

УДК 631.459:584.54 (477.73)

## ОЦІНКА ПРОТИДЕФЛЯЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ ҐРУНТІВ У ЗВ'ЯЗКУ З СУЧАСНИМИ ЗМІНАМИ КЛІМАТУ

С.Г. Чорний, О.М. Хотиненко

*Миколаївський державний аграрний університет*

*Представлено динаміку грудкуватості південного чорнозему в період небезпеки дефляції. Показано, що кількість циклів „замерзання – танення” впродовж зими є головним фактором, який визначає грудкуватість ґрунту навесні. В свою чергу кількість циклів залежить від середньої температури зими. В умовах сучасного потепління клімату середня температура зимових місяців в Сухому та Південному Степу безперервно зростає. У зв'язку з цим робиться прогноз щодо грудкуватості ґрунту та небезпеки дефляції в регіоні.*

**Ключові слова:** дефляція, грудкуватість ґрунту, клімат, температура повітря

**Вступ.** Дефляція (вітрова ерозія) ґрунту проявляється у двох формах: як повсякденна дефляція та як пилова (або чорна) буря. Повсякденна дефляція виникає локально, найчастіше на піщаних та карбонатних ґрунтах під час обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур і, як правило, не викликає великих втрат ґрунту. Пилові бурі мають катастрофічну руйнівну силу і поширюються на великі площі, до кількох адміністративних районів або областей. Пилові бурі проявляються, зазвичай, навесні і за короткий час можуть знищити поверхневий шар ґрунту та посіви на сотнях тисяч гектарів. Зокрема, 22-23 березня 2007 року в Степовій зоні України, грандіозна пилова буря охопила значну частину Одеської та повністю Миколаївську, Херсонську, Запорізьку області, північ Автономної Республіки Крим, південні райони Кіровоградської та Дніпропетровської, західні райони Донецької області. Площа, де спостерігалися значні втрати ґрунту склала приблизно 125 тис. км<sup>2</sup> (20 % площі України або 50 % площі всієї Степової зони країни).

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. Поняття нестійкої поверхні включає відсутність вільної вологи, низьку грудкуватість ґрунту, відсутність на поверхні достатньої кількості рослинності та (або) стерньових решток [1]. З цього переліку вирішальне значення для визначення ступеню небезпеки дефляції поверхневого шару ґрунтового покриву в критичний період («лютий-травень»), має грудкуватість верхнього шару ґрунту [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 їхніми фізичними і фізико-хімічними властивостями, а також із зовнішніми умовами формування макроструктури [2]. До останніх більшість авторів відносять елементи агротехніки (перш за все,

обробіток ґрунту) та фізіологічні особливості рослин. Якщо перейматися змінами грудкуватості ґрунту з жовтня до березня-травня, то до факторів, що її визначають весною, слід віднести також погодні умови зими, зокрема, кількість циклів «заморожування – танення». Як свідчать численні публікації російських, канадських та американських авторів [3, 4, 5, 6], цей фактор суттєво впливає на грудкуватість поверхневого шару ґрунту.

**Методи досліджень.** Польові дослідження зміни грудкуватості у період найбільшої небезпеки дефляції («лютий-травень») під дією метеорологічних факторів та агротехніки вирощування сільськогосподарських культур проводили у 2004-2007 рр. на стаціонарному досліді в Миколаївському Інституті АПВ на чорноземі південному середньосуглинковому. За об'єкти взято 13 типових для Південного та Сухого Степу агрофонів: 1 – горох після соняшника; 2 – озима пшениця після гороху; 3 – соняшник після озимої пшениці; 4 – озимий ячмінь після соняшника; 5 – соняшник після озимого ячменю; 6 – кукурудза після озимої пшениці; 7 – озимий ячмінь після кукурудзи; 8 – ярий ячмінь після озимої пшениці; 9 – кукурудза після ярого ячменю; 10 – соняшник після кукурудзи; 11 – чорний пар після сорізу; 12 – озима пшениця після чорного пару; 13 – сорізі після кукурудзи.

