

## ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ВИКОРИСТАННЯ АВТОМАТИЗОВАНИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

**Ф.І. Гончаров**, к.т.н.,

**В.М. Штепа**, к.т.н.

*Проаналізовано сучасні науково-обґрунтовані методи землеробства, розроблено та розв'язана оптимізаційна задача підвищення продуктивності використання агропромислових технічних засобів, запропонована нова методологія набуття наукових знань у галузях, залежних від зміни клімату, на засадах застосування автоматизованого комплексу ефективного землеробства.*

***Гумус, змив, автоматизація, землеробство, улоговини.***

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливе без застосування найкращих науково обґрунтованих методів застосування комплексу системи машин землеобробної техніки, використання елітних сортів посівного матеріалу, пестицидів та агрохімікатів тощо, що в подальшому в автоматизованому режимі (без участі людини) забезпечує оптимальні умови росту (розвитку) рослин та отримання гарантованого врожаю. Постійним удосконаленням цих методів займається Національна академія аграрних наук України, яка налічує 8 галузевих відділень, 340 установ і організацій.

Наукові установи Академії щорічно завершують 500—800 наукових розробок, реєструють 200—250 патентів та інших охоронних документів на винаходи і корисні моделі, укладають 350—400 ліцензійних договорів на використання об'єктів інтелектуальної власності [1].

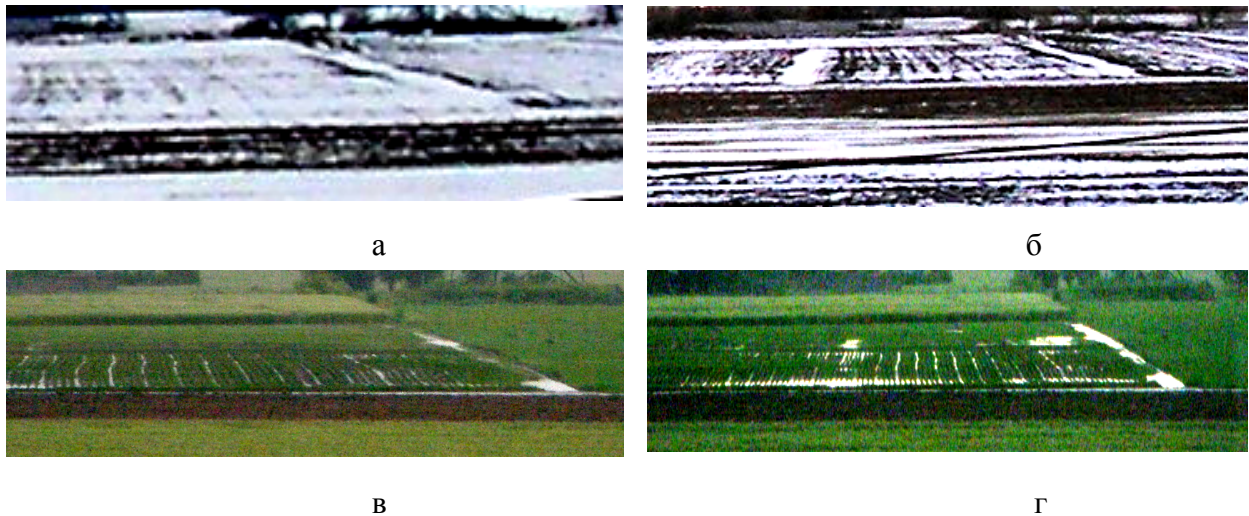
Установи Академії кожного року розробляють близько 35 найменувань машин та обладнання, 10-15 нових технологій і технологічних процесів, 8 – 10 вихідних вимог на машини та інших нормативних документів.

Зазначені вище досягнення – це вже перегорнута сторінка в науці землеробства. Сьогодні окреслено нове коло нерозв'язаних задач [2].

**Мета досліджень** – обґрунтування і розробка методології та автоматизованих технічних засобів ефективного землеробства з врахуванням: сучасних кліматичних змін, впливу некерованих ситуацій.

