

ЗМІНА АГРОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЧОРНОЗЕМУ ЗВИЧАЙНОГО ПІД ВПЛИВОМ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНІ ТА НА РЕКУЛЬТИВОВАНИХ ЗЕМЛЯХ В УМОВАХ СТЕПУ УКРАЇНИ

О. І. Циліурик¹, В. І. Чорна¹, О. О. Гаврюшенко¹, Л. М. Десятник²

¹Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, 49600, Україна

²Державна установа Інститут зернових культур НААН України, вул. Володимира Вернадського, 14, м. Дніпро, 49009, Україна

Встановлено, що на початку весняно-польових робіт, незалежно від системи обробітку ґрунту, щільність орного шару (0–30 см) була в межах 1,09–1,32 г/см³. У разі мілкового мульчувального обробітку внаслідок зменшення глибини розпушування до 12–14 та 14–16 см відмічалось деяке ущільнення 0–30 см шару ґрунту (на 0,02–0,14 г/см³). Між пористістю та щільністю ґрунту існує обернено пропорційна залежність, тобто, чим вищі показники щільності, тим менший об'єм пор у ґрунті. Підвищити пористість (до 54,3 %) і поліпшити аерацію ґрунту (30,3–32,4 %) можна за рахунок основного обробітку ґрунту (особливо оранки і чизельного розпушування) та пожнивних решток, що в свою чергу зумовлює розуцільнення ґрунту та утворення в ньому більшої кількості пор.

На кінець вегетації польових культур простежувалося закономірне ущільнення ґрунту внаслідок дії природних і техногенних факторів, як результат – об'єм пор зменшився в середньому на 2,7–5,7 % на фоні полицевої і диференційованої системи обробітку та на 1,5–3,5 % – мілкового безполицевого розпушування. Більш пористий ґрунт на фоні полицевої і диференційованої системи обробітку навесні та впродовж вегетаційного періоду завжди інтенсивніше ущільнювався порівняно з мілким безполицевим.

З'ясовано, що в умовах рекультивованих земель показники загальної пористості, шпаруватості аерації в конструкції з родючим шаром зонального ґрунту за тривалого використання останнього поступово збільшувалися (52,5→59,2→60,3 %), проте із завершенням інтенсивного використання багаторічних агроценозів знижувалися до 56,4 %. В моделі з лесоподібними суглинками закономірності були подібні. В конструкціях із глинами простежувалося збільшення показників загальної пористості та шпаруватості аерації порівняно з первинно сформованими техноземами.

Ключові слова: польові культури, система обробітку ґрунту, щільність, пористість, чизельний обробіток ґрунту, дискування, насипний родючий шар.

Сучасна теорія обробітку ґрунту базується на обґрунтованому узгодженні агрофізичних властивостей ґрунту і потреб вирощуваних польових культур. Тому основою будь-якого способу та системи обробітку ґрунту є одержання оптимальних параметрів пористості, щільності, твердості, структур-

ного стану, оскільки між цими показниками існує нерозривний зв'язок і вони значно впливають на вологозабезпеченість, родючість і протиерозійну стійкість ґрунту до антропогенних і агротехнічних чинників [1–4].

Щільність складення – один із важливих показників будови ґрунту. Це динаміч-

Інформація про авторів:

Циліурик Олександр Іванович, завідувач кафедри рослинництва, доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, e-mail: tsilurik_alexander@ukr.net, тел. + 38097-580-85-67, <https://orcid.org/0000-0002-7479-8401>

Чорна Валентина Іванівна, доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри екології, e-mail: v. ch49@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8815-130X>

Гаврюшенко Олександр Олександрович, канд. с.-г. наук, доцент кафедри загального землеробства та ґрунтознавства, e-mail: agrosoil982@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-5319-9365>

Десятник Лідія Модестовна, канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник, зав. лаб. сівозмін та природоохоронних систем обробітку ґрунту, e-mail: lidades1957@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4087-5146>

ний показник, який великою мірою залежить від гранулометричного складу, вмісту органічної речовини, структури і вологості ґрунту, біологічних особливостей культур, агро-технічних заходів [5–6].

Еталоном щільності ґрунту, за даними В. В. Медведева [5], є перелогі. На цілині практично повністю відсутній антропогенний вплив. Визначення щільності на цілинних землях в заповіднику “Асканія-Нова” свідчить про те, що протягом 30 років показники її були стабільними і незмінними [6]. У 0–20 см шарі ґрунту щільність наближалася до $1,0 \text{ г/см}^3$, в 20–40 см становила $1,15\text{--}1,22 \text{ г/см}^3$, 40–70 см – майже $1,30 \text{ г/см}^3$, а в 70–100 см – не більше $1,34 \text{ г/см}^3$. Ці значення можна визнати як найбільш характерні та еталонні для чорноземів південних в неперушеному стані (рівноважна щільність). По оранці, поряд з цілиною, щільність 60–80 см шару була значно вищою – на $0,3 \text{ г/см}^3$ і більше, що пояснюється значним впливом антропогенних чинників на ґрунт.

Рівноважна щільність ґрунту не завжди співпадає з оптимальною, тобто кожна сільськогосподарська культура залежно від своїх біологічних особливостей по-різному реагує на ущільнення ґрунту. Оптимальною вважається така щільність, коли продуктивність вирощуваної культури найбільша. Так, за даними В. В. Медведева [5, 7] оптимальна щільність ґрунту для пшениці озимої $1,10\text{--}1,35 \text{ г/см}^3$, ячменю ярого – $1,05\text{--}1,35$, кукурудзи – $1,05\text{--}1,30$, соняшника – $1,00\text{--}1,35 \text{ г/см}^3$, а в цілому по культурах оптимальні її значення становлять $1,00\text{--}1,45 \text{ г/см}^3$ [8].

