



# Механізація, електрифікація

УДК 631.4:911.6  
© 2012

*В.В. Медведєв,*  
*академік НААН*

*Національний  
науковий центр «Інститут  
грунтознавства та агрохімії  
імені О.Н. Соколовського»*

## **ЕКОЛОГІЗАЦІЯ В КОНСТРУЮВАННІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗЕМЛЕРОБСЬКИХ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ**

*Запропоновано заходи, здатні усунути фізичну (машинну) деградацію орних ґрунтів, а саме: дотримання стандарту припустимого тиску машинно-тракторного агрегату на ґрунт, уведення новітніх стандартів на ґрунтообробні знаряддя, вплив яких на ґрунт не перевищуватиме структурної зв'язності агрегату агрономічно корисного розміру, а також проведення обробки ґрунту з урахуванням його фізико-механічних властивостей, зменшення інтенсивності та кількості операцій з обробки ґрунту. Стан ґрунту перед обробкою потрібно контролювати за допомогою твердограм.*

Екологізація технічної політики у землеробстві — це пошук нових способів гармонізації взаємозв'язків між ґрунтообробною технікою і ґрунтом, кардинальна зміна минулої концепції конструювання землеробських машинно-тракторних агрегатів (МТА), яка призвела до фізичної деградації ґрунтів. Інженери-механіки визнають, що традиційні методи створення та експлуатації МТА себе вичерпали й економічно, й екологічно [2]. Саме вони призвели до того, що використовувані в землеробстві технічні засоби і технології перевищили певний енергетичний поріг, після якого в орних ґрунтах настали незворотні зміни, і вони втратили здатність підтримувати притаманні їм природні модальні параметри. Це результат непомірного збільшення питомого тиску МТА і практично нічим не обмеженої кількості їх проходів на полях. За цих умов вплив МТА виявився вищим за структурну зв'язність, яка саме й забезпечує відтворення міцнісних параметрів ґрунту. Тому сутність нової екологічної політики в землеробстві має означати приведення величини впливу МТА на ґрунт у відповідність з можливостями самого ґрунту витримувати навантаження без утворення в ньому незворотних змін. Практично це потребує розв'язання таких питань.

*Дотримання стандарту припустимого тиску ходових систем МТА на ґрунт. Цей стандарт, прийнятий у СРСП за участі українських учених, став першою у світі спробою обмежити механічний тиск на ґрунт [16]. Стандарт*

переглянуто й прийнято в Україні [8]. Він досить жорстко встановлює максимально можливу величину тиску ходової системи на ґрунт, особливо у весняний період, коли ґрунт найбільш сприйнятливий до ущільнення, яке може поширюватися глибше посівного шару, обмежувати ріст коренів, погіршувати водно-поживний режим і знижувати врожай. За даними розробників стандарту, розущільнення ґрунту за перевищення певних параметрів відбувається досить повільно, підвищена щільність стабілізується на багато років [15]. Стандарт убезпечує від ушкодження структурної зв'язності і внутрішньоагрегатної пористості, завдяки чому ґрунт не втрачає здатності до відтворення агрономічно корисної структури. Адже волога може проникати у такий агрегат і завдяки об'ємним змінам під час висушування або розмерзання (а також росту коренів і мікробіологічної діяльності) відновлювати модальні параметри структури і щільності.

Найжорсткіші умови стандарту припадають на найцінніші в агрономічному розумінні ґрунти — чорноземи типові. Ці ґрунти характеризуються найкращою агрегованістю і тому їхня щільність перед обробкою, як правило, мінімальна. Через це вони здатні до переущільнення більшою мірою, ніж інші ґрунти. Сподіваємося, що інженери-механіки з розумінням сприймуть нові агрономи та їхній цілком аргументований жорсткий рівень, і докладуть максимум зусиль до напрацювання відповідних

конструкторських і технологічних рішень, що реально усувають небезпеку переущільнення найцінніших об'єктів.

До речі, у Німеччині, Нідерландах і Швеції існують або обговорюються аналогічні параметри припустимого питомого тиску [19, 21, 23, 26]. У цих країнах, а також у Канаді й північних штатах США зазвичай вдаються до здвоювання і навіть строювання коліс або до використання пневматичних широких шин низького тиску. У такому разі виконується навіть найжорсткіша вимога стандарту. За нашими даними, щільність посівного шару чорнозему типового важкосуглинкового гранулометричного складу після 1-го і 4-х проходів трактора ХТЗ-120, обладнаного подвійними шинами Дніпропетровського заводу «Дніпрошина», не перевищила  $1,25 \text{ г/см}^3$ , тобто була у межах припустимих параметрів. Глибше показники щільності на контрольних і тестових ділянках були однаковими.

