

УДК 631.459

ВІТРОСТІЙКІСТЬ ҐРУНТІВ У СТЕПОВИХ АГРОЛАНДШАФТАХ УКРАЇНИ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПОГОДНИХ УМОВ ЗИМОВОГО ПЕРІОДУ

С.Г.Чорний, доктор сільськогосподарських наук, професор
О.В.Письменний, аспірант
О.М.Хотиненко, асистент
Миколаївський державний аграрний університет

У статті розглянуто залежність вітростійкості степових ґрунтів від їх властивостей. Визначено вплив на вітростійкість параметрів мікро- та макроструктури та вмісту карбонатів. Навесні, в найбільш дефляційно небезпечний період, вітростійкість визначається кількістю переходів температури повітря через 0°C, що пов'язано з інтенсивністю руйнації вітротривких агрегатів. Визначено певну просторову строкатість вітростійкості ґрунтів та агроландшафту в цілому в регіоні при сучасному потепленні клімату.

Вступ. Вітрова ерозія (дефляція) – складний фізичний процес взаємодії пило-вітряного потоку з підстилаючою поверхнею ґрунту. Дефляція ґрунтів є одним із головних процесів деградації родючості в агроландшафтах Степу України. Непоправну шкоду завдає дефляція властивостям ґрунту, з якого вивіюється найродючіший верхній кількасантиметровий шар. Це зумовлює втрати гумусу та поживних речовин і призводить до значних змін в структурному та гранулометричному складі ґрунтів. Дефляція проявляється в двох формах – в повсякденній дефляції та у вигляді пилової (або чорної) бурі. Повсякденна дефляція реалізується локально найчастіше на піщаних та карбонатних ґрунтах при обробці ґрунту та посівах сільськогосподарських культур і, як правило, не викликає великих втрат ґрунту. Пилові бурі мають катастрофічну руйнівну силу і поширюються на великі площі кількох адміністративних районів або областей. Пилові бурі проявляються, зазвичай, весною

і за короткий час можуть знищити сотні тисяч гектарів ґрунтів та посівів. Зокрема, 22-23 березня 2007 року в степовій зоні України грандіозна пилова буря охопила значну частину Одеської області, всю Миколаївську, Херсонську, Запорізьку область, північ автономної республіки Крим, південні райони Кіровоградської та Дніпропетровської області, західні райони Донецької. Площа, де спостерігалися значні втрати ґрунту, склала приблизно 125 тис. км², що становить майже 20% площі України або 50% площі всієї степової зони країни [8].

Слід відзначити, що процес дефляції ґрунтів є стохастичним процесом, який зумовлюється збігом у часі та просторі двох факторів: високої швидкості вітру, достатньої для підняття в повітря ґрунтових часток, та наявності дефляційно нестійкої поверхні агроландшафтів. У визначення останньої входить відсутність вільної вологи у поверхневому шарі ґрунту, низька грудкуватість поверхневого шару ґрунту, відсутність на поверхні достатньої кількості рослинності та (або) стерньових решток [1]. Із цього переліку кардинальне значення для визначення ступеня дефляційної небезпеки поверхні агроландшафтів у найбільш дефляційно небезпечний період («лютий-травень») має грудкуватість верхнього шару ґрунту (антонім цього терміну – «розпорошеність ґрунту»), яка найбільш повно характеризує його протидефляційні властивості [2]. У спеціальних дослідженнях з цього приводу грудкуватість визначається як вміст на поверхні ґрунту агрегатів крупніше 1 мм. Здатність ґрунтів утворювати механічно міцні агрегати цього розміру пов'язана з їх фізичними і фізико-хімічними властивостями, а також із зовнішніми умовами формування макроструктури [1, 2, 4]. До останніх більшість авторів відносять елементи агротехніки вирощування певної культури (в першу чергу, обробіток ґрунту) та фізіологічні особливості рослин. Якщо перейматися змінами грудкуватості ґрунту з осені до весни, то до факторів, що визначають грудкуватість в цей період, слід віднести також погодні умови зими, які визначають кількість циклів «заморожування-танення». Як визначено

в численних публікаціях російських, аргентинських, канадських та американських авторів [5, 11-14], цей фактор суттєво впливає на грудкуватість та вітростійкість ґрунту.

