

УДК 633.63:631.51

Іванишин В.В.¹*д.е.н., професор, ректор***E-mail:** vvivanushyn@gmail.com**Рудь А.В.¹***доктор філософії в галузі технічних наук, професор, завідувач кафедри
кафедра сільськогосподарських машин і механізованих технологій***E-mail:** anatoliy.rudj@gmail.com**Мошенко І.О.¹***технік першої категорії**кафедра сільськогосподарських машин і механізованих технологій***E-mail:** io.moschenko@gmail.com¹ *Подільський державний аграрно-технічний університет
Кам'янець-Подільський, Україна*

ВИЗНАЧЕННЯ ПЕРЕУЩІЛЬНЕННЯ ҐРУНТІВ У ГОСПОДАРСТВАХ ЗАХІДНОЇ ЧАСТИНИ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Анотація

Проаналізовано проблему зниження родючості ґрунтів від нераціонального застосування інтенсивних технологій, енергетичних засобів, технологічних машин і агрегатів які руйнують діють на ґрунт, посилюють водну та вітрову ерозію. Розкрито негативний вплив багаторазових переміщень машинно-тракторних агрегатів по полю, що призводить до засального ущільнення ґрунтів. Запропоновані заходи із запобігання переущільнення ґрунтів ходовими системами машинно-тракторних агрегатів.

Проаналізовано причини утворення плужної підшови при оранці ґрунтів, її негативну дію на рослини сільськогосподарських культур та заходи щодо запобігання утворення плужної підшови та її знищення.

Розкрито методику дослідження переущільнення ґрунтів пенетрометрами різних типів: пружинними, ударними та ручними пенетрометрами фірм Eijkelkamp Agrisearch Equipment (Нідерланди) і DICKEJ-john (США). Запропонована номограма переведення показів манометра пенетрометра DICKEJ-john з одиниць PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри.

Запропоновані критичні значення опору пенетрації ґрунту, при яких затруднено проникнення коренів рослин в ґрунт, дана візуальна характеристика стану ґрунту при різній його компактності, а також приведені числові та якісні параметри ґрунту при різній його компактності.

Приведені результати дослідження просторового варіювання опору пенетрації ґрунту на полях науково-виробничого центру «Поділля» Подільського державного аграрно-технічного університету, які були отримані у березні 2017 року.

Ключові слова: ґрунт, переущільнення, ходові системи, плужна підшова, пенетрометр, опір пенетрації.

Вступ. Високопродуктивні сільськогосподарські землі вибувають з використання навіть у вологозабезпечених зонах. Катастрофічне зниження родючості ґрунту пояснюється нераціональним застосуванням нових технологій, енергетичних засобів, технологічних машин і агрегатів, які руйнують діють на ґрунт і посилюють водну та вітрову ерозію.

Інтенсивний механічний обробіток ґрунту з використанням важких тракторів і сільськогосподарських машин надмірно ущільнюють ґрунт. Найбільшій деформації під час проходів тракторів піддається верхній шар ґрунту 0...15 см [1].

Проблема ущільнення ґрунту полягає в наступному: ущільнені ґрунти значно більш тверді та важкі в обробітку; ущільнення обмежує природне управління ґрунтом водою, затримуючи воду біля поверхні (утворення водяних «блюдець») і обмежує здатність рослин до підняття вологи і поживних речовин з нижніх шарів ґрунту; ущільнена зона не дозволяє ефективно використовувати добрива та пестициди і якщо вони не поглинаються, то можуть бути легко змиті, що веде до зниження врожаїв сільськогосподарських культур; в ущільнених ґрунтах знижується швидкість повітрообміну і мінералізації азоту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як показує літературний аналіз [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7] інтенсифікація сільськогосподарського виробництва веде до збільшення кількості проходів машинно-тракторних агрегатів по полю. Практично всі сільськогосподарські трактори ущільнюють ґрунт на значну глибину. Проходи ходових систем важких машинно-тракторних агрегатів по розпушеному і зволоженому ґрунті досить шкідливі тому що вібрація рушіїв і високий тиск в шинах істотно збільшують загальну площу ущільнення поля.

Несприятливі фактори, що ведуть до переущільнення ґрунту, негативно впливають на водно-фізичні властивості ґрунту: зростає його щільність і твердість на глибину 30...120 см, знижується швидкість надходження в ґрунт атмосферної вологи, зменшується її доступність для розвитку кореневої системи рослин. Спостерігається зниження врожаю на 15...45% при збільшенні або зменшенні об'ємної маси ґрунту від оптимальної на 0,11...0,32 г/см³ [6].

