

АНАЛІЗ ВЛАСТИВОСТЕЙ ҐРУНТУ СТОСОВНО ПРОЦЕСУ УПРАВЛІННЯ ЙОГО СТАНОМ З МІНІМАЛЬНИМИ ВИТРАТАМИ РЕСУРСІВ

В. Ветохін, *д-р техн. наук,*

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського",

А. Алтибасв *д-р техн. наук,*

Казахський науково-дослідний інститут механізації та електрифікації сільського господарства

У статті аналізуються сучасні уявлення відносно властивостей ґрунту. Наводиться запропонована система властивостей, параметрів стану і факторів управління станом ґрунту. Властивості представлені як характеристика здатності системи забезпечувати процес та певним чином реагувати на зовнішній або внутрішній вплив. Зміна системи проявляється в кількісній зміні параметрів стану. Відзначається, що дію ґрунтообробного знаряддя необхідно оцінювати за показниками енерго-масообміну у товщі ґрунту, а функція ґрунтообробного знаряддя має бути зведена до управління природними потоками енергії і речовин у системі «ґрунт-рослина-навколишнє середовище».

Ключові слова: *система, властивості ґрунту, кількісні показники стану ґрунту, управління станом, врожайність.*

Постановка проблеми. Зниження витрат енергетичних та інших ресурсів – актуальне завдання в аграрному виробництві. Ефективність передачі енергії за допомогою робочого органу та обсяг корисної роботи визначаються ступенем відповідності робочого органу властивостям оброблюваного матеріалу. Іншими словами, один із шляхів ресурсозбереження, це проектування технологічного процесу і ґрунтообробного знаряддя на базі властивостей ґрунту.

Однак як показало вивчення питання, знання про властивості ґрунту представлені в несистематизованому вигляді і не завжди дають достатньо підстав для проектування знарядь та процесів.

Огляд стану питання. До фізичних властивостей ґрунту академік В.П. Горячкин відносив питому вагу, вологємкість, зв'язність, опір деформацій, коефіцієнт тертя [1, с. 208]. Особливу увагу В.П. Горячкин звернув на здатність ґрунту деформуватися крихковидно, в'язко і пластично за різного об'ємного навантаження [2, с. 542]. Ця особливість властивостей ґрунту була використана в розвитку теорії клина, зокрема, в обґрунтуванні

механізму перетворення деформації локального стиснення клином ґрунту в деформацію розтягування пласта [3].

Н.А. Качинський детально вивчив властивості ґрунту і зміни характеристик стану ґрунту під час його обробітку, проте, не ставив завдання зв'язати властивості ґрунту з проектуванням ґрунтообробного знаряддя. Властивості ґрунту Н.А. Качинський поділив на: родючість – основна властивість ґрунту, яка залежить від ряду інших властивостей; поглинальну здатність; хімічну реакцію ґрунту (кислотність, лужність); пористість або шпаруватість; вологопропускну здатність і вологоємність; вологоутримувальну та водопідйомну здатності; випаровувальну здатність; повітряний і тепловий режими; структуру ґрунту [4].

Г.М. Синеоков і І.М. Панов розрізняли фізичні і технологічні властивості ґрунту [5]. До фізичних властивостей віднесені: механічний склад, шпаруватість, пороги вологості, значення коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя та опір зрушенню. До технологічних властивостей зараховані: абразивність, кам'янистість, питомий опір ґрунту під час обробки і липкість.

Колектив авторів – співробітників кафедри ґрунтознавства МДУ [6], виділяє такі властивості ґрунту: родючість, теплові властивості, фізико-механічні властивості. До теплових властивостей віднесена здатність ґрунту поглинати і переміщувати у своїй товщі теплову енергію. До фізико-механічних властивостей ґрунту віднесені деформаційні, міцності і реологічні властивості. Особливо відзначені фізико-механічні властивості ґрунту як високодисперсного середовища - набухання, усадка й адгезивність. Така класифікація за змістом найбільш відображає сучасне розуміння властивостей ґрунту, однак вимагає уточнення стосовно інженерного аспекту проблеми.

Основний недолік існуючих уявлень полягає в тому, що властивості ґрунту не розглядаються з точки зору процесу управління його станом раціонально і з мінімальними витратами ресурсів на отримання врожаю. Відомі описи і класифікації властивостей ґрунту також мають деяку понятійну невпорядкованість в сенсі віднесення до категорії властивостей як якісних, так і кількісних характеристик.

