

УДК 631.4:551.3

© 2020

УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ ОХОРОНИ ҐРУНТІВ ВІД ЕРОЗІЇ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

В.П. Коляда¹, О.В.Круглов², А.О. Ачасова³, М.В. Шевченко⁴,
О.О. Дьомкін⁵, П.Г. Назарок⁶

¹кандидат сільськогосподарських наук

²кандидат геологічних наук

³кандидат біологічних наук

⁴доктор сільськогосподарських наук

^{1-3, 6} ННЦ «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О.Н. Соколовського»
вул. Чайковська, 4, 61024, м. Харків, Україна

^{4, 5}Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва
п/в Докучаївське, 2 Харківського р-ну Харківської обл., 62483, Україна
e-mail: ¹koliadavalerii@gmail.com, ²alex_kruglov@ukr.net, ³achasova@ukr.net,
⁴zemlerobstvo@knau.kharkov.ua, ⁵dyomkin@ukr.net, ⁶pavelnazarok@gmail.com
ORCID: ¹0000-0003-2682-5687, ²0000-0003-2663-0935, ³0000-0002-6294-2445,
⁴0000-0002-4655-0679, ⁵0000-0002-6500-821X, ⁶0000-0003-4915-1435

Надійшла 5.10.2020

Мета. Показати наявні кліматичні тренди, їх вплив на ерозійні процеси та вдосконалити систему охорони ґрунтів. **Методи.** Польові, лабораторні, картографічні, статистичні, геоінформаційного аналізу, математичного моделювання. **Результати.** Прояв глобальних змін клімату в Україні полягає у підвищенні середніх температур повітря та суми активних температур, зростанні посушливості і зміні повітряного режиму та режиму опадів у напрямі збільшення неоднорідності їх розподілу впродовж року та зростання частки сильних дощів і злив. Це призводить до підвищення ерозійної небезпеки, що потребує перегляду наявної системи ґрунтоохоронних заходів і більш жорстких вимог до їх застосування. Комплекс агротехнічних та організаційних заходів, що полягає в оптимізації структури сівозмін, виведенні з ріллі найбільш ерозійно небезпечних ділянок і застосуванні ґрунтозахисної агротехніки, дає змогу в більшості випадків знизити рівень втрат ґрунту до нормативних значень. Серед способів основного обробітку ґрунту слід надавати перевагу чизелюванню, що дає можливість зберігати на поверхні ґрунту рослинні рештки. Для проведення ерозійних досліджень доцільно враховувати частину поверхні, вкритої рослинними рештками або захищеної від дії вітру лісомеліоративними насадженнями. Також перспективно використовувати неконтактні методи, скажімо магнітометрії. Математичне моделювання процесів ерозії, що є необхідною складовою розробки системи протиерозійного захисту, потребує перегляду застосовуваних параметрів опадів відповідно до кліматичних змін. **Висновки.** Удосконалення системи охорони ґрунтів від ерозії в умовах змін клімату слід проводити послідовно на кожній зі складових цієї системи, починаючи з оптимізації структури сівозмін і використання ґрунтозахисних агротехнічних заходів. Попри загально позитивний досвід використання ґрунтозахисних агротехнічних заходів на землях із високою ерозійною небезпекою для запобігання ерозії

їх потрібно застосовувати в комплексі з гідротехнічними та агролісомеліоративними заходами, що має здійснюватися на загальнодержавному рівні.

Ключові слова: водна ерозія, дефляція, змив ґрунту, магнітометрія, прогноз втрат ґрунту, протиерозійна агротехніка.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agroviznyk202012-09>

Глобальні зміни клімату в останні десятиріччя перетворилися з дискусійного питання, яким його вважали ще 10–15 років тому [1, 2], у проблему, яка потребує усебічного розгляду та розв'язання. Нині глобальне потепління більшістю дослідників сприймається як факт і, очевидно, що його вплив на всі галузі господарства щороку лише підсилюватиметься. Дехто з кліматологів стверджує, що клімат Землі вже пройшов точку неповернення [3], навіть стабілізація надходження вуглекислого газу до атмосфери вже не виправить ситуацію, і потепління продовжиться.

Нині завданням є дослідження масштабів і проявів змін клімату для конкретних регіонів, наслідків цих змін для окремих галузей господарства та адаптації людства до змін клімату.