**Матеріали та методика досліджень.** Загальноновизнані факти щорічного пересіву озимини, вилучення з сівозмін значних площ деградованих земель, втрат (змиву) гумусу, втрат джерел водозабезпечення, замулення водойм, споживання неякісної води – засвідчують про неспроможність сучасної методології забезпечити отримання науково обґрунтованих знань та методів ведення сільськогосподарського виробництва, яке постійно адаптується до сучасного прояву потоку випадкових факторів техногенного і природного походження внаслідок зміни

клімату [3]. Аномальні природні явища нівелюють працю науковців і землеробів (рис.1).



**Рис. 1. Фрагменти дослідного поля Національного наукового центру Інституту землеробства НААН України в різні пори року: а – 05.01.2012 р.; б – 02.04.2012 р.; в – 07.06.2012 р.; г – 10.06.2012 р.**

Фотофакт утворення на рівнинній поверхні дослідного поля Національного наукового центру Інституту землеробства НААН України, в процесі проведення експерименту визначення залежності якості урожаю селекційної культури від режиму внесення норм пестицидів, агрохімікатів, технології обробки землі тощо, ставочків в улоговинах, наповнених потоками стоків опадів вздовж рядків-колій сошників сіялки після (під час) дощу, частково пояснює причини систематичного пересівання озимини, змиву гумусу, замулення водойм тощо.

За таких умов багатокритеріального і багатофакторного експерименту (рис.1) отримати оптимальні методичні рекомендації для забезпечення ефективного землеробства неможливо.

Однак, навіть за таких обставин (див рис.1) в Інституті землеробства НААН України опрацьовані і впроваджені у виробництво: удосконалена ґрунтозахисна система землеробства на основі виведення малопродуктивних ерозійно небезпечних земель з обробітку та контурно-меліоративне облаштування території; система управління родючістю кислих і солонцевих ґрунтів; система удобрення культур і технології застосування добрив, меліорантів, побічної продукції рослинництва, сидератів та біопрепаратів; диференційовані системи обробітку ґрунту та боротьби з бур'янами.

Загально ж відомо, що в умовах дії тільки одного випадкового природного фактора, некерованих наслідків дії опадів, отримати і визначити достовірність області ефективного застосування зазначених вище результатів НДР проблематично. Без сумніву, що розв'язання (усунення) тільки однієї проблеми прояву некерованих людиною опадів якісно поліпшить спроможність застосування результатів НДР і буде сприяти збільшенню обсягів їх ефективного впровадження, особливо на полях з перетнутою

місцевістю (більшими ухилами). Наслідки від утворення і переміщення стоків опадів на таких землях не передбачені і не повністю враховані (див. рис.1) опрацьованими і впровадженими у виробництво результатами НДР.

У зв'язку з цим необхідно застосовувати іншу методологію набуття наукових знань у галузях сільськогосподарського виробництва, залежних від зміни клімату, яка забезпечить на кожному етапі алгоритму досягнення мети (розв'язання проблеми) умови для упередження (передбачення) проявів випадкових факторів техногенного і природного походження на засадах одночасного і неперервного застосування із року в рік заздалегідь налаштованих технологічних систем для обмеження (зменшення, усунення) розвитку негативних наслідків їх дій.

**Результати досліджень.** В основу нової методології захисту земельних ресурсів від опадів покладено припущення [4], що цільова функція для визначення оптимального значення показника незалежності поверхні поля від негативних наслідків дії опадів має вид:

$$P_{св} = f(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n), \quad (1)$$

де  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$  – параметри утворення на поверхні поля негативних наслідків дії зливи.

Безумовне завдання оптимізації полягало у встановленні мінімуму функції (від  $n$  дійсних змінних) і визначенні відповідних значень аргументів на деякій множині  $G$   $n$ -мірного простору.

Вектор градієнта довільної цільової функції  $F = (x_1, x_2, x_3, \dots, x_n)$  мав вигляд:

$$\frac{\partial F}{\partial x_1} \vec{e}_1 + \frac{\partial F}{\partial x_2} \vec{e}_2 + \frac{\partial F}{\partial x_3} \vec{e}_3 + \dots + \frac{\partial F}{\partial x_n} \vec{e}_n, \quad (2)$$

де частинні похідні обчислюють в точці, яка розглядається.