Багаторазові переміщення машинно-тракторних агрегатів по полю призводять до того, що площа, яка покривається рушіями тракторів перевищує площу поля. Кількість проходів по одному і тому ж місцю поля не однакова. При вирощуванні зернових культур понад 30% площі поля зазнає дворазової дії ходових систем тракторів, 20% – шестиразової і 2% – восьмиразової. Поворотні смуги прикочуються рушіями до 20 разів протягом сезону. Значно збільшується об'ємна маса орного і підорного шарів до 1,33...1,46 г/см³, зменшується загальна пористість на 24...26%, при цьому щільність будови ґрунту не відновлюється в наступні роки.

Ущільнення ґрунту перешкоджає проходженню зародкового корінця і погіршує аерацію у період підвищення вологості, що знижує схожість насіння. Коріння рослин на ущільнених ділянках деформоване і до 80% його знаходить в шарі 7...10 см, що зменшує урожайність сільськогосподарських культур.

Ущільнення ґрунту рушіями тракторів спричиняє брилоутворенню під час оранки, що веде до зростання енерговитрат на обробіток і значно погіршує умови підготовки ґрунту до сівби сільськогосподарських культур. На слідах гусеничних рушіїв тракторів опір оранці зростає до 17...27%, колісних – до 45...65%, а транспортних засобів – до 71...92% [5].

Для запобігання переущільнення ґрунту ходовими системами машинно-тракторних агрегатів необхідно: під час ранньовесняного боронування застосовувати тільки гусеничні трактори, що мають значно менший тиск на ґрунт в порівнянні з колісними; застосовувати мінімальний обробіток ґрунту, поєднання операцій, зменшення глибини розпушення, збільшення ширини захвату агрегатів; всі роботи при вирощуванні сільськогосподарських культур проводити при фізичній стиглості ґрунту коли його вологість в межах 20...22%; переважно використовувати гусеничні трактори, обмежувати застосування важких колісних тракторів, а при їх використанні працювати зі здвоєними або строєними колесами і знижених тисках в шинах; виключати проходи сільськогосподарських агрегатів та інших машин по полю без потреби; заправляти агрегати насінням, добривами, пестицидами і паливом тільки на краю поля без заїзду на

нього транспортних засобів; широко застосовувати маршрутизацію руху машинно-тракторних агрегатів при вирощуванні сільськогосподарських культур, тобто більшість технологічних операцій виконувати при рухові агрегатів по одних і тих же коліях; розпушувати і зарівнювати сліди від коліс тракторів і сільськогосподарських машин; на ущільнених ґрунтах бажано проводити глибокий безпліцевий або чизельний обробіток, який забезпечує добре розуцільнення, руйнує плужну підшову і дає можливість нагромаджувати і зберігати вологу в ґрунті; для підвищення стійкості ґрунтів проти ущільнення слід ширше застосовувати звичайні прийоми окультурення (внесення органічних добрив, кальційвмісних меліорантів тощо) і мульчування.

Ґрунт можна розуцільнювати завдяки внесенню органічних добрив, особливо сидератів. Органіка сприяє інтенсивній роботі ґрунтової біоти, яка сприяє поверненню ґрунту до доброго агрегатного стану. При вирощуванні сидератів є можливість отримати більш дешево порівняно з гноєм органічне добриво. Сидерати вирощують безпосередньо в полі, тому виключаються витрати на їх транспортування до місця внесення. По дії на урожай сидерати не уступають традиційним органічним добривам, але витрати на їх виробництво і застосування нижчі, тому вони більш ефективні. Введення їх в систему добрив підвищує рентабельність польових сівозмін на 30...35% [2].

Плужна підшовка – це ущільнений шар ґрунту на границі орного і підорного горизонтів. Вона знижує попадання води в ґрунт, в його підорні шари, викликає перезволоження верхніх шарів і збільшує стікання води з полів навіть при загальному дефіциті вологи. Утворюється плужна підшовка в результаті основного обробітку ґрунту на протязі тривалого часу приблизно на однакову глибину. Під дією ґрунтообробних машин, в основному плугів, проходить ущільнення ґрунту на глибині обробітку. В той же час у результаті тривалого інтенсивного обробітку спостерігається руйнування структури ґрунту, зростає доля пилоподібних частинок. Ці частинки під дією води та інших факторів опускаються вниз по профілю, до рівня ущільненого шару, акумулюються в ньому, закупорюючи пори і міжагрегатні пустоти цього шару, перетворюють його у водостійкий та водонепроникний шар – плужну підшовку, яка погіршує водний, повітряний режим і режим живлення, умови росту та розвитку культурних рослин, знижує їх урожайність.