Проте стандарт лімітує лише вертикальне середнє навантаження, а інші види деформації, які виникають за руху МТА, регулювати не передбачає. Зокрема, під час буксування, за дії ґрунтозацепів шин комбайнів, за обробітку перезвожених ґрунтів виникають деформації, після яких ґрунт тривалий час не може відновитися. Адже максимальний тиск, що утворює колісна техніка, через нерівномірний його розподіл по опірним поверхням досягає  $500 \text{ кПа}$  і вище. Ще вищий — до  $800\text{--}1000 \text{ кПа}$  — контактний тиск, який утворюється на лемеші плуга та інших робочих органів, що працюють за принципом плаского глину [10]. Саме внаслідок такого тиску формується плужна підшва і виникають дуже щільні грудки ґрунту.

На жаль, незважаючи на виняткову важливість стандарту як ґрунтозахисного заходу, він поки не став повноцінним стримувальним чинником. Адже його дія фактично поширюється лише на МТА, які тільки проектується, водночас нині та ще багато років на полях працюватиме велика кількість механізмів, питомий тиск яких на ґрунт перевищує стандарт. Саме тому вкрай потрібні додаткові зусилля щодо обмежень впливу МТА на ґрунт.

*Опрацювання нових ґрунтофільних стандартів.* Інтенсивність деформації ґрунту залежить від кута атаки й кількості робочих поверхонь ґрунтообробного знаряддя. Чим більший кут атаки і більше робочих поверхонь, тим сильніше кришиться ґрунт. Звичайно, у цій взаємодії мають значення властивості ґрунту, його вологість і велика кількість інших факторів, які потрібно врахувати, щоб обробітком створити шар ґрунту оптимальної щільності і структурного складу без зайвих (руйнівних) деформацій. Складність полягає не тільки в численних задіяних у цьому процесі факторах та об'єктивних труднощах досягнення з цієї причини оптимального результату, а й у часовій мінливості параметрів самого ґрунту і його просторовій

строкатості. Це якоюсь мірою пояснює, чому дотепер вимоги до ґрунтообробної техніки ґрунтознавці і землероби сформулювали лише в узагальненому вигляді, а сама техніка недостатньо враховує розмаїтість ґрунтово-кліматичних умов.

Вважаємо, що агровимоги до ґрунтообробної техніки мають базуватися на результатах глибокого дослідження явищ деформації і внутрішньоґрунтового зчеплення. Робочий орган ґрунтообробного знаряддя, виконуючи основну роботу зі створення оптимальних для рослин параметрів структурного стану і щільності ґрунту, має подолати сили зчеплення грудки, не допускаючи розпилення й переущільнення. Якщо обробіток буде проводитися в період фізичної спільності ґрунту, тобто коли сили зчеплення мінімальні, а небезпека переущільнення велика, то вплив робочих органів на ґрунт має бути дуже помірним. У цьому є суть обґрунтування новітніх (ґрунтофільних) знарядь. Звичайно, при цьому виникає багато питань, що виходять за рамки цієї статті (знищення бур'янів і внесення добрив), — операцій, відповідальність за які також покладається на ґрунтообробні технічні засоби. Ці питання не є предметом нашого дослідження. Скажімо, у світі нині активно шукають (і вже навіть знайдено) нові підходи до розв'язання цих питань без застосування обробітку. Рослинні залишки після збирання врожаю подрібнюють і залишають на полі, що робить непотрібним унесення гною, мінеральні добрива вносять одночасно з сівбою, а бур'яни поступово видаляють завдяки постійній покривній культурі.

Сили зчеплення під час обробітку визначаються сумою опору, потрібного для розрізання ґрунту, подолання внутрішнього тертя і внутрішньоґрунтового зчеплення (власне, кришіння). Для подолання опору суми сил на більшості ґрунтів легкого і середнього складу достатньо лише клина з малим кутом та однієї його робочої поверхні, однак конструктори використовують великий кут атаки і кілька робочих поверхонь, маючи на меті підсилити кришіння й одержати сприятливий структурний стан після проходження знаряддя. Це виправдано в ґрунтах, що характеризуються значними силами зчеплення, але є зайвим для ґрунтів, де такі сили невеликі. Оскільки факторів, які визначають конкретний параметр сили зчеплення, незліченна кількість, а діапазон відповідного показника широкий (від 0 в піщаних ґрунтах до  $100 \text{ кг/см}^2$  і вище в солонцюватому глинистому ґрунті за низької вологості), виникає завдання налагодження систематичних вимірювань у географічному плані. На жаль, ґрунтознавці дотепер не розв'язали цього завдання через відсутність приладів для масових вимірювань і брак фінансування для організації експедиційних робіт. Тому залишається користуватися лише наявними обмеженими даними й розра-

хунками, спираючись на деякі інші, доступніші дані — педотрансферні моделі, які так само ще треба опрацювати.

