

## РОЗДІЛ V. БУДІВНИЦТВО ТА ГЕОДЕЗІЯ

DOI: 10.25140/2411-5363-2024-1(35)-292-301

УДК 631.58

**Віталій Зацерковний<sup>1</sup>, Віктор Ворох<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри геоінформатики

Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

**E-mail:** [vitalii.zatserkovnyi@gmail.com](mailto:vitalii.zatserkovnyi@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0003-5187-6125>. **Scopus ID:** 57200165109

<sup>2</sup>аспірант кафедри геоінформатики

Київський національний університет імені Тараса Шевченка (Київ, Україна)

**E-mail:** [fainkucha@gmail.com](mailto:fainkucha@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0005-0112-8422>

### ДИФЕРЕНЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРЕЦИЗІЙНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Однією з актуальних задач сучасного аграрного виробництва є проблема подальшого розвитку сільськогосподарського виробництва на інноваційній платформі. Однією з технологій, яка може забезпечити високу рентабельність аграрного виробництва є система прецизійного землеробства.

Метою дослідження є технології прецизійного землеробства взагалі, а змінної норми висіву (Variable Rate Seeding, VRS) зокрема, які дозволяють правильно й точно регулювати норму висіву сільськогосподарських культур, внесення добрив, засобів захисту рослин (ЗЗВ), зрошення відповідно до властивостей ґрунту, рельєфу, метеорологічних умов та ряду інших факторів. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів сільськогосподарських підприємств для кожної ділянки поля і покращити продуктивність рослин на підставі даних про структуру ґрунту, рН, поживних елементів та карт врожайності.

**Ключові слова:** прецизійне землеробство; геоінформаційні технології; дистанційне зондування Землі; висів; карти завдання.

Рис.: 13. Бібл.: 10.

**Актуальність теми дослідження.** Для підвищення конкурентоспроможності агропромислового комплексу (АПК) України потребує впровадження інноваційних технологій. Широке впровадження цих технологій в усіх сферах діяльності сільськогосподарських підприємств уможливує зростання продуктивності праці, економії різних видів ресурсів, сприяє скороченню витрат і зниженню собівартості аграрно-продовольчої продукції, нарощуванню обсягів та підвищенню ефективності виробництва як для потреб продовольчої безпеки України, так і для зростання експорту.

Необхідність забезпечення продовольчої безпеки шляхом інтенсифікації сільського господарства, що має місце як у світі, так і в Україні, спричинює низку проблем, перед усім раціонального використання природних ресурсів, екологічного забруднення навколишнього природного середовища (НПС), глобального потепління, зростання цін на вичерпане паливо тощо. Це спонукає сільгоспвиробників шукати шляхи інноваційних технологій підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур, їх врожайності, забезпечення якості та екологічної безпеки виробництва продукції рослинництва, зменшення витрат за рахунок раціонального використання техніки.

Однією з таких технологій є технології прецизійного землеробства (прецизійного сільського господарства, прецизійного зрошення, прецизійного підходу, цифрового господарства, сільського господарства 4,0), під якими розуміють комплекс технологій, інтегруючих у собі датчики (сенсори), інформаційні системи і технології управління, ефективні сільськогосподарські машини та обладнання.

**Постановка проблеми.** Однією з актуальних проблем сьогодення є проблема модернізації аграрного виробництва. Перехід на диференційні технології прецизійного землекористування є новаторським підходом у землекористуванні, в основі якого лежить управління продуктивністю посівів, що враховує просторово-часову варіабельність середовища існування рослин. Саме в межах парадигми прецизійного землеробства з'яв-

ляється можливість здійснення глибокої інтеграції останніх досягнень у сфері інформаційних і геоінформаційних технологій, дистанційного зондування Землі, штучного аналізу та великих масивів даних у рослинництві.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Значний вклад в аналіз розвитку АПК України внесли вчені Л. Молдован, Л. Новаковський, Б. Пасхавер, П. Саблук, А. Третяк, О. В. Шубравська та інші. Проблема впровадження технологій прецизійного землеробства присвячені праці Л. Аніскевича, Д. Войтюка, В. Гарама, М. Макаренко, О. Ткаченка, М. Циганенка. Проте, визнаючи наукову і практичну цінність розробок названих авторів, треба відзначити, що проблема застосування технологій прецизійного землеробства в системі сучасного рослинництва ще далека від вирішення і потребує наукових досліджень.

**Метою статті є** аналіз, узагальнення та оцінка підходів щодо впровадження прецизійного землеробства за допомогою технологій ГІС та ДЗЗ.

**Вклад основного матеріалу.** Сільське господарство в Україні – одна з ключових галузей економіки, яка забезпечує населення продовольством та слугує джерелом сировини для багатьох галузей промисловості. Україна має доволі потужний потенціал земельних ресурсів, проте ефективність їх використання характеризується досить низьким рівнем. За словами директора Національного наукового центру «Інститут землеробства НААН» В. Камінського, із 60,3 млн га земель 71 % (41,8 млн га) становлять сільськогосподарські угіддя, що налічують 33,19 млн га ріллі (55 %), 7,63 млн га кормових угідь, сіножатей та пасовищ (12,6 %). При цьому ефективність використання земель сільськогосподарського призначення в Україні є значно нижчою, ніж у середньому по Європі [1].