Порушення газообміну в ґрунті, де значно перевищені показники його щільності, зумовлює зниження інтенсивності виділення вуглекислоти (CO_2) у 1,2...1,8 рази, погіршуючи тим самим забезпеченість рослин «будівельним» матеріалом, яким є вуглець. Крім того, відбувається порушення мікробіологічної активності. Відомі факти, коли за ущільнення ґрунту окремі групи мікроорганізмів, що у звичайних умовах є індиферентними, або нейтральними, стають патогенами (*Micor*, *Fusarium*, *Penicilium*), викликаючи захворювання кореневої системи рослин – кореневі гнилі тощо. При ущільненні ґрунту спостерігається порушення росту кореневої системи рослин. Доведена обернена залежність ваги кореневої системи від щільності ґрунту. Так, за об'ємної маси на рівні $1,5 \text{ г/см}^3$ до 80% коренів розміщується у ґрунтовому шарі 5...10 см [4].

Особливо чутливі до наявності в ґрунті плужної підшовки культури з стрижневою кореневою системою (соняшник, цукрові буряки, ріпак, соя). Переуцільнення ґрунту в орному шарі зумовлює мичкуватість кореневої системи, що спричинює погіршений перебіг фізіологічних процесів росту та розвитку сільськогосподарських культур.

Теоретично пояснюють і практично доказують утворення плужної підшовки наступні факти. У процесі роботи корпусу плуга лезо лемеша затуплюється і затилкова фаска розміщується під від'ємним кутом $-\varepsilon$ до дна борозни, який досягає $10...12^\circ$, а при оранці дуже твердих ґрунтів – до 20° (рис. 1).

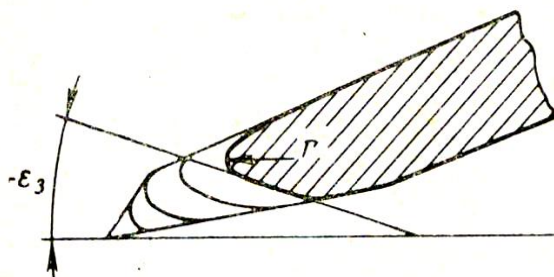


Рис. 1. Зношування леза лемеша при оранці ґрунту

Затилкова фаска леза лемеша ущільнює шар ґрунту висотою h на дні борозни (рис. 2) в результаті чого виникає плужна підшва.

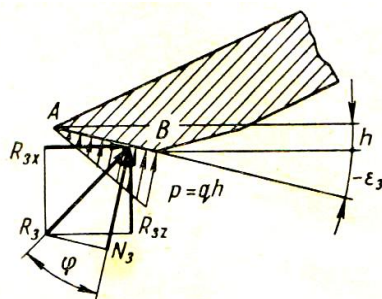


Рис. 2. Силова взаємодія ґрунту і леза лемеша

В результаті взаємодії затилкової фаски леза лемеша з ущільнюваним ґрунтом виникає сила R_3 , а еп'юра нормальних тисків ґрунту на затилкову фаску буде мати форму трикутника. Максимальна сила тиску ґрунту в точці B $p = qh$, де q – коефіцієнт об'ємного змінання ґрунту; h – товщина шару ґрунту, що зминається затилковою фаскою.

Для запобігання утворення плужної підшви та її руйнування необхідна система диференційованого обробітку ґрунту, яка передбачає чергування різноглибинних технологій (полицевою і безполицевою) обробітку ґрунту. Одночасно з полицевим обробітком (оранкою) ґрунту слід ширше використовувати безполицеві знаряддя – чизелі, плуги типу «параплау», глибокорозпушувачі тощо, враховуючи реакцію вирощуваних культур на ці способи обробітку ґрунту. Чизелі, плуги типу «параплау», сучасні глибокорозпушувачі мають значно меншу площу контакту з підорним горизонтом, значно менше і не по всій площині ущільнюють ґрунт та запобігають формуванню плужної підшви.

Нині багато виробників ґрунтообробної техніки приділяють виробництву глибокорозпушувачів значну увагу, тому пропонують широку гаму агрегатів. Зазвичай це чизельні плуги та культиватори-розпушувачі, що рихлять ґрунт на глибину до 45 см.

В Україні виготовлення глибокорозпушувачів і чизелів налагоджено у ТОВ НВП «БілоцерківМАЗ» (тип ГР), ВАТ «Галещина, машзавод» (тип АЧН), ТОВ «Краснянське СП «Агромаш»» (тип ЧГ) та інших. Вони адаптовані під серійні трактори вітчизняного виробництва та країн близького і далекого зарубіжжя. Провідними світовими виробниками такого типу знарядь є компанії John Deere та Wil-Rich (США), Maschio (Італія),

Agrisem та Gregoire Besson (Франція), Hatzenbichler (Австрія) та інші [10].

