



## Інтенсивні та екологічно ощадні технології рослинництва Intensive and ecosaving techniques in crop production

УДК 631.3

[https://doi.org/10.37700/enm.2021.1\(19\).39](https://doi.org/10.37700/enm.2021.1(19).39) - 51

### Генезис посівних систем в контексті еволюціонуючого землеробства

В.І. Мельник, О.П. Зеленський, А.П. Зеленський

*Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка (м. Харків, Україна)  
email: <sup>1</sup> victor\_melnik@ukr.net, <sup>2</sup> alexey2009mkh@gmail.com;  
ORCID: <sup>1</sup> 0000-0002-1176-2831*

Проблема підвищення ефективності засобів висіву пропасних культур тісно пов'язана з проблемою підвищення ефективності рослинництва як такого. Це передбачає пошук шляхів щодо вирішення таких «вічних» завдань з удосконалення діяльності людини на землі, як: підвищення врожайності сільськогосподарських культур, гармонізація діяльності людини та природи (навколишнього середовища), впровадження технологій «нульового обробітку ґрунту», застосування нових підходів на основі сумісних (комбінованих) висівів, а також – систем сівозміни.

У аспекті розвитку засобів висіву ця проблема передбачає: підвищення продуктивності використовуваних засобів, зниження витрат при їх застосуванні, зниження ступеня впливу на середовище. Засоби точного висіву в цьому сенсі відіграють дуже важливу роль. Але, при цьому, постають такі питання, як: визначення критеріїв їх розвитку (технічної досконалості), формування параметричного простору синтезу альтернатив та вимірювання траєкторії розвитку засобів точного висіву.

У статті, на основі результатів аналізу генезису розвитку технічних засобів землеробства, сформульовані основні загальносвітові тенденції та завдання вдосконалення елементів системи рослинництва. Представлено результати аналізу розвитку технічних засобів землеробства відповідно до різних варіантів агротехнологій. Запропонована класифікація етапів розвитку сівалок з визначенням ознак класифікації, що побудовані за характеристиками та типами засобів сівби. Сформований параметричний простір вимірювання рівню технічної досконалості засобів висіву. Визначено наукові завдання досліджень з розвитку точних засобів посіву як складової частини єдиної системи рослинництва. Сформульовано критерії їх розвитку відповідно до загальносвітових тенденцій розвитку технологій виробництва пропасних культур.

**Ключові слова:** мінімальний обробіток ґрунту, сівалка, покоління, сівба, точне землеробство, енергетичні затрати, питома вартість, рівень надійності, ефективність, технічна досконалість, генезис розвитку.

**1 Вступ.** Використання точних засобів висіву в сучасних агрономічних системах знаменує собою перехід від концепції розширення та посилення впливу людини на природу з метою отримання однорідних характеристик ґрунту сільськогосподарських полів до концепції мінімізації цього впливу за рахунок підвищення адаптивності й точності засобів обробки землі та посіву пропасних культур. Необхідність переходу до такої концепції викликана надмірною (за критичним) рівнем тиску на середовище з боку сільськогосподарської діяльності людини. При використанні старих підходів знижується якість життя населення через прискорення вичерпання природних ресурсів. Теоретичне обґрунтування переходу на нову концепцію ведення землеробства було сформу-

льовано в працях: В.І. Вернадського (Закон єдності організму та середовища) [1]; Л.Г. Роменського (Правило екологічної індивідуальності) [2]; Ч. Дарвіна (Аксиома адаптованості чи екологічна аксіома) [3]; Б. Коммонера (Закономірності природокористування, соціально-господарської поведінки людей в їх взаємозв'язку з природою) [4].

Екологічний аналіз свідчить про те, що на протязі тисячоліть зусилля людства були спрямовані на перетворення природи, але людство так і не створило механізму, який дозволив би йому «вписатися» в природу, а навпаки, робило все, щоб піднятися над нею, перемогти її. Але ця епоха натиску на природу закінчується на наших очах [5].

Перехід на нові технології землеробства, використовуючи засоби точного посіву, став необ-

хідний внаслідок вичерпання регенеративних можливостей природи щодо подальшого нарощування потужності використовуваних агротехнічних засобів. Такий перехід став реалізуватися з появою нових можливостей щодо просторового позиціонування, збору, обробки та зберігання великих даних про властивості ґрунтів, обчислення агрономічних характеристик на багатофакторних динамічних моделях великої розмірності [6].

Нові можливості, що відкриваються, формують нові вимоги, показники та критерії вдосконалення технічних засобів посіву та обробітку ґрунту як складової частини, розвивають інформаційно-технологічні системи рослинництва.

У статті на підставі аналізу генезису розвитку систем рослинництва, фізико-технічних та екологічних зв'язків між елементами цих систем, сформована функціональна структура сучасної агротехнічної системи, що включає підсистему точного висіву [14]. Сформовано пріоритетні напрямки розвитку підсистеми висіву як складової частини єдиної агротехнічної системи «нульового» впливу на природне середовище [6]. Сформульовано перелік численних показників та критеріїв досконалості (адаптивності) засобів точного висіву.

## 2 Генезис розвитку засобів землеробства

Як показують дослідження з історії розвитку технологій рослинництва [6] основний їх прогрес відбувався за рахунок розвитку засобів і методів обробки ґрунту. У 19-20 століттях постійно нарощувався ступінь механічної обробки ґрунту з метою забезпечення сприятливих умов для росту рослин та (або) запобігати ерозії ґрунтів, їх переущільнення з утворенням плужної підшви, зменшити питомі витрати енергії на обробку одного гектара орного поля. Збільшувався арсенал застосовуваних технічних засобів землеробства та частота циклів обробки ґрунту. Відбувалося «розгортання» технологій обробки ґрунту по Н.А. Шпаківському [6, 14]

До середини 20 століття була досягнута межа щодо подальшого підвищення врожайності за рахунок ефекту «розгортання» технологій землеробства. Як показано в [8], збільшення питомого обсягу споживання енергії (на 1 га ріллі), з урахуванням тимчасового чинника, призводить до зниження якості життя населення за рахунок різкого зростання побічних ефектів (екологічний збиток внаслідок виснаження ґрунту). На рис.1 представлена – залежність рівня виробництва продуктів харчування  $F$  від питомого споживання енергії на забезпечення функціонування технологічних процесів рослинництва, включаючи витрати енергії на підтримку інфраструктури комунально-побутового сектора.

Як бачимо з наведеної залежності при досягненні порогу споживання енергії 12 ... 14 ГДж / га на рік, рівень виробництва продуктів харчування не підвищується, а навіть знижується за рахунок

додаткових витрат на відновлення екосистеми. До того ж, як відзначав Шикіла М.К. [18], погіршення фундаментальних властивостей ґрунту змусить компенсувати його стан, шляхом внесення великої кількості добрив, застосування технологій зрошення та інтенсифікації обробітку ґрунту. І все це дасть лише короточасний результат і не призведе до зменшення дезагрегації ґрунтів. Втрата гумусу в ґрунті веде до редукції інформаційних зв'язків, встановленню системної рівноваги на низькому рівні, втраті родючості ґрунту.

