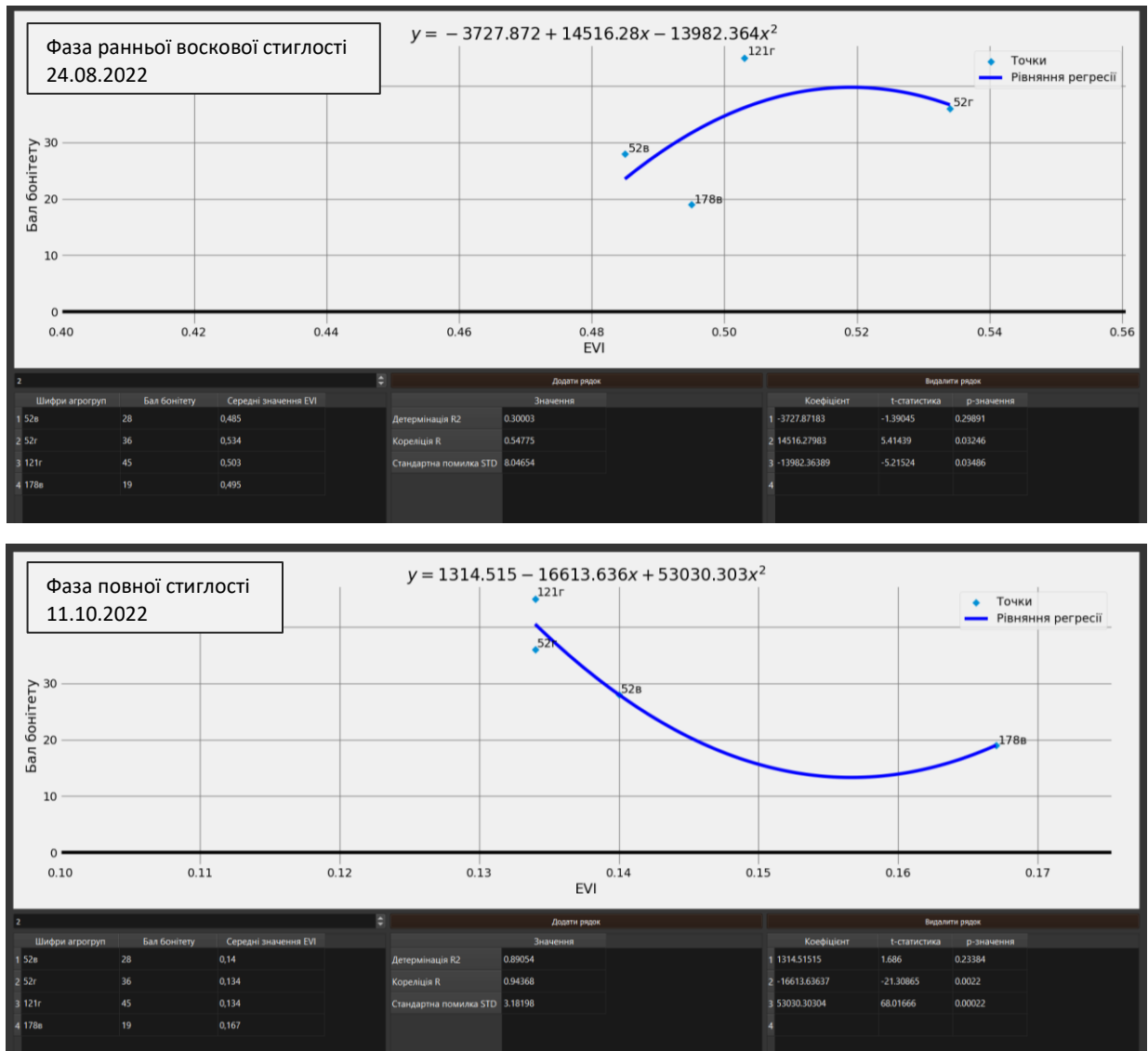


Рис. 3.6 – Результати регресійного аналізу для трьох фаз органогенезу кукурудзи на зерно (за 4 агровиробничими групами ґрунтів)

Джерело: власна розробка

Результати регресійного аналізу для фази виходу в трубку (20.06.2022) є найкращими серед результатів для трьох фаз органогенезу кукурудзи на зерно (формула (3.2)).

$$y = ax^2 + bx + c$$

$$y = -8766,369x^2 + 6152,656x - 1037,828 \quad (3.2)$$

Ступінь точності опису рівняння R^2 становить 90%, отже спостерігається висока точність апроксимації. Стандартне відхилення дорівнює 3,07. Р-значення для коефіцієнтів а та b менше 0,05, що свідчить про їх беззаперечний вплив на форму кривої. Тому саме це рівняння (формула (3.2)) буде застосоване для подальшої перевірки моделі визначення балів бонітету.