Відомо, що залежність міцнісних властивостей ґрунтів від вологості має вигляд гіперболи, а від умісту в ґрунті дрібнодисперсних часток — майже лінійний характер [1]. Максимальні значення опору зсуву (до 8–9 кгс/см<sup>2</sup>) виявляються за низької вологості, за якої ґрунт взагалі не обробляють, зі збільшенням вологості вони швидко знижуються, досягаючи значень менше 1 кг/см<sup>2</sup> за вологості, близької до фізичної спільності, і далі не зростають. Якщо обробіток більшості орних ґрунтів України проводитиметься за вологості фізичної спільності, інтенсивний вплив на них з метою поліпшення кришіння не потрібен. Сумарні сили опору цілком можна подолати за допомогою помірно активних робочих органів. До того ж, важливо зауважити, що сили зчеплення, зумовлені зв'язками, які з'єднують елементарні ґрунтові частки у мікроагрегати, долати не потрібно, тобто загалом навантаження на ґрунт у процесі кришіння може бути ще меншим. Однак йдеться про обробіток ґрунтів за вологості фізичної спільності. Гіперболічний зв'язок між опором зсуву і вологістю ґрунтів означає, що навіть найменше відхилення від цього стану в бік висушення призводить до багаторазового збільшення опору зсуву. Отже, дотримання основного агротехнічного правила — обробляти ґрунт лише у стані фізичної спільності — є не тільки енерго- та ґрунтозберезувальним заходом у технології, а й принципово важливим положенням у конструюванні ґрунтообробної техніки.

Ще складніша ситуація з конструюванням техніки, яка не утворює пластичної деформації. Адже більшість ґрунтів країни (за винятком ґрунтів Полісся) через підвищений уміст дрібнодисперсної гранулометричної фракції має схильність саме до такої деформації, особливо навесні. Отже, потрібні легкі мобільні агрегати, здатні виконувати роботу, порівняну з можливостями важких енергонасичених засобів.

З огляду на це актуальним є повернення до обговорення завдання щодо забезпечення сільськогосподарського виробництва потужним трактором із припустимим тиском на ґрунт. За допомогою такого трактора можна було б виконувати роботи в будь-яких ґрунтово-технологічних умовах, зокрема весняні передпосівні операції і сівбу без переущільнення піднасінового і глибших шарів ґрунтів. Це надзвичайно важливо, адже небезпека переущільнення орних ґрунтів України є об'єктивно прогнозованою на площі понад 20 млн га.

Отже, новітні ґрунтофільні вимоги до ґрунтообробної техніки такі:

- зусилля, з яким робочий орган ґрунтообробного знаряддя впливає на ґрунт, не має перевищувати сумарного опору зсуву, внутрішньому тертю і зчепленню агрегату агрономіч-

но корисного розміру. Відповідні параметри фізико-механічних властивостей ґрунтів потребують уточнення стосовно основних типів орних ґрунтів з урахуванням гранулометричного складу. З дотриманням цієї вимоги ґрунт не буде зайвий раз подрібнюватися, структурний агрегат агрономічно корисного розміру збереже свою будову і внутрішню пористість, що має велике значення для забезпечення коріння рослин вологою й елементами живлення;

- зусилля, з яким робочий орган впливає на ґрунт, потрібно регулювати згідно з вологістю ґрунту під час обробітку, а точніше, — з величиною опору кришінню, що виникає за такої вологості. Більше того, кришіння ґрунту має стати важливим регіональним параметром, оскільки розмір агрономічно корисного агрегату, що добре відомо ще з робіт К.К. Гедройця, П.В. Вершиніна і М.О. Качинського, залежить від рівня зволоження [4, 5, 9]. Чим посушливіші кліматичні умови, тим меншим повинен бути розмір агрегатів і, відповідно, інтенсивнішим кришіння. Проте, зазвичай, збільшення зусиль, витрачених на подолання сумарних сил опору агрегатів в аридних умовах, не має призводити до розпилення поверхневого шару ґрунту;