Технічно рекультивовані землі мають щільність складення набагато вищу, ніж неперушені. Так, щільність складення гірських порід, які в процесі видобутку корисних копалин стають відвалами, менша, внаслідок чого збільшується загальна пористість. У процесі рекультивації цей показник постійно змінюється. Ущільнення гірських порід особливо сильно проявляється при високій вологості. В цьому випадку породи легко піддаються деформаціям, ущільнюються і стають менш придатними для виконання гірничо-технічного етапу і вирощування сільськогосподарських культур [9].

Так, М. О. Бекаревич [9] повідомляє, що при нанесенні родючого шару ґрунту на

сплановані відвали гірських порід у дослідах в умовах Запорізького марганцеворудного кар’єру гірничо-збагачувального комбінату ім. Орджонікідзе, щільність родючого шару чорноземної маси була оптимальною при вирощуванні сільськогосподарських культур – $1,25 \text{ г/см}^3$, а щільність неперушеного чорнозему на глибині 1,5 м – $1,48 \text{ г/см}^3$. Вчений стверджує, що з часом щільність складення насипного гумусованого шару зменшується, оскільки йдуть процеси розущільнення під впливом рослинності та інших чинників.

Урівноважити щільність ґрунту можна шляхом внесення органічних і мінеральних добрив та залишення рослинних решток попередника, тобто за рахунок заходів, які підвищують родючість. Оптимальний рівень щільності можливо підвищити на $0,1\text{--}0,2 \text{ г/см}^3$ і більше. Щільність складення також значно залежить від вологості ґрунту і разом з тим зволоження орного шару суттєво визначається його щільністю. У результаті висушування зволоженого ґрунту до найменшої вологості відбувається його ущільнення. За даними П. К. Іванова і Л. І. Коробової щільність ґрунту зростає тільки до 70 % НВ, а потім починається зворотний процес [10].

У різних ґрунтово-кліматичних умовах і в межах невеликих територій щільність складення ґрунту дещо різниться, тому в літературних джерелах часто трапляються суперечливі твердження щодо оптимальних показників щільності. Виходячи з цього, на нашу думку, дослідження зі з’ясування цього питання слід поглиблювати.

Щільність в наших дослідженнях залежала, насамперед, від способу основного обробітку ґрунту під польові культури і в паровому полі, кількості поживних решток попередника та якості їх загортання, хімічного, мінералогічного складу і дисперсності розкритих гірських порід, техногенної суміші генетичних горизонтів зонального чорнозему [11–16].

Мета дослідження – встановлення впливу систем основного обробітку ґрунту на щільність та пористість чорноземів на рівнинних ділянках і техногенно порушених землях з наступним визначенням оптимального варіанту розпушування ґрунту.

Матеріали і методи дослідження. Експериментальну частину роботи проводили

протягом 2001–2017 рр. згідно із загальноприйнятою методикою дослідної справи в довгострокових стаціонарних дослідах Державного підприємства «Дослідне господарство «Дніпро» Інституту сільського господарства степової зони НААН (тепер Державна установа Інститут зернових культур НААН) та на спеціально створеній в процесі гірничо-технічної рекультивації зовнішнього відвалу марганцевого кар'єру ділянці науково-дослідної станції з рекультивації земель Дніпровського державного аграрно-економічного університету і гірничо-збагачувального комбінату ім. Орджонікідзе поблизу м. Орджонікідзе Нікопольського р-ну Дніпропетровської обл. (Азово-Причорноморська південно-степова провінція, 47°39'N, 34°08'E).

Дослідженнями в стаціонарному досліді № 1 передбачалося вивчити в двох короткоротаційних сівозмінках: чистий пар – пшениця озима – ячмінь ярий і чистий пар – пшениця озима – соняшник ефективність різних способів основного обробітку ґрунту в полі чистого пару (чорний, ранній) після соняшника і ячменю: 1. *Полицевий* (25–27 см) – ПО-3-35, ПЛН-4-35; 2. *Плоскорізний* (12–14 см) – КР-4,5, або КШН-5,6 "Резидент"; 3. *Чизельний* (25–27 см) – канадським чизель культиватором ConserTillPlow з С-подібними підпружиненими стійками і напівгвинтовими наральниками-чизелями шириною 90 мм з відстанню між ними 45 см і плоскими дисками діаметром 515 мм, встановленими під прямим кутом через кожні 20 см; 4. *Дисковий* (мульчувальний) (8–10 см) – БДВ-3.

Внесення добрив проводили відповідно до ґрунтової діагностики, тобто залежно від умісту в ґрунті елементів живлення в період вегетації культур. Догляд за чорним паром базувався на засадах мінімізації і різноглибинного обробітку ґрунту від 10–12 см навесні до 6–8 см перед сівбою пшениці. Догляд за раннім паром після проведення основного обробітку навесні по типу чорного.

Схема стаціонарного досліді № 2 включала 5-пільну сівозмінку: чистий пар – пшениця озима – соняшник – ячмінь ярий – кукурудза на зерно. В сівозміні проводили вивчення ефективності систем полицевого, диференційованого та мульчувального обробітків ґрунту з загальнофоновим залишенням післяжнивних решток вирощуваних польо-

вих культур. Основний обробіток ґрунту під пшеницю озиму по пару проводили полицевим плугом ПО-3-35 на глибину 25–27 см (контроль), безполицевий (дисковий) – важкими дисковими боронами БДВ-3 на 10–12 см та безполицевий (плоскорізний) весняний обробіток (ранній пар) – комбінованим агрегатом КШН-5,6 «Резидент» на 12–14 см. Схема досліді також передбачала 3 фони удобрення: 1) без добрив + післяжнивні рештки попередника; 2) $N_{30}P_{30}K_{30}$ + післяжнивні рештки попередника; 3) $N_{60}P_{30}K_{30}$ + післяжнивні рештки попередника. Мінеральні добрива вносили навесні розкидним способом під передпосівну культивування. Агротехніка вирощування пшениці озимої у досліді – загальноприйнята для зони Степу. Всі експериментальні дослідження проводили відповідно до загальноприйнятих методик.