3.3. Верифікація розробленої моделі дистанційного визначення балів бонітету на ґрунтах Циблівського, Пологи-Яненківського та Світанківського старостинських округів



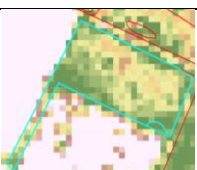


Перевірка новоствореної моделі дистанційного визначення балів бонітету передбачає застосування у середовищі ArcMap квадратного регресійного рівняння у фазу виходу в трубку (20.06.2022) кукурудзи на зерно (формула (3.3)):

$$\begin{aligned} \text{Бал бонітету} &= -8766,369 * EVI^2 + 6152,656 * EVI - 1037,828 = \\ &= -8766,369 * \left(2,5 * \frac{(Band5 - Band4)}{(Band5 + 6 * Band4 - 7,5 * Band2 + 1)} \right)^2 \\ &\quad + 6152,656 * 2,5 * \frac{(Band5 - Band4)}{(Band5 + 6 * Band4 - 7,5 * Band2 + 1)} \\ &\quad - 1037,828 \end{aligned} \tag{3.3}$$



Автоматизований розрахунок був здійснений за допомогою інструменту просторового аналізу «Калькулятор растру» у середовищі ArcMap. Також у середовищі ГІС було визначено координати тестових полів з посівами кукурудзи на зерно на території Світанківського, Пологи-Яненківського та Циблівського старостинських округів. Результати розрахунку представлені у таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

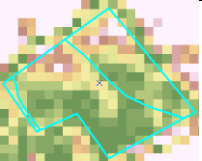
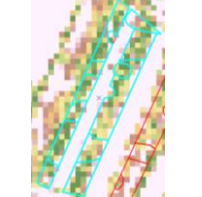
**Середні значення балів бонітету тестових полів на території Світанківського,
Пологи-Яненківського та Циблівського старостинських округів**

№ з/п	Картосхема розрахунку рівняння регресії	Координата центру поля	Шифри переважаючих у межах поля агровиробничих груп ґрунтів	Бал бонітету (сер. знач.)	Архівний бал бонітету	Відносна похибка
1		49.879985 31.726802	52г – Чорноземи типові слабогумусовані легкосуглинкові та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 %	35	36	0,028
2		49.884133 31.719315	52г 52в – Чорноземи типові слабогумусовані супіщані та їх комплекси з осолоділими ґрунтами до 30 %	39 33	36 28	0,083 0,178
3		49.892341 31.71438	52г	36	36	0
4		49.90397 31.714474	53г – Чорноземи типові малогумусні та чорноземи сильнореградовані легкосуглинкові 133г – Лучні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни легкосуглинкові 52г	36 33 32	41 29 36	0,122 0,138 0,111
5		49.910161 31.719952	53г	35	41	0,146

Продовження таблиці 3.3

6		49.91382 31.74744	53г	34	41	0,171
7		49.897639 31.759832	53г	37	41	0,098
8		49.889176 31.722248	52в	31	28	0,107
			52г	37	36	0,028
9		49.893462 31.735184	121г – Лучно-чорноземні ґрунти та їх слабосолонцюваті і слабоосолоділі відміни легкосуглинкові	39	45	0,133
			53г	37	41	0,098
10		49.892573 31.746703	53г	28	41	0,317
11		49.951592 31.71433	53г	34	41	0,171
12		50.013054 31.559622	52г	36	36	0
13		49.974343 31.58405	52г	34	36	0,056
14		49.964276 31.595917	52г	31	36	0,139

Кінець таблиці 3.3

15		49.954649 31.595769	52г	31	36	0,139
			52в	30	28	0,071
16		49.857566 31.698673	52г	33	36	0,083
			52в	32	28	0,143

Джерело: власна розробка

Порівнюючи архівні часткові бали бонітету, визначені Київським філіалом інституту землеустрою у 1993 році, та розраховані бали відносно кукурудзи на зерно за допомогою регресійної моделі, було встановлено, що середня відносна похибка вимірювання становить 0,098, тобто 10 %. Це є достатньо малою похибкою для моделі регресії, а отже, вона дає доволі точні прогнози.

Результат застосування моделі – карта часткових балів бонітету для полів під посівами кукурудзи на зерно (рис. 3.7). Варто зазначити, що модель коректно застосовувати лише для визначення балів бонітету ґрунту, де розташована обрана сільськогосподарська культура, так як на ній здійснювалось навчання. На всіх інших земельних ділянках (полях) розраховані бали бонітету слід вважати не релевантними і не правдивими. Саме тому, результати можуть бути аномально великими чи малими, або не відповідати дійсності для полів під іншими культурами, адже вони не були застосовані під час навчання.

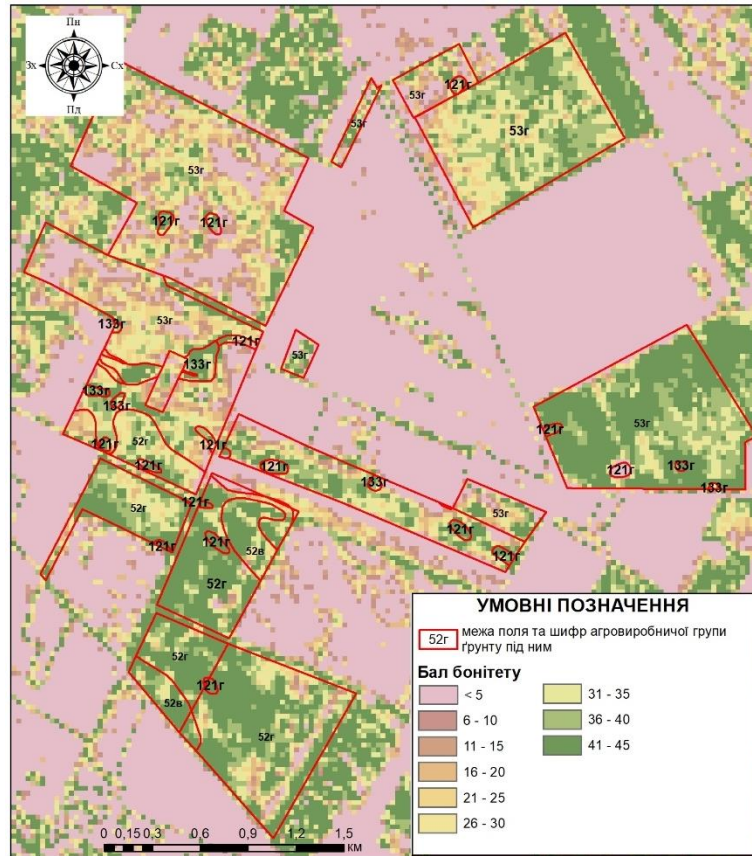


Рис. 3.7 – Результати застосування моделі дистанційного визначення балів бонітету агропроборних груп ґрунтів