Рівень розораності земель у світі представлений на рис. 1.

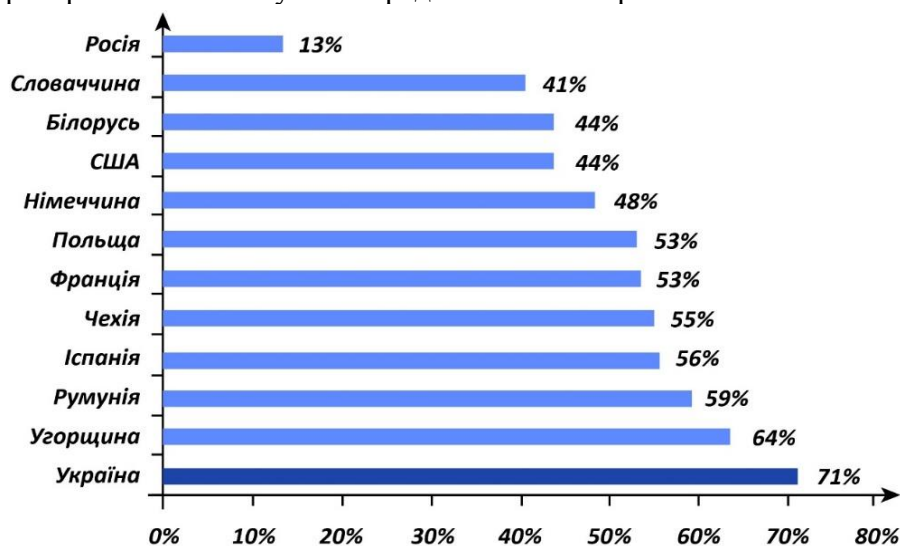


Рис. 1. Рівень розораності земель у світі [2]

Аналіз рис. 1 свідчить, що екстенсивність використання посівних площ себе не виправдовує. Не виправдовує також і надмірне використання трудового потенціалу.

В Україні в сільськогосподарській галузі задіяно понад 16 % населення (у середньому по розвинутих країнах, згідно з дослідженнями FAO, цей показник не перевищує 9 %), проте кількість доданої вартості, виробленої одним працівником, становить «всього» 2500 доларів США на рік, у США цей показник становить 51 000 доларів, Румунії – 9700, Польщі – 3000 [2].

За даними Світового банку Україна має один із найнижчих показників внесення добрив і використання тракторів на одиницю посівної площі (рис. 2), середня урожайність залежно від культури вдвічі-тричі відстає від світових аналогів (рис. 3), кожна посівна і збиральна кампанія пов'язані з дефіцитом паливно-мастильних матеріалів (ПММ), виробництво яких в Україні є недостатнім через дефіцит сировини й загальне зношення обладнання.

Негативні та кризові тенденції в аграрному секторі України за даними [4] представлені на рис. 4.

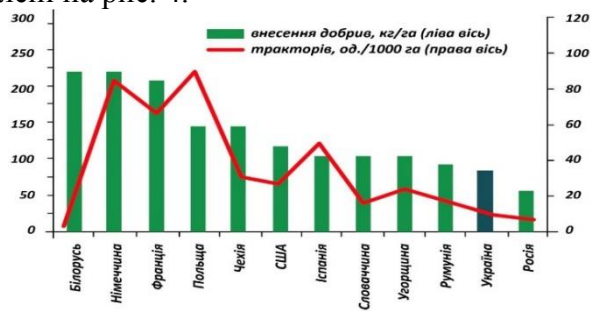


Рис. 2. Кількість тракторів (одиниць/1000 га) та внесення добрив (кг/га) в країнах світу  
Джерело: [2].

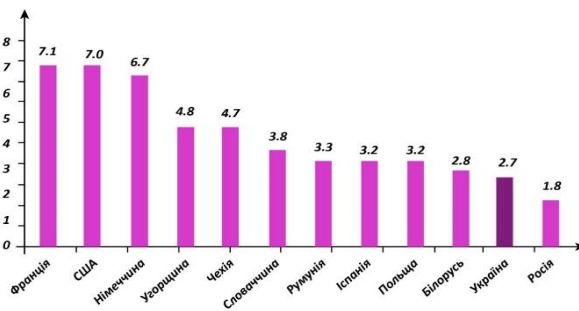


Рис. 3. Урожайність зернових (т/га) в країнах світу  
Джерело: [2].

**Негативні та кризові тенденції в аграрному секторі України**

Незбалансованість структури виробництва продукції аграрного сектору України (великі аграрні формування займаються виробництвом високорентабельних і швидкоокупних сільгоспкультур, а трудомістке виробництво зосереджено в господарствах населення). Спеціалізація виробництва великих аграрних формувань (агрохолдингів) часто супроводжується недотриманням ними вимог раціонального землекористування, порушенням сівозмін та нехтуванням заходами щодо охорони земель сільськогосподарського призначення, що негативно впливає на екологічний стан сільськогосподарських земель, призводить до виснаження ґрунтів, зниження якісних показників сільськогосподарських земель.

Низький рівень створення доданої вартості в аграрному секторі. Для України характерним є збут сировинної продукції рослинництва на світовий ринок.

Збереження кризових явищ у тваринницькій галузі (зменшення поголів'я, зниження виробництва молока).