Результати дослідження. Щільність будови ґрунту в першому стаціонарному досліді з паром різнилася залежно від його виду, строків визначення, агротехнічних заходів. Після основного обробітку восени ґрунт мав мінімальну щільність. Незважаючи на досить тривалий період від проведення основного обробітку восени до початку весняно-польових робіт, впродовж якого ґрунт самоущільнюється, різниця в показниках щільності орного шару по варіантах досліді була досить помітною. Найменшою вона була на фоні полицевого обробітку – 1,15–1,16 г/см³, дещо більшою – чизельного – 1,19–1,22 г/см³, що можна пояснити наявністю на даному агрофоні гребенів без розпушування. На ділянках раннього пару, де визначення показників навесні проводили до обробітку ґрунту, щільність досягала 1,23–1,26 г/см³. З поглибленням ущільнення орного шару збільшувалося, особливо у варіантах з раннім паром і дисковим мульчувальним обробітком. Для мілкового обробітку характерне ущільнення нижнього прошарку орного шару (20–30 см) – в середньому до 1,29–1,31 г/см³ (табл. 1). На початку визначення на фоні пару щільність ґрунту не перевищувала оптимальних значень (1,3 г/см³) в орному шарі 0–30 см і становила 1,15–1,26 г/см³. На кінець запровадження пару мало місце деяке ущільнення ґрунту (на 0,03–0,06 г/см³), особливо нижнього шару (10–20 і 20–30 см) внаслідок дії антропогенних (тиск коліс сільсько-

господарської техніки) і природних чинників (земне тяжіння, удари дощових крапель).

На час сівби пшениці озимої по пару відмічалися певні зміни будови ґрунту порівняно з весняним періодом, зокрема зниження щільності у 0–10 см шарі до 1,05–1,10 г/см³, що є природним, зважаючи на проведення періодичних культивувань пару. Щодо шару ґрунту 10–20 і 20–30 см, мала місце тенденція до збільшення щільності ґрунту.

Відомо, що рослини пшениці озимої негативно реагують як на дуже щільну, так і на надмірно пухку будову ґрунту. Тому для реалізації потенційних можливостей цієї ку-

льтури оптимальні показники для чорнозему звичайного в 0–10 см шарі ґрунту повинні становити 1,00–1,15 г/см³, а 10–30 см – 1,15–1,30 г/см³. З огляду на ці вимоги, щільність ґрунту перед сівбою озимини по пару в більшості випадків коливалась у межах оптимальних значень і в орному шарі 0–30 см становила 1,18–1,24 г/см³.

На фоні раннього пару процеси набуття ґрунтом рівноважного стану йшли більш динамічно. Після ячменю ярого, де на поверхні поля було залишено 2,0–2,5 т/га подрібненої соломи, відмічалось поступове розущільнення чорнозему по усьому профілю орно-

1. Щільність ґрунту на фоні різних способів обробітку чистого пару після ячменю та соняшника

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Щільність ґрунту на фоні пару, г/см ³	
		на початку	в кінці
Пар після ячменю (середнє за 2005–2009 рр.)			
Дисковий (мульчувальний)	0–10	1,12	1,08
	10–20	1,25	1,28
	20–30	1,29	1,30
	0–30	1,22	1,22
Чизельний	0–10	1,10	1,06
	10–20	1,22	1,24
	20–30	1,26	1,31
	0–30	1,19	1,20
Полицевий	0–10	1,07	1,05
	10–20	1,16	1,23
	20–30	1,22	1,27
	0–30	1,15	1,18
Плоскорізний (ранній пар)	0–10	1,18	1,10
	10–20	1,29	1,27
	20–30	1,31	1,29
	0–30	1,26	1,22
НІР ₀₅ , г/см ³ , для шару 0–30 см		0,09	0,07
Пар після соняшника (середнє за 2005–2009 рр.)			
Чизельний	0–10	1,12	1,09
	10–20	1,26	1,28
	20–30	1,28	1,32
	0–30	1,22	1,23
Полицевий	0–10	1,09	1,08
	10–20	1,21	1,23
	20–30	1,21	1,27
	0–30	1,16	1,19
Плоскорізний (ранній пар)	0–10	1,15	1,10
	10–20	1,27	1,29
	20–30	1,29	1,33
	0–30	1,23	1,24
НІР ₀₉₅ , г/см ³ , для шару 0–30 см		0,08	0,1

го шару при догляді за паром. Після соняшника щільність 10–30 см шару ґрунту в кінці запровадження пару помітно зростала і в окремі роки (2005, 2006) перевищувала гранично допустимі значення 0,05–0,06 г/см³.

Приблизно така ж тенденція відмічалася у другому стаціонарному досліді в 2010–2015 рр. на фоні пару, де попередником була кукурудза. Тут ґрунт після основного обробітку восени мав мінімальну щільність, а

протягом осінньо-зимового періоду самоущільнювався і на початку весняно-польових робіт набував рівноважного стану (табл. 2).

