



Землеробство, грунтознавство, агрохімія

УДК 631.45

© 2016

В.В. Медведєв,

*академік НААН,
доктор
біологічних наук*

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

ОБҐРУНТУВАННЯ ЧИННИХ І ПЕРСПЕКТИВНИХ СТАНДАРТІВ, ЩО УБЕЗПЕЧАТЬ ОРНІ ҐРУНТИ ВІД ФІЗИЧНОЇ ДЕГРАДАЦІЇ

Мета. Обґрунтувати перелік і зміст стандартів, здатних унормувати механічне навантаження на ґрунт — важливу причину фізичної деградації. **Методи.** Польові і камеральні дослідження впливу технологій і знарядь обробітку на фізичні властивості ґрунту. На основі дигіталізованих карт розраховано площі вияву деградаційних процесів. **Результати.** Знеструктурення (брилоутворення і розпилення), зростання рівноважної щільності і негативні трансформації порового простору в орних ґрунтах є наслідком ненормованого навантаження сучасних машинно-тракторних агрегатів і знарядь. Контроль виконання чинного стандарту допустимого тиску ходових систем на ґрунт, уведення і дотримання нових стандартів — актуальне завдання щодо коригування сучасного землеробства. **Висновки.** Моніторинг фізичних властивостей орних ґрунтів та механічного навантаження в процесі вирощування сільськогосподарських культур і збирання врожаю має стати обов'язковим. Стандартами слід унеможливити пластичну деформацію, утворення брил, зайве подрібнення ґрунту, переуцільнення в піднасіньовому прошарку і плужній підшві.

Ключові слова: фізична деградація, припустиме механічне навантаження, проекти новітніх стандартів.

В Україні, де землеробські технології характеризуються високим механічним навантаженням на ґрунт і домінуванням інтенсивного плужного обробітку, орним ґрунтам властива фізична деградація, що призводить до переуцільнення ґрунту, знеструктурення, погіршення якості структурних агрегатів, утворення в поверхневому шарі брил, кірки

й тріщин, а в основі орного шару — плужної підшви. Діагностичні ознаки деградації — спрощення морфології структури й порового простору, стійке підвищення рівноважної щільності, зниження між-, і особливо, внутрішньоагрегатної пористості, формування нехарактерних для природних ґрунтів преференційних потоків вологи. Основною

причиною фізичної деградації є перевищення рівня механічного навантаження на ґрунти, що унеможлиблює відновлення модальних параметрів структури, властивостей і режимів. Фізична деградація супроводжується різноманітними еколого-генетичними й агровиробничими негативними наслідками. Наукою й практикою розроблено різноманітні способи запобігання й усунення фізичної деградації, однак її поширення та інтенсивність вияву донині залишаються значними.

Мета досліджень — наголосити на необхідності дотримання чинного стандарту припустимого тиску ходових систем на ґрунт і запровадити принципово нові стандарти, здатні обмежити негативну дію на ґрунт механічного навантаження — основної причини розвитку фізичної деградації ґрунтів.

Об'єкти і методи досліджень. Використано результати тривалих польових і камеральних досліджень структурного складу, щільності будови, водно-фізичних і деяких інших властивостей орних ґрунтів України та базу даних «Властивості ґрунтів країни» [1]. Усі виміри здійснено за допомогою стандартних або загальноприйнятих методів досліджень. Кількісні показники деградації, негативних природних виявів орних ґрунтів,

а також поширення відповідних орних площ використано з наших попередніх досліджень і досліджень інших авторів або розраховано на основі дигіталізованих карт [1]. Площі можливих деградаційних виявів щодо динамічних показників (ущільнення) розраховано на основі визначень у рівноважному стані, брилистості, розпилення після передпосівного обробітку і сівби та основного плужного обробітку восени. Ризик нестачі продуктивної вологи обчислено за агрокліматичними довідниками, питомого опору — за вимірами нормативних пунктів.