У шестикратній повторності в три терміни (другі декади жовтня, березня та травня) визначали грудкуватість верхнього (0-3 см) шару ґрунту. Результати визначення на окремих агрофонах було об'єднано в три групи – «озимі культури», «ранні ярові культури», «пізні ярові культури». Виконано також оцінювання змін грудкуватості на всьому досліді загалом.

Результати спостережень за грудкуватістю підлягали детальному статистичному аналізу. Зокрема, в кожному варіанті досліджень визначали середню арифметичну (математичне очікування) спостережень, а також дисперсію, коефіцієнти асиметрії та ексцесу та їхньої помилки. З метою визначення однорідності дисперсій розраховували критерій Фішера. Такий детальний аналіз рядів спостережень за грудкуватістю застосовували з метою визначення можливості використання деяких критеріїв для порівняння середніх значень (математичних очікувань) грудкуватості, зокрема, класичного критерію Ст'юдента. У разі неоднорідності дисперсій та неналежності вибірок до нормального розподілу, використовували не цей критерій, а статистику  $T$  (критерій Крамера-Уелча), яка є більш універсальним показником. Статистика  $T$  розраховується за формулою [7]:

$$T = \frac{\sqrt{mn}(\bar{x} - \bar{y})}{\sqrt{ns_x^2 + ms_y^2}}$$

де  $m$  та  $n$  – кількість членів першого та другого ряду спостережень з середніми значеннями  $\bar{x}$  та  $\bar{y}$  і з відповідними дисперсіями  $s_x^2$  та  $s_y^2$ . Згідно з [4], якщо статистика  $T$  (по модулю) менша за критичне значення  $T_{кр}$  (на рівні значимості 0,05 воно дорівнює 1,96), то гіпотеза однорідності (рівності) середніх арифметичних приймається, у протилежному випадку - відхиляється.

Окрім цього, було зроблено графічний аналіз метеорологічних даних, за останні 55 – 125 років [8, 9] по кількох метеостанціях регіону (Одеса, Миколаїв, Херсон, Генічеськ, Запоріжжя, Кривий Ріг) з метою визначення загальної тенденції середньорічних температур повітря та температур зимових місяців, пошуку залежностей щодо впливу температур зимових місяців на кількість переходів температури повітря через 0°C. Для аналізу рядів температурних даних, зокрема для побудови ліній трендів, використовували можливості табличного процесора Excel з пакету програм Microsoft Office.

**Результати досліджень.** Результати досліджень грудкуватості по групах агрофонів викладено в таблиці 1. Аналіз рядів показав, що вони не належать до нормального розподілу. Зокрема, про це свідчать показники асиметрії та ексцесу. Додатна асиметрія вказує на те, що в вибірках, порівняно з нормальним розподілом, відхилення від середньої величини частіше спостерігається в бік більш низьких значень. Від'ємні значення ексцесу, у березневих та травневих спостереженнях за грудкуватістю ґрунту по всіх варіантах дослідження вказують на депресивну криву розподілу, що суттєво відрізняється від кривої нормального розподілу.

*1. Грудкуватість чорнозему південного на різних агрофонах (середнє за 2004-2007 рр.)*