На відміну від пару після соняшника і ячменю відмічалася менша щільність ґрунту на початку запровадження пару (1,09–

2. Щільність ґрунту залежно від способів обробітку чистого пару після кукурудзи в середньому за 2010–2015 рр., г/см³

Обробіток ґрунту	Шар ґрунту, см	Щільність ґрунту на фоні пару, г/см ³	
		на початку	в кінці
Полицевий	0–10	1,04	0,84
	10–20	1,10	1,04
	20–30	1,12	1,14
	0–30	1,09	1,01
Дисковий	0–10	1,05	1,00
	10–20	1,22	1,30
	20–30	1,24	1,29
	0–30	1,17	1,20
Плоскорізний (ранній пар)	0–10	1,09	0,99
	10–20	1,24	1,25
	20–30	1,34	1,29
	0–30	1,22	1,18
НІР _{0,95} , г/см ³ , для шару 0–30 см		0,06	0,05

1,22 г/см³) і в кінці – 1,01–1,20 г/см³, це пояснюється проведенням міжрядних обробітків в посівах кукурудзи на початку вегетації, які зумовлювали розущільнення верхнього шару ґрунту, а також більшою кількістю рослинних решток і вищими вихідними запасами вологи на початку запровадження пару. В цілому, як і в першому досліді, зі збільшенням глибини орного шару щільність поступово підвищувалася до 1,12–1,24 г/см³. В орному шарі (0–30 см) найнижчі її показники були за полицевого обробітку – 1,09 г/см³, а по ранньому пару закономірно збільшувалися до 1,22 г/см³. В кінці запровадження пару відмічалася помітне розущільнення орного шару внаслідок постійних культивацій і надходження великої кількості рослинних решток кукурудзи (8–10 т/га) у верхній шар ґрунту (0–10 та 10–20 см).

В першому стаціонарному досліді в посівах зернових культур на початку польових робіт в орному шарі (0–30 см) незалежно від системи обробітку ґрунту щільність не перевищувала умовно допустиму межу для пшениці озимої 1,00–1,35 г/см³, ячменю ярого 1,05–1,35 г/см³ і відповідно становила 1,30; 1,14 г/см³ [5]. На ділянках після соняшника щільність ґрунту дорівнювала 1,15 г/см³ при оптимальній її величині для цієї культури 1,00–1,45 г/см³ (табл. 3).

Слід відмітити деяке ущільнення ґрунту за мілкого безполицевого розпушування (на 0,02–0,12 г/см³), що пояснюється змен-

шенням глибини обробітку (12–14 см) порівняно з полицевою оранкою на 25–27 см.

На кінець вегетації культур ґрунт закономірно ущільнювався на 0,02–0,08 г/см³ і набував таких значень, як 1,28–1,32 г/см³ у разі полицевої системи та 1,33–1,36 г/см³ – мілкого безполицевого розпушування. В осінньо-зимовий період внаслідок зволоження та промерзання ґрунту щільність знову характеризувалася оптимальними показниками для вирощування польових культур.

В другому стаціонарному досліді, навесні перед сівбою, у сівозміні щільність посівного шару ґрунту (0–10 см) була порівняно невисокою і становила по оранці 1,02–1,11 г/см³. Деяко вищі її показники були при застосуванні важких дискових борін, плоскорізних і чизельних знарядь в системі диференційованого (1,05–1,17 г/см³) та мульчувального обробітків (1,09–1,20 г/см³). В шарі ґрунту 10–20 та 20–30 см щільність збільшувалася і становила відповідно 1,09–1,32 та 1,12–1,35 г/см³. Найбільш ущільненим ґрунт виявився в посівах ячменю ярого (після соняшника) на фоні дискового обробітку та соняшника (після озимини) – мілкого плоскорізного розпушування скиби (див. табл. 4). В посівах пшениці озимої на час відновлення весняної вегетації щільність ґрунту перевищувала агрофони із зяблевою оранкою, при цьому її показники мало різнилися по профілю орного шару та способах обробітку ґрунту і були в межах оптимальних значень для

**3. Вплив систем обробітку на щільність ґрунту під польовими культурами, г/см³
(в середньому за 2005–2009 рр.)**

Культура (фактор А)	Шар ґрунту, см	Системи обробітку ґрунту (фактор В)			
		весною на початку польових робіт		в кінці вегетації культури	
		полицева	мілка (безполицева)	полицева	мілка (безполицева)
Сівозміна: зерно-паро-просапна					
Пшениця озима	0–10	1,28	1,31	1,31	1,32
	10–20	1,30	1,32	1,32	1,34
	20–30	1,31	1,34	1,33	1,35
	0–30	1,30	1,32	1,32	1,33
Соняшник	0–10	1,05	1,16	1,25	1,34
	10–20	1,13	1,28	1,30	1,37
	20–30	1,28	1,31	1,30	1,38
	0–30	1,15	1,25	1,28	1,36
НР _{0,5} , г/см ³ (шар 0–30 см)		для: фактора А	0,08	0,04	
		фактора В	0,02	0,02	
		взаємодії АВ	0,10	0,05	
Сівозміна: зерно-парова					
Пшениця озима	0–10	1,27	1,31	1,31	1,33
	10–20	1,31	1,32	1,33	1,34
	20–30	1,32	1,33	1,33	1,36
	0–30	1,30	1,32	1,32	1,34
Ячмінь ярий	0–10	1,06	1,19	1,29	1,33
	10–20	1,16	1,30	1,32	1,34
	20–30	1,19	1,31	1,31	1,34
	0–30	1,14	1,26	1,31	1,34
НР _{0,95} , г/см ³ (шар 0–30 см)		для: фактора А	0,05	0,01	
		фактора В	0,03	0,02	
		взаємодії АВ	0,07	0,03	

