

УДК 004.02:631.153.7

В.В. Скляр, О.М. Одарущенко, О.О. Івасюк, Є.М. Бульба

НВП «Радій», Кіровоград

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ РОЗРОБКИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Проведено аналіз основних завдань та напрямків точного землеробства. Побудована структура системи точного землеробства у відповідності до його завдань. Визначено місце інформаційної технології в складі точного землеробства. Визначені основні задачі, які дозволяють вирішити інформаційні технології в складі точного землеробства. Розроблена структурна схема взаємодії інформаційної технології і точного землеробства на прикладі поля. Розглянута необхідність розвитку точного землеробства в Україні. Наведені приклади використання систем точного землеробства в Україні.

**Ключові слова:** точне землеробство, агротехнологія, інформаційна технологія, земельний ресурс.

### Вступ

В останні роки попит на продукцію сільськогосподарського виробництва значно зріс, що обумовлене зростом населення землі. Дана проблема актуальна і для України, оскільки Україна намагається увійти в трійку найбільших експортерів зерна у світі. З кожним роком відбувається подорожчання паливно-мастильних матеріалів, добрив і зерна, проте кількість орних земель не збільшується, а навпаки, зменшується внаслідок несприятливих умов та нерационального використання земельних ресурсів.

Припустимо, ми маємо певний ресурс в землеробстві, під яким ми будемо розуміти: ділянку землі

певної площі; набір сільськогосподарської техніки; кількість паливно-мастильних матеріалів; об'єм матеріалу для висіву; набір добрив; людський ресурс.

Постає задача – збільшення аграрної продукції при заданому ресурсі в землеробстві. Найпростіший вихід з даної ситуації полягає в зміні будь-яких з наведених видів ресурсів землеробства за рахунок додаткових витрат. Представимо графічно залежність виробництва аграрної продукції за рахунок постійного зростання ресурсів землеробства (рис. 1). На рис. 1 емпірична крива 1 показує, як змінюється кількість отриманої продукції за рахунок збільшення ресурсів землеробства. Така модель збільшення ресурсів не є оптимальною і тим паче актуальною.

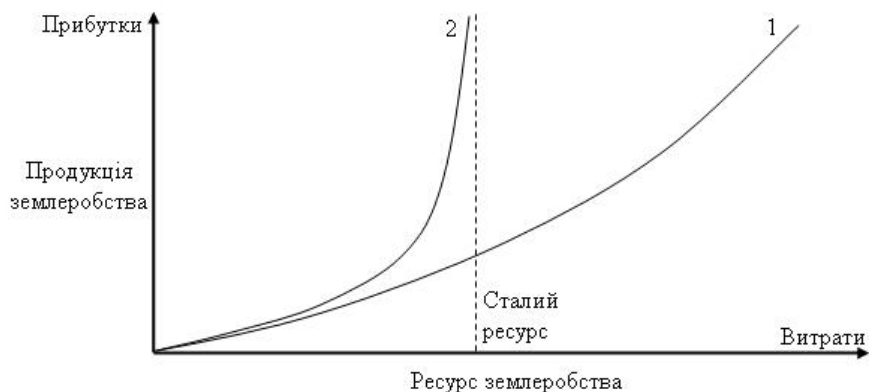


Рис. 1. Залежність виробництва аграрної продукції від ресурсів землеробства

Припустимо, ми маємо сталий ресурс землеробства, який не дозволить збільшення кількості сільськогосподарської техніки, добрив та ін. Постає завдання отримання максимальних прибутків при сталому ресурсі землеробства. Єдиним виходом з цієї ситуації буде використання моделі точного землеробства (ТЗ). Застосуємо до нашого сталого ресурсу модель ТЗ. На рис. 2 емпірична крива 2 показує, як зміниться кількість прибутків при обмеженому ресурсі землеробства. Таким чином, одним із самих сучасних напрямів в землеробстві є точне землероб-

ство, яке є інтегрованим процесом керування ростом рослин відповідно до їх потреб.

Термін «точне землеробство» (precision agriculture, precision farming, computer aided farming) з'явився в 90-і роки ХХ століття, як природний розвиток поняття стійкого землеробства (sustainable agriculture) [1].

