

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

БИНДИЧ Тетяни Юріївни

«Діагностика та параметризація латеральної неоднорідності ґрунтів на основі даних багатоспектрального космічного сканування», представлену на здобуття наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика

Дисертаційна робота БИНДИЧ Тетяни Юріївни написана українською мовою з дотриманням вимог наукового стилю, використанням наукової термінології, оформлена згідно з вимогами Міністерства освіти і науки України.

**Актуальність роботи. Зв'язок із державними, галузевими науковими програмами, пріоритетними напрямками розвитку науки й техніки.**

Необхідною умовою ефективного використання та охорони ґрунтово-земельних ресурсів, а отже і складовою успішного розвитку агропромислового комплексу України в умовах ринкових відносин слугує наявність об'єктивної інформації про їх якісний стан. Застосування геоінформаційних технологій та даних дистанційного зондування Землі дозволяє вирішити широкий спектр задач щодо інформаційного забезпечення з питань управління ґрунтовими ресурсами, а саме відтворення та збереження родючості ґрунтового покриву.

Адже Національним планом дій щодо боротьби з деградацією та опустелюванням (п. 28). передбачено досягнення нейтрального рівня деградації земель і визнано однією з ключових цілей сталого розвитку України на період до 2030 року. Створення національної системи геоінформаційного забезпечення і моніторингу стану навколишнього природного середовища як складової частини європейської програми “Copernicus” у світовій системі “GEOSS” визнано і концепцією Загальнодержавної цільової науково-технічної космічної програми України на 2018 - 2022 роки. Нестача необхідної параметричної інформації про властивості ґрунтів перешкоджає розвитку цифрового ґрунтового картографування (Digital Soil Mapping, DSM) - одному з найбільш перспективних напрямів у сучасному ґрунтознавстві. Зазначені задачі **актуалізують** розроблення нових підходів до кількісної оцінки просторового варіювання властивостей ґрунтів у поверхневому шарі ґрунтового покриву, яке виявляється тільки під час детальних або великомасштабних обстежень.

Дисертаційну роботу виконано впродовж 2003-2020 рр. на основі теоретичних та експериментальних досліджень згідно з тематичними планами сектору дистанційного зондування ґрунтового покриву Національного наукового центру «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського» в рамках НТП УААН «Родючість і охорона ґрунтів» на 2001-2005 рр. за завданням 01.03 «Розробити кількісну оцінку,

діагностику і систему моніторингу ерозійно небезпечних ґрунтів на основі дистанційних методів досліджень» (№ ДР 0101U006046), НТП УААН 01 «Родючість, охорона і екологія ґрунтів» на 2006-2010 рр. за завданням 01.02.01-33.Ф «Розробити науково-методичну базу щодо комплексної дистанційної діагностики стану ґрунтового покриву та ерозійно-небезпечних земель України на геоінформаційних принципах» (№ ДР 0106U004782), ПНД НААН 01 «Родючість, охорона і раціональне використання ґрунтів» на 2011-2015 рр. за завданнями 01.00.06.04.Ф «Розробити теоретичні основи використання методів дистанційного зондування в системі ґрунтоохоронного моніторингу» (№ ДР 0111U002966), 01.00.06.05.П «Розробити методичні основи дистанційного моніторингу основних чинників інтенсифікації розвитку зернового та олійного господарства країни» (№ ДР 0112U001666) та 01.00.01.04.П «Розробити методичні основи діагностування та оцінювання стану ґрунтів методами дистанційного зондування» (№ ДР 0114U003053), ПНД НААН 1 «Ґрунтові ресурси: прогноз розвитку, збалансоване використання, прогноз і стале управління» на 2016-2020 рр. за завданнями 01.01.01.03.Ф «Розробити методологію інформаційного забезпечення збалансованих систем землекористування за даними багатоспектрального космічного сканування» (№ ДР 0116U000572) та 01.01.02.03.Ф «Розробити наукові основи використання даних багатоспектрального космічного сканування як базової інформації щодо оцінки просторової диференціації основних властивостей ґрунтів для локальних моніторингових досліджень» (№ ДР 0116U000576).

### **Наукова новизна. Положення які виносяться на захист, ступінь обґрунтованості.**

У дисертаційній роботі вперше:

- обґрунтовано та розроблено основи практичної методології багаторівневої тематичної обробки даних багатоспектрального космічного сканування (БСКС) високого просторового розрізнення для діагностики та параметризації латеральної неоднорідності ґрунтів з метою створення сучасної системи інформаційного забезпечення великомасштабних досліджень та картографування ґрунтового покриву (ГП), а також автоматизованих систем моніторингу сільськогосподарських земель країни;
- обґрунтовано та апробовано методичний підхід до структурно-параметричного моделювання неоднорідності локальних структур ГП за даними БСКС високого просторового розрізнення;
- обґрунтовано та апробовано методичний підхід до визначення змитих ґрунтів на орних землях за даними БСКС, що засновано на використанні вмісту фізичної глини (ФГ) в поверхневому шарі ґрунту як діагностичного критерію оцінювання поширення та інтенсивності деградації орних земель внаслідок ерозії на територіях, що мають однорідний склад ґрунтоутворних порід;

- на основі одержаного в різних регіонах країни оригінального емпіричного матеріалу наземних та космічних досліджень доведено результативність методів дешифрування даних БСКС для визначення відмінних за будовою профілю ґрунтів, параметризації варіювання їх властивостей, створення електронного каталогу оптичних образів орних ґрунтів країни.

