

С. Г. Чорний, Т. М. Чорна

ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ПИЛОВОЇ БУРІ 23-24 БЕРЕЗНЯ 2007 РОКУ

Явище видування великої кількості ґрунту сильними вітрами (дефляція) в вигляді пилової, або «чорної» бурі («dust storm») в Україні – пересічне явище, особливо, що стосується південних та східних областей держави. За останні 100 років особливо небезпечними були пилові бурі 1928, 1960, 1969, 1972 років, які охоплювали практично увесь український Степ. Пилові бурі 1946, 1953, 1964, 1974, 1975, 2003 років поширювалися на відносно невеликі території кількох окремих адміністративних районів південних та східних областей. А в районах поширення піщаних та супіщаних ґрунтів, наприклад, на Нижньодніпровських (Олешківських) пісках та прилягаючих сільськогосподарських угіддях Херсонської області, значні втрати ґрунту в результаті його видування сильним вітром бувають майже щорічно.

Найбільш сильна пилова буря останніх років сталася 23 та 24 березня 2007 року. Використовуючи дані погодніх інтернетовських сайтів [3, 7, 9] засобами настільної картографічної системи MAPINFO PROFESSIONAL-6.5 була побудована карта просторового поширення цього стихійного лиха (рис. 1), яка показала, що пилова буря охопила значну частину Одеської області, всю Миколаївську, Херсонську, Запорізьку область, північ Республіки Крим, південні райони Кіровоградської та Дніпропетровської області, західні райони Донецької. Аналіз даних рисунка 1 та опитування громадян цих областей показало, що загальна площа, яка постраждала від пилової бурі 23-34 березня складає близько 125 тис. км², що займає приблизно 20 % площі України, або 50% площі всієї степової зони.

За дві доби, згідно спостережень метеорологічних станцій цього регіону України, кількість годин з пиловою бурею пересічно становила 15-20, а в епіцентрі (метеостанції Асканія-Нова, Кирилівка, Миколаїв, Нижні Сірогози, Велика Олександрівка) кількість годин з пиловою бурею за 23-24 березня доходила до 27-30. Середня швидкість вітру за цей проміжок часу сягала 15-20 м/с, а окремі пориви мали значення в 35-40 м/с. За даним М.Й.Долгилевича [4], критичними швидкостями, тобто швидкостями вітру, при яких в повітря піднімається часточки ґрунту для ґрунтів регіону є 6,4-13,8 м/с, тобто 23-24 березня швидкість вітру була в 2-3 разу вища за критичну, що і призвело до видування з поверхні агроландшафтів регіону великої кількості ґрунту.