- у посівному шарі або, принаймні, у тій його частині, що безпосередньо прилягає до насіння, потрібно по можливості зосереджувати агрономічно корисні агрегати, причому їхній розмір не повинен набагато перевищувати розмір насіння. У такому разі буде досягнуто помірного щільного контакту насіння з ґрунтом, швидкого проростання і розвитку коренів. Вимоги до параметрів кришіння поверхневого шару менш жорсткі — вони припускають наявність агрегатів більшого розміру, але кількість брил все ж має бути мінімальною за основного обробітку. У передпосівний період брил (грудок більших за 10 мм) не повинно бути взагалі, оскільки навіть 5% їх зводить нанівець переваги структурного посівного шару [3];

- кількість агрономічно корисних агрегатів, яку можливо й бажано нагромадити в насінневому шарі ґрунту, визначають з огляду на регіональну величину фактичної агрегації орного ґрунту. Так, у Лісостепу для чорнозему типового середньосуглинкового гранулометричного складу потрібно прагнути до того, щоб у цьому шарі було до 60% агрегатів оптимального розміру (10–0,25 мм), у такому самому ґрунті важкосуглинкового гранулометричного складу — близько 70%. Водночас для темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту агрономічно корисних агрегатів реально може бути до 50%, а їхній верхній граничний розмір бажано зменшити до 7 (5) мм.

Реалізація цих вимог до кришіння дасть змогу значно поліпшити структурний склад насінневого шару і тим самим поліпшити умови розвитку рослин у найважливіший період. Суть вимог полягає в тому, щоб позбутися великих

структурних фракцій, тобто підсилити інтенсивність кришіння і водночас не допустити розпилення ґрунту. Імовірно, виконання цієї вимоги стане можливим після того, як в інженерній механіці процедура вимірювання й регулювання інтенсивності кришіння стане звичайною рутинною практикою. Цілком імовірно, що знадобляться нові підходи до кришіння, можливо, стане перспективним сполучення знарядь активного й пасивного типу, пошук технічних засобів для посилення інтенсивності кришіння в наявних знаряддях (завдяки додаванню нових різальних площин), розробка знарядь із змінюваним кутом атаки робочих органів та інші нововведення.

*Мінімізація проходів МТА на полях, кількість і глибина обробітків.* Значні можливості модернізації сучасних технологій вирощування культур закладено в організації виконання механізованих польових робіт, а саме у застосуванні маршрутизації руху всіх технічних засобів на полях відповідно до заздалегідь складеного плану. Нами ще у 80-ті роки минулого століття доведено корисність маршрутизації руху МТА для збереження структурного стану ґрунту, запобігання переуцільненню і підвищення врожайності культур, запозичену з північно-американського досвіду [14, 18, 26]. Причина високої екологічної та економічної ефективності маршрутизації — у зниженні сумарної площі ущільнення поля. За вирощування просапних культур вона зменшується майже удвічі, культур суцільної сівби — втричі (навіть без урахування збирально-транспортних робіт). До того ж таке зниження досягнуто за умови застосування окремих операцій без їх поєднання, а за використання комбінованих ґрунтообробних і посівних машин площу ущільнення вдалося б знизити ще більше. Упровадження маршрутизації не створює особливих труднощів. Потрібно лише, щоб ширина захвату МТА, використовуваних для вирощування культури, була кратною базовій (сівалка). Нами у цитованій роботі наведено потрібні рекомендації для упровадження цієї технології на прикладі вирощування буряків цукрових, кукурудзи і пшениці озимої. В.П. Гордієнко та ін. також наводять докладний опис комплектування агрегатів з метою маршрутизації руху МТА полем [7]. Проте до цих пір маршрутизація залишається невикористаним резервом поліпшення технологій вирощування польових культур, головним чином, через неузгодженість ширини захвату сівалки з ґрунтообробними знаряддями і машинами для внесення добрив і засобів захисту рослин.

Маршрутизація руху МТА потрібна на всій площі ріллі країни, але найважливіша вона на ґрунтах, особливо уразливих до ущільнення, — на найцінніших чорноземних ґрунтах, а також у перезволожених регіонах і на ґрунтах важкогранулометричного складу.