*Набули подальшого розвитку:*

- методичні аспекти дешифрування даних БСКС для цифрового картографування ГП;

- методи сумісного аналізу космічного зображення ґрунтової поверхні та даних наземних досліджень для верифікації, оцінювання та екстраполяції результатів дешифрування даних БСКС для значних площ сільськогосподарських угідь.

*Удосконалено* методичні підходи до репрезентативного опробування ГП на основі кількісної оцінки латеральної неоднорідності ґрунтів шляхом дешифрування даних БСКС.

**Достовірність отриманих результатів.** Наукові положення, висновки і рекомендації, що висвітлені в дисертації, обґрунтовані і підтверджуються отриманими результатами експериментальних досліджень, які проводили в польових і лабораторних дослідженнях, спостереженнях та аналізах. Достовірність експериментальних даних обґрунтована результатами статистичного аналізу та моделювання з використанням дисперсійного, кореляційно-регресійного, геостатистичного та факторного аналізів. У процесі дослідження використано: польові та лабораторні дослідження, що виконані в трьох ґрунтово-кліматичних зонах України – в Поліссі, Лісостепу і Степу. Використано також метод системного аналізу та логічного узагальнення щодо обґрунтування просторово-диференційованої системи оцінки якості орних ґрунтів. Факторний і геостатистичні аналізи дали можливість дисертанту встановити залежності і відповідні зв'язки між властивостями ґрунту та побудувати педотрансферні моделі та оцінити неоднорідність ґрунтового покриву.

**Особистий внесок здобувача.** Дисертація є особистою науковою працею. Здобувач брав безпосередню участь у визначенні основного напрямку наукового пошуку, формулюванні мети та постановці завдань досліджень, опрацюванні вітчизняної та закордонної наукової літератури, а також електронних джерел інформації, в проведенні експериментальних досліджень в межах дослідних полігонів, тематичному дешифруванні даних космічної зйомки, в обґрунтуванні та розробленні методології діагностики, параметризації та регіоналізації латеральної неоднорідності ґрунтів за даними БСКС. Особисто автором проведено просторовий аналіз даних наземних досліджень та здійснено їх співставлення з ґрунтово-картографічними матеріалами, що отримано на основі даних космічного



сканування, узагальнено отримані результати, сформульовано висновки та розроблено рекомендації виробництву.

Математико-статистичну частину роботи, побудову математичних моделей, а також узагальнення та інтерпретацію результатів автором виконано також особисто.

Публікації за темою дисертації підготовлено самостійно та у співавторстві. Зі спільних наукових публікацій у роботі автором використано лише власні ідеї та первинні результати польових і експериментальних досліджень.

**Повнота викладу в опублікованих працях. Апробація.** Матеріали дисертаційної роботи підтверджено високим науково-методичним рівнем досліджень. Результати опубліковано у 80 наукових працях, з них: у фахових виданнях всього – 22, з них у фахових виданнях України - 18, у міжнародних фахових виданнях - 4; наукових праць, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації всього - 30; наукових праць, які додатково відображають результати дисертації всього - 28, з них статей в інших наукових виданнях - 10; розділів у книгах - 2, концепцій - 1, науково-методичних рекомендацій - 5, охоронних документів (патентів) - 8, державних стандартів - 2. Із 28 наукових матеріалів, апробованих на міжнародних Конгресах ґрунтознавців, з'їздах Товариства ґрунтознавців та агрохіміків України, науково-практичних конференціях, симпозіумах, семінарах, нарадах всеукраїнського і міжнародного рівнів жоден у процесі дискусій не отримав негативного відгуку.

**Практичне значення одержаних результатів.** Матеріали дисертаційної роботи слугують основою інформаційного забезпечення ефективного вирішення комплексу прикладних питань агроґрунтознавства, а саме: картографування ґрунтів та визначення структури ГП; удосконалення планування та оцінювання ефективності меліоративних, агрохімічних, ґрунтоохоронних заходів у межах окремих полів, господарств і районів; розроблення просторово-диференційованих систем управління якістю ґрунтів.

Впровадження розроблених за участю автора методичних підходів щодо діагностики та параметризації неоднорідності ГП реалізовано на площі близько 40 000 га, що підтверджено відповідними актами впровадження та апробації таких науково-дослідних робіт.

Новизна та практичне значення розроблених під час досліджень підходів підтверджено отриманням восьми патентів на корисні моделі.

За участю автора розроблено ДСТУ 7536:2014, ДСТУ 7849:2015, яким користуються служби Національного космічного агентства України під час розробки науково-дослідних програм розвитку космічної галузі країни та ДУ «Інститут охорони ґрунтів України» при проведенні моніторингу й оцінці стану сільськогосподарських земель.