Недостатній розвиток інфраструктури аграрного ринку, яка не повною мірою забезпечує виконання покладених на неї функцій щодо створення стабільних умов для забезпечення сільськогосподарських підприємств виробничими ресурсами, зберігання виробленої продукції (через відсутність овочесховищ та переробних потужностей близько 30 % вирощених овочів втрачається під час зберігання) та її реалізації.

Виснаження ґрунтів, погіршення екології агротериторій (близько 1,7 млн га сільгоспугідь уражені вітровою ерозією, 13,3 млн га – водною, щорічно змивається понад 500 млн т ґрунту, з яким втрачається 24 млн т гумусу, 10 млн т калію, 1 млн т азоту, 700 тис. т фосфору). При цьому з урожаєм сільськогосподарських культур з ґрунту виноситься значно більше поживних речовин, ніж вноситься з добривами (від'ємний баланс досягає 100 кг /га).

Висока залежність сільськогосподарського виробництва від імпорту основних видів матеріально-технічних ресурсів. Сільськогосподарська техніка в Україні майже на 70 % має імпортне походження, а зернозбиральні комбайни – практично всі імпортні. Частка рослин імпортної селекції на українському ринку в цілому оцінюється в 47 %, при цьому: ріпаку – 82,2 %, сояшнику – 79 %, цукрових буряків – 53,8 %, кукурудзи – 34,9 %.

Неефективна державна політика підтримки експортерів.

Слабка адаптованість сільського господарства в Україні до глобальних змін клімату.

Відсутність програмного документа щодо розвитку аграрного сектору.

Рис. 4. Негативні та кризові тенденції в аграрному секторі України  
Джерело: розроблено авторами.

Одним зі шляхів досягнення цього результату може стати концепція прецизійного землекористування.

У науковій літературі зустрічаються багато термінів і визначень, які або є синонімами, або позначають основні елементи прецизійного землеробства. Наприклад, в англійській мові крім терміну «Precision Agriculture», що означає прецизійне сільське господарство вживається терміни «Precision Farming» – прецизійне землеробство, «Site-specific Farming» – індивідуальне землеробство, «Site-specific crop management» – управління посівами з урахуванням особливостей ділянки, «Spatially-variable crop production» – просторово-змінне рослинництво, «Grid Farming» – грид-фермерство, «Management of variability» – керування мінливістю. Крім того, термінологія прецизійного землеробства поширилась на прецизійне тваринництво (Precision Livestock Farming) і його галузі – прецизійне молочне тваринництво (Precision Dairy Farming), прецизійне свинарство (Precision Pork Farming) та прецизійне птахівництво (Precision Poultry Farming).

Система прецизійного землеробства дозволяє підвищити ефективність і точність всіх сільськогосподарських операцій: обробки ґрунту, посіву, обприскування, внесення добрив і збирання врожаю. Впровадження такої системи потребує нового мислення, підготовки кваліфікованих кадрів, забезпечення підприємств сучасною інформаційно-комунікативною та обчислювальною технікою, наявністю методів математичного моделювання, засобів автоматизації, нових інформаційних технологій, перед усім геоінформаційних та засобів штучного інтелекту.

Об'єктом прецизійного землеробства виступає не поле загалом, а кожна його окрема частина (ділянка) зі своїми характеристиками (рельєфу, родючості, рослинного складу, кислотності, кількістю рухомого азоту, калію, магнію, фосфору, вологості тощо). Змінні норми внесення засобів захисту рослин, мінеральних і органічних добрив, полив необхідно регулювати відповідно до топографічного профілю поля, де враховується висота, нахил та аспект, щоб забезпечити максимальний врожай з мінімальними втратами ресурсів. На підставі зібраних і опрацьованих даних на всіх ділянках поля визначають і обґрунтовують агротехнічні способи вирощування конкретних сільськогосподарських культур.

Визначити характеристики родючості ґрунту неможливо без аналізу проб за показниками величини рН, загального вмісту гумусу, валового та рухомих сполук фосфору, калію, азоту тощо. Зібрані дані разом з даними про локальні особливості ґрунту і кліматичні умови регіону використовуються для планування висіву, розрахунку внесення добрив, засобів захисту рослин тощо. Де факто – це оптимальне управління землеробством для кожного квадратного метра поля.

Наприклад, якщо на окремій ділянці поля площею 25 га відмічена невелика ділянка площею 0,5 га із недостатньою кількістю поживних елементів, то недоцільно вносити добрива і вводити додаткові сеанси поливу для всього поля – просто потрібно обробити проблемну ділянку. Це дасть економію добрив та ПММ, зменшить зарплату і амортизацію техніки, заощадить час техніки і її екіпажу для виконання інших робіт.

Прецизійне землеробство за рахунок використання передових цифрових технологій мінімізує витрати, робочу силу та час, максимізує продуктивність і прибутковість виробництва сільськогосподарської продукції, зменшує вплив на НПС. Завдяки сучасним технологіям можна здійснювати з високою точністю правильне втручання в потрібному місці, у потрібний час, відповідаючи на специфічні вимоги окремих культур і окремі ділянки поля.

Наведене свідчить про гостру потребу у впровадженні в аграрну сферу України прецизійного землеробства. Додаткового ефекту можна досягти шляхом впровадження суміжних додаткових (суміжних) технологій підвищення ефективності сучасного землеробства, представлених на рис. 5.