Явним недоліком сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур є їхня багатоопераційність. Наприклад, щоб виростити цукрові буряки, потрібно тільки навесні провести кілька операцій — проборонувати, двічі-тричі обробити культиватором, посіяти і прикатати, ще потрібно внести добрива, засоби фітотоксичності, провести міжрядні розпушування і майже всі ці операції виконуються окремо. Усього їх 20–25. Внаслідок цього ґрунт втрачає продуктивну вологу, погіршуються його фізичні властивості, а землекористувач зазнає додаткових витрат. Складається враження, що з цими очевидними недоліками технологій вирощування культур (не тільки буряків, а й практично всіх інших культур) усі змирилися і не докладають реальних зусиль до їх усунення. Вихід є — потрібно більше комбінованих машин, тим паче, що досвід тут накопичений чималий, зокрема й в Україні.

Щодо можливостей зменшення глибини основного обробітку, то теоретично добре відомо, що його глибина залежить від вимог культури, попередника, кліматичних умов, рельєфу, засміченості поля, а також властивостей ґрунту. У реальних виробничих умовах спосіб і глибина обробітку зазвичай визначаються особливостями вирощуваної культури і є майже однаковими на всіх ґрунтах, за винятком території з особливо несприятливими властивостями (для схилів або за близького залягання ілювіального горизонту, коли глибина обробітку зменшується). Враховуючи об'єктивні властивості ґрунтів, можна зменшити глибину основного обробітку. Обґрунтованим є скорочення глибини основного обробітку, де ґрунтово-технологічні умови сприятливі. Це твердження може суперечити регіональним рекомендаціям, що базуються на результатах досліджень ефективності різної глибини обробітку під сільськогосподарські культури, проведених обласними дослідними станціями [7]. Хоча ми не ставимо під сумнів результати цих дослідів, але зауважимо, що збільшення врожаю від поглиблення оранки в більшості випадків невеликий, часто нестабільний в часі, дуже залежить від якості дотримання інших елементів технології і, головне, дуже рідко враховують екологічну ефективність, що з поглибленням і підвищенням інтенсивності обробітку аж ніяк не зростає.

Тому вважаємо, що домінуючу в Україні тенденцію проведення основного глибокого обробітку не менше ніж під половину культур 10-пільної сівозміни навіть на найкращих чорноземах типових не обґрунтовано ні економічно, ні тим більше екологічно. Глибину обробітку потрібно скорочувати скрізь, де для цього є сприятливі умови. Виробничники часто посилаються на брак фінансових ресурсів для впровадження повноцінних мінімальних технологій, однак не довго розмірковуючи йдуть на значні витрати для здійснення глибокого обробітку. Імовірно, тут виявляється не тільки невміння зробити



точні економічні розрахунки, а й недалекоглядність, наслідком якої стане розширення деградації ґрунтів і недоодрядження продукції в майбутньому.

*Розширення асортименту і функціональних можливостей МТА.* Останніми десятиліттями завдяки, головним чином, приходу на ринок України закордонних компаній асортимент МТА для обробітки ґрунту значно розширився. Проте ґрунтово-технологічні умови на орних землях країни настільки строкаті, що використовувати асортименти машин і, особливо, їхні функціональні можливості недостатні. Це призводить до того, що обробітку ґрунтів проводять, як правило, без урахування їхніх міцнісних та реологічних показників. Позначимо лише деякі проблемні питання (з погляду ґрунтознавця-фізика, який тривалий час вивчав дію МТА на ґрунт):

- асортимент МТА потрібно поповнити принципово новою ґрунтообробною технікою, здатною працювати «на замовлення», тобто виконувати директиву, задану її користувачем. Наприклад, необхідна щільність піднасінного шару — найважливіший параметр для успішного старту культури (В.В. Медведєв та ін., 2004). Так само важливо створювати потрібний структурний склад і навіть співвідношення окремих фракцій структурних агрегатів у насінневому шарі. Ґрунтообробні машини повинні мати технічні можливості змінювати технологію обробітки залежно від складних умов, передусім вологості й щільності. Це будуть машини нового покоління, машини, які мають назву «розумних» (intelligence machines) і здобули поширення, наприклад, у точному землеробстві, за вміння змінювати норму внесення добрив залежно від строкатості вмісту елементів живлення в ґрунті або дозу гербіциду залежно від стану посівів. Очевидно, після впровадження таких машин стане реальним забезпечення оптимальних умов для рослин з одночасним збереженням ґрунту від деградації;