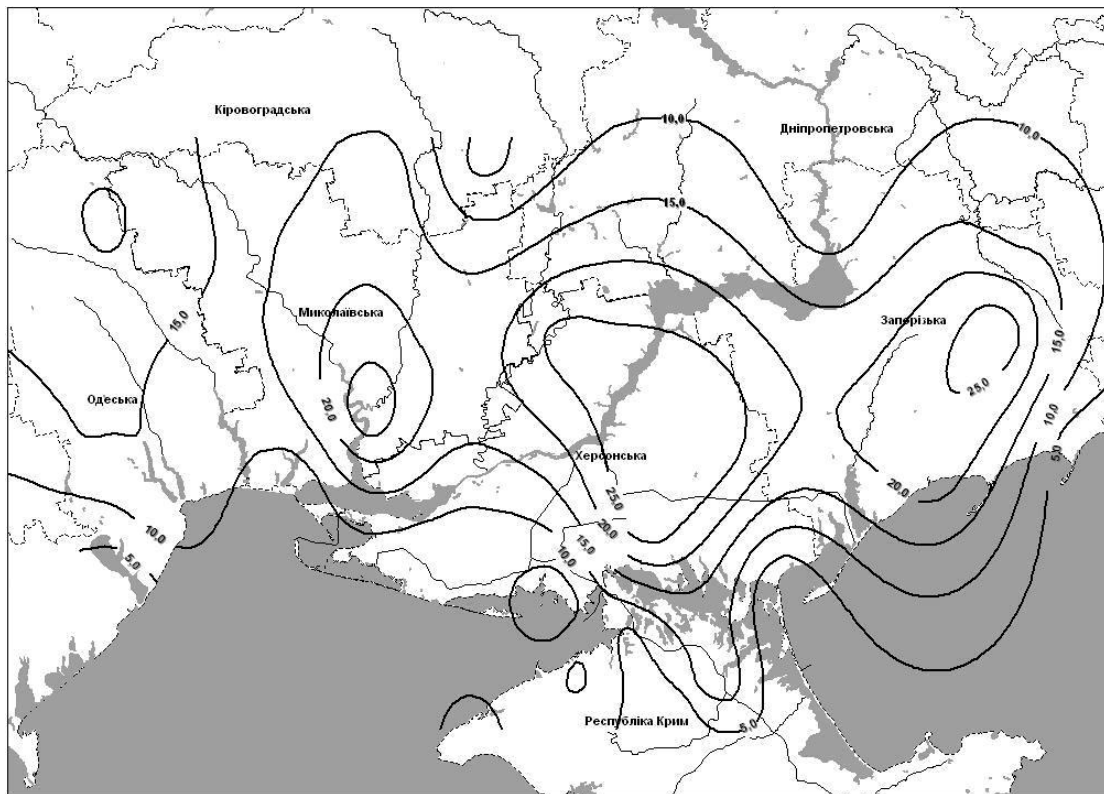


Рисунок 1. Кількість годин з пиловою бурєю 23-24 березня 2007 року по метеостанціям Півдня України.

Слід виділити кілька чинників цього лиха: метеорологічні, ґрунтові та пов'язані із загальним станом поверхонь агроландшафтів регіону.

Метеорологічні чинники. Головним метеорологічним чинником є турбулентність, яка є результатом специфічної структури вітру і яка стимулює підняття з поверхні ґрунту його часточок. При цьому дуже важлива ступінь нестійкості повітряної маси, в якій розвивається пилова буря. Для України, як правило, пилові бурі виникають весною в нестійких сильно турбулентних фронтальних розділах між стійким антициклоном, який весною панує над Східною Європою та циклонами з Атлантичного океану. Саме це приводить до створення значних за площею територій з великими величинами горизонтальних баричних градієнтів. Такі території мають назву штормових зон. Особливо катастрофічні штормові зони виникають, коли контактують області із змінами атмосферного тиску в протилежних напрямках, наприклад, коли до антициклону, який посилюється, наближається циклон, в якому в цей час безперервно падає тиск.

Саме така ситуація виникла в атмосфері на Півдні України та над Чорним морем 23-24 березня (рис. 2). Пересування циклону з

Балканського півострова викликало утворення значних баричних градієнтів в регіоні – 25-30 мб/100 км, що і привело до появи штормової зони в регіоні шириною приблизно в 300-400- кілометровою смугою заходу до сходу вздовж берегової лінії Чорного та Азовського морів, від границі з Молдовою до Донецької області з сильними східними, північно-східними та південно-східними вітрами, які і викликали пилову бурю.