Сільське господарство чи не найбільше залежить від кліматичних умов, тому проблемам адаптації аграрного виробництва України до змін клімату сьогодні приділяється велика увага. Вплив змін клімату на продуктивність і технології вирощування окремих культур розглядали в роботах [4–6], були порушені питання адаптації сільського господарства до змін клімату на тематичних науково-практичних конференціях [7]. Значно менше уваги приділяється в Україні прогнозам розвитку процесів деградації ґрунтів унаслідок кліматичних змін. Можна згадати лише поодинокі роботи, зокрема авторів [8], хоча ці питання привертають нині пильну увагу провідних науковців світу. Так, в останні 2–3 роки опубліковано кілька масштабних праць щодо оцінки впливу змін клімату на ґрунтові деградаційні процеси, передусім на ерозію ґрунтів і засолення [9, 10]. Велике значення світова спільнота приділяє взаємовпливу змін клімату та процесів деградації ґрунтів. Підтвердженням цього є публікація у серпні 2019 р. Міжурядовою групою ООН зі зміни

клімату (IPCC) спеціальної доповіді про зміну клімату та земель (SRCCL), що також відома як «Спеціальна доповідь з питань зміни клімату, опустелювання, деградації земель, сталого управління земельними ресурсами, продовольчої безпеки і потоків парникових газів в наземних екосистемах». Це дослідження 107-ми експертів із 52-х країн, у якому 4-й розділ присвячено саме деградації земель [11]. Однак Україна в цій доповіді фактично лишається поза увагою.

Мета досліджень — показати наявні кліматичні тренди, їх вплив на ерозійні процеси та вдосконалити систему охорони ґрунтів.

Методи досліджень. Польові, лабораторні, картографічні, статистичні, геоінформаційного аналізу, математичного моделювання.

Результати досліджень. Вітрова та водна ерозія ґрунтів — це процеси, прояв яких залежить від кліматичних параметрів не лише безпосередньо — через зміну інтенсивності впливу води або вітру на поверхню ґрунту, а й опосередковано — через зміну захисних властивостей рослинного покриву зі зростанням посушливості. Кліматичні параметри, зміни яких впливають на характер прояву ерозії ґрунтів, такі: температура повітря та її розподіл упродовж року; посушливість умов (за гідротермічним коефіцієнтом); кількість опадів і рівномірність їх розподілу за сезонами; тривалість та інтенсивність зливових опадів; наявність снігового покриву, запаси води в снігу та швидкість сніготанення; тривалість вітрів критичної швидкості і розподіл днів із високою швидкістю вітру за сезонами.

За даними кліматичних спостережень, в останні 50 років в Україні зафіксовано стійке підвищення середньорічних температур повітря (рис. 1). За 30 останніх років середня річна температура в Україні підвищилася на 1,2°C [12].

Аналіз змін температури повітря та кількості опадів за місяцями показує, що зростають не лише середні температури, а й відбуваються зміни в розподілі кількості тепла і вологи впродовж року (рис. 2).

Найбільше підвищення температури повітря відносно середньобогаторічних даних спостерігається у березні – вересні, що впливає на наявність снігового покриву, характер сніготанення у лютому – березні, посушливість умов і розвиток рослинного покриву (рис. 2, а).

Розподіл опадів також є несприятливим щодо ризику розвитку ерозійних процесів (рис. 2, б). Велике значення має підвищення кількості опадів у березні і травні, коли захисна роль сільськогосподарських культур на посівах ярих культур є мінімальною. Особливо це стосується травневих опадів, режим випадання яких часто є зливовим. В Україні з 90-х років ХХ ст. спостерігалася тенденція до зростання кількості сильних

дощів і злив, що досягли небезпечних критеріїв. Попри регіональні особливості у ХХІ ст. ця тенденція стала ще більш вираженою на всій території України. Так, скажімо, у травні 2020 р. після посушливої безсніжної зими, що спричинила пересушення і розпилення верхнього шару ґрунту та вкрай низьку щільність рослинного покриву, за короткий час випала значна кількість опадів, яка в багатьох областях удвічі перевищила багаторічну норму.

Найбільшу кількість опадів було зафіксовано в північних областях, Івано-Франківській, Львівській, Рівненській, Вінницькій, Черкаській областях. Це спричинило не лише підтоплення сільгоспугідь у ряді областей, а й спалах водно-ерозійних процесів майже по всій території України [15]. Ці кліматичні зміни спонукають до перегляду режиму фактора захисної дії сільськогосподарських культур і фактора випадання опадів у математичних моделях ерозії.