**4. Вплив систем обробітку на щільність ґрунту під різними культурами, г/см³
(в середньому за 2010–2015 рр.)**

Система обробітку ґрунту (фактор А)	Шар ґрунту, см	Весною на початку польових робіт (фактор В)				В кінці вегетації культури (фактор В)			
		пшениця озима	соняш- ник	ячмінь ярий	куку- рудза	пшениця озима	соняш- ник	ячмінь ярий	куку- рудза
		Полицева	0–10	1,30	1,07	1,04	1,02	1,31	1,20
10–20	1,31		1,14	1,14	1,09	1,31	1,30	1,31	1,26
20–30	1,31		1,30	1,16	1,16	1,33	1,28	1,27	1,28
0–30	1,31		1,17	1,12	1,09	1,32	1,26	1,29	1,24
Диферен- ційована	0–10	1,32	1,11	1,06	1,05	1,34	1,24	1,25	1,22
	10–20	1,32	1,28	1,17	1,10	1,35	1,28	1,29	1,26
	20–30	1,33	1,30	1,23	1,21	1,35	1,30	1,29	1,30
	0–30	1,32	1,23	1,15	1,12	1,34	1,27	1,27	1,26
Мульчувальна	0–10	1,30	1,16	1,17	1,12	1,32	1,34	1,32	1,31
	10–20	1,30	1,31	1,28	1,29	1,33	1,35	1,36	1,33
	20–30	1,28	1,29	1,25	1,27	1,34	1,32	1,29	1,33
	0–30	1,29	1,26	1,23	1,23	1,33	1,34	1,32	1,32
НР _{0,95} , г/см ³ , (0–30 см)		для: фактора А	0,01	0,01		0,01			
		фактора В	0,03	0,04		0,04			
		взаємодії АВ	0,04	0,05		0,05			

цієї культури (1,29–1,32 г/см³).

Впродовж літнього періоду посівний шар ґрунту (0–10 см) в полі чистого пару під впливом періодичних культивацій розуцільнювався, тому на час сівби озимини щільність ґрунту дорівнювала 0,84–1,00 г/см³. В

нижній частині орного шару, навпаки, спостерігалось збільшення цих значень.

Щодо посівів соняшника, простежувалася чітка тенденція до підвищення щільності ґрунту під час збирання урожаю порівняно з весняним її визначенням. Особливо це

5. Динаміка агрофізичних властивостей базових моделей техноземів у разі тривалого сільськогосподарського освоєння та використання (шар ґрунту 0–20 см)

Варіант конструкцій техноземів	Щільність складення, г/см ³	Щільність твердої фази, г/см ³	Загальна пористість, %	Шпаруватість аерації, %	Коефіцієнт шпаруватості, К _п
1973 рік (після формування поверхні дослідного поля)*					
1. Родючий шар зонального ґрунту (технічна суміш горизонтів Н та НР) ***	1,22 (1,19–1,28)	2,57 (2,55–2,58)	52,5 (49,8–53,1)	37,5 (36,2–38,1)	1,11 (1,07–1,16)
2. Лесоподібні суглинки	1,24 (1,21–1,31)	2,66 (2,63–2,67)	53,3 (52,6–54,2)	35,3 (33,8–36,1)	1,14 (1,11–1,19)
3. Суміш червоно-бурих глин і суглинків	1,37 (1,28–1,39)	2,68 (2,66–2,69)	48,8 (46,4–49,1)	25,7 (23,8–26,3)	0,95 (0,86–0,97)
4. Сіро-зелені мергелясті глини	1,42 (1,36–1,44)	2,70 (2,67–2,70)	47,4 (45,2–48,7)	26,1 (25,4–26,8)	0,91 (0,84–0,93)
1982 р. *					
1. Родючий шар зонального ґрунту (технічна суміш горизонтів Н та НР)	1,04 (1,03–1,11)**	2,55 (2,53–2,56)	59,2 (58,1–59,4)	44,1 (42,6–44,5)	1,45 (1,33–1,48)
2. Лесоподібні суглинки	1,09 (1,07–1,14)	2,64 (2,62–2,66)	58,7 (58,8–59,3)	43,1 (43,8–44,2)	1,42 (1,38–1,49)
3. Суміш червоно-бурих глин і суглинків	1,26 (1,21–1,29)	2,67 (2,64–2,69)	52,8 (46,4–49,1)	34,9 (32,4–35,2)	1,12 (1,07–1,13)
4. Сіро-зелені мергелясті глини	1,28 (1,23–1,30)	2,71 (2,68–2,72)	52,7 (51,2–53,4)	34,5 (32,7–34,6)	1,11 (1,05–1,13)
1996 р. *					
1. Родючий шар зонального ґрунту (технічна суміш горизонтів Н та НР)	1,01 (0,97–1,07)	2,55 (2,54–2,58)	60,3 (58,5–60,9)	45,1 (39,5–42,4)	1,51 (1,27–1,38)
2. Лесоподібні суглинки	1,13 (1,11–1,19)	2,66 (2,62–2,68)	57,5 (56,4–58,1)	40,3 (38,1–40,8)	1,35 (1,27–1,37)
3. Суміш червоно-бурих глин і суглинків	1,31 (1,24–1,33)	2,65 (2,63–2,66)	50,5 (48,9–51,4)	28,1 (27,2–29,3)	1,02 (0,96–1,18)
4. Сіро-зелені мергелясті глини	1,34 (1,23–1,36)	2,69 (2,65–2,70)	50,1 (49,2–51,7)	27,8 (25,8–28,7)	1,01 (0,99–1,14)
2017 р.					
1. Родючий шар зонального ґрунту (технічна суміш горизонтів Н та НР)	1,12 (1,08–1,17)	2,57 (2,55–2,58)	56,4 (55,8–56,6)	40,4 (38,6–41,1)	1,29 (1,22–1,31)
2. Лесоподібні суглинки	1,21 (1,18–1,22)	2,66 (2,63–2,67)	54,5 (53,7–56,2)	37,2 (36,9–38,9)	1,19 (1,17–1,24)
3. Суміш червоно-бурих глин і суглинків	1,23 (1,20–1,25)	2,68 (2,66–2,69)	54,1 (52,8–55,1)	36,5 (34,4–37,2)	1,17 (1,12–1,19)
4. Сіро-зелені мергелясті глини	1,23 (1,19–1,26)	2,70 (2,67–2,70)	54,4 (53,7–55,7)	36,9 (35,5–37,2)	1,19 (1,13–1,21)

* За даними М. Д. Горобця (1973); М. Т. Масюка (1982); В. О. Забалуєва (1996). ** Варіювання показників.