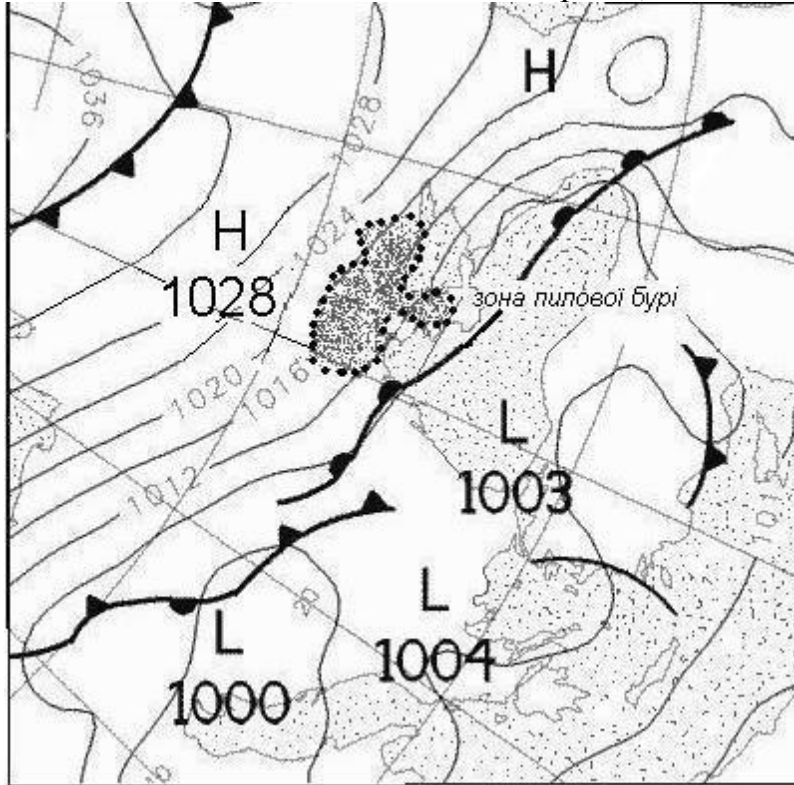


Рисунок 2. Атмосферні фронти та області високого та низького тиску над Південною та Східною Європою 23 березня 2007 року (www.metoffice.gov.uk).

Ще слід зазначити, що денний перегрів нижніх шарів атмосфери (а денна температура в ці дні досягали $+15 - +17 \text{ C}^\circ$) ймовірно привів до збільшення температурних градієнтів до висоти 0,5-1 км. Конвективне перемішування розповсюдилося до цих висот і привело до наявності часток ґрунту по всьому шарі повітря. Стійка стратифікація, яка спостерігалася в світлу частину доби ймовірно ще посилювалася і так званім ефектом Воєйкова, коли проходить нагрівання повітря за рахунок розігріву часточок ґрунту сонячним промінням безпосередньо в повітрі. Саме це можливо і спричинило специфічний добовий хід пилової бурі 23-24 березня (рис.3), коли її максимум спостерігався в пообідні часи та надвечір, а мінімум – в другій половині ночі та вранці. Слід ще зазначити, що за довгу весняну ніч поверхня ґрунту вихолоджувалась (нічні температури 23-24 березня складали в регіоні $+3 - +7 \text{ C}^\circ$), що привело до конденсації водяних парів та короткотермінового збільшення вологості

поверхневого шару ґрунту, яке тимчасово збільшило її протидефляційну стійкість. І навпаки – денне підсушування поверхні ґрунту сприяло розвитку дефляції.

Ґрунтові чинники. Здатність ґрунту протистояти видуванню сильними вітрами залежить від багатьох параметрів. В нашому випадку протидефляційна стійкість чорноземів та темно-каштанових ґрунтів визначається їх грудкуватістю, зв'язністю та вологістю.

Що стосується вологості ґрунту, то відомо, що дефляція найбільш інтенсивно проходить в посушливих районах особливо весною і літом, коли зростають температури повітря та швидко висушуються поверхні шари ґрунту. Дослідження Кальянова [6] показують, що для висушеного ґрунту критична швидкість вітру при інших рівних умовах є меншою в порівнянні із зволуженим ґрунтом. В той же час, слід зауважити, що в процесі постійної дії сильних вітрів на поверхню ґрунту вміст вологи в поверхневому шарі швидко зменшується до критичного, тобто вологість ґрунту не є постійним показником протидефляційної стійкості ґрунту. Все ж на момент початку пилової бурі 23-24 березня поверхня ґрунту була дуже пересушеною, що пов'язано з винятково теплою та безсніжною зимою 2006-2007 рр. (табл. 1).