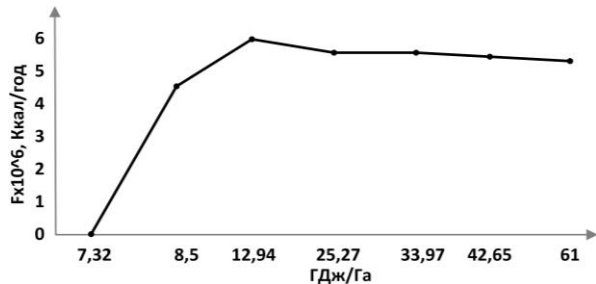


Рис.1. Залежність рівня виробництва продуктів харчування від питомого споживання енергії в рослинництві

Дана обставина свідчить про вичерпання енергетичного фактору, що обумовлює зростання якості життя, і вказує на необхідність переходу на нові технології рослинництва, що зменшують господарський тиск людини на зовнішнє середовище.

Саме тому, починаючи з середини 20 століття, процес розвитку засобів і технологій рослинництва перейшов в наступну фазу – фазу «згортання». Як видно з графіку розвитку (рис. 2), представленого в [7], після «розгортання»: «посів в лунки» – «обробка сохою» – «плужна обробка ґрунту» – «максимально розгорнута технологія обробки ґрунту», з середини 50-х років 20 століття, починають застосовуватися технології «згортання». Спочатку – «безвідвальна обробка ґрунту». З середини 80-х років – технології «мінімального обробітку ґрунту» за рахунок застосування нових підходів рослинництва, покращуючи характеристики засобів висіву та внесення добрив. Науковцями активно досліджуються технології обробітку ґрунту. Проводиться аналіз про переваги та недоліки відвальної і безвідвальної, глибокої, дрібної поверхневої обробки. Приділяється увага саме щільності ґрунту, так як вона є інтегральним показником її стану, що визначає умови розвитку ґрунтової біоти, розвитку кореневої системи вирощуваних на ній рослин. Кушнарьовим А.С. та Кравчуком В.І. досліджується стан щільності по глибині оброблюваного шару ґрунту та пропонується поняття рівноважної щільності ґрунту, а також поділ згідно фізичних властивостей на чотири типи [17].

Простежено залежність щільності ґрунту від вмісту гумусу (що є будівельним матеріалом для сприятливого середовища для рослинництва) по глибині в орному та підорному горизонтах.

Це дає можливість до побудови системи обробки та землекористування на основі енергозберігаючих технологій та перехід до технології No-Till<sup>1</sup>, що дасть суттєву економію в виробництві сільськогосподарських культур [17].

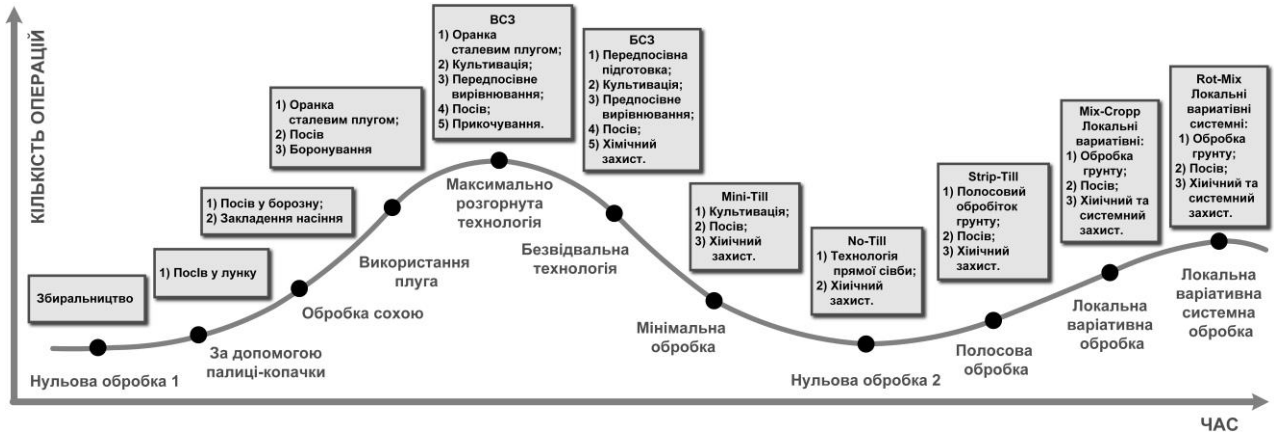


Рис. 2. Фази розвитку «розгортання - згортання» технологій обробки землі

В даний час вдосконалення технологій рослинництва підпорядковане критеріям досягнення стану «нульового обробки ґрунту» та мінімізації застосування хімічних та генетичних технологій, та застосування нових підходів на основі сумісного (комбінованого) висіву і систем сівозміни. [15, 16] В [8] рекомендується рівень прямих енергетичних витрат енергії не більше 3 ГДж на 1 га рілля в рік.

Мінімальна обробка ґрунту – це науково обґрунтована обробка, яка б знизилася енергетичні витрати та число проходів по полю шляхом зменшення глибини обробки, поєднання ряду операцій в одному робочому процесі. Приклади мінімальної обробки ґрунту:

- заміна оранки лущенням або плоскорізним розпушенням;
- зменшення глибини основного обробки ґрунту;
- скорочення числа та глибини обробок міжрядь для просапних культур і навіть відмова від них (бур'яни знищуються гербіцидами);
- поєднання технологічних операцій обробки ґрунту та посіву шляхом застосування комбінованих машин.

Згортання інтенсивності механічного впливу на ґрунт аж до появи системи землеробства мінімального, а пізніше й наближення до нульового обробки ґрунту стало можливим за рахунок впровадженню застосування хімічних та генетичних технологій (що не завжди є екологічним).

Технології мінімальної та наближені до нульової обробки – стратегічне майбутнє конкурентного сільського господарства. Вони реалізуються на основі:

- використання високоякісних сортів культур, насіння;
- врахування всіх природно-кліматичних умов зони вирощування;
- розробка та використання інтелектуальних систем обробки ґрунту та сівби, внесення оптимальної кількості добрива та захисту рослин з оглядкою на екологічність та безпечність;
- розробка перспективних агрегатів та машин;
- перспективність використання комбінованих ґрунтообробних та посівних агрегатів.

Перехід до технологій які наближаються до нульового обробки передбачає:

- біологізацію та екологізацію землеробства;
- намагання знизити застосування гербіцидів і мінеральних добрив та перейти до більш раціонального застосування хімії.

У табл. 1 представлені характеристики систем землеробства і основних технологій рослинництва, згруповані за етапами їх розвитку.

Землеоціночність основ технологій мінімальної (нульової) танульової обробки становлять геоінформаційні системи (ГІС) – поєднання космічних супутників, комп'ютерів зі спеціалізованим програмним забезпеченням і глобальних обчислювальних мереж. Системи ГІС оптимізують терміни та умови виконання всього циклу операцій в процесі обробки культури з отриманням її програмованого врожаю з заданою якістю та кількістю.

<sup>1</sup> No-Till-сучасна система землеробства, при якій ґрунт не обробляється, а її поверхня вкривається спеціально подрібненими залишками рослин - мульчею.