Мета. Дослідження переуцільнення ґрунтів в господарствах західної частини Лісостепу України.

Методологія дослідження. Визначення опору penetрації виконують спеціальними приладами – пенетрометрами. При втисканні конусного зонда (рис. 3, а) в ґрунт проходять процеси ущільнення ґрунту, деформації зсуву, а також тертя металу до ґрунту. Отриманий параметр несе в собі різноманітну інформацію але переважно він важливий як самостійна величина – опір penetрації.

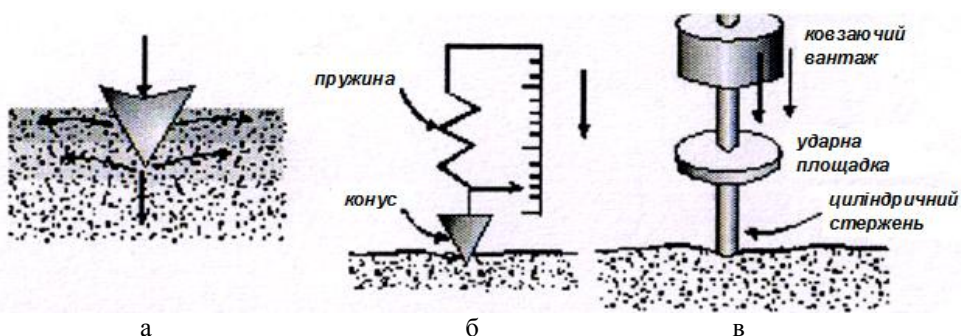


Рис. 3. Схема втискання конічного штампа пенетрометра (а) в ґрунт і основні типи пенетрометрів: пружинний (б) і ударного типу (в)

В результаті при використанні пенетрометрів експериментально визначається сила втискання штампа в ґрунт. Цю силу можна виміряти за допомогою пружини як в пенетрометрі МВ-2 (рис. 4) або конструкції Н.А. Качинського (рис. 5).

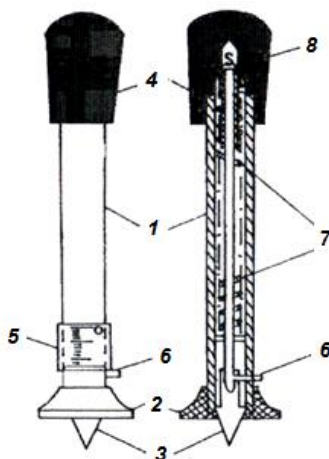


Рис. 4. Мікропенетрометр МВ-2: 1 – корпус; 2 – опорний диск; 3 – плунжер; 4 – ручка; 5 – циліндричний повзун; 6 – шпилька з'єднання плунжера зі штоком; 7 – пружина; 8 – гайка регулювання

Мікропенетрометр МВ-2 призначений для польового і лабораторного вимірювання опору penetрації ґрунтів. Максимальний хід плунжера 26 мм.

Твердомір (пенетрометр) Н.А. Качинського (рис. 5) револьверного типу – плунжер втискається в ґрунт силою пружини, що розтискається.

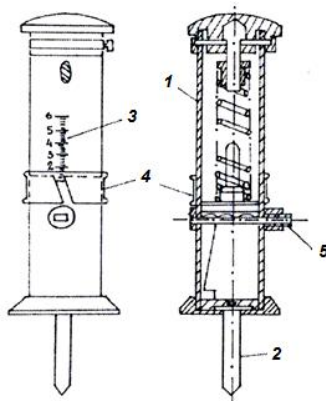


Рис. 5. Твердомір конструкції Н.А. Качинського: 1 – корпус; 2 – плунжер; 3 – шкала; 4 – рухоме кільце (показчик); 5 – фіксатор

При роботі твердоміра Н.А. Качинського використовуються два плунжери: циліндричний – дослідження ґрунтів на стискання; конічний – дослідження ґрунтів на розклинювання.

Під час підготовки пенетрометрів до роботи найвідповідальнішою процедурою є їх тарування. Встановлюється відповідність між масою вантажів, що навантажують пружину з відповідними позначками шкали приладу.

Недоліком використання пенетрометрів МВ-2 і Н.А. Качинського є те, що в кожному окремому випадку їх застосування необхідно готувати місце на глибині проведення дослідження. Цих недоліків позбавлені ручні пенетрометри фірм Eijkelkamp Agrisearch Equipment (Нідерланди) і DICKEY-john (США) (рис. 6).