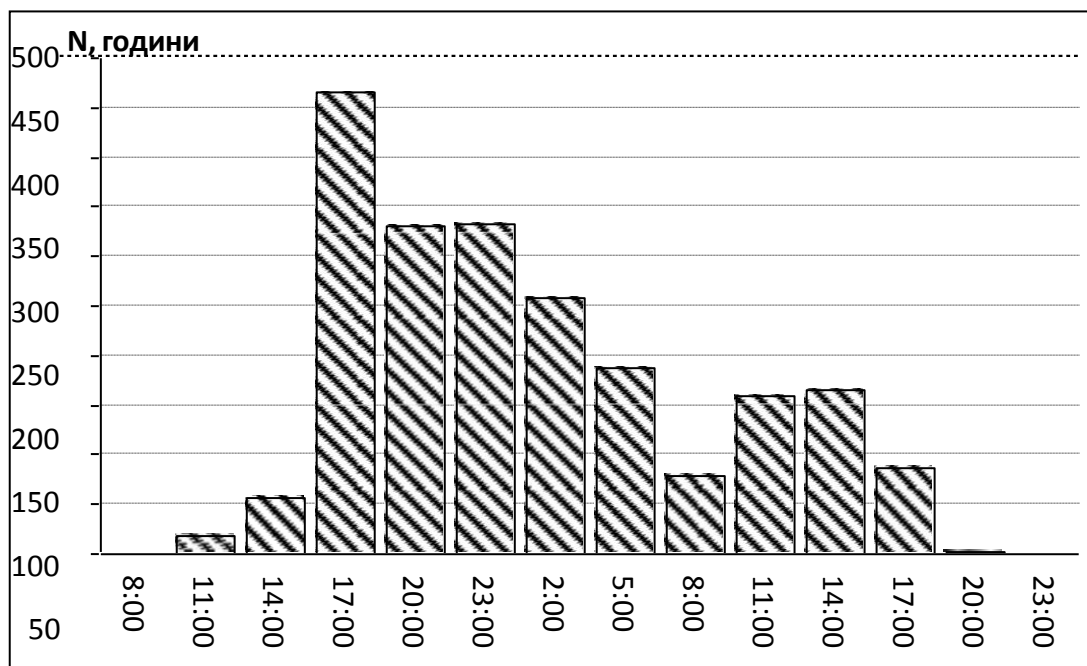


Рисунок 3. Внутрішньо добовий розподіл сумарної кількості годин з пиловою бурею 23-24 березня 2007 року по метеостанціям регіону (час – київський).

Раніш було визначено[10], що існує висока вірогідність негативного впливу в умовах потепління клімату на грудкуватість ґрунту (вміст ґрунтових агрегатів розміром більше 1 см) весною, внаслідок зростання загальної нестійкості погоди та зростання кількості циклів –заморожування – танення ґрунту, а це, в свою

чергу, негативно впливає на загальну дефляційну небезпеку в регіоні. Після пилової бурі 23-24 березня 2007 року та на основі даних таблиці 1 є можливість деталізувати цю думку.

Таблиця 1. Метеорологічні умови зими 2006-2007 року на Півдні України.

Метеостанція	Місяць	Середня температура (С°)			Кількість опадів		
		фактично	багаторіч на норма	Різниця	Фактично (мм)	багаторіч на норма (мм)	% від норми
Херсон	грудень	2,7	0,0	+2,7	1	40	3
	січень	3,8	-3,0	+6,8	46	33	139
	лютий	0,0	-1,9	+1,9	25	30	83
	березень*)	6,1	2,6	+3,5	15	26	58
	Середнє за грудень-березень			+3,8			71
Запоріжжя	грудень	1,5	-0,8	+2,3	3	52	6
	січень	2,1	-4,2	+6,2	53	49	108
	лютий	-1,9	-2,8	+0,9	13	39	33
	березень*)	4,9	1,8	+3,1	35	36	97
	Середнє за грудень-березень			+3,1			61
Одеса	грудень	4,4	1,3	+3,1	7	48	15
	січень	5,0	-1,7	+6,7	35	42	83
	лютий	1,3	-1,0	+2,3	41	41	100
	березень*)	6,0	2,6	+3,4	37	31	119
	Середнє за грудень-березень			+3,9			79
Донецьк	грудень	0,0	-2,6	+2,6	8	52	15
	січень	1,5	-6,1	+7,6	52	43	121
	лютий	-2,9	-4,8	+1,9	8	34	24
	березень*)	3,9	0,4	+3,5	26	33	79
	Середнє за грудень-березень			+3,9			60

*) до 23 березня

Очевидно, що сучасні зміни клімату в регіоні, які зокрема пов'язані із швидким зростанням зимових температур повітря і ґрунту, приводить не тільки до руйнації вітротривкої структури ґрунту, а і до повного висушування поверхневого шару ґрунту. Ґрунт

стає дуже поступливим до видування, а наявність метеорологічних чинників дефляції, наприклад, як в березні 2007 року реалізує таку вірогідність, що і приводить до значних втрат ґрунту.