Результати досліджень використано для розроблення пропозицій щодо удосконалення «Порядку збирання, використання, поширення інформації

про опустелювання та деградацію земель», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України; розроблення «Концепції створення інформаційної системи ґрунтоохоронного моніторингу методами дистанційного зондування», затвердженої та рекомендованої до впровадження НТР ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»; розроблення методичних рекомендацій з організації дистанційного контролю агрономічно значимих параметрів ґрунтів як основних чинників інтенсифікації зернового господарства.

**Структура та обсяг дисертації.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, семи розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 520 найменувань, а також 20 додатків. Загальний обсяг дисертації становить 781 сторінки, із них 308 сторінок основного тексту. Робота містить 87 таблиць та 205 рисунка.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **Вступі** представлено обґрунтування вибору теми дослідження, актуальність дисертаційної роботи, наведено мету та завдання, об'єкт, предмет, методи дослідження, наукову новизну одержаних результатів, практичне значення. Зазначено інформацію про апробацію результатів дисертації, опубліковані матеріали, структуру та обсяг роботи.

### Розділ 1. ОБґРУНТУВАННЯ ВИВЧЕННЯ ЛАТЕРАЛЬНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ (огляд літератури)

Розділ містить 4 підрозділи: 1.1 Неоднорідність ґрунтового покриву та фактори її формування; 1.2. Космічні знімки як інформаційна основа вивчення латеральної неоднорідності ґрунтів; 1.3. Геоінформаційні системи як технологічна основа вивчення неоднорідності ґрунтового покриву за даними космічного сканування; 1.4. Методичні основи вивчення та кількісної оцінки латеральної неоднорідності ґрунтів за даними космічного сканування.

Проаналізовано історію розвитку теорії латеральної неоднорідності ґрунтів у ґрунтознавстві. Вказано, що сучасний розвиток досліджень неоднорідності ґрунтового покриву базується на використанні комп'ютерних технологій обробки даних про властивості ґрунтів і нових видів постійно поновлюваної просторової інформації про стан земної поверхні, яка отримана засобами БСКС. Відмічено, що розробка методів діагностування неоднорідності ґрунтового покриву за даними БСКС засновано на глибокому вивченні закономірностей просторового розподілу факторів та процесів ґрунтоутворення. Визначено, що ГІС є сучасною технологічною основою дослідження латеральної неоднорідності ґрунтів за даними БСКС, яка потребує вдосконалення прийомів інтелектуального аналізу результатів дешифрування, на що й спрямовано дисертаційне дослідження.

## Розділ 2 ОБ'ЄКТИ, МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Розділ включає 2 підрозділи: 2.1 Загальна характеристика основних територіальних об'єктів; 2.2 Матеріали та методи досліджень.

Надано детальний опис територіальних об'єктів досліджень: для зони Лісостепу - полігони «Тишки 1», «Тишки 2», «Лісова Стінка 1», «Лісова Стінка 2 (Харківська область) та для зони Степу - полігони «Розівка» (Ясинуватський район Донецької області) та «Крим-Кам'янка» (Ленінський район АР Крим).

Вказані аналітичні методи та методики дослідження. Польові дослідження ґрунтового покриву передбачали точну географічну прив'язку ґрунтових розрізів та місць відбирання проб ґрунту за допомогою приладів глобальної системи позиціонування (GPS). Створення цифрової моделі рельєфу та обробка даних БСКС передбачала прив'язку та попереднє опрацювання зображень, облік їх оптичних характеристик у різних діапазонах спектру, розрахунок вегетаційних індексів. Геостатистичний аналіз та числова таксономія за кластерним аналізом, проведена в ГІС TNT, SAGA та ENVI.

## Розділ 3. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО ОЦІНЮВАННЯ ЛАТЕРАЛЬНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

Розділ включає 4 підрозділи: 3.1 Логіко-структурна схема визначення неоднорідності ґрунтового покриву за даними космічної зйомки; 3.2 Методичні підходи щодо загально-статистичного аналізу космічного зображення як основи його дискретизації; 3.3 Розробка способу аналізу інформативності даних космічного сканування для дослідження латеральної неоднорідності ґрунтів; 3.4 Методичні підходи щодо аналізу латеральної неоднорідності ґрунтів за даними космічної зйомки.

Запропоновано підходи щодо загально-статистичного та геостатистичного аналізу космічного зображення певної території для визначення ступеня його дискретизації шляхом аналізу кривої розподілу кожного діапазону зйомки та деталізації структури зображення за автокореляційною функцією оптичних характеристик вздовж профілів. Представлено також спосіб аналізу інформативності даних БСКС, який передбачає оцінювання пропорційного змінювання показників оптичної яскравості зображення залежно від зміни окремих, генетично обумовлених показників ґрунту.