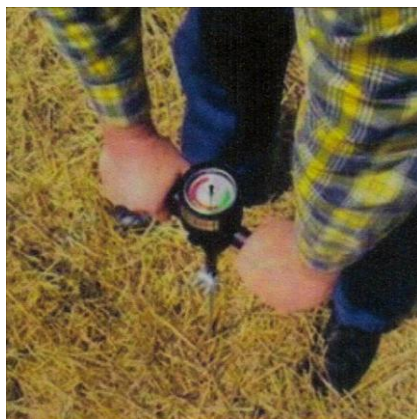


Рис. 6. Пенетрометр фірми DICKEY-john під час penetрації ґрунту

Пенетрометр фірми DICKEY-john, який закуплений кафедрою сільськогосподарських машин і механізованих технологій Подільського державного

аграрно-технічного університету, призначений для вимірювання компактності ґрунту. В комплект обладнання входять: основний елемент, манометр, дві металеві деталі – наконечники – як для твердих, так і для більш легких ґрунтів. На циферблаті манометра нанесені дві шкали (для двох різних наконечників), які розмічені у фунтах на квадратний дюйм (PSI). Кольорами на індикаторі умовно позначені зони компактності: зелений сектор, жовтий сектор, червоний сектор. Так, в зеленому секторі коренева система рослин сільськогосподарських культур розвивається добре, у жовтому - середньо, а в червоному - погано.

Найбільш оптимальний час для дослідження пенетрометром це початок весни або період гарного зволоження ґрунту. Для цього необхідно здійснити обхід конкретної ділянки поля і дослідити чи однакові показники компактності ґрунту в різних частинах цього поля.

Пенетрометр необхідно застосовувати перед основним обробітком ґрунту для виявлення плужної підшви, величини ущільнення ґрунту та глибини залягання ущільненого ґрунту, а також після основного обробітку ґрунту для перевірки відсутності плужної підшви. Для більш точного вимірювання характеристик плужної підшви ґрунту треба зробити декілька тестів в однакових умовах.

Для проведення досліджень необхідно нагвинтити на шток один із двох металевих наконечників, визначити, яку саме ділянку поля потрібно перевіряти, встановити шток приладу з наконечником на ґрунт і плавно натискати на ручки приладу так, щоб металевий шток входив у ґрунт рівномірно, до тих пір, поки не натрапить на плужну підшву або за її відсутності заглибиться на всю довжину штока в ґрунт. По циферблату манометра визначити величину компактності ґрунту за кольором або конкретне значення компактності ґрунту по шкалі в одиницях PSI.

Для переведення показів манометра пенетрометра в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри пропонуємо аналітичну залежність

$$T_m = 0,068 T_a, \quad (1)$$

де T_m – твердість переущільненого ґрунту, кг/см²; 0,068 – перевідний коефіцієнт, кг/см²/PSI; T_a – твердість переущільненого ґрунту, PSI (фунт на квадратний дюйм).

При визначеній твердості ґрунту знаходимо тяговий опір ґрунтообробного знаряддя, скориставшись формулою

$$P = fG + mT_c ab, \quad (2)$$

де P – тяговий опір ґрунтообробної машини, кг; f – коефіцієнт тертя ґрунту по сталі; G – вага ґрунтообробної машини, кг; m – співвідношення між питомим опором і твердістю ґрунту (для більшості ґрунтів $m = 0,014$); T_c – середня твердість шару ґрунту, що обробляється, кг/м²; a – глибина обробітку ґрунту, м; b – ширина захвату ґрунтообробної машини, м.

Результати. Для спрощення переведення показів манометра пенетрометра в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри пропонуємо номограму (рис. 7).

Традиційно, при дослідженні ґрунтів на їх ущільнення, крім опору penetрації використовують термін «твердість ґрунту». Це терміни-аналогі, але використання терміну «опір penetрації» більш фізично реально, так як «твердість ґрунту» – опір матеріалу втисканню – не є постійною фізичною величиною, а є складною властивістю, що залежить, як від міцності та пластичності ґрунту так і від методу вимірювання.

Критичним значенням опору penetрації, при якому затруднено проникання коренів рослин в ґрунт і рослини починають помітно реагувати, вважається величина біля 3 МПа (≈ 30 кг/см²).