Поява ТЗ пов'язана, передусім, із вдосконаленням усіх видів сільськогосподарської техніки і технологій, а також з бурхливим розвитком обчислювальної техніки, методів моделювання і інформаційних

технологій в цілому. Оскільки усі технологічні операції на сільськогосподарському полі диференційовані у часі і просторі, то врахування різноманітності ґрунтових, мезо- і мікрокліматичних особливостей кожної ділянки при обробці ґрунту є вкрай необхідним. Можливість переходу до нових технологій точного землеробства пов'язана з появою геоінформаційних систем (ГІС) і глобальних систем позиціонування (ГСП), коли інформація з різних джерел безпосередньо надходить до бортового комп'ютера сільськогосподарської техніки. У зв'язку з чим можна регулювати інтенсивність технологічних операцій під час руху агрегату полем (зміна норм висіву, норм внесення добрив, кількості застосовуваних засобів захисту рослин). Вирішальну роль в цьому процесі відіграє вдосконалення інформаційного забезпечення методів прийняття рішень – моделей, баз даних, баз знань, експертних систем.

Фундаментальною частиною ТЗ є розвиток і адаптація стратегії і практики ведення сільського господарства в сучасних умовах. Головне при такому підході – виміряти, оцінити, оптимізувати і використати на практиці чинники, що впливають на продуктивність рослин, а саме: водно-фізичні і хімічні властивості ґрунту, ландшафт, насіння, застосовувана технологія, терміни сівби і прибирання, хвороби, шкідники, агрокліматичні умови і т.п.

Таким чином, точне землеробство – стратегія менеджменту, яка використовує інформаційні технології, отримуючи дані з багатьох джерел для того, щоб приймати рішення з керування посівами [2].

Розробка методології точного землеробства не є «революційним стрибком» у вдосконаленні агротехнології. Це – наступний крок в агрономічних дослідженнях, який повинен врахувати усі досягнуті раніше результати в цьому напрямі, включаючи розробку динамічних моделей, методи підтримки рішень, експертні системи та ін. Проте, слід підкреслити, що вирішальну роль в цьому процесі відіграє вдосконалення інформаційного забезпечення методів ухвалення рішень – моделей, баз даних і знань, експертних систем.

## 1. Постановка завдання досліджень

Основне завдання полягає у визначенні місця інформаційних технологій в складі точного землеробства, але перед тим, треба окреслити цілі та завдання самого ТЗ.

Метою застосування технологій точного землеробства на меліорованих землях сільськогосподарського призначення є підвищення і підтримка ґрунтової родючості. До основних завдань, які мають бути вирішені для переходу до широкого впровадження інформаційної технології точного землеробства, відносяться наступні [3]:

у ґрунтознавстві – завдання виявлення особливостей ґрунтового покриву сільгоспугідь, які можна

якимось чином змінювати в оптимальному напрямі за допомогою технологічних прийомів;

у рослинництві – завдання реального оцінювання потенційної продуктивності сортів сільськогосподарських культур в конкретних екологічних умовах;

в агрофізиці – завдання побудови моделей енерго- і масопереносу в системі «ґрунт-рослина-атмосфера», дослідження варіабельності основних фізичних характеристик ґрунту, що впливають на продукційний процес і дозволяють прогнозувати його результат;

в агрохімії – завдання вивчення локальних умов мінерального живлення рослин і темпів міграції елементів живлення за ґрунтовим профілем, обґрунтування нових способів розрахунку норм основних добрив і підгодівель з урахуванням ґрунтових характеристик поля, створення нових видів добрив пролонгуючої дії;

в агрометеорології – завдання розробки нових методів прогнозування метеорологічних умов і їх впливу на продукційний процес, створення автономних агрометеорологічних станцій з автоматичним збором інформації;

в навігації – координатне прив'язування поля (створення електронних карт полів), позиціонування сільськогосподарської техніки на всіх етапах агровиробництва.

Основні завдання точного землеробства можна представити у вигляді замкненого циклу (рис. 2).

Перераховані завдання неможливо вирішити без відповідної приладової і технічної бази, тому дуже важлива розробка датчиків, приладів і мобільних інформаційних систем, що дозволяють досліджувати варіабельність характеристик ґрунтового і рослинного покриву, у тому числі збируваність врожаю, в межах конкретного поля.

Основні результати, що досягаються за рахунок застосування технологій точного землеробства:

- оптимізація використання витратних матеріалів (мінімізація витрат);
- підвищення врожайності і якості сільськогосподарської продукції;
- мінімізація негативного впливу сільськогосподарського виробництва на природне середовище;
- підвищення якості земель;
- інформаційна підтримка сільськогосподарського менеджменту.

Виходячи з результатів застосування ТЗ, з точки зору інформаційної технології, постає оптимізаційна задача, яка має бути вирішена в результаті досліджень.

## 2. Основний матеріал

Представимо загальну структуру точного землеробства у вигляді структурної схеми (рис. 3). Точ-

не землеробство знаходиться на перетині двох сфер – агрономічної та інформаційної. Кожна з цих сфер містить найбільш типові для неї параметри, які є важливими для впровадження точного землеробства. Внаслідок цього можна виділити дві технології, з якими тісно пов'язана технологія точного землеробства, а саме – агротехнологія та інформаційна технологія (рис. 4).