На основі узагальнення експериментальних даних БСКС, запропоновано двоступеневий спосіб аналізу структури скалярних полів ґрунтових властивостей. На початковому етапі передбачено створення картограм ґрунтових властивостей, які використовують для оцінки ступеня анізотропності ґрунтового покриву. На другому етапі здійснюється геостатистичний аналіз цих даних шляхом побудови автокореляційних функцій за окремими напрямками. Зазначений спосіб визначає закономірний



характер варіювання ознак ґрунту та переважаючий напрям їх мінливості в просторі.

#### Розділ 4 РЕГІОНАЛЬНА СПЕЦИФІКА ЛАТЕРАЛЬНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

Розділ містить 2 підрозділи: 4.1 Визначення латеральної неоднорідності ґрунтів в лісостеповій зоні України; 4.2 Визначення латеральної неоднорідності ґрунтів в Степовій зоні України

Представлено результати досліджень латеральної неоднорідності ґрунтів для складного типу локальних структур ґрунтового покриву в Лісостепу та Степу, складовими яких є близькі за генезою орні ґрунти гумусово - акумулятивного типу ґрунтоутворення і характеризуються низькими значеннями оптичних характеристик та незначною контрастністю зображення відкритої поверхні ґрунту майже в усіх діапазонах космічної зйомки.

За результатами дешифрування даних Ландсат 8, отриманих при дослідженні полігону «Тишки 1», встановлено пріоритетність використання методу ISODATA для визначення ґрунтових виділів незначної площі (елементарних ґрунтових ареалів - ЕГА). Для опису та параметризації неоднорідності ґрунтових властивостей у межах кожного з визначених за даними БСКС класів ґрунтів здійснено геостатистичне моделювання за кригінг - аналізом даних точкового відбору проб.

За даними БСКС, отриманих на полігоні «Лісова Стінка 1», представлено квантильне варіювання вмісту фракцій фізичної глини (%) та гідролітичної кислотності (мг - екв/100 г ґрунту) за чотирьома класами таксономічних одиниць ґрунту .

На основі просторового аналізу результатів класифікації зображення та геостатистичного моделювання розподілу комплексу ґрунтових ознак за методом емпіричного байєсового крекінгу (ЕБК) зроблено висновок, що у центральній частині полігону «Лісова Стінка 2» чорнозем осолоділий малогумусний легкоглинистий слабозмитий на лесовидному суглинку представляє добре виражений локалізований ареал

Співставлення профілів оптичних характеристик виділів ґрунту з профілем показників аніонного складу водного витягу дало можливість запропонувати картографічну модель ґрунтового покриву полігону «Крим-Кам'янка», що в цілому, відображає закономірне варіювання не тільки оптичних характеристик ґрунтової поверхні, але й складу водного витягу ґрунту.

#### Розділ 5. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОДНОРІДНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ РОСЛИННОСТІ

Розділ містить 4 підрозділи: 5.1 Теоретичні основи використання даних космічної зйомки сільськогосподарської рослинності для визначення ґрунтових відмінностей; 5.2 Досвід первинної оцінки латеральної

неоднорідності ґрунтів за даними космічної зйомки сільськогосподарської рослинності; 5.3 Аналіз агрофізичного стану ґрунту за даними космічної зйомки сільськогосподарської рослинності; 5.4 Досвід первинної оцінки латеральної неоднорідності ґрунтів за вегетаційними індексами сільськогосподарської рослинності.

На основі даних Ландсат 7, отриманих на полігоні «Тишки 1», показано, що багатомірний аналіз даних БСКС посівів сільськогосподарської рослинності (озимої пшениці) є ефективним методом встановлення ландшафтних мікрозон, яким відповідають сукупності найменших типологічних одиниць ґрунтового покриву з відмінами за окремими властивостями ґрунтів.

Проведено співставлення результатів класифікації даних БСКС сільськогосподарської культури з картограмою експозиції схилів для полігону «Тишки 1».

На основі аналізу космічних зображень і апробації розроблених методичних підходів встановлено ефективність використання вегетаційних індексів для диференціації стану поверхні ґрунту (чорний пар, стернові залишки та вегетація окремих сільськогосподарських культур), і запропоновано використовувати їх для контролю стану угідь та посівів в межах Харківського регіону.

## Розділ 6. РОЗРОБЛЕННЯ СИСТЕМ ОПРОБУВАННЯ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ

Розділ містить 2 підрозділи: 6.1 Основи теорії та практики розробки систем опробування ґрунтів; 6.2 Досвід оцінювання різних систем відбору проб для вивчення ґрунтового покриву за космічними знімками.

Обґрунтовано, що через неврахування латеральної неоднорідності ґрунтів, методи відбирання проб ґрунту під час ґрунтових обстежень нині не задовольняють принципам рівномірності та повноти опробування. Для забезпечення належної репрезентативності опробування, точного визначення кількості проб та відстані між точками відбору зразків ґрунту рекомендовано використовувати геостатистичний аналіз (розгляд автокореляційних функцій та варіограм) за даними БСКС високого просторового розрізнення.

У разі ізотропії космічного зображення поверхневого шару ґрунту запропоновано використовувати випадкову мережу відбору зразків, де координати точок встановлюють за допомогою генератору випадкових чисел в ГІС.