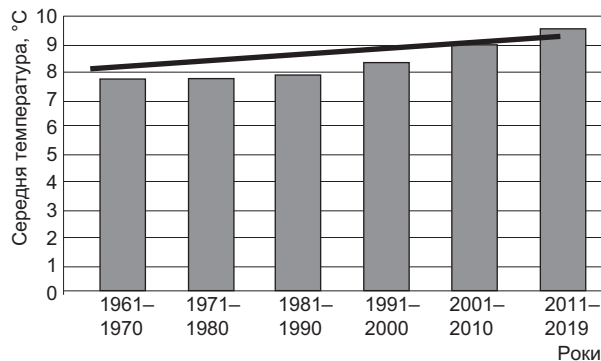


Рис. 1. Середньорічні температури в Україні за 1961–2019 рр. [12]

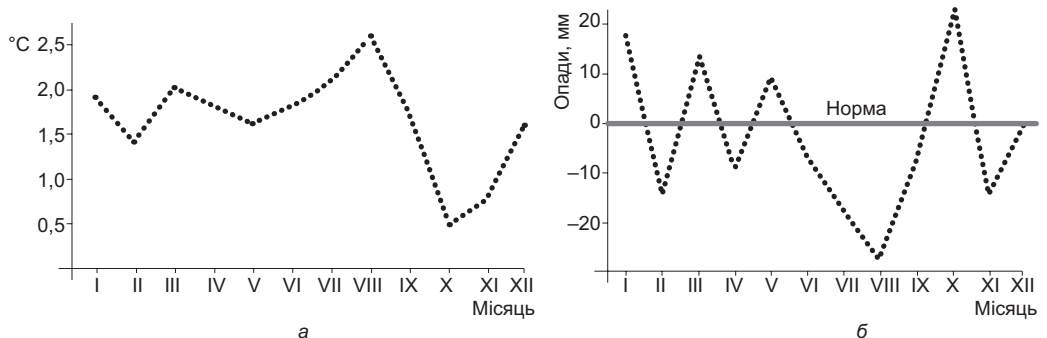


Рис. 2. Відхилення середньомісячних температур (а) та сум опадів (б) від кліматичних норм за 2010–2019 рр. [12, 13]

Водночас кінець зими (лютий) і літній період (червень – серпень) у середньому характеризуються зростанням посушливості, що створює небезпеку розвитку дефляції ґрунтів. Хоча за даними авторів [16], за 1971–2010 рр. на території України відзначено зменшення середньої і максимальної швидкостей вітру в приземному шарі атмосфери і кількості буревіїв, за яких швидкість вітру перевищує 25 м/с (за винятком Херсонської та Одеської областей). Останніми роками з'явилася тенденція до зростання інтенсивності процесів, що зумовлюють виникнення пилових бур.

У квітні 2003 р. на півдні України спостерігалася пилова буря, яка майже досягла критеріїв стихійного гідрометеорологічного явища. У населених пунктах Маріуполь, Чорноморське, Бехтери, Дар'ївка майже 10 год безперервно спостерігалася швидкість вітру 15 м/с і більше. Бур такої інтенсивності в Україні не було більше 20-ти років. Кількість сильних шквалів (15 м/с і більше) продовжує зростати в східних і південних областях упродовж останніх 40-ка років [16].

У квітні 2020 р. за відсутності в Україні метеорологічної зими 2019–2020 рр. з традиційними морозами, снігом і промерзанням ґрунту вперше за останні 100 років масштабну пилову бурю можна було спостерігати в зоні Полісся [17]. Ці події свідчать про збільшення кількості аномальних погодних явищ, пов'язаних з активізацією вітрових ерозійних процесів в останні кілька років і вірогідність їх повторення у майбутньому не лише в зоні Полісся, а й Лісостепу України. З урахуванням цього перспективним є аналіз функціональності наявної системи лісомеліоративних заходів у регіонах із підвищеним ризиком вітрової ерозії і локально — у місцях прояву дефляції в останні кілька років.

Отже, зміни кліматичних параметрів, зокрема підвищення кількості та неоднорідності розподілу опадів, зростання кількості та інтенсивності зливових опадів, підвищення температури повітря і зростання посушливості сприятимуть подальшому збільшенню ризику водної і вітрової ерозій ґрунтів.

Унаслідок інтенсифікації ерозійних процесів структура ґрунтового покриву еродо-

ваних ґрунтів змінюватиметься у просторі та часі з утворенням складного комплексу змито-намитих і дефльовано-нав'яних ґрунтів, що потребує використання нових експресних методів дослідження і картографування ґрунтового покриву для оперативного виявлення цих змін та відповідного коригування використання земель.