Мета статті – виконати аналіз системних властивостей ґрунту та процесів зміни його стану з точки зору пошуку шляхів економії витрат.

Виклад основного матеріалу дослідження. Властивість, у нашому розумінні, це характеристика здатності системи певним чином реагувати на зовнішній або внутрішній вплив. Зміна системи проявляється у зміні значень параметрів стану.

У запропонованій класифікації [7] (див. рис. 1) властивості ґрунту і відповідні їм параметри стану розташовуються ієрархічно. А саме:

- базові фізико-механічні, фізико-хімічні, біологічні та інші властивості;
- властивість утворювати структуру і розуцільнюватися;

- обмінні властивості (кількісно характеризуються потужністю енерго- і масообміну);

- властивість родючості (характеризуються врожайністю).

Внесення/вилучення енергії і речовини розглядаються як спосіб управління станом ґрунту. Цей спосіб реалізується в різних технологіях відповідними технічними засобами і знаряддями. Наприклад, внесення добрив, меліорація, хімічна обробка, полив – забезпечують внесення/вилучення енергії і речовини, механічний обробіток – внесення/вилучення енергії. Перераховані техногенні фактори діють поряд з природними факторами і процесами обміну енергією і речовиною.

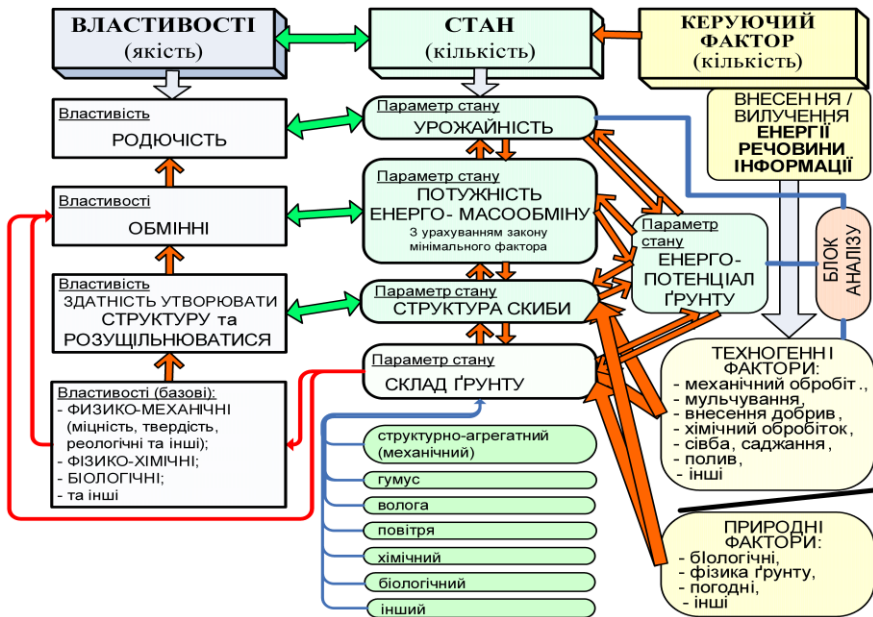


Рисунок 1 – Система властивостей, параметрів стану і факторів управління станом ґрунту

Охарактеризуємо властивості ґрунту в системі.

Кінцеве завдання землеробства – отримання врожаю. Це можливо завдяки особливій властивості ґрунту – родючості. Властивість ґрунту «родючість» визначається як здатність формувати врожай. Ця властивість кількісно характеризується врожайністю або у фізичній термінології – продуктивністю в одиницях маси [т, кг] або енергії [КВт] з одиниці площі поля [га, м²] за одиницю часу, тобто показником з розмірністю [т га⁻¹ рік⁻¹] або [КВт м⁻² с⁻¹].

Ґрунт має обмінні властивості – здатність забезпечити на певному рівні прийом, накопичення й обмін речовин, енергії та інформації. Ця властивість кількісно характеризується потужністю потоків енергії або речовини з розмірністю $[Вт м^{-2} с^{-1}]$, і описується відповідними законами збереження. Процес вегетації рослини – це результат обмінних процесів.

З теорії енерго-масопереносу відомо, що потужність обміну пропорційна площі обміну і різниці потенціалів. Чисельне значення обмінної поверхні ґрунту безпосередньо залежить від його структури. Здатність утворювати або відновлювати певну стійку структуру після порушення – це особлива властивість ґрунту, яку можна назвати структуротвірною здатністю. Склад, розмір, взаємне розташування, зокрема щільність складання ґрунтових частинок і внутрішньо-ґрунтових включень – це характеристика структури ґрунту. Важливо, що в ґрунті, як в особливому середовищі з біологічної складової, структуротвірну дію також виконують бактерії та гумус.