Групи сільськогосподарських культур	Терміни визначення	Кількість членів ряду	Середня, арифметична, %	Дисперсія	Коефіцієнт асиметрії	Помилка коефіцієнта асиметрії	Ексцес	Помилка ексцесу	Критерій Фішера	Критичне значення критерію Фішера	Критерій Крамера-Уелча
Озимі	жовтень	72	47,8	47,6	0,08	0,28	-0,86	0,56	7,18	1,46	1,23
	березень	72	44,9	341,6	0,32	0,28	-1,55	0,56			
	травень	48	43,3	147,0	0,49	0,34	-0,57	0,67	2,32	1,57	0,54
Ранні ярові	жовтень	36	55,0	45,4	0,46	0,39	-0,24	0,77	10,72	1,75	3,64
	березень	36	41,0	486,6	0,48	0,39	-1,52	0,77			
	травень	36	41,3	60,8	0,47	0,39	0,07	0,77	8,00	1,76	0,07
Пізні ярові	жовтень	108	47,4	34,07	0,53	0,23	0,06	0,47	12,21	1,40	2,61
	березень	108	42,4	416,0	0,43	0,23	-1,51	0,47			
	травень	108	43,2	130,9	0,05	0,23	-0,70	0,47	3,59	1,37	0,86
Всі культури	жовтень	234	48,5	46,6	0,05	0,16	-0,06	0,32	8,87	1,18	4,06
	березень	234	43,1	412,8	0,22	0,16	-1,48	0,32			
	травень	210	43,2	130,9	0,03	0,23	-0,66	0,46	3,55	1,25	0,18

Важливим показником для визначення однорідності дисперсій є критерій Фішера, параметри якого по всіх варіантах дослідів набагато більші від критичних, визначених на рівні значимості 0,05. Це свідчить про виняткову неоднорідність дисперсій, особливо, коли порівнюють дані жовтневого та березневого визначень грудкуватості. Отже, розрахунки вказують на

неможливість використання для порівняння середніх значень цих вибірок класичного  $t$  критерію Ст'юдента [7]. А тому, для порівняння середніх значень треба використовувати критерій Крамера-Уелча ( $T$ ).

Порівняння величин грудкуватості ґрунту під окремими групами культур за різними термінами визначення показало (табл. 2), що якщо восени ще існує значна різниця між цими групами, що пояснюється різною агротехнікою підготовки ґрунту під час обробітку на зяб та впливом на структуроутворення озимих культур, то весною такої різниці вже не існує. У всіх випадках – і в березні, і в травні, критерій Крамера-Уелча набагато менший критичної величини, визначеної на рівні значимості в 0,95, яка дорівнює 1,96. Тобто, слід зазначити, що вплив агротехніки та фізіологічних особливостей сільськогосподарських культур на грудкуватість ґрунту втрачається впродовж зими. До весни стійкість до дефляції ґрунту під різними групами культур нівелюється і навесні практично не змінюється.