Методика досліджень. Для вивчення вітростійкості ґрунтів в агроландшафтах степової зони України було закладено кілька десятків моніторингових ділянок у зрошуваних і плакорних агроландшафтах з чорноземами звичайними та південними, а також з темно-каштановими ґрунтами в Миколаївській та Херсонській областях. Чорноземи південні та темно-каштанові ґрунти за гранулометричним складом були важкосуглинковими (вміст фізичної глини – 55-56%), малогумусними (вмісту гумусу – 2-3,3%). Вітростійкість ґрунту визначалася в лабораторній аеродинамічній установці власної конструкції [3], коли певним чином приготовлений ґрунтовий зразок видувався вітро-пиловим потоком із заданою швидкістю за фіксований час. Характеристикою вітростійкості в такому випадку буде та частка ґрунтового зразку в відсотках, яка залишилася після дії на нього штучного потоку вітру. Окрім цього в ґрунтах визначався вміст агрегатів розміром більш 1 мм та менше 0,25 мм за Саввіновим, вміст гумусу за Тюрнімом, вміст CaCO_3 ацидометричним методом, а також стандартні показники гранулометричних та мікроагрегатних властивостей ґрунту. Визначався також вміст агрегованих та неагрегованих часток ґрунту прямим мікроскопуванням [1]. Ґрунтові зразки відбиралися з верхнього (0-3 см) шару нееродованих та еродованих відмін осінню (жовтень) та весною (березень) впродовж 2004-2008 років. Координати моніторингових місць досліджень визначалися за допомогою системи GPS-приймача «Garmin» MAP-60.

Результати досліджень. Аналіз отриманих даних показав, що існує стійкий нелінійний зв'язок між вмістом вітростійких агрегатів (G, %), тобто агрегатів крупніших за 1 мм, та показником вітростійкості (VS, %). Цей зв'язок для умов південних чорноземів та темно-каштанових ґрунтів апроксимується ступеневою залежністю:

$$VS = 0.0082 \cdot G^2 . \quad (1)$$

Коефіцієнт детермінації (r^2) дорівнює **0,89**, що вказує на дуже тісний зв'язок між цими параметрами.

Що стосується інших стандартних ґрунтових показників гранулометричного складу, вмісту гумусу тощо, за допомогою яких різні автори приводять кількісні залежності щодо їх впливу на вітростійкість [9], то нами не було виявлено достатньо тісних зв'язків із цього приводу (табл. 1).

Таблиця 1

Значення коефіцієнтів кореляції між вітростійкістю ґрунту та деякими властивостями ґрунту

Показники	Вітростійкість, %
Вміст макроагрегатів > 1 мм, %	0,80
Вміст макроагрегатів < 0,25 мм, %	-0,41
Вміст ЕГЧ, %	-0,75
Вміст часток < 0,001 при гранулометричному аналізі, %	0,58
Вміст часток < 0,01 при гранулометричному аналізі, %	0,59
Вміст CaCO ₃ , %	0,02
Вміст гумусу, %	0,38

Але одночасно з'ясувалося, що найбільш точним комплексним ґрунтовим показником, який характеризує вітростійкість нееродованих відмін степового ґрунтового покриву в агроландшафтах Півдня України, є вміст ЕГЧ (%), визначених прямим мікроскопуванням [1]. Статистичний аналіз показав, що така залежність має вигляд параболічної функції:

$$VS = -0,0032 \cdot (EGЧ)^2 - 0,456 \cdot (EGЧ) + 70. \quad (2)$$

Коефіцієнт детермінації (r^2) тут дорівнює **0,67**. У той же час, слід зазначити, що ця залежність не є універсальною, тому що охоплює лише визначення вмісту ЕГЧ на нееродованих ґрунтах.