Агротехнологія включає в себе всі надбання агрономічної сфери, так само, як інформаційна технологія – інформаційної сфери. Розвиток кожної з цих двох технологій дозволяє піднести на новий рівень і точне землеробство.

Найбільший інтерес в структурі точного землеробства викликає інформаційна технологія, оскільки першим етапом впровадження точного землеробства є складання карт типів і вмісту ґрунтів, що неможливе без використання ГІС та ГСП. Розглянемо детальніше поняття інформаційної технології та її значення для точного землеробства.

Інформаційна технологія – сукупність методів і способів отримання, обробки, представлення інформації, спрямованих на зміну її стану, властивостей, форми, змісту і здійснюваних в інтересах користувачів. Можна виділити три рівні розгляду інформаційних технологій [4].

Перший рівень – теоретичний. Основне завдання – створення комплексу взаємопов'язаних моделей інформаційних процесів, сумісних параметрично і критеріально.

Другий рівень – дослідницький. Основне завдання – розробка методів, що дозволяють автоматизовано конструювати оптимальні конкретні інформаційні технології.

Третій рівень – прикладний, який доцільно розділити на дві компоненти: інструментальну і предметну. Інструментальна компонента визначає шляхи та засоби реалізації інформаційних технологій, які можна розділити на методичні, інформаційні, математич-



Рис. 2. Цикл завдань точного землеробства

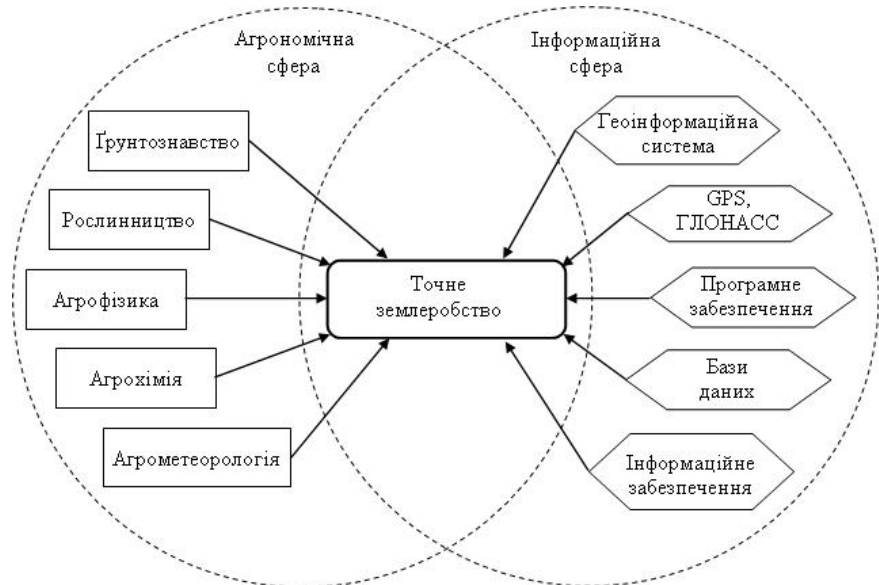


Рис. 3. Структура точного землеробства

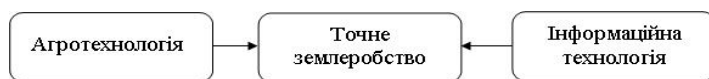


Рис. 4. Зв'язок технологій точного землеробства

ні, алгоритмічні, технічні і програмні. Предметна компонента пов'язана зі специфікою конкретної предметної області і знаходить відображення в спеціалізованих інформаційних технологіях, наприклад, керування в системах точного землеробства та ін. Спрощена структурна схема взаємодії інформаційної технології і землеробства представлена на рис. 5.

Інформаційна технологія виконує задачу підтримки певних параметрів земельного ресурсу (поле) в заданому діапазоні. Інформацію для формування керуючих впливів, у відповідності до заданого алгоритму, вона отримує з датчиків, що представляють собою вимірювальні комплекси таких параметрів, як температура, вологість, кислотність та електрична провідність ґрунту. За результатами аналізу даних від датчиків вона виробляє стратегію обробки для

механізмів диференційного внесення добрив, точно го висіву та зрошення. Таким чином, земельний ресурс є об'єктом керування для інформаційної технології.



Рис. 5. Взаємодія інформаційної технології з полем

Успішне впровадження інформаційних технологій в аграрний сектор в складі ТЗ дозволяє отримати більші прибутки та ефективно використовувати ресурси землеробства.