Результати досліджень. Узагальнення стану орних ґрунтів за природними та антропогенно спричиненими видами (табл. 1) доводить надзвичайну актуальність реалізації в Україні заходів із раціонального використання і охорони ґрунтів. Особливо незадовільним є стан справ із розроблення ґрунтозберезувальних стандартів. Фактично в Україні ухвалено лише один такий стандарт припустимого тиску ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт [3], але у виробництві його повністю ігнорують.

Основні критерії, використані для обґрунтування чинного стандарту:

- зміна водно-фізичних властивостей ґрунту за дії навантаження (машинно-тракторні

1. Площі поширення деградаційних явищ, їх ризику або негативних виявів властивостей орних ґрунтів України

| Показник деградації або ризик вияву негативної властивості ґрунту | Кількісна характеристика | Площа поширення | |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------|
| | | млн га | % (від площі ріллі, 32 млн га) |
| Ризик: брилоутворення | >10% грудочок розміром >10 мм у посівному шарі | 3,8 | 12,1 |
| розпилення | >10% фракції <0,25 мм | 14,1 | 44,1 |
| ризик абразії | Спрацювання лемешів плуга >70 г/га | 6,9 | 21,6 |
| переущільнення | >1,25 г/см ³ у посівному шарі | 17,3 | 54,1 |
| диспергації ґрунту | >8% за фактором Качинського | 5,8 | 18,1 |
| нестачі продуктивної вологи навесні | < 20 мм у шарі 0–20 см | 6,9 | 21,6 |
| нестачі продуктивної вологи під час формування генеративних органів | <100 мм у шарі 0–100 см | 21,3 | 66,6 |
| Вірогідність відхилення вологості від фізичної стиглості | >22% і <13% у посівному шарі навесні | 9,5 | 29,7 |
| Зменшене число днів із вологістю оптимального кришення навесні | <5 | 1,5 | 0,05 |
| Так само восени | <5 | 11,0 | 34,3 |
| Надвисокий питомий опір за оранки | >0,6 кгс/см ² | 9,1 | 28,4 |
| Зменшена кількість агрономічно корисних агрегатів | <50% агрегатів розміром 10–0,25 мм | 14,1 | 44,1 |
| Зменшена водостійкість агрегатів | <40% агрегатів розміром >0,25 мм | 8,4 | 26,2 |
| Занижена загальна рівноважна пористість | <50% в орному шарі | 11,1 | 34,7 |

агрегати і знаряддя не повинні створювати критичних параметрів щільності будови й аерації);

- кришення ґрунту після ущільнення (за обробітку ущільненого ґрунту не повинна створюватися критична кількість брил);

- глибина поширення ущільнення вглиб ґрунту (ущільнення не повинно розповсюджуватися за межі орного шару);

- глибина колії (колія не повинна негативно впливати на якість сівби);

- тиск МТА на ґрунт має дорівнювати сумі сил опору розриву та зсуву і не сприяти пластичній деформації, після якої ґрунт дуже повільно розуцільнюється або не розуцільнюється зовсім;

- час, потрібний для розуцільнення ґрунту до його модальної величини (ущільнений ґрунт має відновити модальні параметри щільності до початку весняно-польових робіт).

На основі проведених різноманітних польових і модельних лабораторних досліджень за навантаження і зволоження ґрунту, параметри яких поступово змінювалися, встановлено відповідний стандарт (табл. 2).

Аналізуючи наведені норми, варто звернути увагу на неприпустимість використання ходових систем із питомим тиском, що перевищує зазначені в таблиці величини, особливо навесні за пухкої й помірно ущільненої будови оброблюваного шару, а також у всіх випадках з вологістю ґрунту, що дорівнює або перевищує фізичну стиглість.