## **2. Порівняння величин грудкуватості ґрунту під різними культурами в різні терміни визначення**

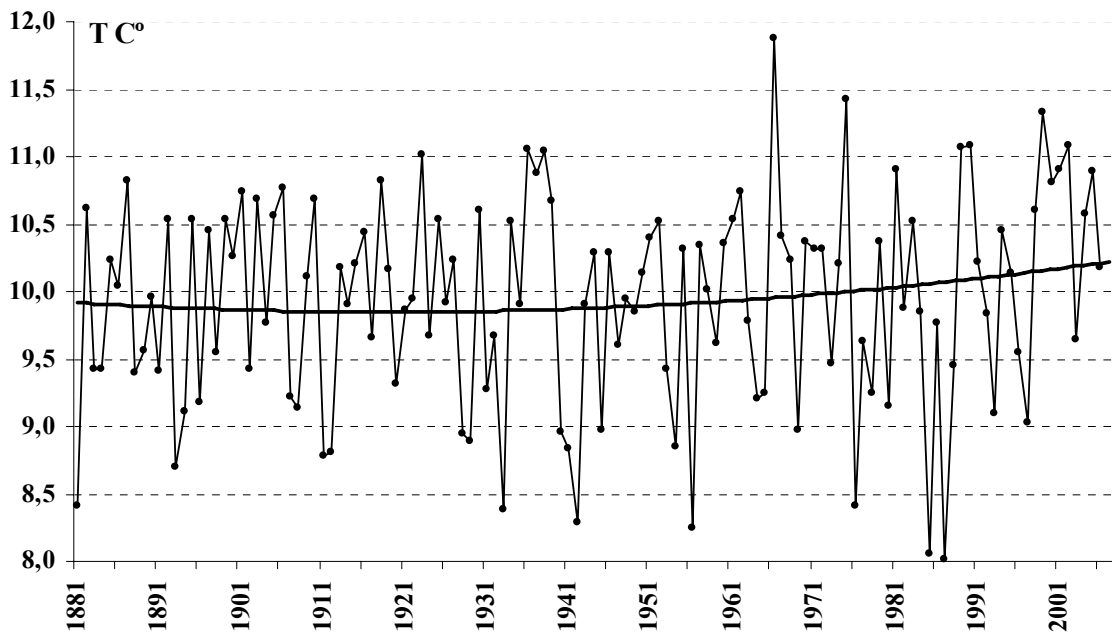
Терміни визначення	Групи культур, що взяті для порівняння, та величини грудкуватості, (%)	Критерій Фішера		Критерій Крамера-Уелча
		емпіричний	теоретичний	
жовтень	озимі (47,8) – ранні ярові (55,0)	1,14	1,56	5,20
	ранні ярові (55,0) – пізні ярові (47,4)	1,31	1,25	6,04
	пізні ярові (47,4) – озимі (47,8)	1,37	1,25	0,37
березень	озимі (44,9) - ранні ярові (46,0)	1,42	1,35	0,34
	ранні ярові (46,0) – пізні ярові (42,4)	1,17	1,25	0,87
	пізні ярові (42,4) – озимі (44,9)	1,22	1,35	1,08
травень	озимі (43,3) – ранні ярові (41,3)	2,41	1,56	0,92
	ранні ярові (41,3) – пізні ярові (43,2)	2,15	1,56	0,57
	пізні ярові (43,2) – озимі (43,3)	1,12	1,25	0,48

Щодо загальних абсолютних значень, то протягом періоду «жовтень-травень» грудкуватість чорнозему південного була нижче нормативної (50 %), що вказує на загальну низьку протидефляційну стійкість ґрунту та велику вірогідність виникнення пилових бур у регіоні.

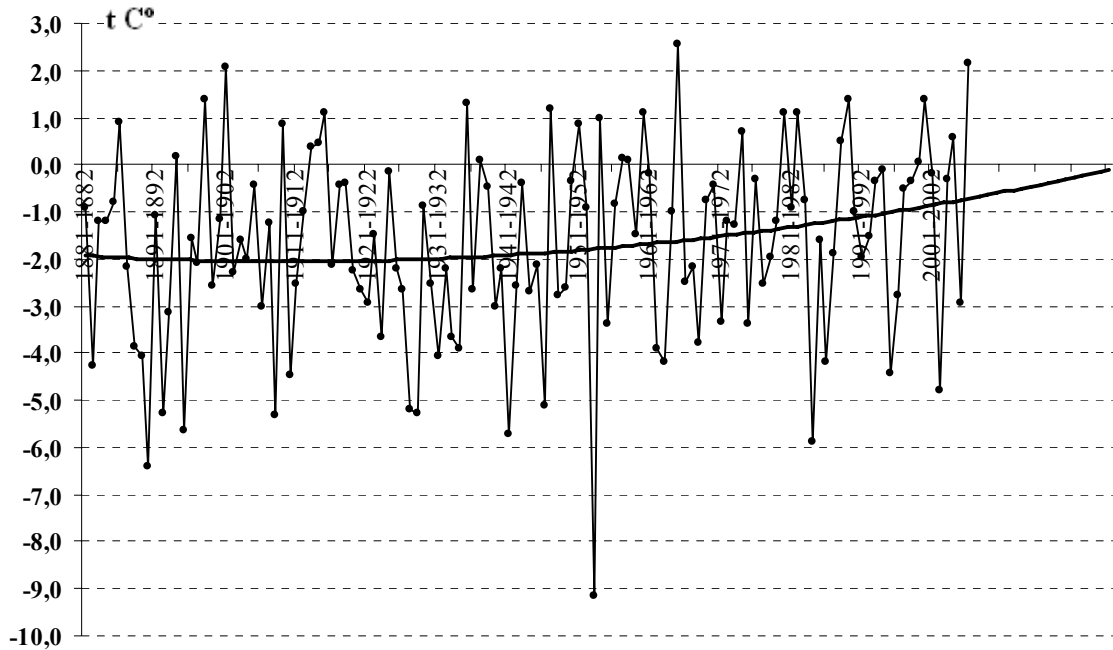
Отже, узагальненням даних таблиць 1 та 2 виявлено, що головні втрати грудкуватості відбуваються взимку. Якщо порівнювати розпорошеність ґрунту за роками досліджень, то видно, що протягом зим 2004-2005 рр. та 2006-2007 рр. пройшла інтенсивна руйнація вітростійкої структури ґрунту приблизно на 20–50 %, але зимою 2005-2006 рр. така руйнація не спостерігалася. Очевидно, що це пов'язано зі специфічними погодними умовами зим. Дійсно, дані метеостанції Миколаїв свідчать, що середня температура трьох місяців зими 2004-2005 рр. складала +0,7°C, в 2005-2006 рр. – -2,9°C, а в 2006-2007 рр. – +2,1°C, тобто зима 2005–2006 рр. була холодною, а в 2004-2005 рр. та, особливо, 2006-2007 рр. – теплою. Дослідження динаміки агрегатного складу