Здатність ущільнюватися/розущільнюватися – це властивість періодично змінювати щільність складання під дією внутрішніх та/або зовнішніх чинників.

Обробіток ґрунту ґрунтообробними знаряддями відбувається завдяки наявності у ґрунту властивості «здатність структуруватися та розущільнюватися» і, як правило, зводиться до внесення в природний баланс додаткової енергії і речовини. Механічний обробіток ґрунту не впливає на властивості ґрунту, а змінює кількісне значення параметрів стану ґрунту, зокрема змінює структуру товщі ґрунту.

Надання ґрунту певної структури слід розглядати також як внесення інформації в систему [8].

Причинно-наслідковий зв'язок процесів управління станом ґрунту, відповідно до «Системи властивостей», можливо викласти так. Розпушування і розущільнення ґрунту – це процес створення обмінної структури, збільшення площі активної поверхні агрегатів, аерація ґрунту. Зі свого боку, зміна цих показників впливає на кількісну характеристику обмінних властивостей ґрунту, а саме потужність енерго-масообміну. Зміна обмінних характеристик і собі впливає на кількість врожаю (кількісну характеристику родючості ґрунту).

Наведемо запис одного з ланцюжків перетворення (переходу) енергії від робочого органу до ґрунту, а саме кришення пласта і утворення нових обмінних поверхонь у пласті ґрунту, (використовуючи для характеристики розмірності параметрів LT систему фізичних величин Бартіні [9]) (табл. 1). Дія ґрунтообробного агрегата, робота кришення і зміна енергії врожаю при цьому вимірюються у величинах однієї розмірності – в потужності за період часу, або у фізичній роботі $[L^5 T^{-4}]$.

За своєю суттю, будь-які операції механічного обробітку ґрунту – розпушення, ущільнення, коткування, щілювання, внесення меліорантів,

обертання скиби тощо – є операції управління та зміни обмінних характеристик ґрунту. Ті ж наслідки має дія природних факторів. Отже, основний спосіб економії ресурсів під час обробітку ґрунту є зміна співвідношення техногенних і природних факторів управління станом ґрунту і раціональне структурування ґрунту. Цьому відповідає, зокрема, тенденція розвитку технологій у землеробстві з мінімізацією механічного впливу на ґрунт.

Таблиця 1 – Характеристика розмірності параметрів ЛТ за системою фізичних величин Бартіні

<u>КЕРІВНИЙ ФАКТОР</u> (техногенний / природний)	<u>→СТРУКТУРА</u> <u>ТОВЩІ ҐРУНТУ</u>	<u>→ ПОТУЖНІСТЬ</u> <u>ЕНЕРГООБМІНУ</u>	<u>→ УРОЖАЙНІСТЬ</u>
Робота, зокрема ґрунтообробного агрегата $A_T [L^5 T^{-4}] + A_{П} [L^5 T^{-4}]$	Робота з кришення ґрунту $\rightarrow P_{пр} [L^4 T^{-4} L^{-2}]$ $\Delta S [L^2] \Delta L [L]$	Потужності енергообміну на рік $\rightarrow \Delta N [L^4 T^{-5}] T [T^1]$	Енергія врожаю (приріст) $\rightarrow \Delta W [L^5 T^{-4}]$
$A_T [L^5 T^{-4}]$ и $A_{П} [L^5 T^{-4}]$ - відповідно робота техногенних і природних сил; $P_{пр} [L^4 T^{-4} L^{-2}]$ - межа міцності ґрунту; $\Delta S [L^2]$ - приріст площі вільної поверхні частинок ґрунту; $\Delta L [L]$ - відстань (протяжність простору); $\Delta N [L^4 T^{-5}]$ - потужність енергообміну; $T [T^1]$ - протяжність часу; $\Delta W [L^5 T^{-4}]$ - приріст енергії врожаю.			

Підтвердженням адекватності запропонованої "Системи властивостей", може також служити спосіб двофазного розпушення ґрунту, розроблений на базі багаторічних агрономічних досліджень А.М. Малієнко [10]. Зміна структури ґрунту а, отже, обмінних характеристик, через механічний обробіток, здійснюється після сівби і проростання насіння культурних рослин у певній фазі їх вегетації. Зміна обмінних характеристик товщі ґрунту проявляється по різному у розвитку культурних рослин та бур'янів, а також у збільшенні накопичення вологи у ґрунті впродовж усього періоду вегетації. Ступінь кришення ґрунту при цьому не має визначального значення. За багаторічними даними, такий технологічний прийом значно підвищує врожайність культур.