*** Технічна суміш горизонтів Н – гумусового, НР – верхнього перехідного генетичних горизонтів чорнозему.

стосується верхнього (0–10 см) шару ґрунту на фоні мілкого безполицевого і чизельного обробітків. По оранці найбільш помітні зміни в бік збільшення щільності ґрунту характерні для шару 10–20 см (1,31 проти 1,12 г/см³ при сівбі олійної культури).

На порушених землях основні агрофізичні властивості ґрунтової маси і розкритих гірських порід Нікопольського марган-

цевого родовища наведені у таблиці 5. З її даних видно, що агрофізичні показники досліджуваних субстратів суттєво різняться, оскільки при конструюванні техноземів в подальшому це набуває важливого значення.

Для дослідження змін та властивостей різних конструкцій техноземів за 40-річний період сільськогосподарського освоєння і використання були враховані едафічні характе-

ристики первинно сформованих техноземів.

За довгого сільськогосподарського освоєння і використання різних моделей техноземів протягом 1973–2017 рр. в конструкції, представленій родючим шаром зонального ґрунту (2012 р.), щільність була $1,12 \text{ г/см}^3$, що на $0,10 \text{ г/см}^3$ менше порівняно з 1973 р. В моделі з лесоподібними суглинками відмічалося розуцільнення верхнього шару на $0,15$ (1982 р.) та $0,11 \text{ г/см}^3$ (1996 р.).

У варіантах із сумішшю червоно-бурих глин і суглинків та сіро-зеленою глиною розуцільнення становило $0,14$ і $0,19 \text{ г/см}^3$ відповідно. Такі зміни зумовлені тривалим вирощуванням бобово-злакових трав, зернових культур і обробіткою ґрунту. Щільність твердої фази практично не зазнала змін. Показники загальної пористості, шпаруватості аерації в конструкції з родючим шаром зонального ґрунту за тривалого використання поступово збільшувалися ($52,5 \rightarrow 59,2 \rightarrow 60,3 \%$), проте із завершенням інтенсивного використання багаторічних полікомпонентних агроценозів зменшилися до $56,4 \%$. В моделі з лесоподібними суглинками процес був аналогічним. В конструкціях із глинами мало місце збільшення показників пористості та шпаруватості аерації порівняно з первинно сформованими техноземами.

Довготривалими дослідженнями встановлено, що щільність складення в конструкції, яка представлена родючим шаром зонального ґрунту, у разі тривалого використання становила $1,12 \text{ г/см}^3$ в 2017 р., що на $0,10 \text{ г/см}^3$ менше порівняно з 1973 р.

Бібліографічний список

1. Сайко В.Ф., Малієнко А. М. Системи обробітки ґрунту в Україні. Київ: ВД ЕМКО, 2007. 44 с.
2. Лебідь Є. М., Цилорик О. І. Відтворення родючості чорноземів та продуктивність короткоротаційних сівозмін Степу залежно від системи мульчування обробітки ґрунту. *Бюл. Ін-ту с.-г. степ. зони НААН України*. 2014. № 6. С. 8–14.
3. Цилорик О. І., Горобець А. Г., Шапка В. П. Чизельний обробіток ґрунту під ячмінь ярий в північному Степу. *Бюл. Ін-ту с.-г. степ. зони НААН України*. 2013. № 4. С. 14–17.
4. Цилорик О. І., Судак В. М., Шапка В. П. Продуктивність короткоротаційної сівозміни залежно від системи обробітки ґрунту на фоні суцільного мульчування післязливними рештками. *Бюл. Ін-ту с.-г. степ. зони НААН України*. 2015. № 8. С. 66–72.
5. Медведев В. В., Лындина Т. Е., Лактионова Т. Н. Плотность сложения почв (генетический, экологический и агрономический аспекты), Харьков. Изд-во 13 типография. 2004. 244 с.

Висновки. На початку весняно-польових робіт, незалежно від систем обробітки ґрунту, щільність орного шару (0–30 см) коливалася в межах $1,09$ – $1,32 \text{ г/см}^3$, тобто умови для росту і розвитку всіх досліджуваних польових культур були сприятливими. На фоні мілкового мульчування обробітки внаслідок зменшення глибини розпушування до 12–14 та 14–16 см мало місце деяке ущільнення 0–30 см шару ґрунту (на $0,02$ – $0,14 \text{ г/см}^3$), але перевищення оптимальних показників щільності для вирощування культур не відмічалося.

Між пористістю і щільністю ґрунту існує обернено пропорційна залежність, тобто, чим вищі показники щільності, тим менший об'єм пор у ґрунті. Підвищити пористість (до $54,3 \%$) та поліпшити аерацію ґрунту ($30,3$ – $32,4 \%$) можна за рахунок основного обробітки ґрунту (особливо оранки і чизельного розпушування) і пожнивних решток, що в свою чергу зумовлює розуцільнення ґрунту та сприяє більшому утворенню в ньому пор.

В умовах рекультивованих земель встановлено, що загальна пористість та шпаруватість аерації в конструкції з родючим шаром зонального ґрунту за тривалого використання останнього поступово зростала ($52,5 \rightarrow 59,2 \rightarrow 60,3 \%$), проте з закінченням інтенсивного використання багаторічних полікомпонентних агроценозів знижувалися до $56,4 \%$. В моделі з лесоподібними суглинками процес був майже такий. В конструкціях з глинами простежувалося збільшення загальної пористості та шпаруватості аерації порівняно з первинно сформованими техноземами.