Стан поверхні агроландшафтів. Небезпечна для ґрунтової родючості реалізація метеорологічного та ґрунтового потенціалу дефляції можлива лише при певному рівні протидефляційної ефективності території, яка в даному випадку може бути синонімом поняттю шорсткості поверхні ландшафтів (агроландшафтів). Як правило, шорсткість поверхні визначається станом та кількісними характеристиками біотичних складових агроландшафтів - розораністю всієї території та сільськогосподарських угідь, структурою посівних площ, рівнем полезахисної лісистості території (зокрема, ґрунтово-меліоративною ефективністю лісосмуг), спеціальними протидефляційними заходами, наприклад, створенням куліс, тощо.

Саме частка біотичних складових екологічної мережі є важливим критерієм оптимальності землекористування в Степу України. Зокрема Ю.Бяллович [2] вважав, що для рівнинної частини України оптимальним співвідношенням –рілля : природні кормові угіддя: ліси є 1:1.6:3.6, при чому лісистість безпосередньо Степу повинна складати в залежності від умов зволоження 5,3-10,6 %. Зараз воно складає приблизно 1:0.2: 0.3, з реальною лісистістю в 2,2-5,8 %.

В Степу України (табл. 2) сучасне землекористування характеризується катастрофічно великою часткою ріллі, як від загальної площі, так і від площі сільськогосподарських угідь. Ліси, лісосмуги, чагарники займають мінімальні площі, зокрема на Херсонщині лише 151.8 тис. га, що складає приблизно 5.3 % території, коли по Україні частка лісових та чагарникових масивів втричі більша. Ще меншу лісистість в Україні мають Миколаївська та Запорізька області.

Інший елемент шорсткості поверхні, який є стримуючим фактором щодо розвитку дефляції - наявність великих площ зайнятих пасовищами та сіножатями. Багаторічні та однорічні трави, та їх суміші весь рік захищають ґрунт від дефляційних впливів сильних вітрів, поверхневого стоку тощо. Багаторічні трави, особливо бобові, є важливим фактором покращення гумусового стану ґрунтів, формування вітротривкої ґрунтової структури, насичення ґрунту поживними елементами. Однак довготривале використання земель в українському Степу винятково для землеробства призвело до масового розорення природних пасовищ. Їх площа складає зараз лише 5-8 % від сільськогосподарських угідь. Природні пасовища залишилися на прибережних ділянках морів, річок та балок.

Кардинальне значення в нинішній ситуації з захистом ґрунтів від дефляції має стан лісосмуг. Для оцінки їх сучасного стану в якості вихідного матеріалу використовувалися архівні дані Державного управління лісного господарства по Херсонській області та Степової філії УкрНДІЛГА, зокрема, Присиваського дослідного господарства. Кількісно захищеність агроландшафтів лісовими смугами (z, %) визначається за формулою В.І. Коптева [5]:

Таблиця 2. Оцінка ступеню розораності Степу України

Область	Площа в тис. га			Розораність с.-г. угідь (%)	Розораність території(%)
	Всього земель	С.-г. угіддя	Рілля		
АР Крим	2694,5	1824,2	1207,6	66,2	44,8
Кіровоградська	2458,8	2043,7	1774,5	86,8	72,1
Дніпропетровська	3192,3	2512,9	2110,3	84,0	66,1
Запорізька	2718,3	2242,1	1888,1	84,2	69,5
Одеська	3331,3	2590,4	2078,0	80,2	62,3
Миколаївська	2458,5	2013,0	1703,7	84,6	69,3
Херсонська	2846,1	1965,5	1770,8	90,1	62,2
Донецька	2651,7	2048,1	1659,3	81,0	62,6
Луганська	2668,3	1920,0	1383,0	72,0	51,8
СТЕП УКРАЇНИ	25019,8	19159,9	15575,3	81,3	62,3

$$z = (100 \cdot D \cdot H \cdot l \cdot K) / S, \quad (1)$$

де D - зона ефективного впливу лісових смуг, яка має вираз в висотах, H - середньозважена висота лісових смуг, м; l - загальна довжина лісових смуг, м, K - середньозважений коефіцієнт конструкції лісових смуг (для продувних від дорівнює 1, для ажурних - 0.8, для щільних - 0.7, S - загальна площа орних земель та лісових смуг, м². Відносні (в %) сучасні зміни в захищеності агроландшафтів лісовими смугами будуть дорівнювати співвідношенню реальної захищеності до проєктованої. Після скорочень таке співвідношення виходячи з формули (1), буде дорівнювати

$$z_p / z_{np} = (D_p \cdot H_p) / (l_{np} \cdot D_{np} \cdot H_{np}) \cdot 100 \quad (2)$$