Таблиця 1. Характеристики агротехнологій в рослинництві згідно

Показники	Рівень розвитку показників				
	Системи землеробства	Збиральництво, посів в лунки, обробка сохою	Зелеробство із застосуванням відвальної оранки	Відвальна та безвідвальна системи землеробства	Mini-Till, No-Till
1	2	3	4	5	6
Ключова характеристика систем землеробства	Екстенсивність	Становлення, як системи	Інтенсивність та хімізація	Мінімалізм за рахунок хімізації	Системність
Сорти	Запровадження	Спрямованість на урожайність	Спрямованість на інтенсивність відклику на застосування добрив	З заданими параметрами	Узгоджені для сумісного вирощування
Добрива	Немає	Запровадження	Програмованість	Точність	Адаптивність
Захист рослин	Пасивний	Епізодичний	Інтегрований, як підсистема системи землеробства	Інтенсивний, розширення спектру застосування	Біологізація та локалізація
Обробіток ґрунту	Запровадження	Основний обробіток, становлення як системи	Увесь спектр операцій, як основа системи землеробства	Мінімізований або відсутній	Локалізований, диференційований
Техніка	Поява та розвиток до 1-го покоління	2-3-го покоління	4-го покоління	4-го + покоління	Блочно-модульне агрегування, та поява 5-го покоління
Якість продукції	Невизначений	Нестійкий, задовільний	Що відповідає вимогам переробки та ринку	Проблемна якість, використання хімії та ГМО	Збалансоване за всіма компонентами
Землеоціночна основа	Поява ґрунтових карт	Ґрунтові карти	Ґрунтово-ландшафтні карти	Геоінформаційні системи, факультативне використання	Геоінформаційні системи, інтенсивне використання
Екологічний ризик	Мінімальний, наростаючий	Деградація ґрунтів	Зниження рівня деградації ґрунтів, початковий рівень ризиків хімічного забруднення	Максимальний рівень ризиків хімічного забруднення та поява ризиків із ГМО	Спадаючий, мінімальний

Технології мінімальної обробки, геоінформаційні системи та використання блочно-модульного агрегування та техніки 5-го покоління складають основу для переходу від Strip Till<sup>2</sup> до Rot-Mix<sup>3</sup> та Mix Cropp<sup>4</sup> систем землеробства.

Надалі людство буде намагатися розвивати не тільки групи рослин для сумісного посіву, а й техніку та технології для забезпечення як висіву, так й

подальшої обробки та збору, що дасть можливість отримувати високі та якісні показники урожаю.

Наближення технологій до точного землеробства дає можливість сільськогосподарським підприємствам переходити на проектування виробництва тієї чи іншої продукції з заданими параметрами якості, забезпечуючи врожайність шляхом застосування супутникових систем та сучасних інформаційних технологій.

<sup>2</sup> Strip-till - це щадна технологія обробки ґрунту, яка передбачає смугове розпушування на глибину прикореневого шару, з одночасним внесенням добрив.

<sup>3</sup> Rot-Mix - це система землеробства, що базується на сівознах змішаних (комбінованих) посівів.

<sup>4</sup> Mix Cropp - це система землеробства, заснована на змішаних (комбінованих як по території, так і в часі) посівах.

Технології мінімальної та наближенні до нульової обробки розраховані на більш глибокі знання та вимагають застосування мінеральних добрив до 150 кг на 1 га, але мало об'ємність зменшує тільки кількість застосовуваної води, а не хімічних складових, які використовуються як засоби захисту рослин від хвороб, шкідників і бур'янів в залежності від екологічного порогу шкідливості (ЕПШ), внесення препаратів в різні фази розвитку рослин. При цих умовах науковці будуть намагатися розробити системи програмування якості продукції, які б відповідали вимогам переробних виробництв і ринку.

Для реалізації інтенсивних технологій та технологій мінімальної наближеної до нульової обробки необхідна сучасна Енергонасичена техніка.

У табл. 2 наведені відомості за поколіннями технічних засобів, відповідних різних варіантів агротехнологій. Класифікація техніки на покоління умовно виконана за діапазоном робочих швидкостей та ряду характерних показників.

3 технічної точки зору машини 4 і 5 покоління мають практично однакову енергетику і механічну сутність. Їх відмінність полягає в тому, що техніка 5-го покоління має більш досконалий бортовий комп'ютер (електронний «мозок»), пов'язаний з системою ГПС і комп'ютером в офісі підприємства. Це робить техніку прецизійної, тобто здатною точно забезпечувати життєві потреби рослин, наприклад, при виконанні операцій посіву, догляду за посівами, внесення добрив і тому подібне. Поява машин для прецизійного землеробства можна вважати певним етапом у розвитку технічного прогресу з точки зору взаємодії елементів в системі «машина-грунт-рослина».

Сучасні засоби для висіву насіння повторюють загальні тенденції та етапи їх розвитку і сформульовані в цілому для агротехнічних засобів землеробства. На рис. 3 наведені відомості за характеристиками та типами засобів сівби для шести поколінь (етапів розвитку) сівалок.

До 1 покоління сівалок відносять:

– розкидний метод (ручний посів та боронування ґрунту);

– Вавилонську плуг-сівалку з трубчастими сошниками XV-XIV ст до н.е.;

– залізну сівалку з декількома насінняпроводами (винахід. Сун Інсінон) II століття до н.е..

До 2 покоління сівалок відносять:

– сівалка Камілло та Торелла 1566 р, яка запатентована венеціанським сенатом;

– сівалки з примітивним висіваючим апаратом та плугом (три круглих отвори в ящику, вал та лопатки) (винахід Жозефа Локатела, Італія, 1636 р);

– примітивна рядова сівалка (до ящика приєднані воронки з трубками), винахід Джетро Тулл (Англія 1761 р);

– удосконалена рядова сівалка (введення регулювання висівного матеріалу), винах. Дюмел (Франція, 1761 р).

До 3 покоління сівалок відносять:

– XVIII ст. сівалка-плуг Шатави - наявність змінних валіків з ніздрюватими катушками сушіння, плужними лемешами (сошниками);

– сівалка Дуката 1803 р (конструкція полягає в розміщенні на дерев'яному валу висівного пристрою жолобків, що утворюють ребристу катушку);

– у 1805 р Альбрехт Таер удосконалив висівний апарат, ввів металевий валік з закріпленими на ньому катушками з обертанням маточними колесами через шестерні.;

– у 1860 р Лев Мизін винайшов сівалку для ріпи підвищеної продуктивності (обробка до 60 десятин ріллі);

– Єлисаветградський завод Ельворті (англ. підприємці брати Ельворті 1895 р.)- виробили 7 і 11 рядні сівалки з анкерними сошниками та голубовим зап'яжкою, 12-рядну сівалку з 2-х дисковими сошниками;

Харківський завод Гельферіх-Саде («Завод Селянка», «Серп та молот») виробляє дворядну гніздову сівалку у 1879 р;

– У 1900 р Київським заводом сільгоспмашин починається випуск комбінованої сівалки від Фільверта та Дедіна;

1909 р Херсонським машинобудівним заводом починається виробництво рядних сівалок;

– у 1934-1935 р р св.№39455 розроблено сівалки з пневматичними висіваючими апаратами (винахідником І.Л. Слущким у ВИСХОМі);

– пневматичний висіваючий апарат барабанного типу, розроблений Якимівською науково-дослідницькою станцією механізації сільського господарства П.А. Бінковським.