верхнього шару ґрунту з осені до весни в різних частинах Світу [3, 4, 5, 6] та наші лабораторні експерименти [10] вказують на пряму залежність грудкуватості від кількості циклів «заморожування–танення». В умовах теплих зим 2004-2005 рр. та 2006-2007 рр., з частими відлигами і частими переходами температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$ , відбулося сильне розпорошення структури поверхневого шару ґрунту, а зимою 2005-2006 року, коли середня температура повітря була набагато нижче  $0^{\circ}\text{C}$  цього не сталося.

З метою прогнозування протидефляційної стійкості ґрунтів регіону в майбутньому, все, що вище викладено, можна інтерпретувати в контексті сучасних змін клімату. Відомо, що стійке загальне потепління клімату в Україні є надійно доведеним емпіричним фактом. Таке потепління спостерігається і в регіоні, де проводилися дослідження (рис. 1). Графічний аналіз змін середньорічної температури в часі по метеостанціях Одеса, Миколаїв, Херсон, Запоріжжя, Генічеськ показує, що в Південному та Сухому Степу вона зростає в останні п'ятдесят (особливо десять-двадцять) років. Ці зміни відбуваються головним чином за рахунок зростання температур зимових місяців (рис. 2). Загалом від'ємні середніх багаторічні температури зими (грудень-лютий) за останні 20–25 років поступово зростали, досягнувши в останній період вже додатних значень у приморських районах. Зокрема, за даними метеостанцій Одеса та Генічеськ, за період з 2000 до 2007 року середня температура зимових місяців складала вже  $+0,4^{\circ}\text{C}$  за багаторічних значень в  $-1,0^{\circ}\text{C}$  та  $-1,4^{\circ}\text{C}$ , відповідно.