Тут z , l , D , H з індексом "р" означає реальну захищеність полів, довжину смуг, зону ефективного їх впливу та висоту, а з індексом "np" - проєктовану. Виходячи з даних обстежень стану лісосмуг спеціалістами Степової філії УкрНДІЛГА, зокрема, Присиваського дослідного господарства, найкраща захищеність агроландшафтів буде тоді, коли всі лісосмуги знаходяться в стані "добрий", або (частково) "задовільний". Стан -задовільний (ажурність - 40-70 %) співвідноситься з наявністю 200-400 дерев на 100 метрів смуги. Стан "поганий" (ажурність 70-90%) означає, по суті, відсутність дерев в лісосмугах, тому що при наявності 20 - 200 дерев на 100 м 3-5 рядових насаджень їх ґрунтозахисно-меліоративний вплив на агроландшафти в значній мірі втрачається. Реальну "ґрунтозахисно-меліоративну" довжину лісосмуги, дальність ефективного впливу та висоту треба розраховувати як середньозважене з вагою 1 для стану ділянки лісосмуги із станом -добрий, 0.66 для стану -задовільний, та 0.33 для стану -поганий. Проєктовану та фактичну дальність ефективного впливу визначали по формулі $D=2.5 \cdot H^2$ [5].

Виходячи з цих припущень, були зроблені розрахунки втрат ґрунтозахисно-меліоративного впливу при сучасному стані смуг, результати яких приведені в таблиці 3. Як видно з цієї таблиці, реальна ґрунтозахисно-меліоративна ефективність лісосмуг на південних чорноземах в два рази більша ніж ефективності смуг на темно-каштанових ґрунтах. Виходячи з рівної ймовірності самовільних вирубок, раціональним поясненням такого феномену є інші причини поступової деградації лісосмуг. Це, по-перше, більш сприятливі природні умови (в першу чергу, кількість опадів) для вирощуванні дерев, що в певній мірі компенсує загальний занепад лісомеліорації в регіоні, по-друге, зменшення в середній та, особливо, в північній частині області площ засолених ґрунтів. Зростання кількості легкорозчинних солей в верхньому шарі ґрунту, разом зі старінням дерев є важливою причиною загибелі лісосмуг з робінії псевдоакації, які найбільш поширені в каштановій зоні Херсонщини.

Отже поганий стан лісосмуг в регіоні з низькою ґрунтозахисно-меліоративною захищеністю агроландшафтів лісовими смугами, яка дорівнює на темно-каштанових ґрунтах приблизно 11 %, а на південних чорноземах - 23 % від проектною захищеності агроландшафтів не може ефективно захищати ґрунти від дефляції.

Втрати ґрунту. Обстеження ґрунтів у Жовтневому та Баштанському районах Миколаївської області та Білозерському районі Херсонської показало, що протягом пилової бурі 23-24 березня 2007 року в першу чергу постраждали поля, які були оброблені на зяб, або де щойно були посіяні ранні ярові, зокрема, ячмінь. Втрати тут дорівнюють шару ґрунту в 20-50 мм, що приблизно відповідає величині в 200-400 т/га. Поля, де була посіяні озимі культури, зокрема, озима пшениця мало постраждали від дефляції. Деякі втрати ґрунту спостерігалися лише на посівах тих озимих культур, які були посіяні вздовж напрямку вітрового потоку (приблизно «схід»-«захід»). На посівах багаторічних трав та озимої пшениці, рядки якої були розташовані уперек напрямку вітру видимих втрат ґрунту не спостерігалось.

Для загальної кількісної оцінки втрат ґрунту з зябу в регіоні була використана математична залежність, що розроблена в ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського» [1]:

$$W = 8,2 \cdot 10^{(a - bK)} \cdot K_s \cdot V^3 \cdot t, \quad (3)$$

де W – втрати ґрунту в т/га, a та b -параметри, що описують властивості ґрунтів, K – грудкуватість поверхневого шару ґрунту, %, K_s – коефіцієнт руйнування ґрунтових агрегатів, t – кількість ґрунтів з пиловою бурею, V - середня швидкість вітру під час пилової бурі. Параметри a та b та коефіцієнти K та K_s , визначалися за [1], а метеорологічні показники (V та t) згідно даних метеорологічних сайтів [3,7,9]. Десятковий логарифм показника W картографовано засобами настільної картографічної системи MAPINFO PROFESSIONAL-6.5 (рис. 4).