Що стосується вітростійкості еродованих ґрунтів, площа яких в регіоні швидко зростає [10], то їх протидефляційна стійкість буде визначатися скоріш за все не тільки показниками структури, а і вмістом карбонатів. Приорювання карбонатного горизонту, який зазвичай в нееродованих ґрунтах знаходиться на глибині 40-50 см, пересічне явище при сучасних неконтрольованих процесах водної ерозії ґрунтів. Підвищений вміст у ґрунті карбонатів кальцію в еродованих ґрунтах призводить до того, що в умовах інтенсивної мікробіологічної діяльності та насичення ґрунтового повітря і ґрунтового розчину вуглекислим газом він перетворюється в гідрокарбонатну форму $\text{CaH}(\text{CO}_3)_2$. Остання сполука є джерелом катіону кальцію, який поглинається ґрунтово-вбирним комплексом і викликає незворотну коагуляцію ґрунтових колоїдів. У той же час, слід мати на увазі, що коагуляція не є достатньою умовою для створення вітростійких агрегатів. Дослідження цілої низки вчених [2, 4, 7] показало, що межею, після якої агрегати втрачають вітростійкість, є вміст CaCO_3 в 4%. Якщо в ґрунті міститься карбонатів кальцію більше, ніж ця величина, то зменшується не тільки вітростійкість, а і непрямі показники дефляційної небезпеки.

Дослідження, які були проведені на глинистих звичайних чорноземах (табл. 2), дійсно показують на зростання вмісту карбонатів в еродованих ґрунтах та зменшення їх вітростійкості. Причому слід підкреслити, що із зростанням вмісту карбонатів по схилу від нееродованих (незмитих) ґрунтів до середньозмитих та намитих зменшується і грудкуватість, а вміст ЕГЧ зростає. Тобто, дійсно, надлишок карбонатів призводить до руйнації мікроагрегатів і зменшення протидефляційної стійкості ґрунтів.

Що стосується погодних факторів, то в результаті досліджень останніх чотирьох років (2004-2008 рр.) встановлено (рис.1), що показник вітростійкості нееродованих чорноземів південних змінюється під впливом погодних умов осінньо-зимового періоду року.

Таблиця 2

Вплив еродованості (змитості) чорнозему звичайного на показники вітростійкості (в шарі ґрунту 0-3 см)

Відстань від вододілу, м	Абсолютна висота над рівнем моря, м	Ступінь еродованості (змитості) ґрунту	Показник вітростійкості, %	Вміст макроагрегатів, %		Вміст ЕГЧ, %	Вміст при гранулометричному аналізі, %		Вміст СаСО ₃ , %	Вміст Са в ГВК, %	Вміст гумус, %
				1 мм ∧	0.25 мм ∨		0.001 ∨	0.01 ∨			
0	119	не змитий	64,1	68,9	7,5	5,4	42,7	62,4	4,2	72,1	4,2
83	118	слабо-змитий	54,7	69,0	8,9	5,8	43,0	60,1	7,6	87,1	3,7
120	117	середньо-змитий	50,4	62,7	12,1	7,5	43,2	60,6	15,2	89,3	3,8
250	114	намитий	38,2	61,3	11,1	6,3	36,0	63,3	19,6	76,7	3,6
400	106	намитий	41,6	64,5	9,5	8,2	40,8	51,5	4,4	75,8	4,4

Найвища вітростійкість цих ґрунтів спостерігалася навесні 2007 року, а найменша – в 2005, 2006 та 2008 роках. Зміну вітростійкості основних ґрунтів степової зони у весняний період можна пояснити впливом середніх температур зимових місяців, від яких залежить кількість переходів температури ґрунту через 0°C, що супроводжується чергуванням процесів “заморожування-відтаювання” ґрунту, під дією яких відбувається руйнування вітростійкої структури [6]. Згідно з даними метеостанції Херсон, середня температура трьох місяців зими 2004-2005 рр. складала – +0,5°C, 2005-2006 рр. – -3,1°C, в 2006-2007 рр. – +2,0°C, а в 2007-2008 рр. – -0,8°C. В умовах теплих зим 2004-2005 рр., 2006-2007 та 2007-2008 рр., коли часто спостерігалися відлиги з великою кількістю переходів температури через 0°C та чергуваннями циклів “заморожування-відтаювання” ґрунту, пройшло інтенсивне розпорощення структури поверхневого шару ґрунту, а зимою 2005-2006 року, коли середня температура повітря була набагато нижча 0°C, цього не сталося.