- доцільним було б створення комбінованих машин, що поєднують діагностику стану оброблюваного шару ґрунту з його обробіткою, тип якого обирається відповідно до результатів діагностики. Перші такі машини вже створено, вони успішно пройшли випробування [17, 22, 24]. Потрібні машини, обладнані твердоміром, спектрофотометром, приладом для вимірювання нестачі азоту в рослинах, які навішують на робочий орган, а також комп'ютером, що акумулює, обробляє інформацію та видає її у вигляді карти поля з демонстрацією просторової строкатості основних параметрів родючості ґрунту. Такі машини обладнані зняттями, здатними диференціювати агротехнологію, зокрема обробітку;

- не менш важливим є завдання забезпечити технікою впровадження нульової технології обробітку, доцільність якої теоретично й практично доведено в багатьох країнах [11]. Нульо-

ву технологію нині у світі розглядають як альтернативу класичній системі обробітку, заснованій на глибокій оранці, яка призвела до поширення фізичної деградації. Стрімке поширення нульової технології на американському, азіатському та інших континентах пояснюється її безперечними економічними й набагато більшими екологічними перевагами і потребує уваги не тільки агротехнологів, а й інженерів-механіків. Перспективи нульової технології в Україні очевидні, її впровадження може бути ефективним на мільйонах гектарів. Однак, незважаючи на це, практичне просування її в нашій країні дуже повільне і є наслідком пасивності українських підприємств сільськогосподарського машинобудування. Так, експериментальні сівалки для прямої сівби було створено в Кіровограді понад 20 років тому, але у виробництві їх немає дотепер;

- ґрунтово-технологічні умови на орних землях України потребують розв'язання не лише проблем мінімізації впливу техніки на ґрунт або його коригування відповідно до міцнісних параметрів, а й інтенсифікації впливу. Насамперед це стосується південного сухого степу, де багато видів механічних операцій і, особливо, основний обробіток, проводяться за вологості нижче фізичної сплості, тобто за високої міцності ґрунтів, що призводить до додаткових витрат і неякісного розпушування. Така ситуація виникає на ґрунтах поверхнево оглєсних, щєбенистих, а також у разі плантажної оранки або глибокого меліоративного розпушування, де потрібна потужна техніка, що характеризується слабким зношуванням. Звичайно, інтенсифікація обробітку в цьому разі не повинна супроводжуватися підвищенням питомого тиску (і маси МТА) на ґрунт та його розпиленням.

*Перспективні способи діагностики орного шару.* Через строкатість ґрунтово-технологічних умов на ріллі та потребу її врахування в повсякденній практиці обробітку ґрунтів слід оперативнo контролювати їхній стан. Це питання є дуже актуальним саме для поліпшення архаїчної практики обробітку ґрунту. Агроном нині, як і багато десятиліть тому, не має змоги (а точніше приладів) точно встановити навіть стан фізичної сплості, не кажучи вже про вологість, щільність будови або структурний стан перед обробіткою. Як правило, вибір способу, глибини й зняття обробітку агроном здійснює з огляду на загальні регіональні рекомендації і, головним чином, на власний досвід. Тому виникає багато проблем щодо якості оброблюваного шару ґрунту, що призводить до неможливості задовольнити потреби рослини в умовах у кореневмісному шарі. Об'єктивна складність полягає в тому, що потрібно вимірювати малопопулярні і недостатньо досліджені фізико-механічні і технологічні властивості в масовому порядку й безпосередньо перед обробіткою або одночасно з ним. Вирішити

ці завдання можна завдяки активізації науково-дослідних і виробничих робіт у таких напрямках:

- пошук інтегрального індикатора міцнісних властивостей оброблюваного шару, яким може бути твердість. У нашій книжці наведено обґрунтування на користь використання профільних 1-D (одновимірних), 2-D (двовимірних) і 3-D (тривимірних) твердограм для характеристики просторових особливостей міцнісних властивостей і вибору відповідних способу та глибини обробітку всього або лише частини поля [12]. Прототипом створеного твердоміра може бути комбінація з різних твердомірів, що випускаються в Нідерландах і США, а також розроблюваних у Словаччині, Швеції та в Україні;

- пошук засобів для вимірювання сумарних внутрішньоґрунтових сил опору деформувальному зусиллю робочого органу ґрунтообробної машини. Поєднане та експресне вимірювання сил, що виникають і взаємодіють у процесі обробітку, дасть змогу створити нормативну базу і використовувати її в системах управління, що виключають у ґрунтах можливість пластичних деформацій незворотного типу;

- формалізація зв'язків між сумарними силами внутрішньоґрунтового опору і твердістю з одночасним урахуванням вологості ґрунтів у момент обробітку;

- пошук адекватних педотрансферних моделей між міцнісною характеристикою ґрунту (твердістю) і найпоширенішою масовою характеристикою — щільністю будови. Надійна модель дає змогу використання дистанційного (радіолокаційного або електромагнітного) контролю за міцнісними характеристиками за допомогою визначення щільності будови. Перспективи використання цих дистанційних засобів для вимірювання щільності ґрунтів уже досить добре продемонстровані [6, 20, 25].