Таблиця 3. Сучасні зміни ґрунтозахисно-меліоративного впливу лісосмуг в Херсонській області.

Підтип ґрунтів, район	Назва колишнього колективного господарства	Кількість лісосмуг що взяті до аналізу	Довжини лісосмуг (км)	Висоти лісосмуг (м)	Вплив висоти лісосмуг на агро-ландшафти (м)	Середня реальна захищеність агроландшафтів лісовими смугами (% від проектної)
Темно-каштанові						
Іванівський	ім. Щорса	7	3.3	1.8	8.1	1
"-	Україна	15	9.3	2.5	15.6	2
Генічеський	Мирне	36	13.8	4.8	51.8	22
"-	Новомирське	15	13.6	3.5	27.6	10
"-	ім. 21 з'їзду КПРС	21	15.3	3.2	23.4	6
Середнє зважене						11
Чорноземи південні						
Н.- Сірогоський	Восток	45	39.5	5.3	63.2	11
"-	Авангард	26	30.0	4.8	52.2	12
"-	ім. Кірова	52	55.1	5.4	66.0	11
В.-Лепетиський	Промінь	31	42.1	6.4	102.4	24
Нововоронцов- ський	Шлях Ілліча	17	19.7	6.6	110.6	24
"-	Україна	3	6.1	13.2	435.5	100
"-	ім. Шевченка	4	6.4	15.6	608.4	100
"-	Придніпровський	3	5.0	10.6	282.0	65
"-	Червонофлотець	6	10.6	12.6	400.0	69
Бериславський	Дружба	6	8.0	9.2	212.2	48
"-	Дніпро	3	5.7	9.0	202.5	54
"-	Наддніпрянське	6	11.3	5.7	80.9	46
"-	Бериславський	4	7.6	8.5	181.2	55
"-	Нива	5	12.6	7.7	148.2	56
"-	Виноградний	4	4.8	4.3	45.4	7
Середнє зважене						23

Як видно з рисунку, найбільші втрати ґрунту з зябу спостерігаються в центральній частині Херсонської (Чаплинський, Новотроїцький, Каховський, Нижньосірогоський, Іванівський

Бериславський, Горностаївський райони) та Запорізької області (Якимівський, Мелітопольський, Пологівський, Гуляйпільський, Михайлівський, Токмацький, Чернігівський, Веселівський райони) і становлять 150-400 т/га. В інших частинах цих областей (за винятком приморських районів), в Миколаївській області, на сході Одеської області, на півдні Кіровоградської та Дніпропетровської області та на заході АР Крим втрати ґрунту склали приблизно 50-150 т/га. Мінімальні значення дефляції в ці дні були притаманні приморським районам Херсонщини та Запорізької області, північному Криму та північним районам Одеської області, західним районам Донецької області – 10-50 т/га.