Цей стандарт, затверджений у СРСР за участі українських учених, став першою у світі спробою обмежити механічний тиск на ґрунт [8]. Стандарт був переглянутий і ухвалений в Україні у 2007 р. Як було встановлено

в дослідженнях розробників стандарту, розуцільнення ґрунту після досягнення ним певного рівня відбувається досить повільно, підвищена щільність стабілізується на багато років. Стандарт усуває можливість uszkodження структурної зв'язності й внутрішньо-агрегатної пористості, завдяки чому ґрунт не втрачає здатності до відтворення агрономічно корисної структури. Волога може проникати в такий агрегат і за рахунок об'ємних змін під час висушування або розмерзання (а також розвитку коренів і мікробіологічної діяльності) відновлювати модальні параметри структури й щільності.

Найжорсткіші умови стандарту припадають на найцінніші в агрономічному плані ґрунти — чорноземи типові. Ці ґрунти характеризуються найкращою агрегованістю, і тому їх щільність перед обробітком, як правило, мінімальна. Через це вони більшою мірою здатні до переущільнення, ніж інші ґрунти. Сподіваємося, що інженери-механіки з розумінням сприймуть нові агрономи та їх цілком аргументований жорсткий рівень і докладуть максимум зусиль до розроблення відповідних конструкторських і технологічних рішень, які реально усунуть небезпеку переущільнення найцінніших об'єктів.

До речі, у Німеччині, Нідерландах і Швеції наявні або обговорюються аналогічні параметри припустимого питомого тиску (4–10). У цих країнах, а також у Канаді й північних штатах США використовують здвоювання і навіть потроювання коліс або пневматичні широкі шини низького тиску. Проте стандарт лімітує лише вертикальне середнє навантаження, а інші види деформації, які виникають за руху МТА, не регулює. Зокрема, за буксування, дії

2. Норми припустимого максимального тиску ходових систем на ґрунти ріллі середнього й важкого гранулометричного складу залежно від параметрів щільності будови й вологості ґрунтів під час проходу МТА

| Вологість ґрунту в шарі 0–30 см, у частках від найменшої вологоємності | Припустимий максимальний тиск на ґрунт ходових систем, кПа | | | |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| | навесні | | улітку, восени | |
| | за пухкої будови шару 0–10 см (<0,9 г/см ³) | за помірно ущільненої будови шару 0–10 см (0,9–1,0 г/см ³) | за помірно ущільненої будови шару 0–10 см (1,1–1,2 г/см ³) | за рівноважної будови в шарі 0–10 см (1,2–1,3 г/см ³) |
| >0,9 | 40 | 50 | 60 | 80 |
| 0,7–0,9 | 50 | 60 | 80 | 100 |
| 0,6–0,7 | 60 | 100 | 120 | 140 |
| 0,5–0,6 | 80 | 120 | 140 | 180 |
| 0,4–0,5 | 120 | 160 | 180 | 210 |

ґрунтозачепів шин комбайнів, за обробітку перезвожених ґрунтів виникають деформації, після яких ґрунт тривалий час не може відновитися. Адже максимальний тиск, що створює колісна техніка внаслідок нерівномірного його розподілу по опорних поверхнях, досягає 500 кПа і вище. Ще вищим — до 800–1000 кПа — є контактний тиск, який утворюється на лемеші плуга й інших робочих органах, що працюють за принципом плаского клину [2]. Саме внаслідок такого тиску формується плужна підшошва й з'являються дуже щільні грудочки ґрунту.

На жаль, попри виняткову важливість стандарт як ґрунтозахисний захід ще не став повноцінним стримувальним фактором. Адже його дія фактично поширюється лише на МТА, які тільки проектуються, водночас нині і ще багато років на полях працюватиме велика кількість механізмів, питомий тиск яких на ґрунт перевищує стандарт. Саме тому вкрай необхідні додаткові зусилля щодо обмеження впливу МТА на ґрунт. До речі, за технологій, поширених в Україні, дотримуватися цього стандарту досить складно, тому що навесні майже суцільно використовують колісні трактори замість гусеничних і практично немає тракторів зі здвоєними й потроєними шинами. До того ж такі пристрої і пневматичні шини зниженого тиску, які виготовляються Дніпропетровським заводом «Дніпрошина» спеціально для весняних робіт, у країні не популярні.