Цей вектор направлений вгору, в напрямку підйому; протилежний йому вектор вказує напрямку спуску.

Одиничний вектор градієнта представлено у вигляді:

$$s_1 \vec{e}_1 + s_2 \vec{e}_2 + s_3 \vec{e}_3 + \dots + s_n \vec{e}_n, \quad (3)$$

$$\text{де } s_j = \frac{\frac{\partial F}{\partial x_j}}{\sum_{j=1}^n \left[ \left( \frac{\partial F}{\partial x_j} \right)^2 \right]^{0,5}}.$$

Розв'язок задачі починався з вибору початкових значень  $x_j^{[0]}$  ( $i = 1, 2, \dots, N$ ), потім будували послідовні наближення:

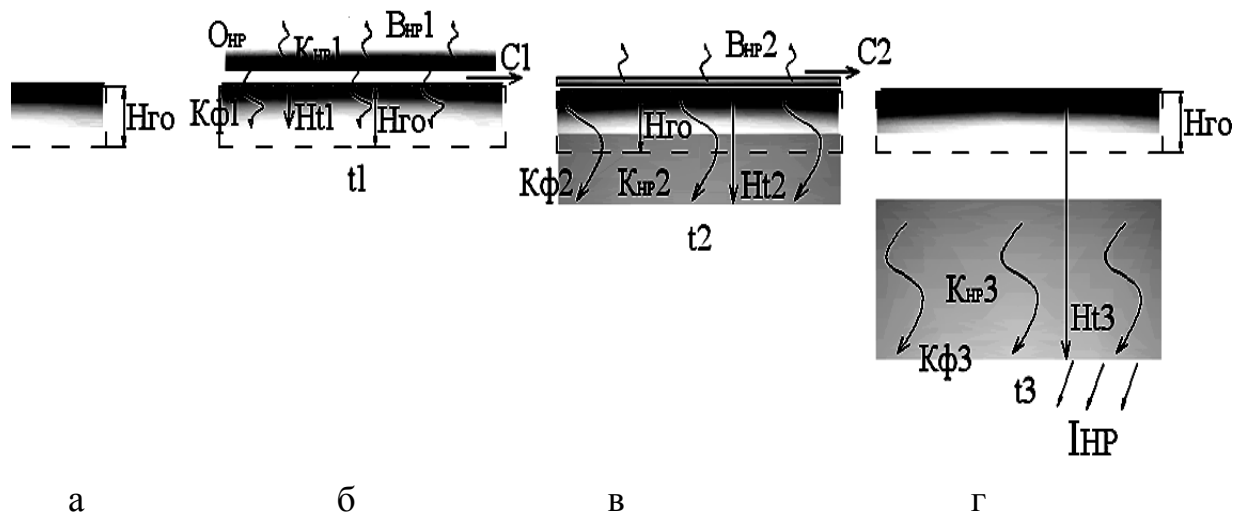
$$x_j^{[j+1]} = x_j^{[j]} + \lambda^{[j]} s_j^{[j]}, \quad (i = 1, 2, \dots, N; j = 0, 1, 2, \dots), \quad (4)$$

де  $\lambda^{[j]}$  – величина кроку ітерації по кожному з параметрів  $x_j$ ;

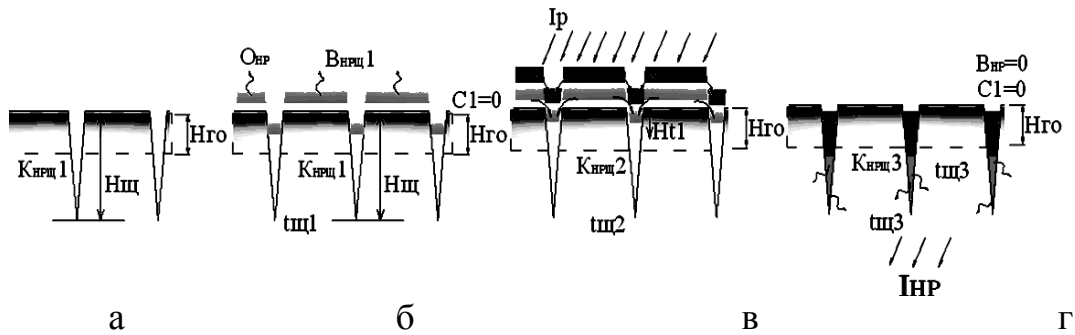
$s_j^{[j]}$  – параметр вибору "напрямку".