Одним із перспективних і маловикористовуваних безконтактних методів дослідження еродованих ґрунтів є магнітометрія. Кліматичні зміни впливають на синтез педогенних мінералів, передусім оксидів заліза — гематиту, магнетиту та маггеміту, що мають магнітні властивості. Їх уміст у ґрунтах та мінеральна форма, які визначають засобами та методами магніторозвідки, можуть бути використані як своєрідні маркери педогенезу [18]. Проведені дослідження підтвердили високу ефективність цих методів для діагностики еродованості ґрунтів і для перевірки результатів моделювання ерозійних процесів [19].

Використання цих методів для діагностики еродованості ґрунтується на зв'язку магнітних параметрів ґрунту з умістом у ньому гумусу. Нами використано одну з найпоширеніших магнітних характеристик ґрунту — питому магнітну сприйнятливість (МС). За результатами статистичного аналізу, на локальному територіальному рівні (у межах одного поля) за еквівалентності агротехнічних умов показник МС тісно пов'язаний з умістом гумусу та фізичної глини і з потенційними втратами ґрунту, розрахованими за результатами математичного моделювання ерозійних процесів (табл. 1).

Тісний негативний зв'язок МС із прогностичними втратами ґрунту пояснюється тим, що результати моделювання відображають і фактичну еродованість ґрунтового покриву, ступінь якої загалом пропорційний прогностичним втратам ґрунту. Еродований ґрунт має знижений уміст гумусу і нижчі показники МС щодо ґрунту нееродованих ділянок.

З розширенням ареалу дослідження за межі одного поля сівозміни тіснота зв'язку між цими параметрами зменшується. Так, дослідження залежності МС чорнозему звичайного від умісту в ньому гумусу, проведені на території Лозівського району Харківської області, показали, що тіснота зв'язку (за

1. Зв'язок між деякими характеристиками чорнозему типового (шар 0–20 см) і прогнозними ерозійними втратами ґрунту (кореляція Спірмена, ρ) (Харківський р-н)

Показник	Одиниця виміру	Магнітна сприйнятливість	Уміст гумусу	Уміст часток <0,01 мм	Змив ґрунту
Магнітна сприйнятливість	10^{-8} м ³ /кг	–	0,710	0,710	–0,825
Уміст гумусу	%	0,710	–	0,981	–0,754
Уміст часток <0,01мм	%	0,710	0,981	–	–0,754
Змив ґрунту	т/га в рік	–0,825	–0,754	–0,754	–

коефіцієнтом кореляції Спірмена, ρ) між цими параметрами для окремих полів була середньою і високою ($\rho=0,64–0,92$). Водночас як для об'єднаної вибірки для всієї групи полів тіснота зв'язку була значно меншою ($\rho=0,45$). Це пояснюється диференціацією ґрунтових умов, що виникає під час проведення агротехнічних заходів, застосування добрив і різною глибиною обробітку ґрунту, які впливають на окисно-відновні процеси, синтез і трансформацію мінералів заліза в ґрунтах. Отже, більш коректним є аналіз показників МС для ділянок з однотипним ґрунтовим покривом та агрофоном.

Різкі зниження значень МС ґрунтів характерні також для еродованих ділянок поля, вони визначають положення водотоків, по яких відбувається стік зливових і талих вод. Крім можливості перевірки результатів математичних моделей ерозії, що входить до компетенції землевпорядників, вони можуть давати інформацію про ймовірність виникнення розмивів поверхні поля. Такі дані землекористувачі використовують для прогнозу розмиву гербіцидного екрану та втрат азоту з мінеральних добрив, унесених уроzkид по мерзлоталому ґрунту. Зразок зонування поля за даними магнітометрії показано на рис. 3.

За нашими даними, тісний кореляційний зв'язок між умістом гумусу та МС характерний для еродованих схилів, не ускладнених іншими деградаційними процесами (засолення або підтоплення). Високий або середній ступінь зв'язку з МС властивий і для результатів математичних моделей ерозії та деяких оптичних характеристик ґрунту [20]. Відсутність такого зв'язку часто дає підстави вважати некоректними вихідні

картографічні матеріали та/або висновки щодо функціональності агролісомеліоративних протиерозійних заходів [21].

Зростання ризику водної ерозії ґрунтів за рахунок зливових опадів підвищує роль спеціальних агротехнічних заходів, спрямованих на захист поверхні ґрунту від руйнування краплинами дощу та зниження швидкості поверхневого стоку. Такі захисні функції можуть виконувати рослинні рештки, що залишаються після збирання урожаю.