Крім того, бажано регламентувати рівень сумарного навантаження на ґрунт МТА у процесі вирощування сільськогосподарських культур. Не можна допускати безконтрольного використання МТА. Якщо відстань, яку проходить техніка за рік, помножити на загальну масу машин, використовуваних на цих операціях, то можна одержати досить інформативний показник інтенсивності впливу ходових систем МТА на ґрунт. Його можна виразити в ткм/га у рік і дати таку орієнтовну оцінку: <50 — слабкий вплив; 50–100 — припустимий вплив; 100–150 — умовно припустимий вплив; 150–200 — неприпустимий вплив; >200 — зовсім неприпустимий вплив. Дотримання цього стандарту можливе лише за умови впровадження контрольованого руху МТА полем, зокрема маршрутизації, ефективність якої доведено стосовно зменшення площі ущільнення поля, і збільшення врожаю.

Аналіз сучасних технологій свідчить про те, що тільки зернові культури (за умови, що

на весняних роботах використовують легкі й середні трактори) вирощують із прийнятною площею ущільнення поля. У всіх інших випадках неминучі порушення, які залишають свій «слід» на властивостях ґрунтів і врожаях.

Не менш важливо використовувати ще один стандарт, призначений для ґрунтообробних знарядь. Розклинювальний тиск робочого органа знаряддя не має перевищувати сили зчеплення агрегата агрономічно корисного розміру. Зібрана й проаналізована нами інформація про цей параметр показала широкий діапазон його коливань залежно від генезису ґрунту, його гранулометричного складу й вологості під час обробітку. Цей параметр змінюється в межах від кількох кПа до кількох десятків кПа, водночас розклинювальний тиск робочого органа знаряддя щонайменше на порядок є вищим. Перевищення стає особливо помітним, коли кут атаки робочого органа і кількість його робочих поверхонь зростають. На жаль, у конструкторів ґрунтообробної техніки домінує помилкова думка про те, що ґрунт є твердим або напівтвердим тілом, яке можна деформувати й різати без усяких обмежень. Більшість ґрунтів України належать до середньо- і важкосуглинкового гранулометричного складу і під час розпушування в стані фізичної стиглості не має потреби в зайвих зусиллях. Як правило, опір зрушенню, який має подолати ґрунтообробне знаряддя, за сприятливого зволоження на такому ґрунті не перевищує 1–3 кг/см² (відповідно за навантаження 0,5; 1,0 і 2,0 кг/см²), коефіцієнт внутрішнього тертя — 0,2–2,5, зчеплення — 1,0 кг/см², коефіцієнт тертя «ґрунт — метал» — 0,5–5,0 кг/см². Перевищення зазначених параметрів неминуче погіршуватиме фізичні властивості ґрунтів.

Проведені дослідження дали змогу обґрунтувати деякі інші нові стандарти, здатні обмежити механічне навантаження на ґрунт, знизити ймовірність вияву фізичної деградації ґрунтів і оптимізувати умови росту й розвитку надземної та підземної частин рослин:

- кут атаки і кількість робочих поверхонь ґрунтообробних знарядь створюватимуть у процесі обробітку контактний тиск на ґрунт, що відповідатиме механічним властивостям агрегатів агрономічно корисного розміру — структурній зв'язності, міцності, зчепленню та опору зрушенню;

- стандарт, що визначатиме зусилля, з яким робочий орган ґрунтообробного знаряддя діє

на ґрунт, не має перевищувати опір ґрунту кришенню за обробітку ґрунту у фізично стиглому стані;

- стандарт, що визначатиме зусилля, з яким ґрунтозачіпи ходових систем будь-яких МТА або робочий орган ґрунтообробного знаряддя, що діє на ґрунт, не повинний перевищувати опір ґрунту зминанню й роздавлюванню;

- регіональні стандарти вологості ґрунтів (з урахуванням їх типу й гранулометричного складу), що забезпечуватимуть умови оптимального кришення й гарантуватимуть мінімальні витрати ресурсів на обробіток ґрунтів;