Розв'язок оптимізаційної задачі продемонстрував [4], що мінімум цільової функції досягається за умов мінімізації ймовірності дії випадкових факторів і розвитку на поверхні поля негативних наслідків.

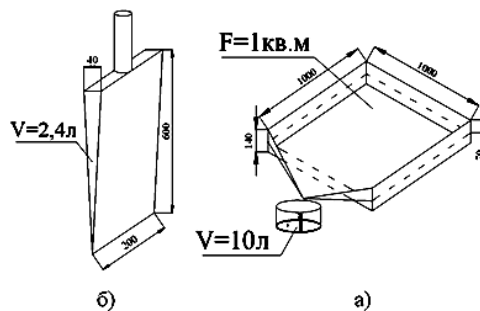
На підставі моделювання утворення на поверхні поля негативних наслідків дії зливи (рис. 2, 3) та враховуючи засади утворення, розвитку і трансформації поверхневих потоків атмосферних опадів (транспортерів основних обсягів забруднювальних речовин з поверхні площі водозбору до джерел водозабезпечення), для дослідження і обґрунтування конструкцій, параметрів і ефективності засобів запобігання поверхневого стоку на поверхні поля було розроблено експериментальні пристрої (рис. 4) і методика їхнього застосування.



**Рис. 2. Схема моделі процесу поширення неприпустимих речовин з поверхні ґрунту у часі в некерованих ситуаціях: а – поверхня ґрунту перед потраплянням на неї неприпустимих речовин; б і в – переміщення неприпустимих речовин через проміжок часу  $t_1$  і  $t_2$ ; г – поверхня і орний шар ґрунту очищений природним способом через час  $t_3$ ;  $H_{го}$  – глибина орного шару;  $O_{нр}$  – обсяги надходження розчину неприпустимих речовин з метеорними опадами;  $K_{нр1}, K_{нр2}, K_{нр3}$  – коефіцієнт водопоглинання поверхні орного шару ґрунту на час надходження неприпустимих речовин та через  $t_2, t_3$ ;  $B_{нр1}, B_{нр2}$  – обсяги випаровування з поверхні ґрунту розчину неприпустимих речовин через проміжок часу  $t_1$  і  $t_2$ ;  $K_{ф1}, K_{ф2}, K_{ф3}$  – коефіцієнт фільтрації орного шару ґрунту протягом часу  $t_1, t_2, t_3$ ;  $H_{т1}, H_{т2}, H_{т3}$  – глибина проникнення розчину неприпустимих речовин через проміжок часу  $t_1, t_2, t_3$ ;  $C_1, C_2$  – обсяги переміщення розчину неприпустимих речовин за межі ділянки через час  $t_1$  і  $t_2$ ;  $I_{нр}$  – обсяги інфільтрації розчину з небезпечними речовинами за межі орного шару**