6. Гордієнко В. П. Ґрунтова волога. Сімферополь: Підприємство Фенікс, 2008. 368 с.
7. Медведев В. В. Мониторинг почв Украины. Концепция, предварительные результаты, задачи. Харьков. Антиква, 2002. 428 с.
8. Медведев В. В., Лактионова Т. М. Ґрунтово-технологічні вимоги до ґрунтообробних знарядь і ходових систем машино-тракторних агрегатів Харків. КП Друкарня № 13, 2008. 68 с.
9. Бекаревич Н. Е., Горобець Н. Д., Кабаненко В. П. ... Узбек И. Х. Возделывание зерновых культур на опытных рекультивированных участках с насыпным слоем чернозема. *Рекультивация земель: тр. ДСХИ*. Днепропетровск, 1974б. Т. 26. С. 106–139.
10. Иванов П. К., Коробова Л. И. Плотность почвы и плодородие. *Теоретические вопросы обработки*

почв: сб. Ленинград, 1969. Вып. 2. С. 45–49.

11. Цилюрик О. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичні властивості та водний режим ґрунту. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2009. № 71. С. 31–36.
12. Горбатенко А. І., Горобець А. Г., Цилюрик О. І. Вплив способів основного обробітку чистого пару на агрофізичний стан ґрунту і урожайність озимої пшениці. *Бюл. Ін-ту зерн. госп-ва*. 2010. № 38. С. 40–45.
13. Гаврюшенко О. О. Вивчення та обґрунтування динаміки деяких едафічних характеристик рекультивованих земель при довготривалій фітомеліорації на прикладі Нікопольського марганцеворудного басейну. *Таврійський наук. вісн.* Херсон, 2013. Вип. 84. С. 37–41.
14. Гаврюшенко О. О. Обґрунтування динаміки щільності складання моделей техноземів при сільськогосподарському освоєнні в умовах Нікопольського марганцеворудного басейну. *Вісн. аграр. науки Причорномор'я*, 2013. Вип. 3 (73). С. 149–154.
15. Tsyliuryk, A. I., Tkalic, Yu. I., Masliiov, S. V., Kozechko, V. I. (2017). Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine. *Ukrainian J. of Ecology*, 7 (4), 511–516. doi: 10.15421/2017_153
16. Tsyliuryk, A. I., Kozechko, V. I. (2017). Effect of mulching tillage and fertilization on maize growth and development in Ukrainian Steppe. *Ukrainian J. of Ecology*, 7 (3), 50–55. doi: 10.15421/2017_48

References

1. Saiko, V. F., Malienko, A. M. (2007). *Systemy obrobіtku ґрунту v Ukraini* [Tillage systems in Ukraine]. Kyiv: VD EMKO. 44 p. [in Ukrainian]
2. Lebid, E. M., Tsyliuryk, O. I. (2014). Reproduction of chernozem fertility and productivity of short-rotation crop rotations of the Steppe depending on the system of mulching tillage. *Biuletēn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the steppe zone of NAAS of Ukraine], 6. 8–14. [in Ukrainian]
3. Tsyliuryk, O. I., Gorobets, A. G., Shapka, V. P. (2013). Chisel tillage for spring barley in the northern steppe. *Biuletēn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the steppe zone of NAAS of Ukraine], 4. 14–17. [in Ukrainian]
4. Tsyliuryk, O. I., Sudak V. M., Shapka V. P. (2015). Productivity of short-rotation crop rotation depending on the system of tillage against the background of continuous mulching with post-harvest residues. *Biuletēn Instytutu silskoho hospodarstva stepovoi zony NAAN Ukrainy* [Bulletin of the Institute of Agriculture of the steppe zone of NAAS of Ukraine], 8. 66–72. [in Ukrainian]
5. Medvedev, V. V., Lyndina, T. E., Laktionova, T. N. (2004). *Plotnost slozheniya pochv (henetycheskyi, ekolohycheskyi y ahronomycheskyi aspekty)* [Density of soil composition (genetic, ecological and agronomic aspects)]. Kharkov: Publishing house 13 printing house. 244 p. [in Russian]
6. Gordienko, V. P. (2008). *Gruntova voloha* [Soil moisture]. Simferopol: Phoenix Enterprise, 368 p. [in Ukrainian]
7. Medvedev, V. V. (2002). *Monytorynh pochv Ukrainy. Kontseptsiya, predvartelnye rezultaty, zadachy* [Monitoring of soils of Ukraine. Concept, preliminary results, tasks]. Kharkov: Antiqua. 428 p. [in Russian]
8. Medvedev, V. V., Laktionova, T. M. (2008). *Gruntovo-tekhnologichni vymohy do gruntoobrobnykh znariad i khodovykh system mashyno-traktornykh ahrehativ* [Soil and technological requirements for tillage implements and running systems of machine-tractor units]. Kharkiv: KP Drukarnia № 13. 68 p. [in Ukrainian]
9. Bekarevich, N. Ye., Gorobets, N. D., Kabanenko, V. P., Uzbek, I. Kh. (1974). *Vozdelyvanye zernovykh kultur na opytnykh rekulytyrovannykh uchastkakh s nasypnym sloem chernozema. Re-kulytvatsiia zemel* [Cultivation of grain crops on experimental reclaimed plots with a bulk layer of chernozem. Land reclamation]: works Dnipropetrovsk State Agricultural University. Dnepropetrovsk, 26, 106–139. [in Russian]
10. Ivanov, P. K., Korobova, L. I. (1969). Soil density and fertility. *Teoretycheskye voprosy obrabotky pochv* [Theoretical issues of soil cultivation], 2. 45–49. [in Russian]
11. Tsyliuryk, O. I. (2009). Influence of methods of basic processing of pure steam on agrophysical properties and water regime of soil. *Ahrokhimiia i ґрунтознавство* [Agrochemistry and soil science], 71. 31–36. [in Ukrainian]
12. Gorbatenko, A. I., Gorobets, A. G., Tsyliuryk, O. I. (2010). Influence of methods of basic cultivation of pure steam on agrophysical condition of soil and productivity of winter wheat. *Biuletēn Instytutu zernovoho hospodarstva* [Bulletin of the Institute of Grain Management], 38. 40–45. [in Ukrainian]
13. Gavryushenko, O. O. (2013). Study and substantiation of dynamics of some edaphic characteristics of reclaimed lands during long-term phytomelioration on the example of Nikopol manganese ore basin. *Tavriiskyi naukovyi visnyk* [Taurian Scientific Bulletin], 84. 37–41. [in Ukrainian]
14. Gavryushenko, O. O. (2013). Substantiation of dynamics of density of drawing up of models of technosols at agricultural development in the conditions of the Nikopol manganese ore basin. *Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomor'ia* [Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Region], 3 (73). 149–154. [in Ukrainian]
15. Tsyliuryk, A. I., Tkalic, Yu. I., Masliiov, S. V., Kozechko, V. I. (2017). Impact of mulch tillage and fertilization on growth and development of winter wheat plants in clean fallow in Northern Steppe of Ukraine. *Ukrainian J. of Ecology*, 7 (4), 511–516. doi: 10.15421/2017_153
16. Tsyliuryk, A. I., Kozechko, V. I. (2017). Effect of mulching tillage and fertilization on maize growth and development in Ukrainian Steppe. *Ukrainian J. of Ecology*, 7 (3), 50–55. doi: 10.15421/2017_48