До 4 покоління сівалок відносять:

– вакуумна сівалка СУПН-8 1970 р з двохбрусною рамою та відсутністю ресивера, з чотирма туковими ящиками та висівним апаратом, який складається з корпусу з насінневою камерою та камерою розрідження, між якими розташовується висівний диск;

– сівалка «Аеромат» з висівними апаратами надлишкового тиску від фірми Карла Беккера;

– сівалки з системами точного висіву John Deere, Väderstad, Lemken, Kinze та інш;

– сівалки з висівним апаратом надлишкового тиску з похилим диском.

До 4+ покоління сівалок відносять:

– сівалки, які забезпечують технологію прямої сівби No-Till (рис.4) (сівалки культиватори та сівалки з розділеними пристроями);

– сівалки блочно-модульної системи побудови сільськогосподарських машин, яка задовольняє потребам системі землеробства Strip-Till;

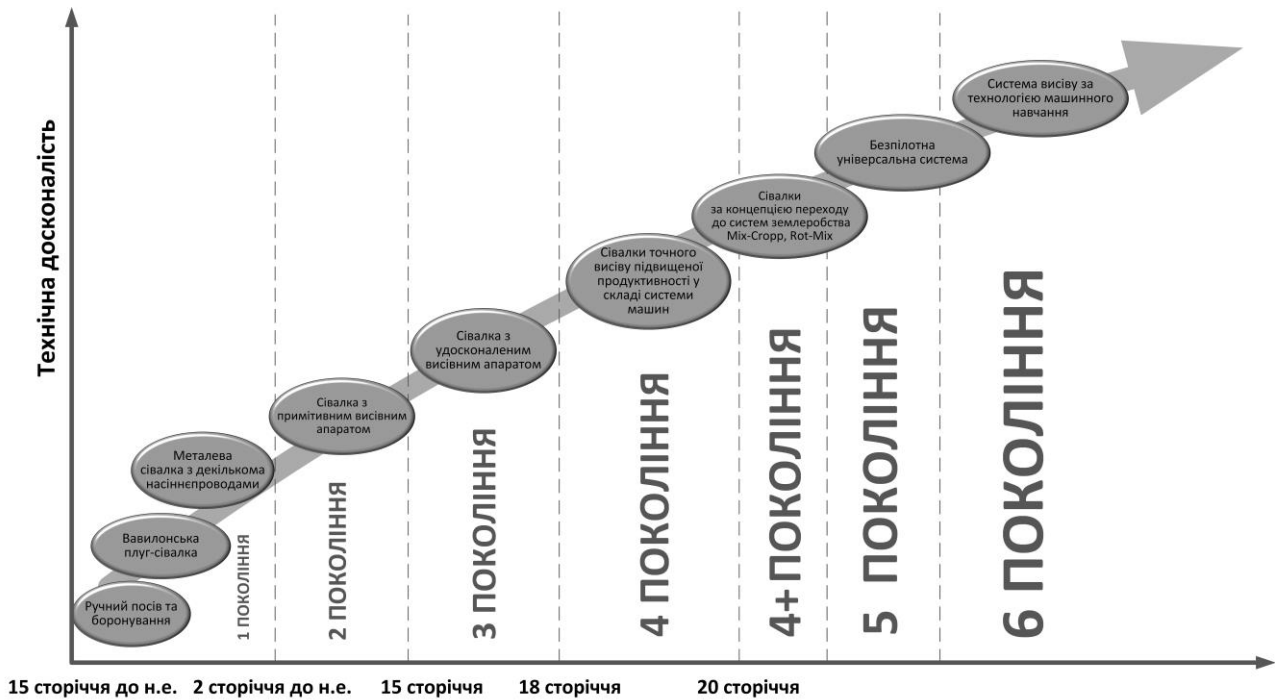


Рис. 3. Покоління сівалок

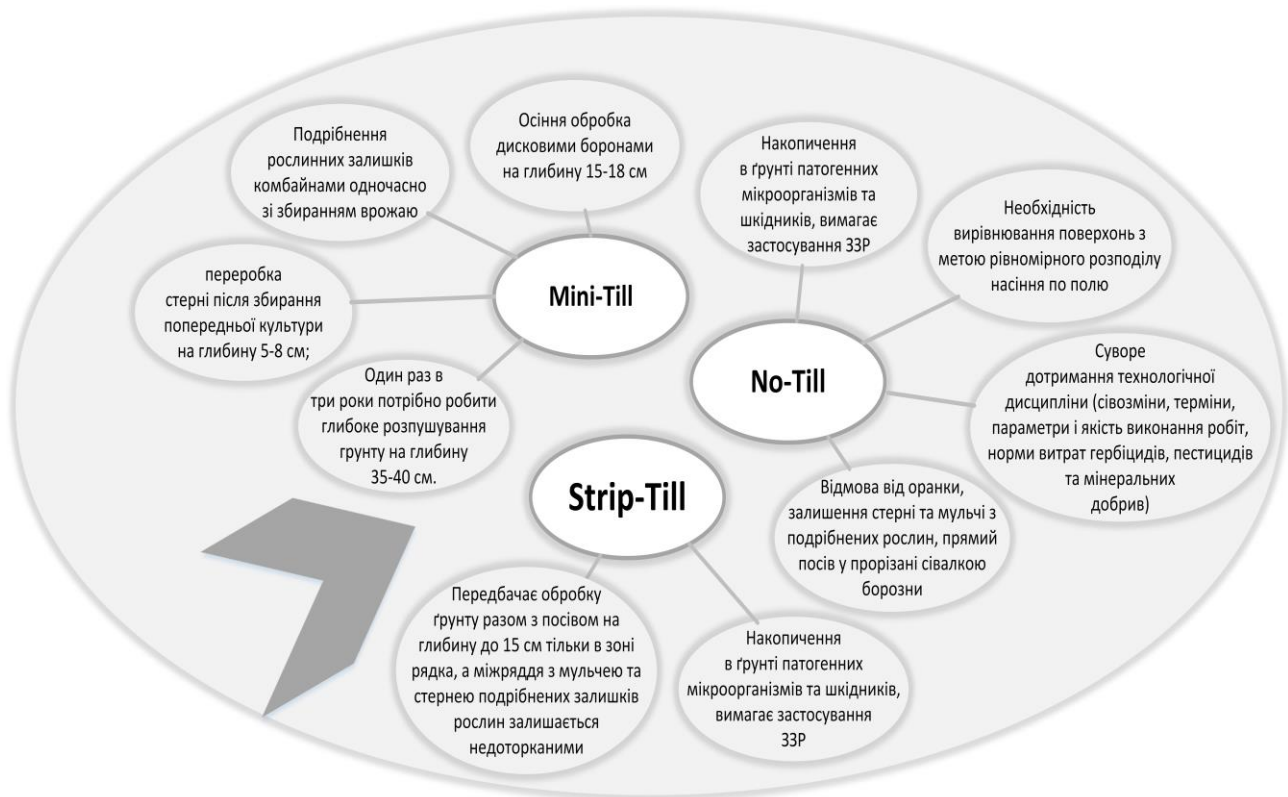


Рис.4. Технології сівби та обробітку ґрунту

Таблиця 2 Класифікація техніки для варіантів агротехнологій.