Джерело: власна розробка

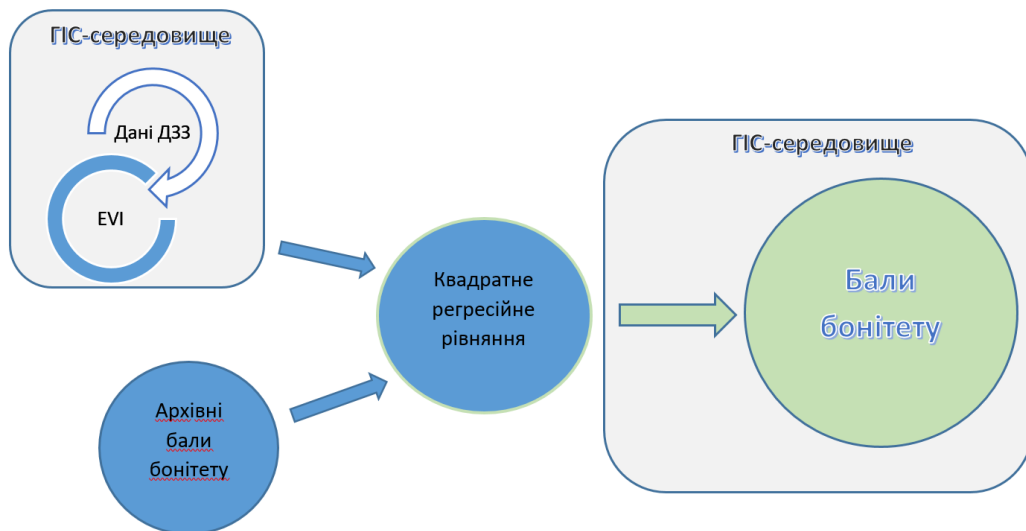


Рис. 3.8 – Схема дистанційного здійснення якісної оцінки ґрунтів

Джерело: власна розробка

Отже, засобами ГІС та математичними методами було розроблено робочу регресійну модель дистанційного визначення балів бонітету агропромислових груп ґрунтів (рис. 3.8).

Висновки до 3 розділу

У даному розділі описано процес створення регресійної моделі дистанційного визначення балів бонітету ґрунту. Об'єктом дослідження виступили агропромислові групи ґрунтів під сільськогосподарськими угіддями (ріллею), що знаходяться в межах Циблівської ОТГ Бориспільського району Київської області.

Польовий етап дослідження проводився з метою визначення на місцевості посівів кукурудзи на зерно у межах Циблівської ОТГ. Також цей етап включав визначення фаз органогенезу кукурудзи на зерно на дати створення завантажених супутникових космознімків Landsat 8-9. Під час розрахункового (камерального) етапу ці дані та відскановані картографічні матеріали було внесено до бази геоданих. Результатом стали карта полів та оцифрована карта агропромислових груп ґрунтів на територію дослідження. На основі зібраних та створених у базі геоданих матеріалів було здійснено просторовий аналіз посівів кукурудзи на зерно у три різні фази росту за допомогою розрахунку індексу EVI. Наступним кроком стало встановлення взаємозв'язку між отриманими середніми значення індексу EVI та результатами бонітування 1993 року. Регресійний аналіз дозволив створити модель дистанційного визначення балів бонітету. Верифікація її дієвості дозволяє стверджувати, що якісну оцінку ґрунтів можливо здійснювати за допомогою геоінформаційних технологій та засобів ДЗЗ.

ВИСНОВКИ

У даній кваліфікаційній роботі було досліджено можливості проведення якісної оцінки ґрунтів орних земель за допомогою геоінформаційних систем та методів ДЗЗ.

Аналіз існуючих методик бонітування ґрунтів в Україні та якісної оцінки орних земель за кордоном дозволив виявити провідні принципи даного процесу. Для більшості країн, у тому числі України, у його основі лежить використання незмінних у часі природних властивостей ґрунту, таких як уміст гумусу та фізичної глини, глибина гумусованого та оглеєних горизонтів, рН соляної витяжки, вміст поживних речовин тощо, котрі відображаються на врожайності сільськогосподарських культур.

Аналіз існуючих засобів ГІС та ДЗЗ, котрі застосовуються під час якісної оцінки ґрунтів, показав, що їх доречно інтегрувати в бонітування. Методи дистанційного зондування Землі можуть забезпечити швидке отримання достовірних даних про поки що обмежений набір природних властивостей ґрунту (кількість органічної речовини (гумусу та азоту), вологість, гранулометричний склад тощо). Розвиток науки та технологій у сфері ДЗЗ дозволить повноцінно здійснювати моніторинг ґрунтових показників, що сприятиме швидшому здійсненню бонітування. Геоінформаційні технології дають можливість створювати великі проекти з якісної оцінки ґрунтів, де текстова, числова та графічна інформація буде зібрана в одному геоінформаційному просторі. Бази геоданих є зручним місцем зберігання, обробки, оновлення та аналізу різноманітних даних. Засоби ГІС та методи ДЗЗ здатні зменшити час та ресурси під час майбутніх ґрунтових досліджень.