Кількість рослинних решток на поверхні ґрунту істотно різниться залежно від способу обробітку. У табл. 2, 3 наведено результати польових дослідів із вивчення впливу способу обробітку ґрунту на проективне покриття поверхні рослинними рештками, проведених на дослідних полях ХНАУ імені В.В. Докучаєва (Харківський р-н Харківської

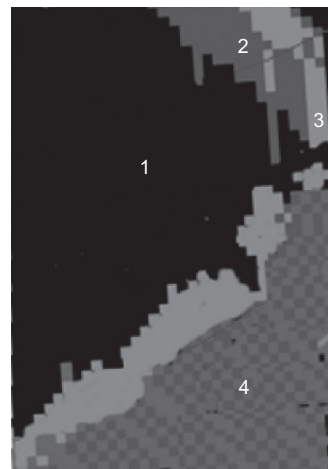


Рис. 3. Приклад ерозійного зонування поверхні поля за даними магнітометрії. Ступінь ерозійної небезпеки: 1 – слабкий; 2 – помірний; 3 – середній; 4 – сильний

обл.) на чорноземі типовому важкосуглинковому [22].

Результати табл. 2 і 3 свідчать про оптимальну в протиерозійному аспекті роль чизельного обробітку, особливо в його локальному варіанті, порівняно з полицевою оранкою або дискуванням.

У сучасних умовах в Україні найбільш доступним і фактично єдиним реально можливим способом впровадження протиерозійного захисту на рівні окремих господарств, є оптимізація землекористування способом виявлення ерозійно небезпечних ділянок, коригування структури сільськогосподарських культур для створення прийняттого рівня захисту та залуження найбільш еродованих земель, де неможливо досягти дієвих результатів організаційними та агротехнічними заходами (до 0,3–0,4% від загальної площі) [21].

Основою такої протиерозійної оптимізації землекористування є математичне

моделювання процесів водної ерозії з використанням як розрахункової основи цифрової моделі рельєфу та даних ґрунтових обстежень для території господарства.

Проекти ґрунтозахисної оптимізації структури землекористування було розроблено нами для 3-х агропідприємств Харківської області (Farm 1–3), ґрунтовий покрив кожного з яких представлено одним із найпоширеніших орних ґрунтів області (Farm 1 — чорнозем опідзолений, Farm 2 — чорнозем звичайний і Farm 3 — чорнозем типовий).

Результати прогнозової оцінки втрат ґрунту до та після проведення протиерозійної оптимізації, отримані математичним моделюванням за допомогою гідромеханічної моделі водної ерозії Ц.Є. Мірцхулави в модифікації С.Ю. Булигіна [23], показано на рис. 4.

За нашими розрахунками, проведення заходів із протиерозійної оптимізації території землекористування дає змогу досягти

2. Вплив способів обробітку ґрунту на проєктивне покриття поверхні ґрунту на чистому парі (середнє за 2015–2019 рр.)

Спосіб обробітку ґрунту	Наявність післяжнивних решток у періоді року, %			
	восени	рано навесні	на початку літа	наприкінці літа
Оранка на 20–22 см (контроль)	4	1	0	0
Локальне розпушування ПЧ-2,5 на 33–35 см	24	15	6	1
Чизельний обробіток ПЧ-2,5 на 33–35 см	20	10	5	0
Дискування ДМТ-4А на 10–12 см	15	8	2	0
Чизельний обробіток на 20–22 см	16	10	4	0
НІР ₀₅	1,7	2,0	2,5	–

3. Вплив способів обробітку ґрунту на проєктивне покриття поверхні ґрунту після збирання пшениці озимої (середнє за 2016–2019 рр.)

Спосіб обробітку ґрунту	Наявність післяжнивних решток у періоді року, %		
	восени	рано навесні	у травні
Оранка на 25–27 см (контроль)	2	0	0
Локальне розпушування ПЧ-2,5 на 33–35 см	30	18	8
Чизельний обробіток ПЧ-2,5 на 33–35 см	20	12	4
Чизельний обробіток ПЧ-2,5 на 35–40 см	22	14	4
Чизельний обробіток на 25–27 см	20	11	3
НІР ₀₅	1,7	2,0	2,5