**Рис. 3. Схема моделі процесу поширення наявних речовин з поверхні ґрунту з штучно утвореними переривчастими пустками у часі в некерованих ситуаціях: а – підготовлена поверхня ґрунту перед потраплянням на неї наявних речовин; б і в – переміщення речовин через проміжок часу  $t_{щ1}$  і  $t_{щ2}$ ; г – поверхня і орний шар ґрунту очищений штучно-природним способом через час  $t_{щ3}$ ;  $H_{го}$  і  $H_{щ}$  – глибина орного шару і штучно утвореної пустки;  $O_{нр}$  – обсяги надходження розчину речовин з метеорними опадами;  $K_{нрщ1}$ ,  $K_{нрщ2}$ ,  $K_{нрщ3}$  – коефіцієнт водопоглинання поверхні штучно утвореної пустки у ґрунті на час надходження речовин та через  $t_{щ1}$ ,  $t_{щ2}$ ,  $t_{щ3}$ ;  $V_{нрщ1}$  і  $V_{нр}$  – обсяги випаровування з поверхні ґрунту з пустками розчину з речовинами через проміжок часу  $t_{щ1}$  і  $t_{щ3}$ ;  $H_{т1}$ ,  $H_{т2}$ ,  $H_{т3}$  – глибина проникнення розчину з речовинами через проміжок часу  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ;  $C_1$  – обсяги переміщення розчину з речовинами за межі ділянки через час  $t_{щ1}$ ,  $t_{щ2}$  і  $t_{щ3}$ ;  $I_p$  – високо інтенсивні опади або штучне дощування знезаражувальним розчином;  $I_{нр}$  – обсяги інфільтрації розчину з речовинами за межі орного шару за час  $t_{щ3}$**

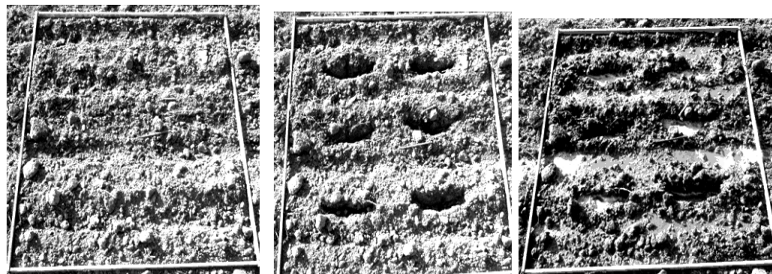


**Рис. 4. Схеми дослідницьких пристроїв для обґрунтування конструкції, параметрів і оцінки ефективності запобігання утворенню поверхневого стоку: а – пристрій обліку поверхневого стоку; б – пристрій для утворення на досліджуваній ділянці переривчастих пусток-поглиблень-щілин**

Для дослідів на площі водозбору (перша ланка) прийнято норму зливи 50 мм/га·5 хв. Вода на ділянку подавалась 5 частинами з нормою поливу однієї частини – 10 л /м<sup>2</sup> ·хв (10 мм/га·хв, 100 м<sup>3</sup>/га·хв) і короткочасними зупинками, необхідними для зняття змінних показників, що відповідає 5·(10

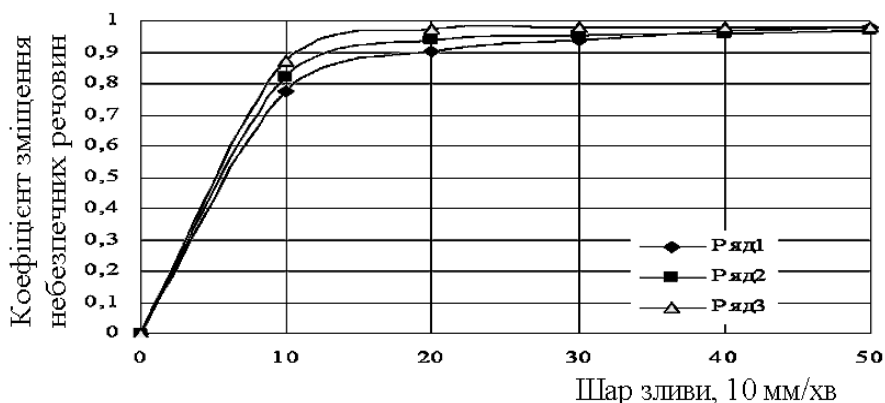
мм/хв) або  $5 \cdot 10 \text{ л/м}^2 \cdot \text{хв}$ . Параметри дощу: діаметр краплин 2-4 мм; висота падіння – 2,5-3 м (рис. 5).