Проведення польового етапу досліджень на території Циблівської ОТГ Бориспільського району Київської області відбулося у грудні-січні 2022-2023 рр. Під час нього було визначено місця розташування посівів кукурудзи на зерно загальною площею понад 2150 га.

Камеральний етап включав розрахунок удосконаленого вегетаційного індексу на основі завантажених космознімків Landsat 8-9. Зв'язок між фазою органогенезу «Вихід в трубку» кукурудзи на зерно та середніми значеннями індексу EVI дозволив здійснити регресійний аналіз, де вхідними змінними «Х» квадратного рівняння виступали розраховані середні значення індексу EVI на полях Хоцьківського старостинського округу, а змінними «Y» – чинні (архівні) бали бонітету агровиробничих груп ґрунтів, визначені Київським філіалом інституту землеустрою у 1993 році.

Верифікація розробленої моделі дистанційного визначення балів бонітету агровиробничих груп ґрунтів відносно обраної сільськогосподарської культури була здійснена за допомогою інструменту геопросторового аналізу «Калькулятор растру» у середовищі ArcMap. Результатом стали розраховані бали бонітету для агрогруп ґрунтів Світанківського, Пологи-Яненківського та Циблівського округів.

Отже, порівнюючи чинні бали бонітету агровиробничих груп ґрунтів та бали отримані за допомогою створеної моделі, можна зробити висновки, що застосування ГІС-технологій та даних ДЗЗ у поєднанні з математичними методами є ефективним варіантом здійснення якісної оцінки ґрунтів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Ачасов, А.Б., Ачасова, А.О. (2011). Методичні основи сучасного просторового моніторингу ґрунтів. *Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна, № 944, вип. 6.* 20-27.

Бідолах, Д.І., Диня В.І. (2022). Картографування ґрунтів як один із засобів оптимізації точного землеробства. *Науковий вісник ЛНУВМБ імені С.З. Гжицького, т. 24, № 97.* 181-190.

Булигін, С.Ю. (2015). Якість земель як основа контролю землекористування. *Агроекологічний журнал, №1.* 34-46.

Булигін, С.Ю., Тонха, О.Л., Вітвіцький, С.В., Кучер, Л.І., Буланий, О.В. (2020). *Оцінка і управління якістю ґрунтів.* Навч. посібник. Київ: Видавництво. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dglib.nubip.edu.ua/bitstream/123456789/6273/1/%D0%91%D1%83%D0%BB%D0%B8%D0%B3%D1%96%D0%BD%D0%9E%D1%86%D1%96%D0%BD%D0%BA%D0%B0%20%D1%96%20%D1%83%D0%BF%D1%80%D0%B0%D0%B2%D0%BB%D1%96%D0%BD%D0%BD%D1%8F%20%D1%8F%D0%BA%D1%96%D1%81%D1%82%D1%8E%20%D2%91%D1%80%D1%83%D0%BD%D1%82%D1%96%D0%B2.pdf>

Гаврилюк, Ф.Я. (1974). *Бонитировка почв.* Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е. Москва: Издательство «Высшая школа».

Гіржева, К.Б. (2007). Фізичні властивості ґрунтів як критерій їх бонітування. *Автореф. дис. (канд. с.г. наук: спец. 06.01.03).* Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського».

Гічка, М.М. (2007). Наукове обґрунтування використання методів дистанційного зондування в моніторингу ґрунтів. *Автореф. дис. (канд. с.-г. наук:*

спец. 06.01.03). Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського».

Горелик, С.І., Нечаусов, А.С., Янкін, О.Є. (2022). Визначення геометричних характеристик вибухових вирв на землях сільськогосподарського призначення дистанційними методами. *Журнал «Землеустрій, кадастр і моніторинг земель»*, вип. № 4. 118-128.

Губарева, В. (2022). Боєприпаси та хімія: як війна шкодить ґрунтам і які є рішення? *Рубрика*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://rubryka.com/article/soil-ukraine/>

Докучаев, В.В. (1949). *Избранные сочинения*. Том 2. Москва: Издательство АН СССР.

Закон України «Про Державний земельний кадастр». № 3613-VI від 18.05.2023 р. (2011). Відомості Верховної Ради України (ВВР), № 8, 61. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text>

Закон України «Про землеустрій». № 858-IV від 18.05.2023 р. (2003). Відомості Верховної Ради України (ВВР), № 36, 282. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text>

Закон України «Про іпотеку». № 898-IV від 10.10.2022 р. (2003). Відомості Верховної Ради України (ВВР), № 38, 313. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/898-15#Text>

Закон України «Про оренду землі». № 161-XIV від 06.05.2023 р. (1998). Відомості Верховної Ради України (ВВР), № 46-47, 280. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/161-14#Text>

Закон України «Про оцінку земель». № 1378-IV від 19.11.2022 р. (2003). Відомості Верховної Ради України (ВВР), № 15, 229. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1378-15#Text>

Зацерковний, В.І. (2018). *Дистанційне зондування Землі. Фізичні основи: навч. посіб.* Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя.

Земельний кодекс України. № 2768-III від 06.05.2023 р. (2001). Відомості Верховної Ради України (ВВР), № 3-4, 27. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2768-14#Text>

Канаш, О.П. (2009). Яким має бути паспорт земельної ділянки? *Землевпорядний вісник, №4*. 40-42.