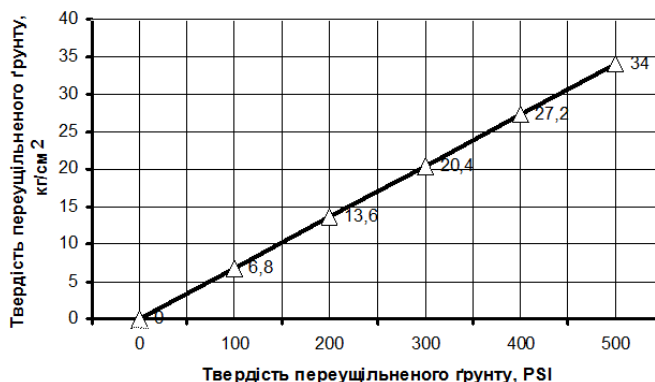


Рис. 7. Номограма переведення показів манометра пенетрометра з одиниць PSI (фунт на квадратний дюйм) в одиниці метричної міри

Візуальна характеристика стану ґрунту при різній його компактності представлена на рисунку 8.



Добрий стан **Задовільний стан** **Поганий стан**
З елений колір шкали **Жовтий колір шкали** **Червоний колір шкали**

Рис. 8. Візуальна характеристика стану ґрунту.

Характеристики ґрунту та їх вплив на розвиток кореневої системи рослин сільськогосподарських культур представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Числові та якісні характеристики ґрунту

Колір шкали	Тиск, необхідний для проникнення в ґрунт			Характеристика розвитку кореневої системи рослин сільськогосподарських культур
Зелений	0...200 PSI	0...13,6 кг/см ²	0...1,36 МПа	Можливий добрий розвиток кореневої системи рослин.
Жовтий	200...300 PSI	13,6...20,4 кг/см ²	1,36...2,04 МПа	Можливий достатній розвиток кореневої системи рослин.
Червоний	Більше 300 PSI	20,4 і більше кг/см ²	2,04 і більше МПа	Розвиток кореневої системи рослин неможливий.

Здійснюючи такі тести на різних ділянках поля, точно визначають глибину залягання плужної підшви та її товщину.

Зелений колір шкали – ґрунт містить велику кількість макро- і мікро- пор. Структура ґрунту дуже добра.

Жовтий колір шкали - кількість макро- і мікропор значно менша. Структура ґрунту задовільна.

Червоний колір шкали – пори відсутні. Ґрунт представляє собою ущільнений масивний безструктурний кусок з гладкою поверхнею.

Критичні значення опору penetрації для різних типів ґрунтів представлені в таблиці 2.

Таблиця 2. Оцінка переущільнення ґрунтів за критичними значеннями опору penetрації

Показник	Критичні значення опору penetрації для відповідних класів ґрунтів за гранулометричним складом					
	Глина	Важкий суглинок	Середній суглинок	Легкий суглинок	Супісок	Пісок
Опір penetрації, МПа	2,78-3,19	3,21-3,71	3,72-4,22	4,48-5,08	5,39-5,52	5,96-6,15
Діапазон вологості, % до маси	27,9-24,1	24,2-19,1	18,2-16,1	15,2-12,9	13,1-12,8	11,3-10,8

Якщо реальна вологість ґрунту вище приведеного діапазону до вимірюваного значення опору penetрації слід прибавити 0,25 МПа, а якщо нижча – відняти 0,25 МПа.

Наслідком залежності твердості ґрунту від багатьох ґрунтових і екологічних факторів є висока варіабельність цього показника. Особливо це відноситься до поверхневих горизонтів, де на значення опору penetрації окрім впливу природніх факторів впливає антропогенна дія людини.

Аналіз топоізоплет значень опору penetрації ґрунту на різних глибинах (рис. 9), який був визначений за допомогою ручного пенетрометра фірми DICKEJ-john на полях науково-виробничого центру «Поділля» Подільського державного аграрно-технічного університету, показав, що значним варіюванням значень твердості ґрунту характеризуються поверхневі горизонти ґрунту.

Чітко виявлено вплив обробітку ґрунту на глибині 20-25 см, де чергування розпушених і ущільнених зон відповідає напрямку руху сільськогосподарської техніки. Більш глибокі шари ґрунту, глибше 30 см, вже не взаємодіяли з корпусами плуга і, як наслідок, спостерігається підвищена однорідність опору penetрації ґрунту досліджуваної ділянки.

Висновки і перспективи. 1. Багатократне проходження ходових систем машинно-тракторних агрегатів і транспортних засобів веде до переущільнення орного та підорного ґрунтів, що погіршує розвиток рослин сільськогосподарських культур, особливо їх корневих систем, веде до змивання верхнього родючого шару ґрунту, добрив та пестицидів, збільшує енерговитрати на подальший обробіток ґрунту.

2. Затилкова фаска лез лемешів корпусів плугів та лез лап культиваторів веде до утворення плужної підшви, переущільнення шару ґрунту на глибині обробітку, знижує інфільтрацію гравітаційної води в нижні шари ґрунту і підйом підземної води у верхні та кореневмісні шари ґрунту і, як наслідок, зниження врожайності сільськогосподарських культур.