Інформаційні технології в складі точного землеробства дають можливість:

- складати карти врожайності, що дозволяють контролювати не лише кількість зібраного врожаю, але і виявити нерівномірність врожайності в межах поля, щоб прийняти правильні агротехнічні рішення;
- складати карти типів ґрунтів і ґрунтових відмінностей;
- складати карти вмісту в ґрунті гумусу і мікроелементів;
- проводити моніторинг сільськогосподарських угідь з визначенням меж ділянок і скласти кадастр угідь;
- проводити агрохімічне обстеження ґрунтів з визначенням норм внесення добрив, а також планування і розрахунок норм вапнування.

Використовуючи інформаційні технології можна виділити дві стратегії для оптимізації витрат [5]:

1. Прогностичний підхід, який ґрунтується на аналізі статичних індикаторів (ґрунтових показників, електропровідності, історії полів і т.д.) протягом фази розвитку культури.

2. Контролюючий підхід, коли інформація від статичних індикаторів регулярно оновлюється протягом фази розвитку культури в результаті відбору зразків, дистанційного визначення параметрів: температури і вологості (повітря/ґрунту), контактного детектування (об'їзд полів по контурах).

Розглянемо необхідність розвитку точного землеробства в Україні.

Розвиток ТЗ в Україні обумовлений такими міжнародними і внутрішніми чинниками [6].

*Ресурсні і економічні чинники.* За узагальненими даними, точне землеробство зменшує потребу в добривах і засобах захисту рослин на 30 – 50%. У сучасних умовах, коли за рівнем використання агро-

хімікатів Україна відкинута назад на 40 – 50 років, впровадження точного землеробства стане важливим заходом інтенсифікації землеробства без значних додаткових витрат (тільки за рахунок перерозподілу і більш точного їх внесення).

*Екологічні чинники.* Зменшення рівня хімізації землеробства при одночасному підвищенні ефективності господарювання означає більш повне використання засобів хімізації і обмеження їх міграції за межі кореневого шару ґрунту. Це повинно відбитися на зменшенні забруднення ґрунтів, літо-, атмо-, гідро- і біосфери в цілому.

*Соціальні і громадські чинники.* Впровадження нових технологій, а разом з ними комп'ютеризації і інформатизації, сприятиме більшій привабливості роботи в агросфері, поступово перетворить агронома на сучасного менеджера, підвищить рівень економічної культури і екологічної свідомості на селі.

Метою концепції розвитку точного землеробства в Україні є забезпечення ефективного економічного і екологічного розвитку землеробства на основі більш раціонального використання засобів хімізації, способів обробки і охорони ґрунтів [6].

Основні завдання концепції:

- визначення місцевих (локальних) закономірностей просторової неоднорідності ґрунтового покриву орних земель країни на основі новітніх засобів наземного і дистанційного зондування;
- адаптація і впровадження нової інформаційно-геостатистичної методології в практику ґрунтових обстежень і агрохімічної паспортизації;
- верифікація зарубіжних і удосконалення вітчизняних програмно-технічних комплексів точного землеробства;
- вирішення організаційно-освітніх питань (створення базових демонстраційних полів, веб-сайтів, проведення семінарів, виставок, публікація методичної літератури і т.п.).

Прикладом впровадження точного землеробства в Україні можна вважати компанію «Дружба-Нова», крім того, на базі агрохолдингу «Дружба-Нова» проводяться міжнародні конференції, присвячені впровадженню інформаційних і ресурсозберігаючих технологій в рослинництві.

Маючи в обробці більше 110 тис. га земельних угідь, «Дружба-Нова» з року в рік вражає економічним ефектом діяльності: в 2011 році компанія отримала майже 60 млн. доларів доходів від реалізації; у 2012 році дохід виріс більше ніж вдвічі і склав більше 160 млн. доларів [7].

Завдяки таким показникам компанія «Дружба-Нова» увійшла до рейтингу двохсот найбільших компаній країни і зайняла почесне місце серед еліти національного бізнесу. У 2011 році компанія вклала близько 12 млн. доларів в реалізацію новітніх технологій і технічне переоснащення виробництва, що

привело до значного росту економічних показників. Зокрема, тільки диференційоване внесення компенсаційних норм азотних добрив для мінералізації рослинних залишків дозволило заощадити на 1 га більше 15 доларів, раціонально розподілити добрива по полю і повернути до ґрунту поживні залишки, та основні елементи живлення, що дозволило заощадити від 120 до 300 доларів на гектарі, залежно від зібраної культури. Технологія змінної норми висіву і автоматичного контролю сошників за рахунок оптимізації густини стояння рослин дозволила підвищити врожайність кукурудзи до 20% і заощадити насінний матеріал за рахунок відсутності перекриттів і загушення посівів залежно від конфігурації поля до 15%. Обробка ґрунту з одночасним диференційованим локально-стрічковим внесенням 4-х видів добрив забезпечила зменшення витрати основних добрив до 50%, в порівнянні з внесенням їх в розкид. Одночасне проведення обробки ґрунту, внесення добрив і посіву заощадило близько 40% паливно-мастильних матеріалів у порівнянні з мінімальною технологією обробки ґрунту.