Кузьмичов, В.П. (1969). Головні принципи бонітування ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*. Вип. 8. 3-26.

Медведєв, В.В., Пліско, І.В. (2013). Пропозиції до вдосконалення чинної методики бонітування ґрунтів. *Вісник аграрної науки 5'13*. 14-18.

Наказ Міністерства аграрної політики та продовольства України «Про затвердження Порядку ведення агрохімічного паспорта поля, земельної ділянки». № 536 від 11.10.2011 р. (2011). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1517-11#Text>

Новаковський, Л.Я., Канаш, А.П., Розумний, І.А., Деревецкий, А.В. и др. (1992). *Методика бонитировки почв Украины*. Киев: Издательство УААН.

Пліско, І.В. (2019). Просторово-диференційована система управління якістю ґрунтів (на прикладі ріллі України). *Дисертація: спец. 06.01.03*. Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського».

Погріщук, Г.Б., Погріщук, Б.В. (2017). Ретроспективний аналіз визначення якісного стану та оцінки земельних ресурсів. *Агросвіт, № 7*. 12-21.

Полупан, М.І., Величко, В.А., Соловей, В.Б. (2008). Родючість ґрунтів і ґрунтового покриву Степу Південного і Сухого за агропотенціалами сільськогосподарських культур та бонітувальними критеріями. *Вісник аграрної науки* № 2. 18-25.

«Про експертну грошову оцінку земельних ділянок». *Постанова КМ України від 11.10.2002 р., № 1531 (зі змінами і доповненнями, внесеними постановою КМУ від 16.11.2011 р. № 1248)*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1531-2002-%D0%BF#Text>

«Про затвердження Методики визначення розміру шкоди, завданої землі, ґрунтам внаслідок надзвичайних ситуацій та/або збройної агресії та бойових дій під час дії воєнного стану». *Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 04.04.2022, №167*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0406-22#Text>

«Про затвердження Методики нормативної грошової оцінки земельних ділянок». *Постанова КМ України від 03.11.2021 р., № 1147 (зі змінами і доповненнями, внесеними постановою КМУ від 01.07.2022 р. № 753)*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1147-2021-%D0%BF#Text>

«Про затвердження Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення». *Наказ Міністерства аграрної політики України від 26.02.2004 р., № 51*. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0383-04#Text>

«Про розміри та Порядок визначення втрат сільськогосподарського і лісогосподарського виробництва, які підлягають відшкодуванню». *Постанова КМ України від 17.11.1997 р., № 1279 (зі змінами і доповненнями, внесеними*

постановою КМУ від 06.12.2017 р. № 949). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1279-97-%D0%BF#Text>

Рокочинський, А.М., Волк, П.П., Тихенко, О.В., Фроленкова, Н.А., Шалай, С.В., Тихенко, Р.В. (2020). Бонітування ґрунтів як основа формування вартості осушуваних земель. *Агросвіт*, № 15. 4-10.

Світличний, О.О., Чорний, С.Г. (2007). *Основи ерозієзнавства: підручник*. Суми: ВТД «Університетська книга».

Серый, А.И. (1986). *Бонитировка почв*. Методические рекомендации. Киев: УСХА.

Сибирцев, Н.М. (1951). *Бонитировка почв*. Избранные сочинения. Том 1. Москва: Сельхозгиз.

Смага, І.С. (2013). Методологічні основи бонітетної оцінки ґрунтів та їх удосконалення. *Ґрунтознавство*. Т. 14, № 3-4. 63-75.

Соболев, С.С., Полянский, Н.А. (1965). *Бонитировка почв*. Москва: ВАСХНИЛ.

Ступень, М.Г., Гулько, Р.Й., Залуцький, І.Р., Микула, О.Я. (2006). Теоретичні основи оцінки земель. Під ред. М.Г. Ступеня. *Оцінка земель*. Навчальний посібник. 2-ге видання. Львів: «Новий світ – 2000».

Тихенко, О.В. (2010). Порівняльний аналіз методів бонітування ґрунтів України. *Харківського НАУ*, № 6. 226-230.

Толчевська, О.Є. (2014). База опорних даних для дослідження характеристик земельних масивів за даними дистанційного зондування Землі. *Науково-технічний журнал*, № 1(9). 9-15.

Трофименко, П.І. (2023). *Конспект лекцій з дисципліни «Бонітування ґрунтів та оцінка землі»*. Київ: ННІ «Інститут геології».

Трускавецький, С.Р. (2006). Використання багатоспектрального космічного сканування та геоінформаційних систем у дослідженні ґрунтового покриву

Полісся України. Автореф. дис. (канд. с.-г. наук: спец. 03.00.18). Харків: ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н. Соколовського».

Трускавецький, С.Р., Биндич, Т.Ю., Вяткін, К.В., Шерстюк, О.І., Коляда, Л.П. (2017). Прогресивний підхід до традиційних великомасштабних обстежень ґрунтів. *Агрохімія і ґрунтознавство*, 86. 58-63.

Трускавецький, С.Р., Коляда, Л.П. (2013). Порівняльний аналіз різних підходів до картографування ґрунтів. *Вісник ХНАУ*, № 2. 12-15.

Українське національне інформаційне агентство «Укрінформ». (2022). Обстріляний урожай: як росіяни цілять в українські хлібні поля. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ukrinform.ua/rubric-ato/3528072-obstrilaniy-urozaj-ak-rosiani-cilat-v-ukrainski-hlibni-pola.html>

Швець, О.М. (2014). Якісна оцінка землі як елемент її раціонального використання. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*, вип. 3(67). 347-352.