Цилюрик А. И., Черная В. И., Гаврюшенко А. А., Десятник Л. М. Изменение агрофизических свойств чернозема обыкновенного под влиянием обработки почвы в севооборотах и на рекультивированных землях в условиях Степи Украины. *Зерновые культуры*. 2021. Т. 5. № 1. С. 115–124.

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, ул. Сергея Ефремова, 25,

г. Днепр, 49600, Украина

Государственное учреждение Институт зерновых культур НААН, ул. Владимира Вернадского, 14,

г. Днепр, 49009, Украина

Установлено, что в начале весенне-полевых работ, независимо от системы обработки почвы, плотность пахотного слоя (0–30 см) была в пределах 1,09–1,32 г/см³. В случае мелкой мульчирующей обработки вследствие уменьшения глубины рыхления до 12–14, 14–16 см имело место некоторое уплотнение 0–30 см слоя почвы (на 0,02–0,14 г/см³). Между пористостью и плотностью почвы существует обратно пропорциональная зависимость, то есть, чем выше показатели плотности, тем меньше объем пор в почве. Повысить пористость (до 54,3 %) и улучшить аэрацию почвы (30,3–32,4 %) можно за счет основной обработки почвы (особенно вспашки и чизельного рыхления) и пожнивных остатков, что в свою очередь приводит к разуплотнению почвы и образования в нем большего количества пор.

К концу вегетации полевых культур наблюдалось закономерное уплотнение почвы в результате действия природных и техногенных факторов, как результат – объем пор уменьшился в среднем на 2,7–5,7 % при отвальной и дифференцированной системах обработки и на 1,5–3,5 % – мелко-безотвального рыхления. Более пористая почва на фоне отвальной и дифференцированной систем обработки весной и в течение вегетационного периода всегда интенсивнее уплотнялась по сравнению с мелкой безотвальной.

Установлено, что в условиях некультивированных земель показатели общей пористости, скважности аэрации в конструкции с плодородным слоем зональной почвы при длительном использовании последнего постепенно увеличивались (52,5 → 59,2 → 60,3 %), однако с завершением интенсивного использования многолетних агроценозов снижались до 56,4 %. В модели с лесоподобными суглинками закономерности были подобными. В конструкциях с глинами наблюдалось увеличение показателей общей пористости и скважности аэрации по сравнению с первично сформированными техноземами.

Ключевые слова: полевые культуры, система обработки почвы, плотность, пористость, чизельная обработка почвы, дискование, насыпной плодородный слой.

Tsyliuryk O. I., Chorna V. I., Gavryushenko O. O., Desiatnyk L. M. Change of agrophysical properties of ordinary chernozem under the tillage in crop rotation and on recultivated land in the steppe zone of Ukraine. *Grain Crops*. 2021. 5 (1). 115–124.

Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhii Yefremov St., Dnipro, 49600, Ukraine

SE Institute of Grain Crops of National Academy of Agrarian Sciences, 14, Volodymyr Vernadskyi Str.,

Dnipro, 49009, Ukraine

It is found that 0–30 cm arable layer density was in the range from 1.09 to 1.32 g/cm³ regardless of the tillage system at the beginning of spring field work. The compaction of 0–30 cm soil layer (by 0.02–0.14 g/cm³) was at the shallow mulching due to the loosening depth reduction to 12–14, 14–16 cm. There is an inversely proportion between soil porosity and density, i.e. the higher density, the lower pore volume in the soil. We can increase the porosity (up to 54.3 %) and improve the soil aeration (30.3–32.4 %) due to the primary tillage (especially plowing and chisel loosening) and crop residues, which leads to soil decompaction and the significant pore formation.

At the end of field crop vegetation, there was a natural compaction of the soil due to natural and technogenic factors. As a result, the pore volume decreased by an average of 2.7–5.7 % under moldboard plowing and differentiated tillage system and by 1.5–3, 5 % – shallow nonmoldboard loosening. In the spring and during the growing season, the compaction of porous soil under the moldboard plowing and differentiated tillage system has always been more intensive compared to shallow nonmoldboard tillage.

It is established that on the recultivated lands the total porosity and aeration porosity indicators in the model with zonal soil at long-term use of fertile layer gradually increased (52.5 → 59.2 → 60.3 %), however with the completion of intensive use of perennial agrocenoses they decreased to 56.4 %. For the model with loess-like loams, the patterns were similar. The increase of total porosity and aeration porosity in model with clays compared with the initially formed technosols was observed.

Key words: field crops, tillage system, density, porosity, chisel tillage, disking, bulk fertile layer.