Показники	Покоління техніки					
	1	2	3	4, 4+	5	6
Робоча швидкість, км/год:						
зернові культури;	5÷9	9÷15	12÷17	12÷24	12÷24	12-30
просапні культури;			до 6	6-12	8-16	*5
Комбіновані та багато-операційні агрегати	-	-	+	+	+	+
Блочно-модульне виконання	-	-	-	+	+	+
Рівень енергооснащеності праці, кВт/чол.	<50	<50	51÷59	51÷59	132÷147	більше 150
Наявність бортового комп'ютера	-	-	-	+	+	+
Наявність доступу (+/-) та повнота використання (локально/повною мірою) автоматизованої комплексної системи моніторингу, аналізу, прогнозування та планування с.-г. виробництвом	-	-	-	-	+/- локально	+/- повною мірою
Реалізація точного землеробства	-	-	-	-	+	+

– сівалки сільськогосподарських машин, які пристосовані для реалізації систем землеробства Mix-Cropp та Rot-Mix.

До 5 покоління сівалок відносяться:

– сівалки, як КОПТЕР-СІЯЛКА OSA HEXA S-1 для ультрараннього посіву дрібнонасісних холодостійких культур;

– система JetSeed та моделі UAS XAG - безпілотні посівні дрони;

– створення автономної універсальної системи для точного землеробства з використанням машинного навчання та нових досягнень у сфері робототехніки.

До 6 покоління сівалок відносяться:

– сівалки систем, які застосовують машинний зір з подальшою інтелектуальною обробкою та технологією машинного навчання.

### 3 Система показників досконалості системи рослинництва.

Виходячи з результатів аналізу етапів розвитку агротехнологій рослинництва, слід виділити наступні кількісні характеристики досконалості системи рослинництва.

1. Навантаження на одного механізатора при польових роботах. Даний параметр залежить від таких факторів як:

– продуктивність використовуваних засобів обробки ґрунту та сівки (швидкість руху та ширина оброблюваної смуги);

– кількість операцій з обробки ґрунту, внесення добрив і висіву культур, які виконуються паралельно за один прохід;

– кількість виконаних операцій за цикл польових робіт;

– ступінь роботизації використовуваних агротехнологій.

Для сучасних засобів висіву та обробки ґрунту даний показник становить величину 220 ÷ 250 га на одного механізатора за цикл польових робіт.

2. Питома вартість обробки культури на 1 га.

Даний параметр залежить від вартості використовуваних технічних засобів, систем управління, інформаційного забезпечення, насінневого матеріалу, добрив, вартості заходів відновлення екології і таке інше. В [6] наводяться значення собівартостей різних варіантів технологій рослинництва в перерахунок на 1 га (рис. 5):

– варіант 1: екстенсивна технологія без застосування добрив;

– варіант 2: нормальна технологія (застосування добрив в межах ЕПШ);

– варіант 3: нормальна технологія із застосуванням GPS-навігації;

– варіант 4: інтенсивна технологія (розрахункові дози добрив в залежності від планованого врожаю), технологія змінного нормування та оцінювання врожайності;

– варіант 5: технології мінімального обробітку із застосуванням засобів точного землеробства.

З наведених даних ми бачимо, що собівартість оброблення культури на 1 Га з ускладненням технологій стає дорожчою. Виняток становить варіант нормальної технології з використанням супутникової навігації по відношенню до варіанту нормальної технології з диференційованим внесенням хімічних добрив в межах ЕПШ. Облік топографії ґрунту дає можливість побудувати діяльність відповідно до отриманих даних,

<sup>5</sup> На даному етапі розвитку техніки швидкість буде мати менше значення, бо висів можна буде здійснювати цілодобово (без обмежень за тривалістю), у пріоритеті буде стояти якість висіву.

щодо характеристик структури, вологості, рельєфу місцевості, урожайності та використання систем позиціонування засобів обробки перших поколінь (щодо недорогих) що призводить до вигашу у відношенні традиційних підходів.

Варіант інтенсивної технології і варіант їх удосконалення за рахунок коштів точного землеробства збільшує питому вартість обробку культур, по відношенню до традиційних агротехнологій (варіант 2), приблизно в 2 рази.

3. Собівартість одиниці виробленого продукту.

Даний параметр залежить від того ж складу факторів, що і попередній параметр. Однак тут враховується ще й обсяг врожаю, що отриманий з 1 гектара. Як видно з графіка (рис. 5) [6], найменшу собівартість продукції забезпечує варіант 3 (нормальна технологія із застосуванням GPS-навігації). Варіант 4 істотно програє варіанту 3. Варіант 5 дозволяє здешевити продукцію, але, на даний час, ще поступається варіанту 3, враховуючи рівень наявних агротехнологій (рис.5). Причина криється у великій, на даний момент часу, вартості систем експлуатації, інформаційного забезпечення, а також власне самих технічних засобів точного землеробства.

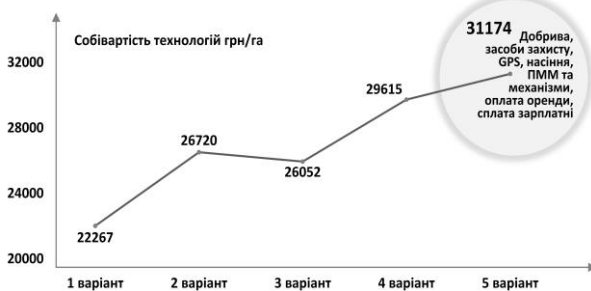


Рис. 5. Порівняння собівартостей варіантів агротехнологій

4. Продуктивність машини залежить від таких параметрів як:

- робоча швидкість руху агрегату;
- ширина захвату агрегату;
- маневровість агрегату;
- надійність (технічна та технологічна);
- час на технічне та технологічне обслуговування в полі.

Сучасні посівні агрегати, засоби обробітку ґрунту, завдяки високій енергооснащеності, реалізують досить високі робочі швидкості руху (до 24 км / год). Подальше зростання робочих швидкостей обмежується технологіями вирівнювання поверхні ґрунту та можливостями систем керування та/або навігації при роботі в полі.

Ширина захвату агрегату також обмежується з міркувань транспортування і зручності експлуатації з урахуванням параметрів господарської інфраструктури.

Коефіцієнт використання технічних засобів залежить від безлічі факторів, основними з яких є:

- погодні умови;
- надійність техніки;
- тривалість і частота технологічного обслуговування;
- ефективність системи технічного обслуговування і ремонту.

З урахуванням можливостей сучасних технічних засобів рослинництва коефіцієнт їх використання може набувати значень  $0,75 \div 0,9$ .

В операціях обробки ґрунту та сівби культур, за рахунок трудомісткості зміни агрегатів при переході від однієї технологічної операції до іншої, коефіцієнт використання знижується до значень  $0,45 \div 0,65$ . Тобто має місце недовикористання потенційних можливостей техніки.

5. Показник досконалості системи інженерно-технічного забезпечення (ІТЗ) функціонування системи засобів землеробства.