Jiang, Z., Huete, A. R., Didan, K., Miura, T. (2008). Development of a two-band enhanced vegetation index without a blue band. *Remote Sensing of Environment*, 112. 3833-3845.

Soil Science Division Staff. (2018). Soil Survey Manual. U.S. *Department of Agriculture Handbook № 18*. US Gov. printing office. Washington, D.C. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf>

Soil Survey Staff (1999). Soil Taxonomy: a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Second edition. *U.S. Department of Agriculture Handbook № 436*. US Gov. printing office. Washington, D.C.

SuperAgronom. (2017). Всі фази розвитку кукурудзи. Розвиток кукурудзи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://superagronom.com/multimedia/photo/47-vsi-fzi-rozvitku-kukurudzi>

ZHANG, Wei-li, XU, Ai-guo, ZHANG, Ren-lian, JI, Hong-jie. (2014). Review of Soil Classification and Revision of China Soil Classification System. *Scientia Agricultura Sinica*, vol. 47(16). 3214-3230. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://iarrp.caas.cn/en/docs/2021-07/20210715181845965891.pdf>

ДОДАТКИ
Додаток А



**МІЖНАРОДНА НАУКОВО-ПРАКТИЧНА КОНФЕРЕНЦІЯ
INTERNATIONAL SCIENTIFIC-PRACTICAL CONFERENCE**

**НАУКА, ОСВІТА, ТЕХНОЛОГІЇ І СУСПІЛЬСТВО:
СВІТОВІ ТЕНДЕНЦІЇ ТА РЕГІОНАЛЬНИЙ АСПЕКТ**

**SCIENCE, EDUCATION, TECHNOLOGY AND SOCIETY:
GLOBAL TRENDS AND REGIONAL ASPECT**

**Збірник тез доповідей
Book of abstracts**

**Частина 1
Part 1**



**11 січня 2023 р.
January 11, 2023**

**м. Рівне, Україна
Rivne, Ukraine**



Глоба О. В.

студентка,

Трофименко П. І.

доктор сільськогосподарських наук,

Навчально-науковий інститут «Інститут геології»

Київського національного університету імені Тараса Шевченка

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ІНДЕКСІВ ПІД ЧАС ЯКІСНОЇ ОЦІНКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ

Як відомо, ґрунт забезпечує необхідні умови розвитку рослинництва в цілому. При цьому оперативна ідентифікація ґрунтових ареалів та виокремлення агропромислових груп ґрунтів на основі їхніх якісних характеристик дозволяють значно економити матеріальні та фінансові ресурси. Спектральні індекси активно застосовуються у сільському господарстві. За допомогою них відбувається моніторинг стану посівів та прогнозування урожайності сільськогосподарських культур, а також визначення величин балів бонітетів.

Визначення вмісту гумусу, специфічних новоутворених речовин в ґрунті, за допомогою спектральних індексів полягає у встановленні залежності між спектральною яскравістю пікселів та фактичним його вмістом. Деякими науковцями було доведено, що найкраще брати яскравість у червоному (RED – 630-690 нм) [1, с. 68 – 73], ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR – 770-900 нм) або другому тепловому каналі (10400 – 12500 нм) [2, с. 48 – 62]. Але слід враховувати, що коректне визначення вмісту гумусу можливе лише на вільних від зеленої та сухої рослинності ґрунтах (зазвичай це свіже оброблена, суха рілля). Щоб перевірити це, зазвичай використовують вегетаційні індекси, основою яких є найбільш стабільні ділянки кривої спектральної відбивної здатності рослин. Найпопулярнішими є нормалізований диференційний вегетаційний індекс NDVI (NIR та RED) [3, с. 655 – 668] та удосконалений вегетаційний індекс EVI (NIR, RED, коефіцієнти C1 та C2 для коригування аерозольних розсіювань, коефіцієнт L для коригування впливу ґрунту та рослинного покриву) [4, с. 195 – 213]. Також слід зважати на інтенсивність забарвлення ґрунту та рівня його вологості, які суттєво змінюють спектральний образ супутникових знімків. У таких випадках доречним є використання, наприклад, нормалізованого водного індексу NWI (Normalized Water Index), що враховує середній інфрачервоний (SWIR – 1570 – 1750) та зелений (GREEN – 520 – 600 нм) області спектру або нормалізованого різницевого індексу вологості NDMI (Normalized Difference Moisture Index), котрий використовує інфрачервоний та середній інфрачервоний діапазони.

У сучасних умовах все більш актуальним є оперативний моніторинг запасів органічної речовини в ґрунті, SOM (англ. – soil organic matter). Технології їх пошуків зазвичай базуються на знаходженні взаємозв'язків між показниками вмісту органічної речовини та відповідними параметрами окремих діапазонів спектральних каналів. При цьому збільшення вмісту органічної речовини в ґрунті призводить до загального зниження відбивної здатності у ближній інфрачервоній та короткохвильовій інфрачервоній областях спектру [5, с. 576 – 588]. За допомогою співвідношення ближнього інфрачервоного до видимого червоного спектральних каналів (неповноцінний вегетаційний індекс NDVI) у поєднанні зі спектральними індексами, що розраховують зайву вологу (відношення ближнього інфрачервоного

та зеленого каналів), можна визначити спектральну яскравість ґрунту, а отже з'ясувати геопросторовий розподіл концентрації SOM [6, с. 42 – 52]. Проте, потрібно пам'ятати, що коректному дистанційному визначенню органічної речовини, як і вмісту гумусу, можуть заважати значна кількість чинників. Лише деякі з методів дозволяють враховувати ступінь екранованості ґрунту рослинністю [7, с. 1 – 6], що розширює часові інтервали отримання спектрально-зональних знімків.