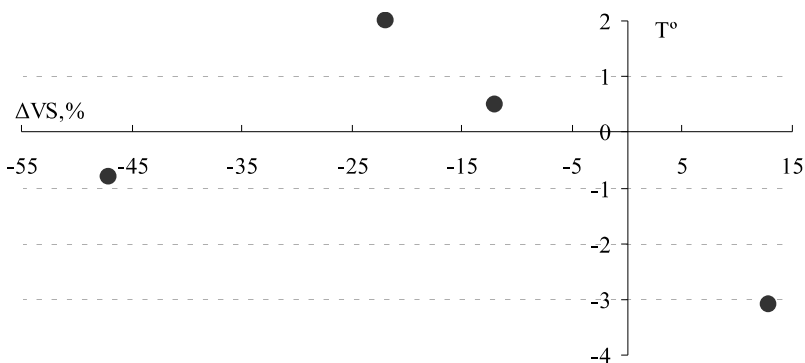


Рис.1. Зміна вітростійкості важкосуглинкового незмитого чорнозему південного (ΔVS , %) залежно від середньої температури повітря зимових місяців (T , °C)

З метою складання прогнозів щодо протидефляційного стану ґрунтів регіону в майбутньому факт залежності вітростійкості від погодних умов зими можна інтерпретувати в контексті сучасних змін клімату. Відомо, що стійке загальне потеплення клімату в Україні є надійно доведеним емпіричним фактом [6]. Таке потеплення спостерігається і в регіоні, де проводилися дослідження вітростійкості. Аналіз фактичних метеорологічних даних по метеостанціям регіону показує, що зміни середньорічної температури повітря проходять, головним чином, за рахунок зимових місяців (рис.2).

При від'ємних загальних середніх багаторічних температурах зими («грудень-лютий») аналіз даних рисунка показує, що за останні 20-25 років поступово температури зростають, досягнувши, зокрема в останній період, спостережень вже додатних значень у приморських районах. Зокрема, за даними метеостанції Одеса та Генічеськ, за період з 2000 по 2007 рік середня температура зимових місяців складала вже $+0,4^{\circ}\text{C}$ при багаторічних значеннях в -1°C та $-1,4^{\circ}\text{C}$, відповідно.

У свою чергу, збільшення зимових температур призводить до нестійких зим з великою кількістю відлиг та переходів тем-

ператури ґрунту через 0°C . Узагальнення метеорологічних даних по регіону з цього приводу наведено на рис.3, на якому показано приблизний зв'язок між середньою температурою зими та кількістю переходів температури повітря (а отже і температури поверхневого шару ґрунту) через 0°C . Як видно, максимальне значення таких циклів спостерігається при температурах близьких до 0°C та їх зменшення та збільшення при більш високих та більш низьких температурах.

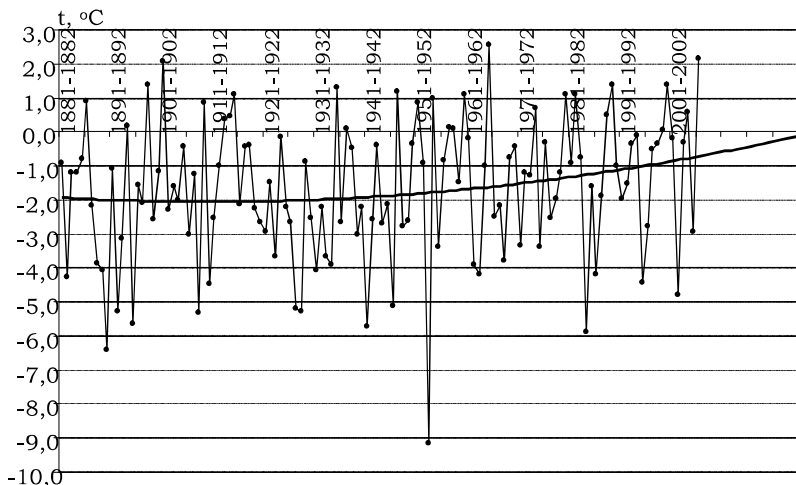


Рис.2. Багаторічна динаміка середньої температури повітря зимових місяців (t , $^{\circ}\text{C}$) на Півдні України