Інтеграція перерахованих технологій у господарську діяльність сільськогосподарських підприємств забезпечує:

- високу продуктивність та врожайність виробництва (точне знання коли й де використовувати зрошення, добрива та гербіциди, веде до підвищення врожайності);
- покращене управління витратами (точні дані забезпечують кращий контроль над витратами. Використовуючи найсучасніші інструменти та автоматизовані системи управління, компанії можуть контролювати та коригувати посіви, скорочувати витрати на виробництво, детально аналізуючи кількість ресурсів (таких як зрошення, добрива та пестициди), необхідних на кожній ділянці господарства;
- зниження відходів (цифрові технології скорочують використання води, палива, добрив і гербіцидів, сприяють підвищенню врожайності та зменшують витрати ресурсів, часу та праці);
- зменшення вуглецевого сліду (використання новітніх технологій зменшує вуглецевий слід. Ефективність, досягнута в автономній роботі та обладнанні, також зменшує кількість викопного палива для живлення цих елементів).

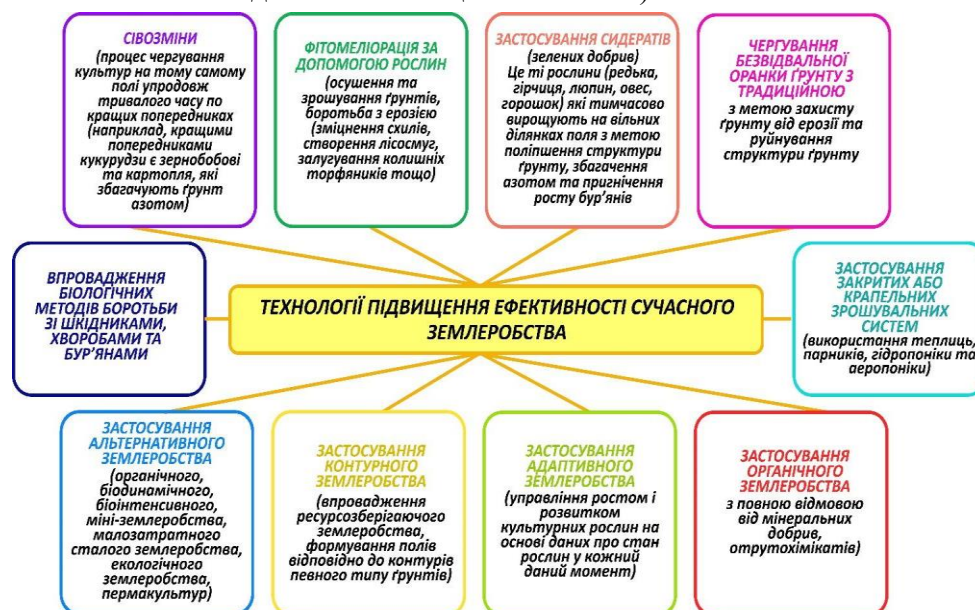


Рис. 5. Додаткові технології підвищення ефективності сучасного землеробства

Джерело: розроблено авторами.

Комплекс технологій, що використовуються в прецизійному землеробстві представлена на рис. 6.

Застосування цих технологій дає змогу прийняття управлінських рішень спрямованих на раціональне економічно обґрунтоване застосування насіння, добрив, засобів захисту рослин (ЗЗР); підвищення ефективності роботи сільськогосподарської техніки; якості продукції; захисту навколишнього середовища з урахуванням просторової і часової мінливості параметрів родючості ґрунту, стану рослин, природно-кліматичних умов з урахуванням внутрішньопольової неоднорідності (у необхідній кількості й тільки в потрібному місці).

Впровадження прецизійного землеробства стало можливим за рахунок інтеграції технологій геоінформаційних систем (ГІС), дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) та глобального позиціонування (GPS). Ці технології дають можливість порівнювати дані в реальному масштабі часу з точною координатною інформацією, використовувати великі об'єми просторових даних.

При цьому можливе як використання всього комплексу технологій, так і окремих його складових.

Одним із ключових елементів впровадження технологій прецизійного землеробства є диференційований підхід до проведення усіх сільськогосподарських операцій на полі.