Графік на рисунку 6 свідчить, що через хвилину після початку експерименту практично 80% полістирольних кульок-імітаторів забруднювальної речовини:  $d = 3 - 4 \text{ мм}$  і щільністю  $0,93 \text{ т/м}^3$ , рівномірно розташованих на поверхні ділянки квадратно-гніздовим способом (1 кулька на  $1 \text{ дм}^2$ ), були переміщені поверхневим потоком з своїх початкових місць перед зливою.



а б в

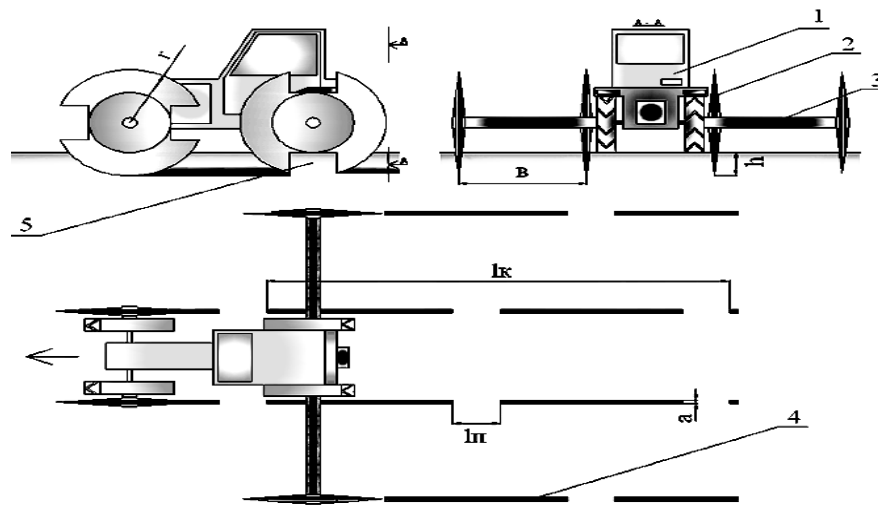
**Рис. 5. Фрагменти ділянки на полі після сівби озимої пшениці поперек ухилу з утворенням 6 пусток з обсягом  $2,4 \text{ л/шт}$  поперек ухилу: а – перед утворенням пусток; б – після утворення пусток; в – після зливи; параметри дощу: діаметр краплин – 2-4 мм; висота падіння – 3 м; норма поливу –  $10 \text{ л/м}^2 \cdot \text{хв}$**



**Рис. 6. Графік залежності коефіцієнта зміщення забруднювальних речовин на поверхні ділянки від шару зливи для різних умов: ряд 1 – після висіву озимої пшениці поперек ухилу і влаштування пусток вздовж ухилу; ряд 2 – після висіву озимої пшениці поперек ухилу і влаштування пусток поперек ухилу; ряд 3 – після висіву озимої пшениці вздовж ухилу і влаштування пусток поперек ухилу**

З метою зменшення і усунення негативних наслідків від складних щодо узагальнення процесів утворення поверхневого і ґрунтового стоку, що транспортує розчинні і нерозчинні форми наявних забруднювальних речовин, запропоновано на поверхні площі водозбору заздалегідь влаштовувати штучні переривчасті пустки-поглиблення-щілини-колії в обсязі, достатнім для прийняття всіх аномально можливих обсягів метеорних опадів. Заздалегідь влаштовані у ґрунті переривчасті пустки-поглиблення-

щілини-колії на поверхні площі водозбору як автоматизований комплекс усунення розвитку негативних наслідків дії випадкових факторів техногенного і природного походження, якісно змінює методологію набуття наукових знань при розв'язанні проблем сільськогосподарського виробництва, залежних від зміни клімату. На основі теоретичних та експериментальних досліджень розроблено метод боротьби з водною ерозією ґрунтів і комплект автоматизованого начіпного устаткування на трактор для попередньої підготовки поверхні площі водозбору (рис. 7) шляхом створення у ґрунті переривчастих пусток-поглиблень-щілин-колій, упереджуючих утворення поверхневого стоку та переміщення до джерел водозабезпечення пестицидів, агрохімікатів, насіння бур'янів та інших відходів виробництва з атмосферними і зрошувальними водами [5].