Отже, залежно від твердості в оброблюваному шарі у вертикальному та горизонтальному напрямках, що визначається безпосередньо

перед проведенням обробітку, потрібно вибрати знаряддя, кількість їх проходів, глибину та інші технологічні особливості механічного обробітку.

*Автоматизований агроменеджмент ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунтів.* Постановка завдання, пов'язаного з науково обґрунтованим вирішенням питань раціонального вибору технологій обробітку ґрунтів в автоматизованому режимі, не здається нам передчасною. Для того, щоб формалізувати завдання і розпочати його виконання, принаймні у дослідному варіанті, є вся потрібна інформація:

- ґрунтово-технологічна характеристика кожного природно-сільськогосподарського району [13], що характеризує ґрунт як об'єкт обробітку і дає змогу уникнути можливих ризиків від його неадекватних способів;

- результати стаціонарних дослідів з вивчення ефективності способів і знарядь, що дають змогу встановити найефективніші регіональні елементи і поєднання комбінованої технології обробітку;

- вимірювальна апаратура для діагностики стану оброблюваного шару. Ще років 10 тому вирішення цього питання здавалося надзвичайно складним, однак нині є широкий вибір технічних і програмних засобів, ціни на які поступово знижуються і стають доступними для рентабельного підприємства й у будь-якому разі не мають бути перешкодою для організації наукових випробувань у базових господарствах;

- нормативна база й педотрансферні моделі — це база даних і набір можливих експертних рішень з урахуванням еколого-економічних наслідків, що допомагає землекористувачеві орієнтуватися у складній і часом суперечливій інформації про еколого-економічну ефективність різних способів і знарядь обробітку ґрунту.

## **Висновки**

*Вплив на ґрунт землеробського машинно-тракторного агрегату потрібно привести у відповідність з можливостями самого ґрунту витримувати навантаження без утворення в ньому незворотних змін.*

*У цьому полягає суть екологізації конструювання та експлуатації МТА, яка гарантуватиме усунення фізичної (машинної) деградації орних ґрунтів. Для цього потрібно дотримуватися стандарту припустимого тиску МТА на ґрунт, використовувати ґрунтообробні знаряддя з навантаженням на ґрунт у процесі його обробітку, яке не перевищує величини*

*структурної зв'язності агрегату агрономічно корисного розміру, за можливості зменшити кількість і глибину обробітку ґрунту.*

*Запропоновано у науково-дослідних роботах із ґрунтознавства і землеробської механіки ширше використовувати визначення фізико-механічних властивостей ґрунту, опрацьовувати відповідні новітні нормативи і стандарти, у виробничій роботі — застосовувати твердоміри сучасної конструкції і твердограми для інтегральної оцінки міцнісних властивостей ґрунту та вибору способів його обробітку.*