У подальших дослідженнях необхідно встановити зв'язок між компонентом «інформація»

Висновки. Оцінку дії ґрунтообробного знаряддя необхідно проводити не стільки за показниками ступеня кришення ґрунту, скільки за показниками енерго-масообміну, як показниками, які безпосередньо визначають врожай.

У майбутньому, роль ґрунтообробного знаряддя може бути зведена до засобу управління природними потоками енергії і речовин у системі «ґрунт-рослина-навколишнє середовище». Необхідна побудова моделей післядії керівних факторів з урахуванням імовірнісного характеру подій.

Література

1. Горячкин В. П. Теория плуга. Основания для систематического расчета плугов / В. П. Горячкин // Собр. соч.: В 3 т. - М.: Колос, 1965, – Т.2, - С.104-317.
2. Горячкин В. П. Теория разрушения материалов / В. П. Горячкин // Собр. соч.: В 3 т. - М.: Колос, 1965, – Т.1, - С.525-546.
3. Ветохин В. И. Системные и физико-механические основы проектирования рыхлителей почвы: Дис. д-ра техн. наук: / В. И. Ветохин // НТУУ «Киевский политехнический институт», ОАО «ВИСХОМ». – К.-М.: КПИ –ВИСХОМ, 2010. – 284 с.
4. Качинский Н. А. Физика почвы / Н. А. Качинский // В 2 Ч., - М.: Высшая школа, 1965.– Ч.1.– 324 с.; 1970.– Ч.2.– 358 с.
5. Синеоков Г. Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г. Н. Синеоков, И. М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
6. Почвоведение: Учеб. для ун-тов. В 2 ч. / Под ред. В. А. Ковды, Б. Г. Розанова.– Ч. 1. Почва и почвообразование // Г. Д. Белицина, В. Д. Васильевская, Л. А. Гришина и др. - М.: Высшая школа, 1988. - 400 с.
7. Ветохин В. И. Систематизация свойств почвы как элемент теории проектирования почвообрабатывающих орудий и технологий / В. И. Ветохин // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: Зб. наукових праць. – Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009, - Вип. 13(27), Кн.2, - С. 30-38.
8. Алтыбаев А. Н. К вопросу информатизации процессов энергообеспечения сельского хозяйства / А. Н. Алтыбаев // Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации: материалы Всемирного Конгресса инженеров и ученых (19-20 июня 2017, Астана, Казахстан) - Т. 2, Алматы, 2017, - С.149-151.
9. Бартини Р. О. О множественности геометрий и множественности физик / Р. О. Бартини, Кузнецов П. Г. // Проблемы и особенности современной научной методологии. – Свердловск: АН СССР, Уральский научный центр, 1979, - С.54-65.
10. Спосіб обробітку ґрунту при вирощуванні просапних культур. Патент на винахід 10986 Україна, МКИ А 01 В 79/02. / А. М. Малієнко, В. І. Ветохін, І. М.Голодний. - № 93010061; заявл. 11.12.92; опубл. 25.12.96, Бюл. №4.

Аннотация.

В статье анализируются современные представления относительно свойств почвы. Приводится предложенная система свойств, параметров состояния и факторов управления состоянием почвы. Свойства представлены как характеристика способности системы обеспечивать процесс в системе и определенным образом реагировать на внешнее или

внутреннее воздействие. Изменение системы проявляется в количественном изменении параметров состояния. Отмечается, что действия почвообрабатывающего орудия необходимо оценивать по показателям энерго-массообмена в пласте. Роль почвообрабатывающего орудия должна заключаться в управлении природными потоками энергии и веществ в системе «почва-растение-окружающая среда».

Summary.

The article analyzes modern concepts of soil properties. The offered system of properties, parameters of a condition and factors of management of a condition of ground is resulted. Properties are presented as a characteristic of the system's ability to provide a process in the system and to react in a certain way to external or internal impacts. Changing the system manifests itself in quantitative changes in the parameters of the state. It is noted that the action of the tillage tool must be evaluated by the indicators of energy-mass transfer in the soil layer. The role of the tillage tool should be to manage the natural energy and substance fluxes in the "soil-plant-environment" system.