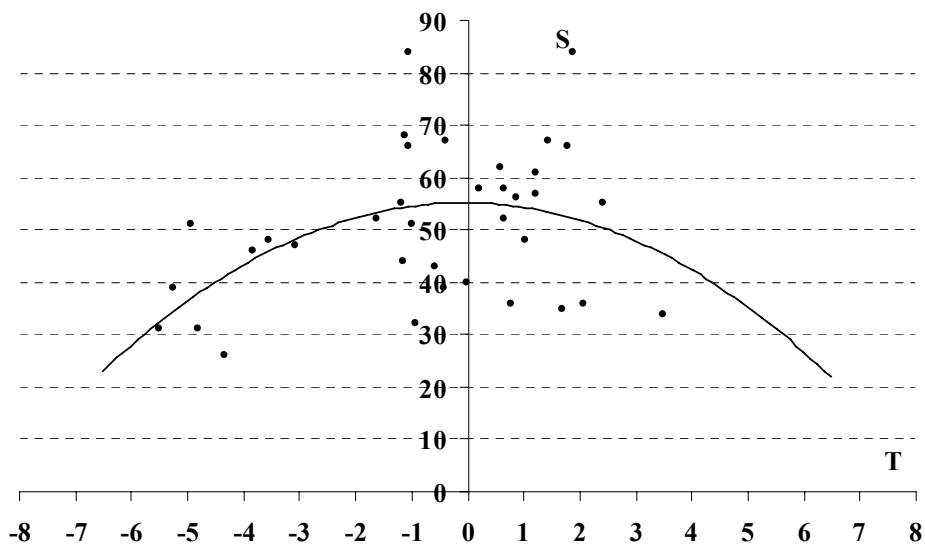


*Рис. 1. Динаміка середньорічної температури повітря в Сухому та Південному Степу України*



*Рис. 2. Динаміка середньої температури повітря зимових місяців у Південному та Сухому Степу України*

У свою чергу, підвищення зимових температур призводить до нестійких зим з великою кількістю відлиг та переходів температури ґрунту через  $0^{\circ}\text{C}$ . Узагальненням метеорологічних даних по регіону (рис. 3) виявлено зв'язок між середньою температурою зими та кількістю переходів температури повітря (а отже і температури поверхневого шару ґрунту) через  $0^{\circ}\text{C}$ . Як видно, максимальна кількість таких циклів спостерігається за температур близьких до  $0^{\circ}\text{C}$ .



*Рис. 3. Вплив середньої зимової температури (Т) на кількість переходів температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$  (S) (для умов Сухого та Південного Степу України)*

Згідно з даними рисунка 3 „потепління” зими призводить до 50–70-

кратного переходу температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$ , а значить, до повної руйнації вітротривкої структури ґрунту. Але ймовірно подальше підвищення зимових температур в умовах загального потепління клімату, згідно з кривою на рисунку 3, приведе до зменшення кількості циклів «заморожування–танення» поверхневого шару ґрунту та вірогідного посилення протидефляційної стійкості ґрунту та агроландшафту в цілому.

Слід зазначити, що середні температури зим в регіоні досить строкаті – вони коливаються від  $0^{\circ}$  до  $-4$ – $-5^{\circ}$  Температури, близькі до  $0^{\circ}\text{C}$ , притаманні причорноморським районам, півдню Одеської області та передгір'ям Криму. В континентальній частині регіону середня температура зими змінюється із заходу на схід від  $-1,0$  –  $-2^{\circ}\text{C}$  до  $-4$  –  $-5^{\circ}\text{C}$ . Середня багаторічна температура зими на заході регіону ( $-1,0$  –  $-2^{\circ}\text{C}$ ) співвідноситься з, приблизно, 50–60 разами переходу температури повітря і ґрунту через  $0^{\circ}\text{C}$ , а на сході – 35–40 разами (рис. 3).

Можливе подальше підвищення середньої температури зими в регіоні призведе до посилення мінливості погод та збільшення кількості циклів «заморожування–танення» поверхневого шару ґрунту. Однак, у західних районах, якщо зимова температура зросте ще на  $0,3$ – $0,5^{\circ}\text{C}$ , відбудеться певна стабілізація цього процесу, і протидефляційні властивості агроландшафту перестануть погіршуватися. У східних районах Південного та Сухого Степу України такої стабілізації у найближчий час не прогнозують.

### **Висновки.**

1. Статистичний аналіз параметрів грудкуватості поверхні південного чорнозему в дефляційно небезпечний період (лютий-травень) показав, що за вирощування різних культур після різних попередників грудкуватість визначається кількістю циклів «заморожування–танення» поверхні ґрунту впродовж зими. Останнє безпосередньо пов'язане з загальною нестійкістю зимових погод, яка супроводжується в регіоні частими відлигами, тобто переходами температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$ .