Даний показник чисельно вимірюється за допомогою показника неузгодженості дій системи ІТЗ та системи польових робіт. Очевидно, що, чим більше неузгодженість дій в цих двох системах, тим менше значення коефіцієнта використання технічних засобів може бути забезпечено. В [6] наводиться наступний графік (рис. 6) зміни в часі рівня досконалості системи ІТЗ та коефіцієнта використання технічних засобів.

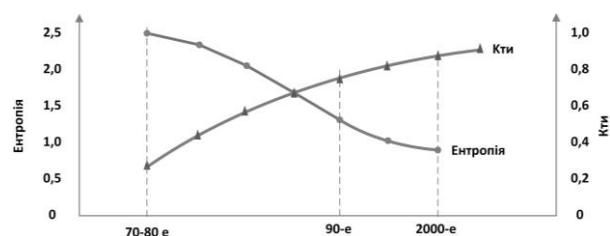


Рис. 6. Коефіцієнт неузгодженості дій (ентропія) в системі ІТЗ і польових робіт і коефіцієнт використання технічних засобів

Як видно з наведеного графіка в середині 20 століття коефіцієнт використання коштів обробітку ґрунту, висіву культур не перевищував 0,3. За рахунок вдосконалення системи ІТЗ (зменшення ентропії з 2,5 до 0,9, приблизно в 2,5 рази) в 2000-х роках було досягнуто значення коефіцієнта використання 0,82 (зростання більш, ніж в 2,5 рази).

6. Рівень надійності роботи системи машин.

Даний показник вимірюється за допомогою такої величини, як напрацювання техніки на одну відмову. Ця характеристика не є постійною в часі, але змінюється в залежності від поточного стану техніки. У свою чергу, технічний стан засобів залежить від ефективної роботи системи ІТЗ.



7. Рівень інформаційної забезпеченості.

Рівень інформаційної забезпеченості характеризує повноту даних про стан сільськогосподарських угідь, ґрунту, рослин, технічних засобів, їх поточне місцезнаходження та функціонуванні.

Даний параметр залежить від:

- досконалості системи збору, обробки та зберігання даних про керований об'єкт;
- розвиненості системи математичних моделей з прогнозування майбутніх станів об'єкта (рослин, ґрунту, технічних засобів);
- досконалості системи зв'язку та передачі даних.

**4 Перспективні напрямки вдосконалення засобів висіву**

Технічні засоби висівання, будучи частиною (підсистемою) системи рослинництва, впливають на її показники досконалості, які розглянуті вище.

Механізм впливу характеристик засобів висівання на параметри досконалості системи рослинництва показаний на рис. 7.



Рис. 7. Вплив характеристик засобів висівання на параметри досконалості системи рослинництва

Так, поліпшення таких показників досконалості системи рослинництва, як: навантаження на одного механізатора за цикл польових робіт, вартість процесу обробки культур, собівартість одиниці виробленої продукції, продуктивність системи машин, забезпечується за рахунок:

- збільшення робочої швидкості руху;
- збільшення ширини захвату;
- збільшення кількості операцій (комбінування) обробки ґрунту, висівання культур, внесення добрив, виконуваних одночасно за один прохід;
- нарощування енергоозброєння робочих процесів і підвищення коефіцієнту корисної дії при перетворенні енергії, що підводиться;
- зниження вартості життєвого циклу кошти (закупівельної ціни, витратних матеріалів, експлуатації та ремонту, утилізації);
- збільшення терміну служби;
- зниження вартості функціонування інфраструктури технічної експлуатації та інформаційного забезпечення (ГІС систем і систем обробки, зберігання і доставки даних);

– зниження рівня побічних ефектів від шкідливого впливу людини на природу при використанні агротехнологій;

– збільшення ефективності посівних робіт, робіт із захисту рослин шляхом підвищення характеристик точності, ступеня відповідності параметрів застосовуваних процесів фактичному стану ґрунтів і рослин, зниження втрат висівного матеріалу.

Такі показники досконалості, як: надійність системи машин, рівень досконалості системи ІТЗ, забезпечуються за рахунок підвищення:

- рівня надійності роботи технічних засобів висіву;
- ремонтпридатності;
- експлуатаційної придатності;
- рівня уніфікації та стандартизації або адаптивності до змінюваних умов функціонування.

Рівень інформаційної забезпеченості системи рослинництва підвищується за рахунок нарощування можливостей:

- бортових електронних обчислювальних засобів контролю і управління роботою засобів висіву;
- використовуваних засобів зв'язку і обробки інформації;
- автоматизації процесів аналізу природно-господарської обстановки, прогнозування результатів діяльності і планування господарської діяльності.

Поліпшення параметрів досконалості системи рослинництва за рахунок вдосконалення технічних засобів посіву і обробки ґрунту являє собою актуальну науково-практичну проблему, вирішення якої дозволить підвищити якість життя людини (збільшення рівня споживання продуктів харчування, підвищення їх якості, збереження екології). В якості пріоритетних напрямків вдосконалення засобів (сівалок) точного землеробства, що дозволяють вирішити проблему розвитку рослинництва, слід виділити (рис. 8):

- підвищення продуктивності;
- підвищення коефіцієнту корисної дії при перетворенні підведеної енергії;
- зниження втрат посівного матеріалу за рахунок зменшення помилок при дозуванні і внесення зерен (насінь) в ґрунт;
- зменшення помилок при дозуванні і внесення в ґрунт добрив;
- зменшення відхилень від запрограмованої траєкторії руху сівалки;
- вдосконалення конструкції з метою зниження трудовитрат при регулюванні і перебудові режиму роботи, налаштування на новий вид робіт, пошуку і виправлення відмов і несправностей, ремонту поломок, технічному обслуговуванні;
- збільшення кількості операцій з обробки ґрунту, висіву і захисту рослин, які виконуються одночасно.

Направляючи ці напрямки розвитку на конструкцію сучасних сівалок, можна сформулювати наступні науково-інженерні завдання створення перспективних конструкцій (рис. 9):

- поліпшення газодинамічних характеристик агрегату, що створює перепад тиску для забезпечення роботи системи дозування, розподілу і внесення насіннєвого матеріалу в ґрунт (пневмоагрегати);

- зниження рівня енергоспоживання пневмоагрегати;

- підвищення ККД пневмоагрегати і пневмосистеми сівалки;

- підвищення ємності (тривалості роботи) автономного джерела електроенергії;

- поліпшення характеристик дозатора висівного блоку щодо підвищення продуктивності, зменшення збоїв дозування;

- забезпечення модульності конструкції сівалки, що допускає гнучке і технологічне регулювання реалізованих функцій обробки ґрунту, посіву і внесення добрив;

- забезпечення зручності підходів до агрегатів і вузлів сівалки при проведенні технічного обслуговування, ремонту і заміни обладнання.

Як видно з наведеної схеми найбільш актуальними напрямками вдосконалення конструкції перспективних сівалок точного землеробства є: пневмоагрегати і пневмосистема сівалки, а також висівачий агрегат, удосконалення конструкції сошника та підвіски сошника. Удосконалення значних конструктивних елементів дозволить:

- підвищити продуктивність роботи сівалки;
- підвищити ККД при перетворенні підведеної енергії;

- знизити втрати посівного матеріалу;
- підвищити якість виконання операцій посіву.

Це дозволить удосконалити систему рослинництва в цілому і забезпечити його поступальний рух до стана мінімізації господарського тиску людини на природу, збільшення рівня виробництва і якості продуктів харчування.