- регіональні стандарти щільності будови в піднасіньному прошарку (з урахуванням

потреб культури, яку сіють), що визначають необхідність його розуцільнення;

- регіональні стандарти твердості ґрунтів у плужній підшві, які визначають необхідність її розпушування;

- міцнісні параметри кірки, що визначають вибір агрегата для її руйнування;

- стандарти структурного складу (оптимальне співвідношення агрегатів агрономічно корисного розміру) у насінньовому прошарку для пришвидшення проростання насіння і поглиблення кореневих систем рослин;

- регіональні стандарти оптимальної щільності будови посівного шару з урахуванням типу ґрунтів, їх гранулометричного складу і потреб рослин.

Висновки

Наголошено на важливості дотримання стандарту припустимого тиску ходових систем на ґрунт і доведено необхідність уведення нових стандартів. Основний зміст нових стандартів полягає в тому, що під час проходження по ґрунту МТА і за його обробітку не має порушуватися здатність ґрунту до відновлення природних параметрів, не має бути грубих залишкових деформацій, за яких відновлення ґрунту утруднене. Вплив знаряддя на ґрунт не повинний

перевищувати його структурної стійкості.

Пропоновані заходи сприятимуть зближенню позицій ґрунтознавців, агрономів, інженерів-механіків та розв'язанню багатьох наявних проблем у взаєминах між ними. Ураховання ґрунтово-технологічних умов у конструюванні й експлуатації МТА безсумнівно сприятиме екологізації землеробської галузі, тобто гармонізації взаємодії між МТА і ґрунтом, зменшенню або усуненню фізичної (машинної) деградації ґрунтів.

Бібліографія

1. База даних «Свойства почв Украины» (структура и порядок использования)/Т.Н. Лактионова, В.В. Медведев, К.В. Савченко и др. Изд. 2-е. — Х.: ЦТ № 1, 2012. — 150 с.

2. Кушнарєв А.С. Механика почв: задачи и состояние работ//Механизация и электрификация сельского хозяйства. — М., 1987. — № 3. — С. 9–13.

3. Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми дії ходових систем на ґрунт: ДСТУ 4521:2006/В.Г. Євгенко, Т.Є. Ліндіна, В.В. Медведєв, В.Г. Цибулько. — К.: Держспоживстандарт України, 2007. — 4 с.

4. Dumas W.T. Controlling traffic in creases cotton yields/W.T. Dumas, F.A. Komurer, K.A. Smith//Highlights Agr. Res. — 1972. — V. 19. — 2. — P. 16.

5. Durr H. Literaturstudie Bodenverdichtung/H.J. Durr, H. Petelkau, C. Sommer//Institut für Betriebslehre der Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft Braunschweig-Volkenrode (Fal). — 1995. — 203 s.

6. Geophysical Methods for Imaging Soil Compaction and Variability of Soil Texture on Farm Land/H. Petersen, H. Fleige, W. Rabbel, R. Horn//Advances in Geocology 38

«Soil Managing for Sustainability», Catena Verlag GmbH, 35447, Reiskirchen, Germany. — 2006. — P. 261–272.

7. Hakansson I. Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence-consequences-counter measures. Uppsala Swedish University of Agricultural Sciences/I. Hakansson//Report of Soils Sciences Department. — 2005. — 109. — P. 153.

8. Horn R. Prediction of the mechanical strength and ecological properties of subsoils for a sustainable landuse/R. Horn, H. Fleige//Proc. of the workshop «Experiences with the impact of subsoil compaction». Uppsala. — Sweden, 2000. — P. 109–121.

9. Soils studies in the laboratory are helping solve problems in the fields//Furrow. — 1976. — V. 81, Iss. 6. — P. 16–17.

10. Tijink F.G.J., van den Linden. Engineering approaches to prevent subsoil compaction in cropping system with sugar beet/F.G.J. Tijink, van den Linden//Advances in Geocology. — 2001. — V. 32. — P. 442–452.

Надійшла 31.12.2015.