## Висновки

Точне землеробство – ресурсозберігаюча, ґрунтозахисна, інноваційна і конкурентоздатна технологія, яка сприяє структурно-технологічній перебудові агросфери і нарощуванню економічного потенціалу держави. Важливим компонентом в системі точного землеробства є інформаційна технологія, яка дозволяє збільшити продуктивність сільськогосподарського виробництва за рахунок раціонального використання земельного ресурсу. Тому держава і передусім її провідні аграрні установи – Міністерство аграрної політики і Національна академія аграрних наук України повинні запропонувати економіко-виробничі і соціальні механізми, спрямовані на:

– забезпечення підтримки виробничих, технічних, освітніх і наукових аспектів точного землеробства;

- моніторинг і широке освітлення результатів науково-демонстраційних і виробничих експериментів;
- підготовку кваліфікованих фахівців, озброєних новітніми знаннями;
- створення атмосфери сприяння нової технології;
- впровадження інформаційних технологій для землеробства.

## Список літератури

1. *Технологии точного земледелия, их перспективы и возможности использования на мелиорированных землях. Научно-технический обзор.* – М.: ФГНУ ЦНТИ “Мелиоводинформ”, 2006. – 110 с.
2. *Точное земледелие: состояние исследований и задачи агрофизики / В.П. Якушев и др. // Агрофизические и экологические проблемы сельского хозяйства в 21 веке.* – СПб.: АФИ, 2002. – № 3. – С. 23-28.
3. *Инструментальные средства и методы в агрофизике.* – СПб.: Издательство ПИЯФ РАН, 2007. – 112 с.
4. *Информационная технология как система.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://technologies.su/it\\_kak\\_sistema](http://technologies.su/it_kak_sistema). – Назва з титул. екрану.
5. *Точное земледелие* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: [http://bnp-group.com.ua/?page\\_id=823](http://bnp-group.com.ua/?page_id=823) – Назва з титул. екрану
6. *Концепция развития точного земледелия в Украине.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://kadastrua.ru/tochnoe-zemledelie/185-kontseptsiya-razvitiya-tochnogo-zemledeliya-v-ukraine.html> – Назва з титул. екрану.
7. *Технологии точного земледелия в Украине: «Дружба-Новая» распространяет опыт.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://druzhbanova.com/ru/tehnologii-tochnogo-zemledeliya-v-ukraine-druzhba-nova-rasprostranyaet-opyt.html-0> – Назва з титул. екрану.

Надійшла до редколегії 15.08.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.С. Харченко, Національний аерокосмічний університет ім. М.С. Жуковського «ХАІ», Харків.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ РАЗРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

В.В. Скляр, О.Н. Одарущенко, А.О. Ивасюк, Е.Н. Бульба

*Проведен анализ основных задач и направлений точного земледелия. Построена структура системы точного земледелия в соответствии с его задачами. Определено место информационной технологии в составе точного земледелия. Определены основные задачи, которые позволяют решить информационные технологии в составе точного земледелия. Разработана структурная схема взаимодействия информационной технологии точного земледелия на примере поля. Рассмотрена необходимость развития точного земледелия в Украине. Приведенные примеры использования систем точного земледелия в Украине.*

**Ключевые слова:** точное земледелие, агротехнология, информационная технология, земельный ресурс.

## STATEMENT OF THE PROBLEM DEVELOPMENT OF INFORMATION TECHNOLOGY FOR PRECISION AGRICULTURE

V.V. Sklar, O.N. Odaruschenko, A.O. Ivasjuk, E.N. Bulba

*The analysis of the main objectives and directions of precision agriculture. Built structure precision agriculture in accordance with its objectives. The place of information technology in the precision agriculture. The main tasks that enable you to solve information technology in the precision agriculture. The structural diagram of the interaction of information technology for precision agriculture as an example of the field. Considered the need for the development of precision agriculture in Ukraine. The examples use precision agriculture in Ukraine.*

**Keywords:** precision agriculture, agro-technology, information technology, land resource.