За результатами досліджень на полігоні «Тишки 1» встановлено, що регулярна мережа відбору проб є більш ефективною для визначення гранулометричного складу ґрунту, ніж для загального вмісту гумусу. В свою чергу, відбір проб за інформаційною мережею є більш ефективним для опису ареалів незначної площі у порівнянні з регулярною сіткою.



## Розділ 7. ВИКОРИСТАННЯ ОЦІНОК ЛАТЕРАЛЬНОЇ НЕОДНОРІДНОСТІ ҐРУНТІВ ЗА ДАНИМИ КОСМІЧНОЇ ЗЙОМКИ В СИСТЕМІ МОНІТОРИНГУ

Розділ містить 4 підрозділів: 7.1 Моделювання ґрунтового покриву; 7.2 Методичні підходи до дистанційного визначення моніторингових ділянок на ерозійно небезпечних землях; 7.3 Дистанційне визначення та моніторинг змитих ґрунтів за даними космічного знімання; 7.4 Створення інформаційних сервісів.

Наведено приклад опису планової неоднорідності ґрунтового покриву шляхом побудови його інформаційної моделі за цифровою картою полігону «Крим – Кам'янка», що побудована на основі даних БСКС. З використанням ГІС, визначено площу кожного з ґрунтових виділів, розраховано показники неврівноваженості ( $\Delta H$ ) та відносної незрівноваженості ( $I$ ), що дозволяє оцінити, наскільки складність територіальної диференціації залежить від числа елементів розчленування та співвідношення їхніх площ.

За розробленою регресійною моделлю, яка описує взаємозв'язок між оптичними характеристиками ґрунтової поверхні та загальним вмістом гумусу побудовано електронну картограму його вмісту в ґрунтах полігону «Розівка». На основі побудованої картограми проведено параметризацію неоднорідності ґрунтових відмін, що представляють елементи локальної структури ґрунтового покриву даного полігону.

За результатами досліджень на полігоні «Лісова Стінка», як особливого прикладу орних угідь в межах ерозійно-небезпечних схилів з реалізованим проектом контурно-меліоративного землеустрою, обґрунтовано та розроблено спосіб визначення та оцінювання змитих ґрунтів на орних землях за даними БСКС. Цей методичний підхід щодо просторового аналізу оцінок латеральної неоднорідності ґрунтів за даними космічної зйомки, дозволяє розширити функціональні можливості використання даних БСКС та одержати нові просторові дані стосовно деталізації контурів ділянок ґрунтового покриву, які зазнали ерозійного впливу та відмінні за ступенем змитості, здійснювати аналіз їх взаємного розташування для розробки оптимальних систем наземного обстеження та моніторингу сільськогосподарських угідь.

### ВИСНОВКИ

Автором для досягнення мети дисертаційного пошуку було сформульовано 9 завдань, на які отримано 15 висновків, де останній представляє рекомендації виробництву. Узагальнюючий висновок наявний.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Бібліографія містить 520 посилань, з яких 72 - латиницею. Літературні джерела як класичні так і нові. Кількість літературних посилань на джерела, які були опубліковані за останній 10-ти річний період (з 2010 по 2020 рр.) становить 19 %.

## ДОДАТКИ

Матеріали 20 додатків представлені актами апробації та впровадження результатів науково-дослідної роботи в кількості 10 шт.(додаток А), охоронними документами, які засвідчують новизну дисертаційних положень: (патенти на корисні моделі в кількості 8 шт.) (додаток Б), списком опублікованих праць за темою дисертації та відомостями про апробацію результатів дисертаційної роботи та впровадження (додаток В), зображеннями та гістограмами розподілу оптичної яскравості для полігону «Тишки 1» за даними КА Landsat 8 (Додаток Г), результатами класифікації космічного зображення полігону «Тишки 1» за даними Landsat 8 (додаток Д), геостатистичного аналізу космічного зображення полігону «Тишки 1» (додаток Е), результатами дослідження ґрунтових розрізів на полігоні «Тишки 1» (додаток Ж), Результатами визначення показників ґрунту на полігоні «Тишки 1», що отримано за регулярною мережею відбору проб (додаток І), результатами визначення показників ґрунту на полігоні «Тишки 1» в пробах, що відібрано за інформаційною сіткою геосистемної оцінки ерозійної небезпеки земель (додаток К ), цифровою моделлю рельєфу полігону «Тишки 1» (додаток Л), результатами кригінг – аналізу даних точкового відбору проб на полігоні «Тишки 1» (додаток М), результатами аналізу та класифікації зображення полігону «Тишки 2» за даними КА Landsat 7 (додаток Н), результатами польового дослідження полігону «Тишки 2» (додаток П), просторовим аналізом даних для полігону «Тишки 2».(додаток Р), результатами досліджень на полігоні « Лісова Стінка 1» (додаток С ), результатами досліджень на полігоні « Лісова Стінка 2» (додаток Т), результатами досліджень на полігоні «Крим - Кам'янка» (додаток У), оптичними характеристиками полігону «Тишки 1» за даними зйомки сільськогосподарської рослинності (додаток Ф), результатами дослідження неоднорідності ґрунтів за даними космічного сканування сільськогосподарської рослинності (додаток Х), результатами досліджень полігону «Розівка» (додаток Ц).