2. Узагальнення багаторічних метеорологічних даних дозволило виявити для умов регіону залежність між кількістю циклів «заморожування–танення» ґрунту та середньою температурою зими, яка вказує на максимальну частоту таких циклів за температур близьких до  $0^{\circ}\text{C}$  та зменшенням їхньої кількості за більш високих або більш низьких температур.

3. Сучасна зміна клімату в регіоні супроводжується підвищенням середніх температур повітря взимку, зростанням кількості циклів «заморожування–танення» поверхневого шару ґрунту, зменшенням грудкуватості ґрунту навесні та погіршенням протидефляційних властивостей агроландшафту в цілому. Однак, за існуючої тенденції щодо змін температурного режиму зими, якщо температура збільшиться ще на  $0,3$ – $0,5^{\circ}\text{C}$  в західній частині регіону, в приморській зоні, та в передгір'ях Криму можливе покращення ситуації з грудкуватістю ґрунту найближчими десятиліттями. У східних районах Південного та Сухого Степу України така стабілізація можлива лише у дуже далекі часи.

## Література:

1. Булигін С.Ю., Тімченко Д.О., Діденко В.І. До питання моніторингу процесів дефляції ґрунтів // Вісник аграрної науки. – 2002. – №1. – С. 58-62.
2. Долгилевич М.И. Пыльные бури и агролесомелиоративные мероприятия. – М.: Колос, 1978. – 234 с.
3. Спирин А.П., Васильев Г.И. Особенности распыления почв и меры борьбы с ветровой эрозией на Северном Кавказе // Вестник сельскохозяйственной науки, 1981. – № 4. – С. 47–54.
4. Anderson C.H. and Wendhardt A. Soil erodibility, fall and spring // Can. J. Soil Sci., 1986. – № 46. – P. 255–259.
5. Larney, F.J., Lindwall, C.W. and Bullock, M.S. Fallow management and overwinter effects on wind erodibility in southern Alberta // Soil Sci. Soc. Am. J., 1994. - № 58. - P. 1788-1794.
6. Merrill, S.D., Black, A.L. and Zobeck, T.M. Overwinter changes in dry aggregate size distribution influencing wind erodibility in a spring wheat-summer fallow cropping system // J. Minn. Acad. Sci., 1995. – № 59(2). – P. 27-36.
7. Орлов А.И. Прикладная статистика. Учебник. – М.: Издательство "Экзамен", 2004. – 656 с.
8. Información meteorológica mundial. <http://www.tutiempo.net>
9. Всероссийский научно-исследовательский институт гидрометеорологической информации. Мировой центр данных (ВНИИГМИ-МЦД). Система обслуживания гидрометеорологической информацией. <http://cliware.meteo.ru/meteo>
10. Чорний С.Г., Хотиненко О.М. Вплив погодних умов на протидефляційну стійкість чорнозему південного // Науковий вісник Чернівецького університету”, 2005. – Вип. 257, “Біологія”, Чернівці, видавництво “Рута”. – С. 225-231.

## APPRAISAL OF WIND EROSION-PREVENTIVE SOIL STABILITY WITHIN THE CONTEXT OF MODERN CLIMATE WARMING

**S.G.Chorny, O.M. Hotinenko**

*Mykolayiv state agrarian university*

Are presented the dynamics of south chernozem's roughness in wind-erosion dangerous period. It was shown that basic determining factor of spring roughness is the number “freezing-thawing” cycles during of winter. For one's part the number “freezing-thawing” cycles was average winter temperature dependent. In Dry and South Steppe of Ukraine modern climate warming was accompanied by increasing of average winter temperature. Therefore was forecasted the changes of topsoil's roughness and regional wind-erosion risk.

**Key words:** wind erosion, soil crumbling, climate, air temperature