Слід зазначити, що середні температури зим в регіоні досить строкаті – вони коливаються від 0°C до -4 – -5°C . Температури близькі до 0°C притаманні причорноморським районам, півдню Одеської області та передгір'ям Криму. Наприклад, в Одесі цей показник складає, як вже було сказано, $-1,0^{\circ}\text{C}$, в Чорноморському – $-0,1^{\circ}\text{C}$ в Сімферополі – $-0,3^{\circ}\text{C}$. Згідно з даними рис.3 такі температури зими приводять приблизно до 50-70-кратного переходу температури повітря через 0°C , а значить при всіх інших рівних умовах до повної руйнації вітро-

тривкої структури ґрунту. Але ймовірно подальше збільшення зимових температур в умовах загального потеплення клімату, згідно з кривою на рис.3, приведе до зменшення кількості циклів «заморожування-танення» поверхневого шару ґрунту та вірогідне покращення протидефляційних властивостей ґрунту та агроландшафту в цілому.

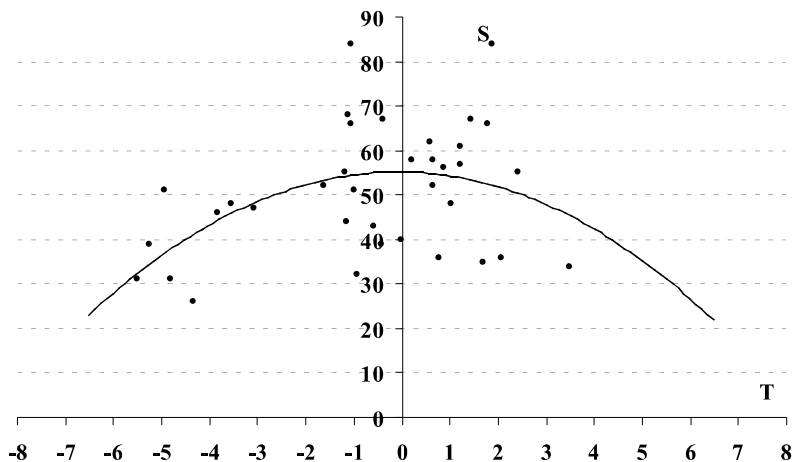


Рис.3. Вплив середньої зимової температури (Т) на кількість переходів температури повітря через 0°C (S) (для умов Півдня України)

У континентальній частині регіону середня температура зими змінюється із заходу на схід від $-1,0 - -2^{\circ}\text{C}$ до $-4 - -5^{\circ}\text{C}$. Зокрема, для Херсону цей показник складає -1°C , для Запоріжжя $-2,7^{\circ}\text{C}$, Донецька $-3,7^{\circ}\text{C}$, Маріуполя $-4,0^{\circ}\text{C}$. Середня багаторічна температура зими на заході регіону ($-1,0 - -2,0^{\circ}\text{C}$) співвідноситься з приблизно 50-60 разами переходу температури повітря і ґрунту через 0°C , а температури на сході – 35-40 разами (рис.3). Можливе подальше збільшення середньої температури зими в регіоні призведе лише до збільшення мінливості погод та збільшення кількості циклів «заморожування-танення» поверхневого шару ґрунту. Однак, в західних ра-

йонах при збільшенні зимової температури ще на $0,3-0,5^{\circ}\text{C}$ пройде певна стабілізація цього процесу і протидефляційні властивості агроландшафту перестануть погіршуватися. В агроландшафтах східних районів регіону така стабілізація можлива лише на дуже далеку перспективу.

Висновки. В роботі визначено, що процес дефляції ґрунтів є стохастичним процесом, який зумовлюється збігом у часі та просторі двох факторів: високої швидкості вітру, достатньої для підняття в повітря ґрунтових часток та наявності дефляційно нестійкої поверхні агроландшафтів. Остання є функцією від вітростійкості, яка, як показали лабораторні та польові дослідження, залежить від вмісту вітростійких агрегатів (агрегатів крупніших за 1 мм) та вмісту елементарних ґрунтових часток. Для еродованих ґрунтів, площа яких у регіоні безперервно зростає, вітростійкість визначається ще й вмістом карбонатів у верхньому шарі ґрунту.