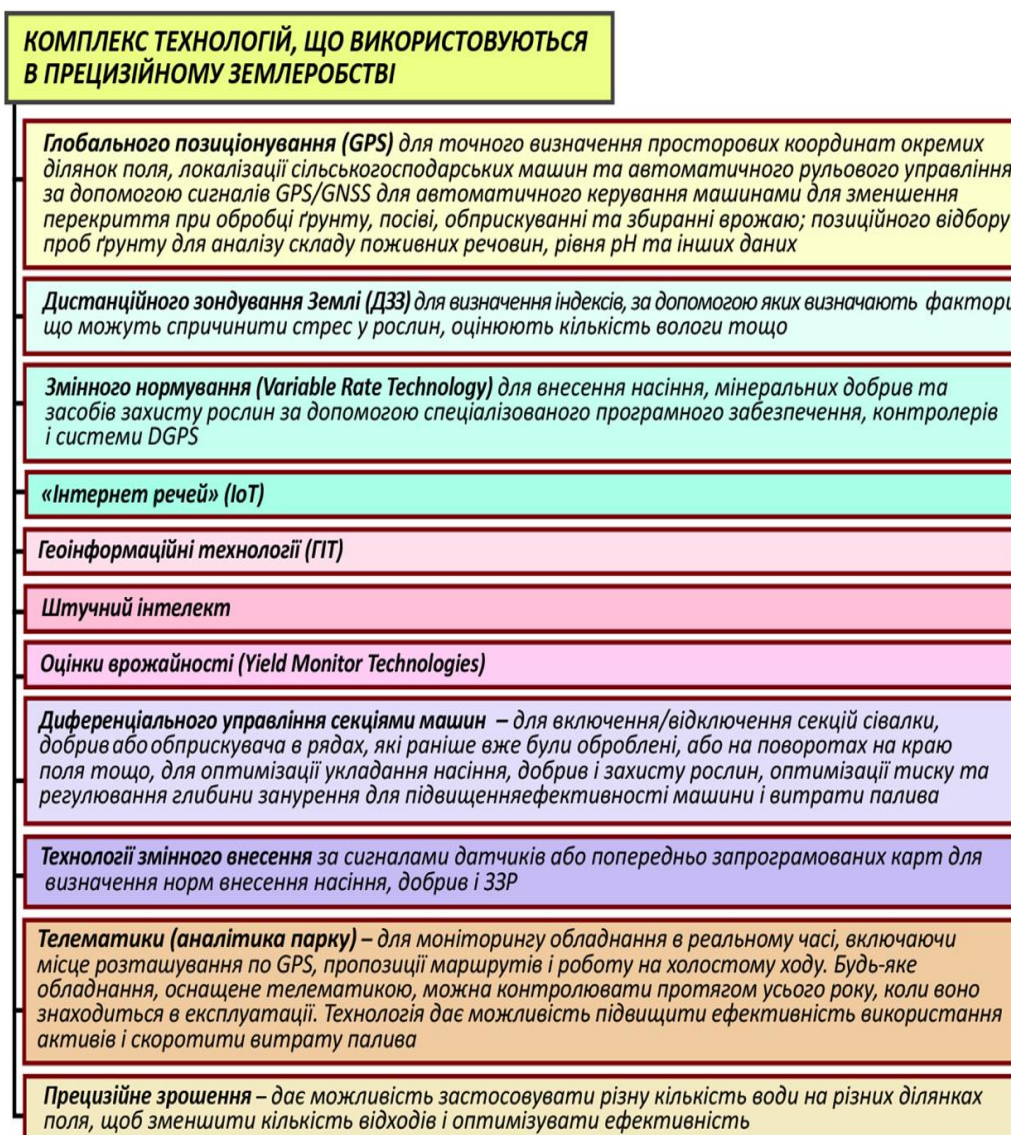


Рис. 6. Комплекс технологій, що використовуються в прецизійному землеробстві  
Джерело: розроблено авторами.

Впровадження точного землеробства в практику сільськогосподарського виробництва пов'язано з одержанням детальних даних про конкретне поле, оскільки просторова мінливість агрохімічних властивостей навіть в межах одного поля обумовлює неоднакову забезпеченість сільськогосподарських рослин поживними елементами. При незначній мінливості цього фактору в межах інтервалу толерантності, вплив на урожайність буде незначним, але у випадку сильних коливань агрохімічних властивостей на полі, вплив на урожайність буде значною.

Врахування особливостей кожної ділянки поля – рельєфу, агрохімічного складу та типу ґрунтів, факту врожайності та інших нюансів дозволяє сформувати план кожної операції у вигляді карти-завдання для сільськогосподарської техніки [9].

Для розуміння того, що відбувається на полі (тип ґрунту, вміст макро- та мікроелементів, органіки, зволоженості тощо), яких добрив потребує поле потрібно попередньо формувати стратегію роботи у вигляді створення карт-завдань техніки (розкидача, обприскувача або аплікатора для внесення добрив.

Під картою-завданням розуміють картографічне зображення, що містить дані про норми внесення або висіву, за допомогою яких контролери, що встановлені на МТА за допомогою навігаційного забезпечення застосовують відповідну норму до певного місця поля, регулювати цю норму залежно від характеристик ділянки в режимі офлайн.

Основні джерела даних для створення карт-завдань представлені на рис. 7.

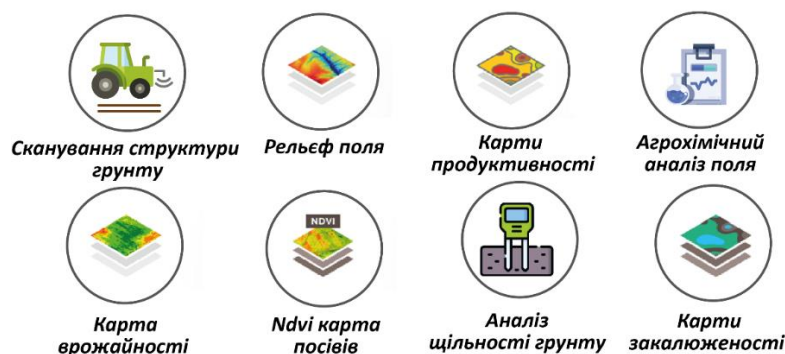


Рис. 7. Основні джерела даних для створення карт-завдань [9]

При цьому реалізується економія паливно-мастильних матеріалів (ПММ), витрат посівного матеріалу, добрив, засобів захисту рослин (ЗЗР), води, більш ефективно використовується машинно-тракторний парк підприємства, пом’якшується вплив сільського господарства на навколишнє природне середовище.