**Рис. 7. Схема будови автоматизованого начіпного на трактор устаткування для створення у ґрунті переривчастих пусток-поглиблень-щілин-колій на поверхні площі водозбору: 1 – колісний трактор з інтелектуальним блоком управління; 2 – начіпні колеса високого тиску на ґрунт; 3 – вставка (напіввісі заднього начіпного колеса високого тиску на ґрунт); 4 – переривиста пустка-поглиблення-колія-щілина після проходження колеса трактору; 5 – перемичка колії, утворена формою колеса високого тиску на ґрунт; а – ширина колії-щілини; в – відстань між колесами високого тиску на ґрунт; h – висота колії-щілини; лп – ширина перемички; r – радіус колеса високого тиску на ґрунт**

Впровадження нової методології при розв'язанні проблеми захисту земельних ресурсів від забруднення техногенного і природного походження засвідчує свою спроможність, промислову придатність і ефективність застосування в сучасних умовах зміни клімату [5]. Крім запобігання змиву гумусу, використання автоматизованого устаткування для створення у ґрунті переривчастих пусток-поглиблень-щілин-колій забезпечило і підвищення врожайності сільськогосподарських культур на 5-30%.

### Висновки

1. Традиційний науково-обґрунтований підхід до ведення землеробства в умовах зміни клімату не відповідає вимогам ефективності та здатності протидіяти (адаптуватися) наявним природним та техногенним впливам.

2. Для адаптування землеробства до змін клімату пропонується методологія набуття наукових знань у галузях, залежних від зміни клімату, суть якої полягає у забезпеченні (застосуванні) на кожному етапі алгоритму досягнення мети (розв'язання проблеми) умов для упередження (передбачення) проявів випадкових факторів техногенного і природного походження на засадах одночасного і неперервного використання із року в рік заздалегідь налаштованих технологічних систем з обмеження (зменшення, усунення) розвитку негативних наслідків їх дій.

3. Автоматизований комплекс створення у ґрунті переривчастих пусток-поглиблень-щілин-колій на поверхні площі водозбору доцільно включати у існуючу штатну систему машин та обладнання агропромислових підприємств.

### Список літератури

1. Розробки ННЦ "Інституту землеробства НААН" Офіційний портал / [http://zemlerobstvo.com/?page\\_id=8](http://zemlerobstvo.com/?page_id=8).

2. Ивашкин В.И. Технология удобрительного орошения / В.И. Ивашкин, А.Ф.Абрамов. — М.: Агропромиздат, 1986. — 54 с.

3. Мазоренко Д.І. Інженерна екологія сільськогосподарського виробництва / Д.І. Мазоренко, В.Г. Цапко, Ф.І. Гончаров. — К.: Знання, 2006. — 376 с.

4. Сироватка М.А. Чисельний розв'язок оптимізаційної задачі визначення безпечності роботи системи водокористування / М.А. Сироватка, Б.Ф. Кізюн, Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа, Н.А. Заєць // Тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції "Актуальні проблеми наук про життя та природокористування". — К.: НУБіПУ. — 2011. — С. 195.

5. Гончаров Ф.І. Використання дискового створювача борозен ДОБ-3,5 (4,2) для підвищення врожайності сільськогосподарських культур / Ф.І. Гончаров, В.М. Штепа, Б.Ф. Кізюн, М.А. Сироватка // Вісник Житомирського національного агроекологічного університету. — Житомир: ЖНАЕУ. — 2011. — Т.2. — № 2 (29). — С.199-203.

### Аннотация

*Проанализированы современные научно-обоснованные методы земледелия, разработаны и решены оптимизационные задачи повышения производительности использования агропромышленных технических средств, предложена новая методология получения научных знаний в областях, зависящих от изменения климата, на основе применения автоматизированного комплекса эффективного земледелия.*

***Гумус, смыв, автоматизация, земледелие, котловины.***



**Annotation**

*Modern science-based methods of agriculture, developed and solved optimization problem of productivity using agricultural technological measures, the new methodology for the acquisition of scientific knowledge in areas dependent on climate change, based on the use of automated complex of efficient agriculture.*

***Humus, washed, automation, agriculture, the basi.***