Грудкуватість, а отже і вітростійкість, у найбільш дефляційно небезпечний весняний період залежить від кількості переходів температури ґрунту через 0°C , що супроводжується чергуванням процесів «заморожування-відтаювання» ґрунту, під дією яких відбувається руйнування вітростійкої структури. Відзначено певну строкатість середніх температур зими в регіоні, що, в свою чергу, показує на високу ймовірність руйнації ґрунтової структури та критичне зменшення грудкуватості поверхні ґрунту в приморських районах, в передгір'ях Криму, на заході регіону, а в той же час, східні райони з більш континентальним кліматом мають значну меншу ймовірність щодо отримання критичних значень грудкуватості поверхневого шару ґрунту навесні.

Визначено, що сучасна зміна клімату в регіоні супроводжується збільшенням середніх температур повітря взимку, зростанням кількості циклів «заморожування-танення» поверхневого шару ґрунту, зменшенням весною грудкуватості

ґрунту та погіршенням протидефляційних властивостей агроландшафту в цілому.

ЛІТЕРАТУРА

1. Булигін С. Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів / С. Ю. Булигін. — К. : Урожай, 2005. — 300 с.
2. Долгилевич М. И. Пыльные бури и агролесомелиоративные мероприятия / М. И. Долгилевич. — М. : Колос, 1978. — 234 с.
3. Патент №29131. Спосіб визначення протидефляційної стійкості ґрунтів / А. В. Мілашич, С. Г. Чорний, О. В. Письменний. — 2008. — 5 с.
4. Можейко Г. А. Лесо-аграрные ландшафты Южной и Сухой Степи Украины (Природа И Конструирование) / Г. А. Можейко. — Харьков : ООО "Эней", 2000. — 312 с.
5. Спиринов А. П. Особенности распыления почв и меры борьбы с ветровой эрозией на Северном Кавказе / А. П. Спиринов, Г. И. Васильев // Вестник сельскохозяйственной науки. — 1981. — № 4. — С. 47—54.
6. Черный С. Г. Изменение климата и проблема дефляции в Южной и Сухой Степи Украины / С. Г. Черный, О. М. Хотиненко // Инновации, землеустройство и ресурсосберегающие технологии. — Курск, 2007. — С.124—129.
7. Чорний С. Г. Вплив вмісту карбонатів кальцію на протидефляційні характеристики степових ґрунтів / С. Г. Чорний, О. М. Письменний // Вісник аграрної науки Причорномор'я. — 2007. — Вип. 1(39). — С. 203—207.
8. Чорний С. Г. Причини та наслідки пилової бурі 23-24 березня 2007 року / С. Г. Чорний, Т. М. Чорна // Регіональні проблеми України: Географічний аналіз та пошук вирішення. — Херсон : ПП Вшемирський, 2007. — С. 323—333.
9. Шиятий Е. И. Исследования диагностических признаков податливости ветровой эрозии почв Степной Зоны Украинской ССР / [Е. И. Шиятий, А. Б. Лавровский, Н. К. Азаров, Ф. Л. Голод] // Ветровая эрозия и плодородие почв. Научные труды Васхнил. — М. : Колос, 1976. — С. 39—57.
10. Янчук В. П. Управління землями з обмеженим режимом землекористування / Янчук В. П. — Миколаїв : Іліон, 2005. — 200 С.
11. Anderson C. H. Soil erodibility, fall and spring / C. H. Anderson, A. Wendhardt // Can. J. Soil Sci. — 1986. — № 46. — P. 255—259.
12. Chepil W. S. Seasonal fluctuations in soil structure and erodibility of soil by wind / W. S. Chepil // Proceedings of the soil science society of america. — 1954. — № 18. — P. 13—16.
13. Larney, F. J. Fallow management and overwinter effects on wind erodibility in Southern Alberta / F. J. Larney, C. W. Lindwall, M. S. Bullock // Soil Sci. Soc. Am. J. — 1994. — № 58. — P. 1788—1794.
14. Merrill, S. D. Overwinter changes in dry aggregate size distribution influencing wind erodibility in a spring wheat-summer fallow cropping system / S. D. Merrill, A. L. Black, T. M. Zobeck // J. Minn. Acad. Sci. — 1995. — № 59 (2). — P. 27—36.