## ЗАУВАЖЕННЯ

### Вступ

Оцінивши в цілому дисертаційну роботу вважаємо, що об'єктом дослідження є «процеси діагностики та параметризації латеральної

неоднорідності локальних структур ґрунтового покриву». Адаже згідно вимог Міністерства освіти і науки (Бюлетень ВАК України № 9 - 10, 2011) «Об'єкт дослідження - це процес, або явище, що породжує проблемну ситуацію й обране для дослідження». В даному випадку предметом дослідження дійсно слугують показники властивостей ґрунтів, що характеризують їх латеральну неоднорідність.

## Розділ 2

1. Оскільки дисертаційна робота передбачає використання доволі широкого набору вихідних даних та методик досліджень, а об'єкти локалізовані у різних ґрунтово-кліматичних зонах, на початку розділу 2 доцільно було б навести програму виконання досліджень по їх напрямках, що дало б можливість сформуванню цілісної картини виконаних робіт.

2. Автор зазначає, що в якості вихідних даних у дисертаційній роботі були використані дані дистанційного зондування високого просторового розрізнення. Проте, такі дані належать до середнього просторового розрізнення (дані з розрізненням 20-30 м), оскільки високим вважається розрізнення 1-2,5 м.

3. Позаяк у даному розділі наводиться характеристика дослідних полігонів, зокрема фрагменти архівних карт ґрунтів масштабу 1 : 25 000 та 1 : 50 000, доцільно було б навести й фрагменти цифрової грід-моделі моделі рельєфу, створеної за даними 4-ї версії SRTM, доступної з просторовим розділенням 30 м для кожного з них, а також растрові зображення ухилу поверхні та експозиції схилу. Така інформація дала б більш чітке, а головне - актуальне уявлення про поверхню території досліджуваних об'єктів та особливості перебігу ерозійних процесів.

4. У таблиці 2.2 (с.130-131) доцільно було б навести не характеристику знімальної апаратури, а характеристику використаних космічних сцен, отриманих за її допомогою, а також вказати період зйомки для кожного з полігонів. Зокрема, лише за період 2000–2010 рр. для території полігону «Крим-Кам'янка» доступні 279 сцен, одержаних з супутника Landsat-7, для полігону «Розівка» – 313, для полігону «Брусилів» – 229, для полігонів «Тишки-1» і «Тишки-2» – 195, для полігонів «Лісова стінка-1» і «Лісова стінка-2» – 310. Які зі сцен, за який період та у якій кількості були використані автором? Це ж запитання стосується й інших даних дистанційного зондування, використання яких заявлене в дисертаційному дослідженні. Крім того, у розділі 4 в якості вихідних матеріалів вказані дані, одержані з платформи Landsat-8, натомість у розділі 2 про них взагалі не йдеться.

5. Слід пояснити, що розуміє автор під поняттям «ГІС TNT» (с. 150; с. 194; с. 309), що це за програмний продукт, хто його розробник, які у нього функціональні можливості, оскільки він заявлений як інструмент для



одержання цифрової моделі рельєфу за результатами векторизації фрагментів топографічної основи дослідних полігонів. Вочевидь мова йде про оупенсорсну ГІС TNTlite компанії MicroImages, яка використовувалась ще у 90-ті роки минулого століття. Як що це так, то не зрозумілим стає вибір цієї «древньої» ГІС, адже якщо автор ставив за мету використання програмного продукту з відкритим кодом, то існують широко відомі сучасні ГІС QGIS, SAGA, GRASS.

### Розділ 3

1. Автором вказується, що методика визначення оптимальної кількості класів (інтервалів оптичної яскравості) була відпрацьована з використанням даних архівної зйомки КА Spot (дата зйомки 24.08.1995), однак не вказується конкретно, дані з якого супутника Spot-2 чи Spot-4 були ним використані (судячи з дати зйомки це був Spot-2, оскільки Spot-4 знаходиться на орбіті лише з 1998 року).

2. На рис. 3.5 (с. 167) наведено графік функції (поліноміальна другого порядку), що описує взаємозв'язок між оптичною яскравістю ґрунтової поверхні та вмістом гумусу в ґрунті, однак як на графіку, так і в поясненні до нього відсутні будь-які відомості, що підтверджують статистичну достовірність такої залежності. Крім того, не вказується, оптична яскравість якого каналу (чи комбінації каналів) й якої супутникової сцени досліджувалась. Це ж саме стосується й рис. 3.6 наведеного на с. 169, де наведено графічну інтерпретацію функціональної залежності між вмістом у ґрунті гумусу й показником еластичності.