## 5 Висновки

1. У статті показаний генезис розвитку системи рослинництва, що включає 1 етап «розгортання», 2 етап згортання та початок наступного етапу «розгортання» землеробських технологій. Початок нового циклу «згортання» та «розгортання» в основному пов'язаний з необхідністю вирішення проблем інтенсивності застосування хімічних засобів попередніх циклів. Перехід до етапу «згортання» обумовлений тим, що, по-перше, досягнута межа по нарощуванню енергоозброєння використовуваних засобів без шкоди для навколишнього середовища, по-друге, були створені умови для переходу до концепції нульового впливу на ґрунт.



Рис. 8. Пріоритетні напрями вдосконалення сівалок точного землеробства

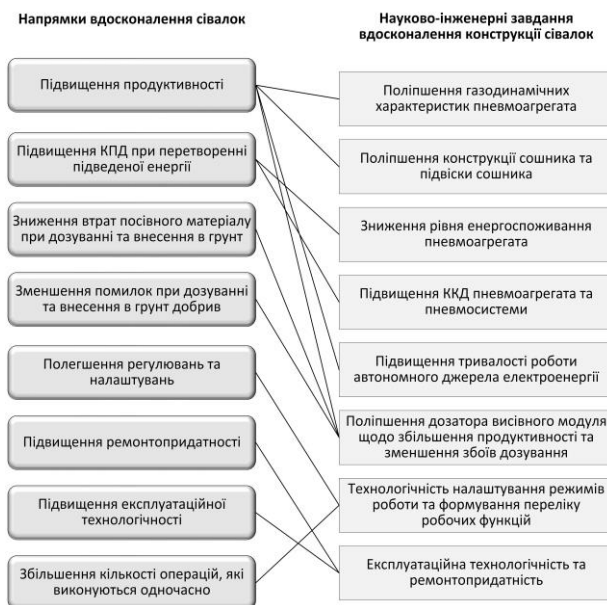


Рис. 9. Науково-інженерні завдання створення перспективних конструкцій сівалок точного землеробства

2. Наведено покоління технічних засобів агротехнологій. В даний час експлуатуються засоби рослинництва 4 і 5 покоління, що відрізняються застосуванням засобів точного землеробства, а також елементів ГІС-технологій як засобів

навігації, позиціонування і аналізу обстановки на полях. Ведуться дослідження і дослідно-конструкторські роботи по переходу до 6 покоління агротехнічних засобів, які передбачають застосування роботизованих модулів на основі штучного інтелекту, ГІС-технологій, технологій великих даних та інтернету речей.

3. Сформовано систему показників досконалості системи рослинництва. До таких належить: навантаження на одного механізатора за період польових робіт; питома вартість обробітку культури; собівартість одиниці продукції; продуктивність праці; надійність роботи системи машин; досконалість системи ІТЗ; інформаційна забезпеченість.

4. Сформульовано пріоритетні напрямки вдосконалення технічних засобів точного землеробства, як підсистеми загальної системи рослинництва, з метою її розвитку. До таких напрямках відноситься: підвищення продуктивності і ККД при роботі засобів; зниження втрат сільськогосподарської продукції та помилок дозування, внесення добрив; підвищення ремонтної (на основі модульності) та експлуатаційної придатності і технологічності; підвищення функціональної гнучкості.

5. Виділено науково-інженерні завдання зі створення перспективних конструкцій сівалок, які забезпечують вирішення проблем вдосконалення системи землеробства. До таких завдань віднесено: поліпшення енергетичних характеристик, а також ККД пневмоагрегатів і пневмосистеми; підвищення автономності сівалки; поліпшення характеристик якості висіву; реалізація модульності, адаптивності конструкції до виконання нових функцій і режимів роботи; поліпшення ергономічності сівалки при її експлуатації та ремонті.

6. Сформульовані науково-інженерні завдання дозволяють перейти до наступного етапу системних досліджень, що полягає у формуванні пов'язаних і несуперечливих систем показників і критеріїв успішності вирішення завдань вдосконалення технічних засобів перспективних систем землеробства на сучасному етапі.

#### Література:

1. Вернадський В. І. Біосфера. - М.: Думка, 1967. - 326 с
2. Дарвін Ч. Походження видів шляхом природного добору. Піраміда, 2009. – 550 с.
3. Commoner, The Closing Circle, pp. 29-42; Edberg and Yablokov, Tomorrow Will Be Too Late, p. 89; Naila and Levins, Humanity and Nature, pp. 5-6. Хоча Коммонер формулює четвертий закон як «Безкоштовного обіду не буває», російський учений Яблоков переформулював його більш загально: «Ніщо не виникає з нічого».
4. Агрolandшафтне землеробство: короткий курс лекцій для студентів 4-го курсу, напрямок підготовки 21.03.02 Землевпорядкування та кадастри. / Сост.: А.В. Летучій // ФГБОУ ВО «Саратовський ГАУ». – Саратов, 2016. – 63 с.
5. Никитченко С.Л. Етапи технічного прогресу в рослинництві: навчальний посібник / С.Л. Никитченко – зерноград: Азово-Чорноморський інженерний інститут ФГБОУ ВО Донський ГАУ. – 2017. – 60 с.
6. Шпаковський Н.А. Еволюція технологій обробітку ґрунту. історична модель / Н.А. Шпаковський // ТРИЗ-профі: ефективні рішення. – 2007. – ver. 2.0. – С. 62-65.
7. Делягин В.М. Вплив рівня споживання енергії на продуктивність сільськогосподарської системи. / В.Н. Делягин // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2009. - №2. – С. 17
8. Агроєкологічна оцінка земель, проектування адаптивно-ландшафтних систем землеробства і агротехнологій: методичне керівництво / під ред. В.І. Кирюшина, А.Л. Іванова. – Москва: ФГНУ «Росінформагротех». – 2005. – 776 с.
9. Адамчук В.В., Петриченко Е.А. Теорія руху причіпного комбінованого посівного агрегату // Вісник Харківського національного технічного університету ім. П.Василенка. – 2015. – Вип. 163. – С. 195-212.
10. Булгаков В., Литвинов О. Про ефективні методи дослідження механічних процесів сільськогосподарського виробництва // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наук. пр. – Вип. 9. – Дослідницьке, 2006. – С. 68-79.
11. Great Plains / Product catalog. – Great Plains Manufacturing, Inc: Printed U.S.A., BAC 13599 / 10/94. – 68 p.
12. Baker S.J. Technology and seeding / Baker S.J., Saxton K.E., Ritchie V.R. - CINTRE, 2002. - 263 p.
13. Алгоритм изобретения. Альтшуллер Г.С. М. «Московский рабочий», 1969, 63 с
14. Знайти ідею: Введення в ТРВЗ - теорію рішення винахідницьких задач. Альтшуллер Г.С., М. «Альпіна Паблішерз», 2011, 400 с
15. Мельник В.І. Куди і як еволюціонує землеробство? / Вісник ЦНЗ АПВ Харківської області. 2016. Випуск 20. С.238-252.
16. Гулов В.О. Технологія полосного землеробства Strip-Till./ Ваш сільський консультант.- 2011.-№3.-С. 38-38.
17. Кушнарьов А., Кравчук В. «Нові наукові підходи до вибору способу обробітку ґрунту.»/ Інноваційні технології в АПК. Ж.№5(8)/травень/2010, 6-10 с.
18. Шикула М.К. «Минимальная обработка черноземов и воспроизводство их плодородия.» / М.К. Шикула, Г.В. Назаренко. -М.:Агропромизд, 1990, 319 с.