Приклад карти-завдання для посіву представлений на рис. 8.

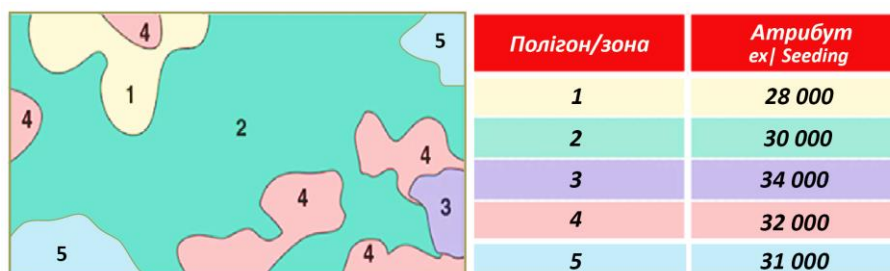


Рис. 8. Приклад карти-завдання

Джерело: розроблено авторами.

Кількість стовпців припису може бути різною (їх кількість та назву задає користувач). Для кожної зони також можна вибрати більш високі або більш низькі норми висіву, декілька різних типів гібридів, одночасне внесення добрив тощо. Для створення таких карт нині існує безліч додатків, проте найпопулярнішими є FieldView від Climate, Farm Works від Trimble, SMS від AG Leader, інші GIS програми типу QGIS [10].

Агрохімічне обстеження полів в Чернігівській області 2019 р., що було здійснено на полях агропромхолдингу Астарта-Київ представлено на рис. 9.

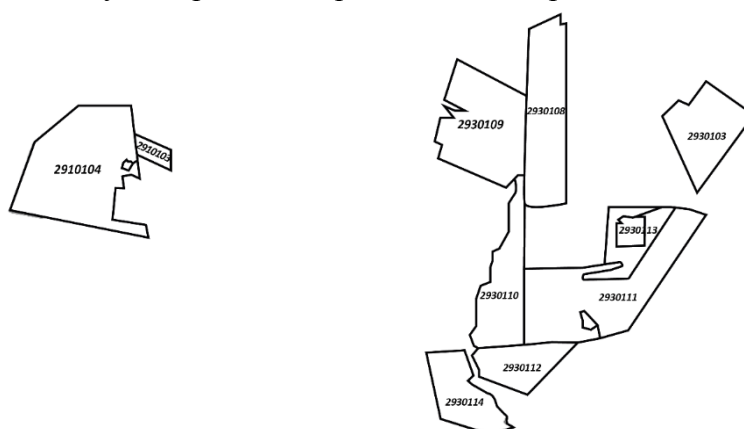


Рис. 9. Схема полів Чернігівської області, на яких відбувалось агрохімічне обстеження 2019 р.

Джерело: розроблено авторами.

Картограма кислотності, що представлені на рис. 10, вмісту рухомого фосфору на рис. 11 обмінного калію на рис. 12, картограма гумусу на рис. 13., використовуються для розрахунку доз меліорантів і добрив.

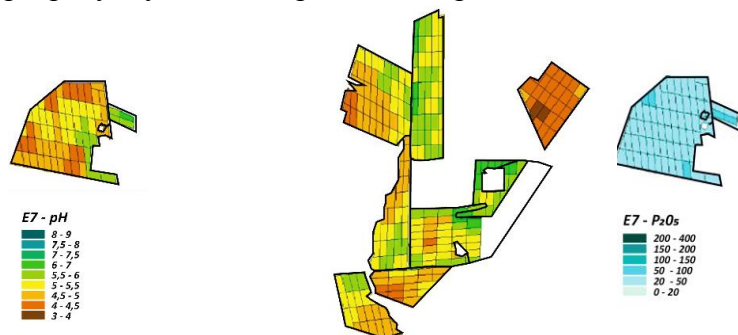


Рис. 10. Карта кислотності полів  
Джерело: розроблено авторами.

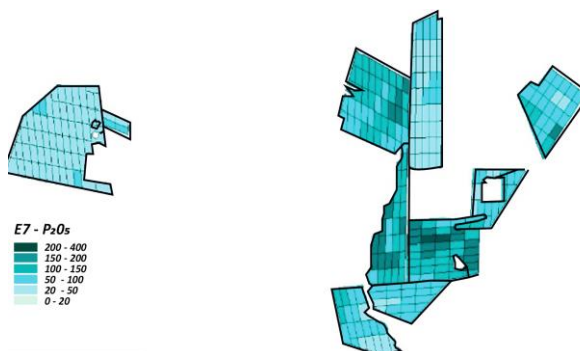


Рис. 11. Карта рухомого фосфору  
Джерело: розроблено авторами.