3. В якості фактору неоднорідності ґрунтового покриву автором пропонується використовувати вміст у ґрунті гумусу, однак в охоронному документі «Спосіб аналізу інформативності даних космічної зйомки для ґрунтового картографування: пат. 27237 Україна: МПК G01N 33/24, G01V 8/00, G03B 37/00. № u 2007 05788; заявл.24.05.2007; опубл. 25.10.2007, Бюл.№ 17» (поз. 335 в переліку літератури) в якості фактору неоднорідності, для якого доцільно встановлювати зв'язок з оптичною яскравістю зображення й створювати моделі залежності, автор рекомендує використовувати вміст фізичної глини.

4. Автором в якості об'єктів досліджень використовувались сім полігонів, розташованих у різних ґрунтово-кліматичних зонах, однак за результатами досліджень, представленими у розділі 3, важко зробити висновок про те, які саме показники якості ґрунту доцільно використовувати в якості фактору неоднорідності: вміст гумусу чи вміст фізичної глини. Більше того, не вказано, чи є ці показники придатними до використання для всіх полігонів, тобто для умов Степу, Лісостепу й Полісся.

5. Автор не вказує, який програмний продукт був використаний при створенні растрової грид-моделі вмісту мулистої фракції у гранулометричному складі ґрунтів полігону «Брусилів 1» та при оцінці явища анізотропії скалярного поля. Така інформація виключно важлива, оскільки в сучасних ГІС, наприклад в ArcGIS, вже вбудовані функції, що дозволяють виконувати як аналіз варіограмм, так й аналіз анізотропії й враховувати результати аналізу при моделюванні просторового розподілу ґрунтових параметрів.

#### **Розділ 4**

1. Автором не вказується, за допомогою якого програмного продукту було виконано геостатистичний аналіз просторових даних про значення показників якості ґрунту. Доцільно було б навести формулу, згідно з якою був виконаний розрахунок величини глобального індексу Морана, або послатись на методику, де описаний такий розрахунок. Крім того, глобальний індекс Морана дає змогу встановити лише факт наявності кластеризації даних, в той час як глобальний індекс Getis-Ord  $G^*$  дозволяє визначити які саме дані – з високими чи низькими значеннями кластеризуються, а аналіз гарячих точок дає змогу оцінити статистичну значимість ідентифікованих кластерів. Доцільно було б розрахувати й ці показники.

2. На рис. 4.5 (с. 207), 4.24 (с. 249), 4.37 (с. 264), 4.51 (с. 287), 4.70 (с. 308) наведені приклади варіограмних поверхонь окремих показників ґрунту, однак не вказано, для якої інтерполяційної моделі вони побудовані. Судячи з рисунку можна припустити, що варіограмні поверхні створювались в ГІС ArcGIS, а в якості інтерполяційної моделі використовували кригінг, однак не зрозуміло який – ординарний, простий чи універсальний.

3. Не вказано, за допомогою якого програмного продукту виконувався геостатистичний аналіз зображення полігону «Лісова Стінка 1», результати якого подані в таблиці 4.9 (с. 258), полігону «Лісова Стінка 2», результати якого подані в таблиці 4.13 (с. 278), полігону «Крим-Кам'янка», результати якого подані на рисунку 4.71 (с. 311) та на рисунку 4.73 (с. 313).

4. Також не вказано, на якому довірчому рівні визначалась статистична достовірність р-значення – 90, 95 чи 99 %, а це важливо для того, аби зробити правильний висновок про те, чи відхиляється нульова гіпотеза про відсутність просторової структури в розподілі даних.

5. Не зовсім зрозуміло, з якої причини в одному випадку вегетаційний індекс NDVI розраховувався з використанням програмного продукту ENVI, а в іншому – з використанням «ГІС TNT».

## Розділ 5

1. На с. 329-330 автор вказує, що «Попередній загально-статистичний аналіз цифрової інформації космічного зображення для даного полігону, в умовах розвитку сільськогосподарської культури, проведено згідно алгоритму, який викладено нами раніше [325, 327, 337, 408]». Однак, у вказаних літературних джерелах та охоронних документах викладені результати досліджень, виконаних за відсутності рослинного покриву.

2. На рис. 5.1(с. 332) окрім картосхеми контурів на полігоні «Тишки 1» слід було б представити й композитне RGB-зображення «природні кольори» цієї ж території, за яким можна було б чітко візуально прослідкувати, наскільки достовірною є картосхема.

3. Слід пояснити, яким чином було розділено спектральні яскравості ґрунту й рослин кукурудзи на стадіях вегетації «сходи» й «2-3 листки». Якщо таке розділення не проводилось, то вести мову про індикаційні властивості рослинного покриву не коректно, оскільки у ці фази проєктивне покриття ґрунту рослинами кукурудзи є мінімальним.

## Розділ 6

1. На рисунку 6.2 (с. 381) не наведені відомості, які дозволили б інтерпретувати зображення, зокрема, не вказано, що зображено під позначками 1, 2 і 3.

2. Замість виразу «систем відбору» доцільніше вживати вираз «схем відбору». Крім того, необхідно навести розшифрування того, що саме мав на увазі автор під повною (I + II) мережею відбору зразків, регулярною (II) мережею, інформаційною мережею геосистемної оцінки (I) та прорідженою мережею I (1/2).