Набагато складнішим є визначення ґрунтових відмін за допомогою вегетаційних індексів сільськогосподарської рослинності. Один зі способів полягає у створенні за допомогою кластерного аналізу космоснімку чорнової картосхеми розподілу ґрунтових виділів в межах окремих полів, а потім її деталізуванні та редагуванні за допомогою розрахованих вегетаційних індексів [8, с. 352 – 364]. Останнім етапом зазвичай є перевірка отриманих результатів у вигляді польових досліджень із відбором ґрунтових проб для кожної з визначених відмін.

Відносно інноваційними вважаються дослідження характеру взаємозалежності між показниками ґрунтової родючості в балах та врожайності сільськогосподарських культур, розрахованих за допомогою спектральних індексів [9, с. 235 – 246]. Якісна оцінка сільськогосподарських угідь зазвичай асоціюється з балами бонітетів агропромислових груп, на яких вони розташовані. Під час проведених досліджень на посівах кукурудзи на зерно площею 850 га на території Циблівської територіальної громади Бориспільського району Київської області (вересень 2022 р.) відбувається просторовий аналіз полів під кукурудзою на зерно. Середні значення індексу EVI на полях з кукурудзою на зерно та загальновідомі бали бонітету використано для побудови моделі квадратичної регресії (рис. 1), де X – розраховане середнє значення індексу EVI, Y – частковий бал бонітету для поля під певною агропромисловою групою. Сутність розв'язку задачі полягає у кількісній оцінці ступеня варіації із застосуванням показників середньоквадратичної похибки та коефіцієнта детермінації, тобто побудови кривої, яка найкраще описує взаємозв'язок між індексом EVI та балами бонітету. На рис. 2 побудовано геопросторову модель часткових балів бонітету агропромислових груп ґрунтів за кукурудзою на зерно.

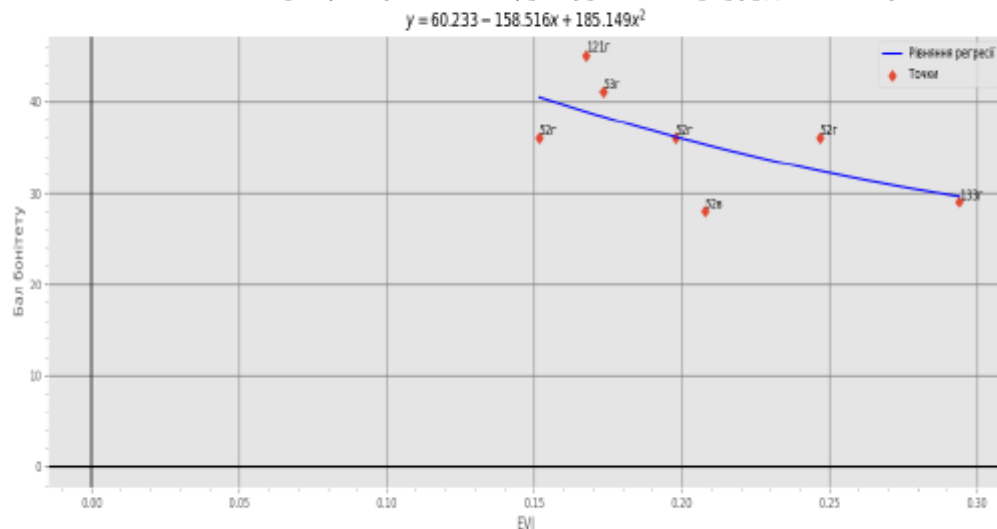


Рис. 1. Регресійна модель залежності балу бонітету та величини індексу EVI

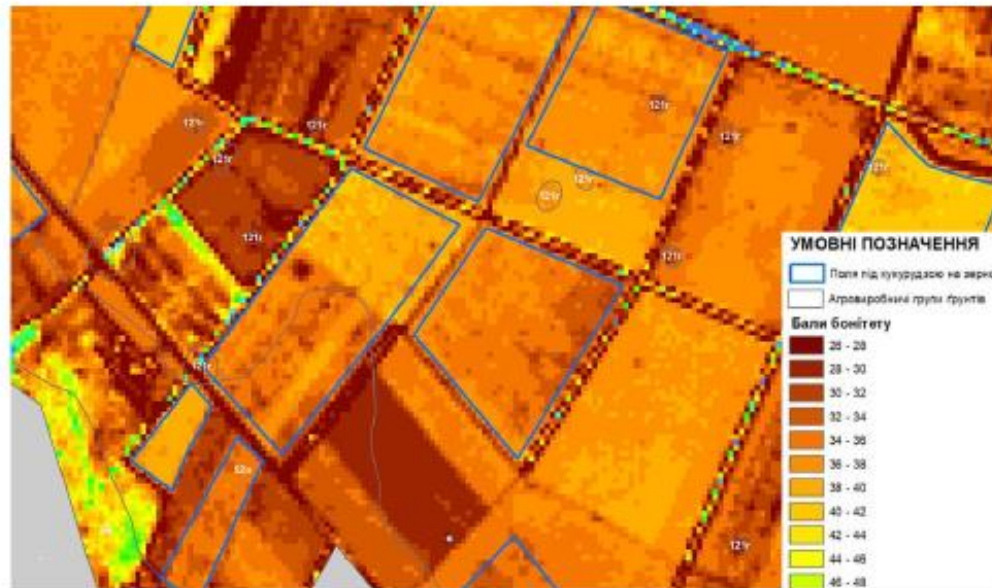


Рис. 2. Картохема часткових балів бонітету ґрунтів на тестових ділянках, побудована на основі регресійної моделі

Отже, якісна оцінка сільськогосподарських угідь за допомогою методів ДЗЗ дозволить аграріям отримувати оперативну інформацію про потенційно привабливі ділянки ґрунтового покриву.