### References:

1. VERNADSJKYJ, V. Biosfera. (Dumka, 1967).
2. Darvyn Ch. Pokhodzhennja vydiv shljakhom pryrodnoho doboru. (Piramida, 2009).
3. Barry Commoner. The Closing Circle: Nature, Man, and Technology. The Closing Circle (Random House Inc, 1971).
4. Letuchij, A. V. Aghrolandshaftne zemlerobstvo: korotkyj kurs lekcij dlja studentiv 4-gho kursu, naprjamok pidgotovky 21.03.02 Zemlevporjadkuvannja ta kadastry. (FGhBOU VO «Saratovs'kyj GhAU», 2016).
5. S.L., N. Etapy tekhnichnogo proghresu v roslynnnyctvi: navchalnyj posibnyk. (: Azovo-Chernomors'kyj inzhenernyj instytut FGhBOU VO Dons'kyj GhAU, 2017).
6. N.A., S. Evolucija tekhnologhij obrobittu ghruntu. istorychna modelj. TRYZ-profi Ef. rishennja. 2, 62–65 (2007).
7. V.M., D. Vplyv rivnja spozhyvannja energhiji na produktyvnistj sil's'kokhospodars'koji systemy. Mekhanizacija ta Elektryf. sil's'kokhogo ghospodarstva. 2, 17 (2009).
8. V.Y. Kyrjushyna, A. L. I. Aghroekologhichna ocinka zemelj, proektuvannja adaptyvno-landshaftnykh system zemlerobstva i aghrotekhnologhij: metodychne kerivnyctvo. (FGhNU "Rosin-formagrotekh", 2005).
9. Adamchuk V.V., P. E. A. Teorija rukhu prychnogho kombinovanogho posivnogho aghreghatu. Visnyk Kharkivs'kokhogo Nac. tekhnichnogo universytetu im. P.Vasylenka. 163, 195–212 (2015).
10. Bulghakov V., L. O. Pro efektyvni metody doslidzhennja mekhanichnykh procesiv sil's'kokhospodars'kokhogo vyrobnyctva. Tekhniko-tekhnologhichni aspekty Rozvyt. ta vyprobuvannja novoji tekhniki i tekhnologhij dlja sil's'kokhogo ghospodarstva Ukrainy Zb. Nauk. pr. 9, 68–79 (2006).
11. Great Plains. Product catalog. (Great Plains Manufacturing, Inc: Printed U.S.A, 2019).
12. S.J., B. Technology and seeding. (CINTRE, 2002).
13. Gh.S., A. Alghorytm yzobretenija. (Moskovskij rabochyj, 1969).
14. Aljtshuller Gh.S. Znajty ideju: Vvedennja v TRVZ - teoriju rishennja vynakhidnyckjykh Zadach. (Alpina Pablsherz, 2011).
15. V.I., M. Kudy i jak jevolucioniruet zemlerobstvo? Visnyk CNZ APV Kharkivs'koji Obl. 20, 238–252 (2016).
16. V.O., G. Tekhnologhija polosnogho zemlerobstva Strip-Till. Vash sil's'kyj konsultant. 3, 38 (2011).
17. Kushnarjov A., K. V. Novi naukovi pidkhody do vyboru sposobu obrobittu gruntu. Innovacijni tekhnologhiji v APK. 5(8), 6–10 (2010).
18. M.K., S. Mynymal'naja obrabotka chernozemov y vosproyzvodstvo ykh plodorodija. (Aghropromydz, 1990).

### Аннотация

## Генезис посевных систем в контексте эволюционирующего земледелия

В.И. Мельник, А.П. Зеленский, А.П. Зеленский

Проблема повышения эффективности средств высева пропашных культур тесно связана с проблемой повышения эффективности растениеводства как такового. Это предполагает поиск путей по решению таких «вечных» задач по совершенствованию деятельности человека на земле, как: повышение урожайности сельскохозяйственных культур, гармонизация деятельности человека и природы (окружающей среды), внедрение технологий «нулевого обработки», применение новых подходов на основе совместимых (комбинированных) высева, а также - систем севооборота.

В аспекте развития средств высева эта проблема предусматривает: повышение производительности используемых средств, снижение затрат при их применении, снижение степени влияния на окружающую среду. Средства точного высева в этом смысле играют очень важную роль. Но, при этом, возникают такие вопросы, как: определение критериев их развития (технического совершенства), формирование параметрического пространства синтеза альтернатив и измерения траектории развития средств точного высева.

В статье, на основе результатов анализа генезиса развития технических средств земледелия, сформулированы основные общемировые тенденции и задачи совершенствования элементов системы растениеводства. Представлены результаты анализа развития технических средств земледелия соответственно к различным вариантам агротехнологий. Предложенная классификация этапов развития сеялок с определением признаков классификации, построенные по характеристикам и типам средств сева. Сформированное параметрическое пространство измерения уровня технического совершенства средств высева. Определены научные задачи исследований по развитию точных средств посева как составной части единой системы растениеводства. Сформулированы критерии их развития в соответствии с общемировыми тенденциями развития технологий производства пропашных культур.

**Ключевые слова:** минимальная обработка почвы, сеялка, поколения, сев, точное земледелие, энергетические затраты, удельная стоимость, уровень надежности, эффективности, техническое совершенство, генезис развития.

**Abstract**

**Genesis of seeding systems in the context of evolving agriculture**

**V.I. Melnik, A.P. Zelensky, A.P. Zelensky**

In this article the problem is considered of the problem increasing the sowing efficiency of agricultural crops. The challenge is to find a solution to increase the yield and quality of agricultural crops. Activities between man and nature should be harmonized. The article focuses on the development of sowing equipment. The authors focused on increasing the productivity of seed sowing machines and reducing the impact on the environment. They paid attention to the technical improvement and parametrization of the parameters of the seeding device. The article formulates the main global trends and tasks of improving the elements of the crop system based on the results of the analysis of the genesis of the development of technical means of agriculture. The authors identified the scientific tasks of research and development of precision seeding systems. They analyzed the trend in the development of technologies for sowing row crops. The authors proposed criteria for assessing the quality of sowing, which depend on the choice of seeding devices. Formed parametric space for measuring the level of technical perfection of seeding equipment. The scientific tasks of research on the development of accurate sowing means as an integral part of a unified crop production system have been determined. Criteria for their development are formulated in accordance with global trends in the development of technologies for the production of row crops.

**Keywords:** *minimum tillage, seeder, generations, sowing, precision farming, energy costs, unit cost, level of reliability, efficiency, technical perfection, genesis of development.*

**Бібліографічне посилання/ Bibliography citation: Harvard**

Melnik, V. I., Zelensky, A. P. and Zelensky, A. P. (2021) 'Genesis of seeding systems in the context of evolving agriculture', *Engineering of nature management*, (3(21)), pp. 39 - 51.

*Подано до редакції / Received: 09.01.2021*