3. Пенетрометр, це прилад агронома-виробничника і агронома-дослідника для визначення та дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту як об'єкту обробітку агротехнологічного використання при вирощуванні продукції рослинництва.

4. З допомогою пенетрометра можна виявити факт переущільнення ґрунту як в орному так і підорному шарі. Факт переущільнення ґрунту в точці вимірювання фіксується знаходженням стрілки манометра в червоному секторі внутрішньої чи

зовнішньої шкали приладу в залежності від розмірів встановленого конічного наконечника (1/2 дюйма (1,2") чи 3/4 дюйма (3/4")) при зануренні штока в ґрунт.

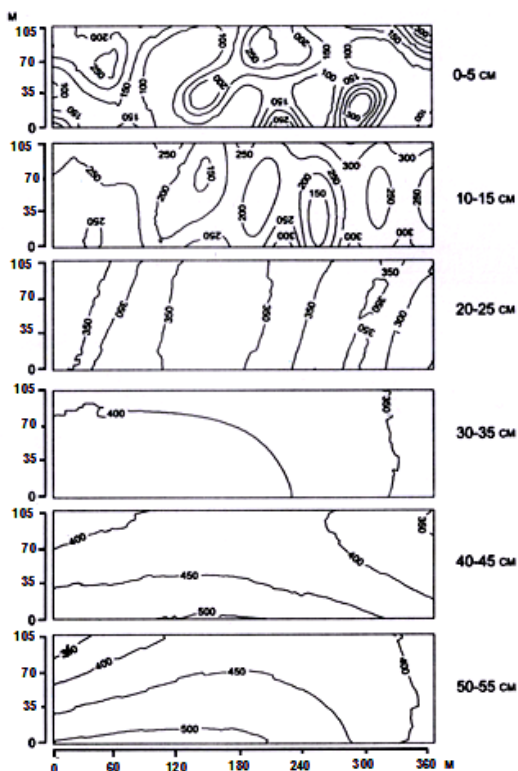


Рис. 9. Просторове варіювання опору penetрації ґрунту в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) на полях науково-виробничого центру «Поділля» Подільського державного аграрно-технічного університету у березні 2017 року

5. За допомогою penetрометра можна визначити глибину залягання переуцільненого шару ґрунту і товщину шару (шарів). Для цього на штокові penetрометра нанесені трьохдюймові мітки від основи конусу наконечника до верхньої його частини (манометра). Для переведення дюймової міри в метричну необхідно користуватися співвідношенням: 1 дюйм (1") складає 25,4 мм або 2,54 см або 0,0254 м.

6. За допомогою penetрометра можна визначити величину переуцільнення ґрунту, тобто його твердість, шляхом зчитування значення твердості в одиницях PSI (фунт на квадратний дюйм) з внутрішньої чи зовнішньої шкали приладу в залежності від розмірів встановленого конічного наконечника (1/2 дюйма (1,2") чи 3/4 дюйма (3/4")). Для переведення американської міри твердості ґрунту в метричну необхідно користуватися співвідношенням: 1 PSI відповідає $0,068 \text{ кг/см}^2$, а 1 кг/см^2 відповідає 14,7 PSI.

7. За результатами дослідження і визначення фізико-механічних параметрів ґрунту вибирають машинно-тракторний ґрунтообробний агрегат та встановлюють його на глибину обробітку на 3...5 см більшу ніж максимальна глибина залягання переуцільнених шарів ґрунту для забезпечення запланованої урожайності вирощуваних сільськогосподарських культур.

Список використаних джерел

1. Іванишин В.В., Рудь А.В., Мошенко І.О. та ін. Рекомендації з використання тестера (пенетрометра) для дослідження компактності ґрунту / За ред. А.В. Рудя. Кам'янець-Подільський, ПДАТУ, 2016. 15 с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д. Г. Войтюк, В. М. Швайко та ін. ; За ред. С. С. Яцуна. Київ : Мета, 2003. 448 с.
3. Синеоков Г.Н. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин. Москва : Машиностроение, 1977. 328 с.
4. Медведев В.В. Физические свойства и глубина залегания плужной подошвы в разных типах почв. *Почвоведение*. 2011. № 11. С. 1487-1495.
5. Рудь А.В., Мошенко І.О., Бурдега В.Ю., Іліяшик В.В., Михайлова Л.М. Дослідження переущільнення ґрунту та засоби механізації для його розуцільнення. *Збірник наукових праць ПДАТУ*. 2014. Випуск 22. С. 377-385.
6. Пенетромтр DICKEY-john – механический тестер проверки проницаемости почвы. Запорожье, Полетехника, 2011. 4 с.
7. Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін. Проектування сільськогосподарських машин / за ред. І.М. Бендери, А.В. Рудя. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисін О.В., 2011. 640 с.
8. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування / За ред. М.Л. Черновола. Кн.1. Машини для рільництва. Київ : Урожай, 2001. 384 с.