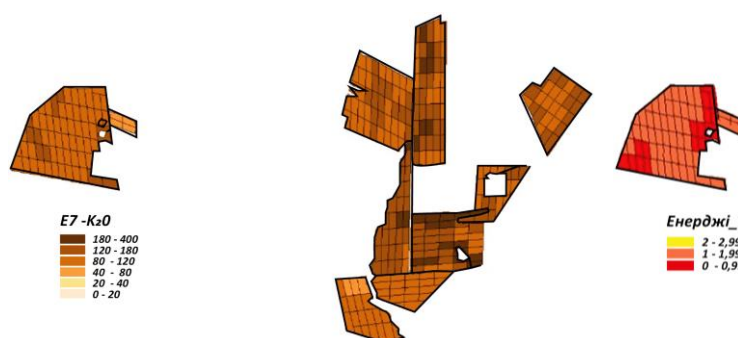


Рис. 12. Карта обмінного калію  
Джерело: розроблено авторами.

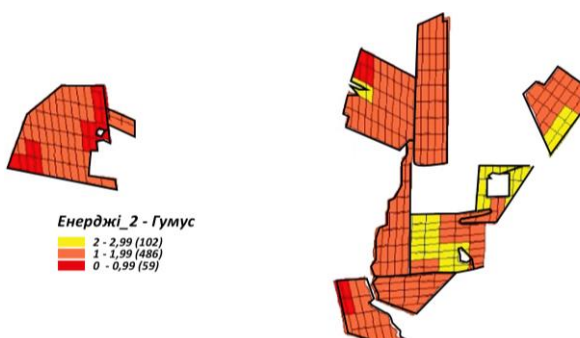


Рис. 13. Карта гумусу  
Джерело: розроблено авторами.

Проведенні агрохімічні обстеження слугують основою для подальшого диференційного внесення добрив та насіння.

**Висновки.** Застосування технологій прецизійного землеробства дозволяє істотно підвищити врожайність культур та значно зекономити ресурси.

Шляхом оверлея створених електронних карт-шарів можна отримати електронну карту агроекологічних груп і видів земель, де кожен контур буде містити атрибутивну інформацію по агроекологічних параметрах земель.

Дана карта може слугувати основою для впровадження технологій прецизійного землеробства та проектування адаптивно-ландшафтних систем землеробства й агротехнологій стосовно до різних агроекологічних груп земель. Цей процес починається зі створення карт придатності земель під культури, затребувані на ринку. Для цього екологічні вимоги культур порівнюються з агроекологічними параметрами земель по кожному виду (контур карти агроекологічних груп і видів земель). Зазвичай придатність встановлюється по 6 категоріях.

Надалі, шляхом оверлея отриманих карт, формують поля сівозмін, які виділяються в межах агроекологічних типів земель, і ділянки на цих полях, які відрізняються певними агроекологічними параметрами і вимагають спеціальних заходів.

Подальше проектування передбачає розробку систем сівозмін, зміни пасовищ, систем обробки ґрунту, внесення добрив ЗЗР застосування МТА, розробки пакетів агротехнологій для різних рівнів інтенсифікації (екстенсивні, нормальні, інтенсивні, точні), розробки електронної книги історії полів.

Наведені міркування свідчать про необхідність створення аграрних ГІС.

Отримані наукові результати безпосередньо свідчать про досягнення мети і вирішення поставлених завдань статті.



**Список використаних джерел**

1. За рівнем розораності земель Україна займає перше місце у світі [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://superagronom.com/news/5127-za-rivnem-rozoranosti-zemel-ukrayina-zaymae-pershe-mistse-v-sviti>.
2. Тимошенко, Є. Точне землеробство та українські реалії [Електронний ресурс] / Є. Тимошенко [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/ekspertnadumka/item/8155-tochne-zemlerobstvo-ta-ukrainski-realii.html>.
3. Аніскевич, Л. В. Система точного землеробства : матеріали для самост. роботи / Л. В. Аніскевич. – Київ, 2021. – 235 с.
4. Антикризова політика в реальному секторі економіки України: пріоритетні напрями і завдання: аналіт. доп. / [Собкевич О. В., Шевченко А. В., Русан В. М. та ін.]; за наук. ред. Я. А. Жаліла. – Київ : НІСД, 2022. – 72 с. DOI: <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.07>.
5. Технологии по адаптации к изменению климата. Сельскохозяйственный сектор / Р. Клементс, Дж. Хэггэр, А. Кезада, Дж. Торрес. – Нью-Дели : Центр ЮНЕП в Рисо, 2011. – 298 с.
6. Пілічева, М. О. Сучасні технології землеустрою та кадастру : конспект лекцій для здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти спеціальності 193 – Геодезія та землеустрій) / М. О. Пілічева ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2022. – 107 с.
7. Про затвердження Національної економічної стратегії на період до 2030 року : постанова Кабінету Міністрів України від 03.03.2021 р. № 179. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a1>
8. Циганенко, М. Система точного землеробства економить ваші гроші / М. Циганенко, М. Макаренко // Пропозиція. – 2017. – № 2 – С. 56-60.
9. Створення карт-завдань [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.smartfarming.ua/services/stvorennia-kart-zavdan>.
10. Шевченко, К. Школа агрономів: що треба знати про змінні норми [Електронний ресурс] / К. Шевченко. – Режим доступу: <https://agravery.com/uk/posts/show/skola-agronomiv-so-treba-znati-pro-zminni-normi>.