Список літератури

1. Гебрин Л. В., Сахацький О. І. Застосування дистанційних аерокосмічних методів для узагальненої оцінки стану ґрунтів регіону. *Geoinformatika*. 2015. № 3 (55). 68-73.
2. Шатохин А. В. Дистанционное зондирование и геоинформационные технологии при исследовании почвенного покрова. *Третя Українська нарада користувачів аерокосмічної інформації: зб. наук. доп. К: Знання України, 2001. 48-62.*
3. Kogan F.N. Droughts of the late 1980s in the United States as derived from NOAA polar-orbiting satellite data. *Bulletin of the American Meteorology Society*. 1995. 76(5). 655-668.
4. Huete A., Didan K., Miura T., Rodriguez E. P., Gao X. and Ferreira L. G. Overview of the radiometric and biophysical performance of the MODIS vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*. 2002. 83(1). 195-213.
5. Majed I., Fatima G., Afnan A., Abdallah A. The Estimation of Soil Organic Matter Variation in Arid and Semi-Arid Lands Using Remote Sensing Data. *International Journal of Geosciences*. 2019. Vol. 10 № 5. 576-588.
6. Гебрин-Байди Л. В. Застосування методів дистанційного зондування землі для оцінювання показників родючості земель Закарпаття. *ISTCGCA*. 2017. Випуск 85, № 85. 42-52.
7. Trofymenko P. I. Radion I. A., Degtyarjov V. V., Kotkova T. M., Zatserkovnyi V. I., Trofimenko N. V. Applying the models of soil screening and organic carbon content in the

Додаток Б.2

1) Дерново-підзолисті ґрунти (шифри агровиробничих груп – 5а, 5б, 5в) в історичному минулому утворилися під хвойними та змішаними лісами при наявності трав'янистої рослинності, кількість гумусу та поживних речовин незначна; у верхньому шарі вимиваються лужноземельні катіони кальцію, магнію та інші основи; верхній горизонт набуває кислої реакції.

2) Дерново-підзолисті глеюваті ґрунти (шифр агровиробничої групи – 8в) характеризуються оглеєнням ґрунтоутворюючої породи.

3) Чорноземи типові глибокі слабогумусовані (шифри агрогруп – 52в, 52г) сформувались під покривом лучно-степової рослинності, завдяки якій у верхніх горизонтах накопичувались значна кількість рослинних решток і зольних елементів, розклад яких проходить в умовах недостатнього зволоження.

4) У чорноземів типових малогумусних (шифр агрогрупи – 53г) особливо збільшується еродованість після сільськогосподарського освоєння схилів земель; ці ґрунти мають найбільш характерні ознаки процесу чорноземоутворення: накопичення гумусу, поживних речовин, неглибоке залягання карбонатів кальцію і магнію, відсутність перерозподілу мулистих частинок по профілю ґрунту; вони характеризуються потужним гумусованим профілем.

5) Чорноземи типові слабозмиті (шифр агрогрупи – 55г) від незмитих відрізняються меншою глибиною гумусового горизонту та підвищеною лінією закипання карбонатів в профілі ґрунту.

6) Лучно-чорноземні ґрунти (шифри агрогруп – 121в, 121г, 122г) формуються під лучно-степовою рослинністю з багатим різнотрав'ям, нерідко з

розрідженими листяними лісами в умовах підвищеного атмосферного чи підґрунтового зволоження, або внаслідок їх сумісної дії.

7) У формуванні лучних ґрунтів (шифр агрогрупи – 133г) взяв участь дерновий процес ґрунтоутворення, який виникає під впливом трав'янистої рослинності; доброму розвитку дернового процесу сприяють підґрунтові води; істотною особливістю дернового процесу є накопичення гумусу, поживних речовин і утворення сприятливого повітряно-водного режиму в ґрунті.

9) За морфологічними ознаками чорноземно-лучні ґрунти (шифр агрогрупи – 134г, 136г) подібні до чорноземів, але відрізняються від них оглеєністю ґрунтоутворюючої породи і нижньої частини перехідного горизонту.

10) Болотні, лучно-болотні та торфувато-болотні ґрунти (шифр агрогрупи – 141) сформувалися внаслідок поєднання дернового та болотного процесів ґрунтоутворення при постійному надмірному зволоженні території їх залягання; Надмірне зволоження гальмує процеси гуміфікації і мінералізації великої маси рослинних решток.

11) У формуванні дернових глибоких ґрунтів (шифри агрогруп – 178в, 178г) взяв участь дерновий процес ґрунтоутворення, який виникає під впливом лучної трав'янистої рослинності; неглибокий рівень залягання ґрунтових вод обумовив оглеєння ґрунтоутворюючої породи та перехідних горизонтів; істотною особливістю дернового процесу є накопичення гумусу, поживних речовин і утворення сприятливого повітряно-водного режиму в ґрунті.