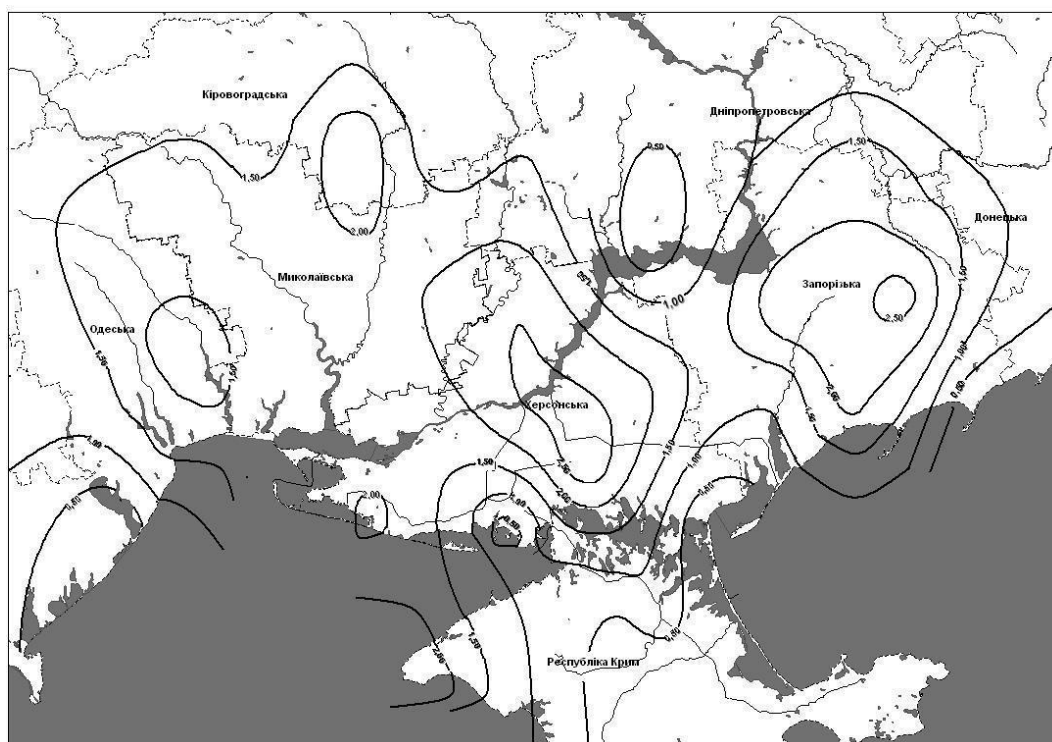


Рисунок 4. Втрати ґрунту з зябу під час пилової бурі 23-24 березня 2007 року ($I_g W$, т/га).

Якщо порівняти отримані величини з допустимими нормами ерозії, які дорівнюють темпам ґрунтоутворення, то для темно- каштанових ґрунтів та чорноземів вони становлять в залежності від рівня агротехніки, ступеню еродованості та структури сівозмін від 0,1 до 1,7 т/га на рік [8]. Тобто, за 10-30 годин 23 та 24 березня 2007 року з поверхні агроландшафтів було видута така кількість ґрунту, яка більша за швидкість ґрунтоутворення в 10-4000 разів. Така оцінка дозволяє визначити явище 23-24 березня як екологічну катастрофу загальнонаціонального рівня, яка привела до суттєвого зниження родючості ґрунтів в кількох областях України.

Висновки. Пилова буря 23-34 березня є непересічним явищем для землекористування в Україні. Стихійне лихо охопило 20 %

території України, продовжувалось до від 10 до 30 годин і мало середні швидкості вітру в 15-20 м/с. Такі швидкості вітру були на багато більше порогових (критичних) швидкостей, що і призвело до масового відривання часточок ґрунту від поверхні, підняття їх у повітря та перенесення в повітряному потоці на значні відстані. Пилова буря стала можливою з причини одночасної реалізації низки метеорологічних та ґрунтових факторів на тлі високої розораності території, нераціональної структури посівних площ та низької ґрунтово-меліоративної ефективності існуючої мережі лісосмуг.

Втрати ґрунту в епіцентрі пилової бурі з поверхонь без рослинності складали 150-400 т/га, а на периферії явища - 10-50 т/га, що в 10-4000 разів більше за швидкість сучасного ґрунтоутворення. Останній факт дозволяє класифікувати це явище, як екологічну катастрофу національного рівня, яка привела до суттєвого та швидкоплинного зниження родючості ґрунтів в декількох степових областях України.

Список літератури:

1. Булигін С.Ю. Формування екологічно сталих агроландшафтів. К.: Урожай, 2005 -300 с.
2. Бяллович Ю.П. Нормативы оптимальной лесистости равнинной части УССР// Лесоводство и агролесомелиорация. – К.: Урожай, 1972. – Вып. 28. – С.54 – 65.
3. Гисметео. <http://www.gismeteo.ru>
4. Долгилевич М.И. Пыльные бури и агролесомелиоративные мероприятия. – М.: Колос, 1978. – 234 с.
5. Калиниченко Н.П., Ильинский В.В. Лесомелиорация овражно-балочных систем. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 200 с.
6. Кальянов К.С. Динамика процессов ветровой эрозии. М.:Наука, 1976.-155 с
7. Погода и климат. <http://pogoda.ru.net/maps/bracka/>
8. Світличний О.О., Чорний С.Г. Основи ерозіознавства. Підручник. Суми: Університетська книга. –2007.-265 с
9. Український гідрометеорологічний центр. <http://www.meteo.com.ua/hmc.php>
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.