## Розділ 7

1. Автор помилково називає дані дистанційного зондування, отримані за результатами супутникової зйомки (с. 387), «даними космічного сканування високого та надзвичайно високого просторового розрізнення», проте такі дані фактично належать до даних середнього просторового розрізнення, оскільки високим розрізненням вважається розрізнення 1-2,5 м, надвисоким – менше 1 м.

2. Математична модель, що описує взаємозв'язок між яскравістю космічного зображення ґрунту в інфрачервоному діапазоні спектру та загальним вмістом гумусу в верхньому шарі ґрунту на полігоні «Розівка», наведена на рисунку 7.4 (с. 399) не містить інформації, що підтверджувала б її достовірність. Також не вказано, яким саме методом інтерполяції була отримана модель просторового розподілу вмісту в ґрунті гумусу, наведена на рисунку 7.5 (с. 400).



3. Пояснення до рисунка 7.6 (с. 404) не відповідає зображенню на рисунку. Зокрема, автор зазначає, що «клас 4 на рис. 7.6 характеризується найбільшою мінливістю за загальним вмістом гумусу (близько 2 % гумусу) та відрізняється найбільшою міжквартильною відстанню (0,8 %), що перебиває інтервал значень загального вмісту гумусу для другого і третього класів», тоді як на рисунку таке перекриття відсутнє.

4. Інформація, наведена в п. 7.2 не є актуальною, оскільки виконати комплексний морфометричний аналіз рельєфу території наразі можливо, використовуючи дані 4-ї версії SRTM, доступної з просторовим розділенням 30 м, яка знаходиться у вільному доступі на офіційному сайті Геологічної служби США за адресою: <https://earthexplorer.usgs.gov/>. За допомогою цих даних можливо побудувати систему тальвегів та визначити напрям поверхневого стоку для кожного пікселя. Використання для цих цілей супутникових сцен, одержаних з платформи Landsat не є доцільним.

5. У п. 7.3 автор веде мову про базу даних, не уточнюючи, які дані вона вміщує, за допомогою якого програмного забезпечення створена, якою є її структура та чи вміщує вона геопросторові дані.

## **Висновки**

Висновок 13 щодо початку створення електронного каталогу оптичних образів досліджених різновидів ґрунтів, а також систематизації імовірно-статистичних розподілів - еталонів, як основи національної системи моніторингу ґрунтів та ґрунтового покриву за даними багатоспектрального космічного сканування вважаємо зайвим. Результати регіональних досліджень дисертанта щодо систематизації ІСР – еталонів безумовно мають практичне значення, а тому, на наш погляд, їх слід запропонувати для практичного впровадження у виробництво.

## **ВИСНОВОК ОФІЦІАЛЬНОГО ОПОНЕНТА**

Керуючись вимогами Міністерства освіти і науки щодо змісту та правила оформлення дисертації, а також критичними підходами до науково-дослідних матеріалів, можна зробити висновок, що представлена для опонування дисертаційна робота виконана на належному теоретико-методичному рівні, має практичне значення і відповідає чинним вимогам оформлення. Поставлена мета досягнута і завдання виконано в повному обсязі. Достатньо обґрунтовано нові положення, які висвітлюють методологічну основу діагностування та параметризації латеральної неоднорідності ґрунтів на основі даних БСКС високого просторового розрізнення.

Авторських прав здобувач дотримувався, посилання на співавторів праць коректне, плагіату і запозичень не виявлено. Зміст автореферату і рукопису дисертаційної роботи ідентичні.

Зазначені зауваження та недоліки не зменшують позитивну оцінку роботи. Їх вважаємо настановами у подальших наукових дослідженнях і запрошенням до конструктивної дискусії та елементом творчих дебатів прилюдного захисту дисертаційних робіт.

Дисертація БИНДИЧ Тетяни Юріївни «Діагностика та параметризація латеральної неоднорідності ґрунтів на основі даних багатоспектрального космічного сканування» є завершеною науковою працею, яка за актуальністю, науковою новизною, практичною спрямованістю та методичним рівнем виконання відповідає пунктам 9, 10, 12 Порядку присудження наукових ступенів, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р., № 567, паспорту спеціальності 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика (сільськогосподарські науки), профілю спеціалізованої вченої ради Д 64.354.01, а її автор заслуговує присудження наукового ступеня доктора сільськогосподарських наук за спеціальністю 06.01.03 – агроґрунтознавство і агрофізика.

Офіційний опонент

Доктор сільськогосподарських наук,  
професор, головний науковий співробітник  
відділу рослинництва, первинного  
та елітного насінництва Інституту  
сільського господарства Полісся НААН

П.П. Надточій

Підпис П.П. Надточія засвідчую:

Вчений секретар,  
кандидат економічних наук,  
старший науковий співробітник  
08 квітня 2021 року

Т.Ю. Приймачук



12.04.2021р.  
Секретар епікуралі  
06.01.03  
М. В. Шимелю