**References**

1. SuperAgronom. (2018, September 10). *Za rivnem rozoranosti zemel Ukraina zaimaie pershe mistse u sviti [Ukraine ranks first in the world in terms of ploughed land]*. <https://superagronom.com/news/5127-za-rivnem-rozoranosti-zemel-ukrayina-zaymae-pershe-mistse-v-sviti>.
2. Tymoshenko, Ye. (2012, November 16). *Tochne zemlerobstvo ta ukrainski realii [Precision farming and Ukrainian realities]*. *Ahrobiznes Sohodni*. <https://agro-business.com.ua/agro/ekspertnadumka/item/8155-tochne-zemlerobstvo-ta-ukrainski-realii.html>.
3. Aniskevych, L. (2021). *Systema tochnoho zemlerobstva: materialy dlia samost. roboty [Precision farming system. Materials for self-study]*.
4. Sobkevych, O., Shevchenko, A., & Rusan, V. (2022). *Antykryzova polityka v realnomu sektori ekonomiky Ukrainy: priorytetni napriamy i zavdannia: analit. dop. [Anti-crisis policy in the real sector of the economy of Ukraine: priority directions and tasks]*. NISS. <https://doi.org/10.53679/NISS-analytrep.2022.07>.
5. Clements, R., Hagggar, J., Quezada, A., & Torres, J. Zhu, X. (Eds.). (2011). *Tekhnologii po adaptatsii k izmeneniiu klimata. Selskokhoziaistvennyi sektor [Climate change adaptation technologies – Agriculture sector]*. UNEP Risø Centre.
6. Pilicheva, M. (2022). *Suchasni tekhnolohii zemleustroiui ta kadastru : konspekt leksii dlia zdobuvachiv tretoho (osvitno-naukovoho) rivnia vyshchoi osvity spetsialnosti 193 – Heodeziia ta zemleustrii [Modern technologies of land management and cadastre: lecture notes for applicants for the third (educational and scientific) level of higher education major 193 – Geodesy and land management]*. Beketov National University of Urban Economy.
7. *Pro zatverdzhennia Natsionalnoi ekonomichnoi stratehii na period do 2030 roku [On approval of the National Economic Strategy for the period up to 2030]*, Decree of the Cabinet of Ministers of Ukraine № 179 (2021, March 3). <https://www.kmu.gov.ua/npas/pro-zatverdzhennya-nacionalnoyi-eko-a1>.
8. Tsyhanenko, M., & Makarenko, M. (2017). *Systema tochnoho zemlerobstva ekonomyt vashi hroshi [Precision farming system saves your money]*. *Propozytsiia – Offer*, 2, 56-60.

9. Stvorennia kart-zavdan [Smart Farming]. (n.d.). Creation of task maps. <https://www.smartfarming.ua/services/stvorennia-kart-zavdan/>.

10. Shevchenko, K. (2019, February 8). Shkola ahronomiv: shcho treba znaty pro zminni normy [School of agronomists: what you need to know about variable rates]. *Agravery*. <https://agravery.com/uk/posts/show/skola-agronomiv-so-treba-znati-pro-zminni-normi>.

Отримано 27.02.2024

UDC 631.58

**Vitaly Zatserkovny<sup>1</sup>, Viktor Vorokh<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Department of Geoinformatics  
Taras Shevchenko Kyiv National University (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [vitalii.zatserkovnyi@gmail.com](mailto:vitalii.zatserkovnyi@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0003-5187-6125>. Scopus ID: [57200165109](https://scopus.com/authid/detail.uri?authorid=57200165109)

<sup>2</sup>Graduate Student of the Department of Geoinformatics

Taras Shevchenko Kyiv National University (Kyiv, Ukraine)

**E-mail:** [fainkucha@gmail.com](mailto:fainkucha@gmail.com). **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0005-0112-8422>

## DIFFERENTIAL TECHNOLOGIES OF PRECISION AGRICULTURE

*One of the urgent tasks of modern agricultural production is the problem of further development of agricultural production on an innovative platform. This will increase labor productivity, save resources, reduce costs, reduce production costs, increase production efficiency and ensure food security of Ukraine, which is one of the largest producers and exporters of wheat, corn, and barley in the world. One of such technologies that can ensure high profitability of agricultural production is the precision farming system.*

*The concept of precision farming is based on the spatial heterogeneity of soil characteristics (relief, soil-forming rocks, snow cover, influence of ground and rainwater, diversity of vegetation cover, the impact of wildlife and human activities, etc.) within one field followed by differential compensation of these differences within one field.*

*One of the key elements of the introduction of precision farming technologies is a differentiated approach to conducting all agricultural operations in the field. At the same time, savings of fuels and lubricants, consumption of seed material, fertilizers, plant protection products, water, the machine and tractor park of the enterprise is more effectively used, and the impact of agriculture on the natural environment is mitigated.*

*The purpose of the research is the technology of precision farming in general, and variable rate seeding (Variable Rate Seeding, VRS) in particular, which allow you to correctly and precisely regulate the rate of sowing agricultural crops, applying fertilizers, plant protection products, irrigation in accordance with the properties of the soil, relief, meteorological conditions and a number of other factors. This allows to optimize the use of agricultural resources for each section of the field and improve plant productivity based on data on soil structure, pH, nutrient elements and yield maps.*

**Keywords:** precision farming; geoinformation technologies; remote sensing of the Earth; sowing; task maps.

*Fig.: 13. References: 10.*