*Дата надходження статті до редакції : 09.09.2017
Рецензування 06.10.2017 Прийняття в друк : 14.12.2017*

Ivanyshyn V.V.¹

Dr.Sc. (Economics), Professor, Rector

E-mail: vvivanyshyn@gmail.com

Rud A.V.¹

Doctor of Philosophy (Technical Sciences)

Department of Agricultural Machines And Mechanized Technologies

E-mail: anatoliy.rudj@gmail.com

Moshenko I.O.¹

Technician of the first category

Department of Agricultural Machines and Mechanized Technologies

E-mail: io.moschenko@gmail.com

¹*State Agrarian and Engineering University in Podilya
Kamianets-Podilskyi, Ukraine*

DETERMINATION OF SOIL OVERCONSOLIDATION AT FARM UNITS OF WESTERN PART OF UKRAINIAN FOREST-STEPPE

Abstract

The paper reports on research into reducing soil fertility due to irrational application of intensive technologies, energy means, technological machines and aggregates that destroy the soil, intensify water and wind erosion. The paper concentrates on negative influence of multiple displacements of machine and tractor aggregates at the field that leads to soil panning. The prevention measures for preconsolidation caused by machine and tractor undercarriage are proposed.

We consider the process of plough-pan formation, its negative influence on crops, prevention measures for plough-pan formation and its destroying.

The study investigates this issue by applying the research method of overconsolidated soil studying with the help of consistometers of spring, shock and manual type made by Eijkkamp Agrisearch Equipment (the Netherlands). The article provides the scheme of monogram for transferring the manometer DICKEY-john

penetrometer characteristics in PSI (psi per square inch) in metric measure unit.

The critical values of penetration resistance of the soil that causes the difficulties in root penetrating in the soil are determined; a visual characteristic of the soil in terms of different soil density is given. Number and quality parameters of soil density are identified.

The results of the study of the spatial variation of soil penetration resistance at the fields of Scientific and Production Centre of State Agrarian and Engineering University in Podilya in March, 2017 are presented.

Keywords: *soil, plough-pan, running systems, preconsolidation, penetrometer, penetration resistance.*

References

1. Rud, A.V. (Ed.) (2016). *Rekomendaciy z vikoristanja testera (penetrometra) dlya doslidzenja kompaktnosti gruntu* [Recommendations for using a tester (penetrometer) to study the compactness of the soil]. Kamianets-Podilskiy, PDATU. [in Ukr.]
2. Jazun, S. S. (Ed.) (2003). *Mechaniko-technologichni vlastivosti silskogospodarskikh materialiv* [Mechanical and technological properties of agricultural materials]. Kyiv : Meta. [in Ukr.]
3. Sineokov, G.N. (1977). *Teoriya i rastchot potchvoobrabativajutчих mashin* [Theory and calculation of tillage machines]. Moskow : Mashinostroenie. [in Russ.]
4. Medvedev, V.V. (2011). *Fizicheskie svojstva i glubina zaleganiya pluznoy podoshvi v raznich tipach potchv* [Physical properties and depth of occurrence of the plow sole in different types of soils]. *Potchvovedenie*, 11, 1487-1495. [in Ukr.]
5. Rud, A.V., Moshenko, I.O., Burdeha, V.Iu., Iiiashyk, V.V., & Mykhailova, L.M. (2014). *Doslidzenja pereutchnennja gruntu ta zasobi mehanizacii dlya jogo rozutchnenja* [Investigation of soil re-compacting and means of mechanization for its dissolution]. *Zbirnyk naukovykh prats PDATU*, 22, 377-385. [in Ukr.]
6. *Penetrometr DICKEY-john – mehanicheskiy tester proverki pronizaemosti potchvi* (2011). Zaporozje : Poletehnika. [in Ukr.]
7. Bendera I.M., Rud A.V. (Eds.) (2011). *Proektuvanya silskogospodarskikh mashin*. Kamyanets-Podilskiy: FOP Sisyn O.V. [in Ukr.]
8. Tchernovol, M.L. (Ed.) (2001). *Silskogospodarski mashini: teoretichni osnovi, konstrukcija, roektuvanja*. Kyiv : Urozaj.

Received: September 09, 2017

Revision: October 08, 2017 Accepted: December 14, 2017