## Бібліографія

1. Бахтин П.У. Исследование физико-механических и технологических свойств основных типов почв СССР. — М.: Колос, 1969. — 272 с.
2. Булгаков В.М., Войтюк Д.Г., Гуков Я.С., Адамчук В.В., Іванишин В.В. Науково-технічна політика в сільському господарстві//Вісн. аграр. науки. — 2007. — № 3. — С. 5–10.
3. Буров Д.И. О некоторых вопросах теории обработки и ее практических приемах на черноземных почвах юго-востока РСФСР//Теоретические вопросы обработки почв. — Ленинград: Гидрометеиздат, 1969. — С. 32–44.
4. Вершинин П.В., Мельникова М.К., Мичурин Ю.Н., Мошков Б.С., Поясов Н.П., Чудновский А.Ф. Основы агрофизики. — Гос. изд. физ.-мат. лит.-ры, 1959. — 903 с.
5. Гедройц К.К. К вопросу о почвенной структуре и сельскохозяйственном ее значении//Изв. Гос. ин-та опытной агрономии. — 1926. — Т. 4, № 3. — С. 117–127.
6. Гічка М.М. Сезонні особливості радіолокаційного зондування агрофізичних властивостей ґрунтів//Агрохімія і ґрунтознавство. — 2005. — Вип. 66. — С. 59–66.
7. Гордієнко В.П., Малієнко А.М., Грабак Н.Х. Прогресивні системи обробітку ґрунту. — Сімферополь, 1998. — 279 с.
8. Євгенко В.Г., Ліндіна Т.Є., Медведєв В.В., Цибулько В.Г. Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт. — ДСТУ 4521:2006. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 4 с.
9. Качинский Н.А. Структура почвы. Итоги и перспективы изучения вопроса. — М.: Изд. МГУ, 1963. — 100 с.
10. Кушнарев А.С. Механика почв: задачи и состояние работ//Механиз. и электриф. сел. хоз-ва. — 1987. — № 3. — С. 9–13.
11. Медведєв В.В. Нульовий обробіток в європейських країнах. — Харків: ТОВ «Єдена», 2010. — 202 с.
12. Медведєв В.В. Твердость почвы. — Харьков: Изд. «13 типография», 2009. — 152 с.
13. Медведєв В.В., Лактионова Т.Н. Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. — Харьков: Изд. «13 типография», 2007. — 395 с.
14. Медведєв В.В., Слободюк П.И., Пащенко В.Ф. Методические рекомендации по изучению маршрутизации движения машинно-тракторных агрегатов при возделывании сельскохозяйственных культур с целью уменьшения площади уплотнения полей. — М.: ВАСХНИЛ, 1984. — 11 с.
15. Медведєв В.В., Слободюк П.И. и др. Влияние уплотнения тракторными агрегатами на свойства, режимы почв и урожай с.-х. культур. Черноземы Украины. Восточная Левобережная Лесостепь. Переуплотнение пахотных почв. Причины, следствия, пути уменьшения. — М.: Наука, 1987. — С. 78–105.
16. Русанов В.А., Бондарев А.Г., Медведєв В.В., Судаков А.В. и др. ГОСТ № 26954–86. Техника с.-х. мобильная. Нормы воздействия двигателей на почву. — М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1986. — 7 с.
17. Bolenius E., Rogstrand G., Arvidsson J., Stenberg B., Thylen L. On-the-go measurements of soil penetration resistance on a Swedish Eutric Cambisol. International Soil Tillage Research Organisation 17-th Triennial Conference. — Kiel, Germany, 2006. — P. 867–870.
18. Dumas W.T., Komurer F.A., Smith K.A. Controlling traffic increases cotton yields//Highlights Agr. Res. — 1972. — V. 19, 2. — P. 16.
19. Durr H., Petelkau H., Sommer C. Literaturstudie Bodenverdichtung//Institut für Betriebstechnik der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Volkenrode (Fal). — 1995. — P. 203.
20. Godwin R.J., Earl R., Taylor C., Wood G.A., Bradley R.I., Welsh J.P., Richards T., Blackmore B.S., Carver M., Knight S. Precision farming of cereals. Practical guidelines and crop rotation//Project Report 267, Home-Grown Cereals Authority. — London, 2002. — P. 8.
21. Hakansson I. Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence-consequences-counter measures. Uppsala. Swedish University of Agricultural Sciences//Report of Soils Sciences Department. 109, 2005. — P. 153.
22. Havrankova J., Godwin R. J., Wood G.A. Ground Remote Sensing Systems for Determination Canopy Nitrogen in Winter Wheat//International Soil Tillage Research Organisation 17-th Triennial Conference. — Kiel, Germany, 2006. — P. 910–915.
23. Horn R., Fleige H. Prediction of the mechanical strength and ecological properties of subsoils for a sustainable landuse. Proc. of the workshop//Experiences with the impact of subsoil compaction. — Uppsala, Sweden. 2000. — P. 109–121.
24. Mouazen A.M., Malaki M.R., Merckx R., Baerdemaeker J. De, Ramon H. Primary results on online measurement of some selected soil properties using a VIS-NIS sensor//International Soil Tillage Research Organisation 17-th Triennial Conference. — Kiel, Germany, 2006. — P. 839–844.
25. Reinert D.J., Suzuki L.E.A.S., Reichert J.M. Interrelation of mechanical and physical soil properties of six south Brazilian soils under no-tillage//International Soil Tillage Research Organisation 17-th Triennial Conference. — Kiel, Germany, 2006. — P. 1598–1602.
26. Soils studies in the laboratory are helping solve problems in the fields//Furrow. — 1976. — 81, 6. — P. 16–17.
27. Tijink F.G.J., van den Linden. Engineering approaches to prevent subsoil compaction in cropping system with sugar beet//Advances in Geocology. — 2001. — V. 32. — P. 442–452.