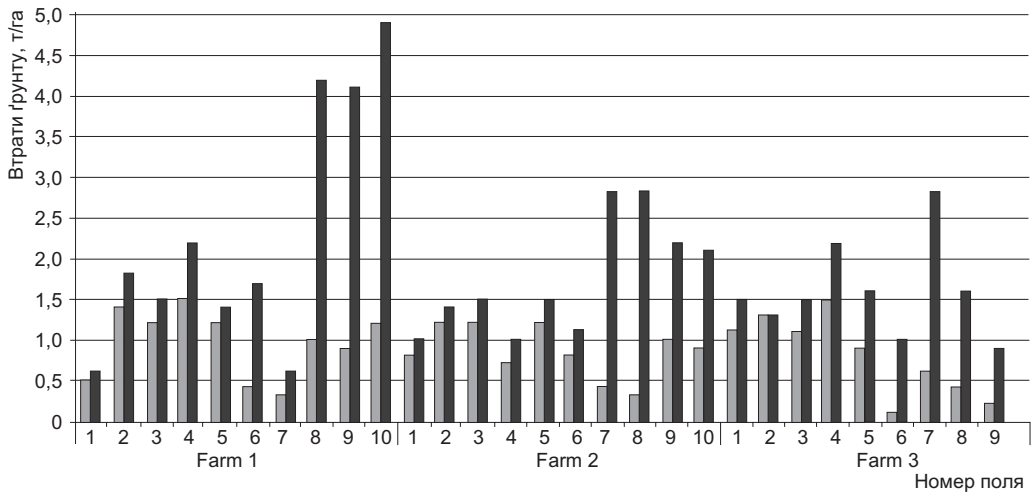


Рис. 4. Розрахункові втрати ґрунту до та після проведення протиерозійної оптимізації: ■ — без оптимізації; ■ — після оптимізації [21]

допустимих значень змиву ґрунту на всіх полях досліджуваних господарств (див. рис. 4). Коригування використання земель за результатами математичного моделювання ерозії не потребує кардинальних змін землекористування і значних капіталовкладень, тому може бути позитивно сприйняте фермерами та реалізоване в найкоротший термін.

Агротехнічні заходи є досить дієвими та ефективними, якщо вони поєднуються із агролісомеліоративними та гідротехнічними, планування та застосування яких має здійснюватися централізовано, на рівні держави. За оцінками експертів ФАО, вартість

ґрунту, винесеного з орних земель України в кількості понад 500 млн т щороку, еквівалентна майже 5 млрд доларів США [24]. Це означає, що через ерозію ґрунтів у сільському господарстві України втрачається кожний 3-й долар доданої вартості, а враховуючи кліматичні зміни, рівень щорічних збитків від ерозії і далі збільшуватиметься. Отже, загострення проблеми ерозії у зв'язку зі змінами клімату потребує втручання держави, оскільки за своїми масштабами це проблема національної безпеки, і вона не може бути розв'язана лише зусиллями землекористувачів і науковців.

Висновки

Наслідками глобальних змін клімату в Україні є тенденції до підвищення середніх температур повітря і суми активних температур, зростання посушливості та перерозподіл режиму опадів у напрямі збільшення неоднорідності їх розподілу впродовж року та зростання частки сильних дощів і злив. Це призводить до підвищення ерозійної небезпеки, особливо для посівів просапних і пару. Зміни гідротермічного режиму потребують відповідних коригувань строків сівби, способів і глибини основного обробітку ґрунту, що

вносить певні корективи до функціонування системи ґрунтоохоронних заходів.

Інтенсифікація вітро- та водноерозійних процесів підвищує значення безполіцевого обробітку ґрунту (чизелювання) зі збереженням ґрунтозахисного екрану у вигляді післяжнивних рослинних решток.

Зміни клімату потребують створення нових методичних підходів до дослідження просторової неоднорідності ґрунтового покриву, зокрема із застосуванням неконтактних методів, таких, як магнітометрія ґрунтів.

Удосконалення системи охорони ґрунтів від ерозії в умовах змін клімату слід проводити послідовно на кожній зі складових цієї системи, починаючи з оптимізації структури сівозмін і використання ґрунтозахисних агротехнічних заходів. Така оптимізація не повинна обмежуватися схематичним поділом земель на

агротехнологічні групи, а має проводитися індивідуально для кожного господарства на основі математичного моделювання ерозійних процесів. Причому кліматичні зміни, що відбуваються, потребують перегляду граничних і типових параметрів опадів, які застосовують для ерозійного моделювання.

Koliada V.¹, Kruhlov O.², Achasova A.³, Shevchenko M.⁴, Diomkin O.⁵, Nazarok P.⁶

¹⁻³.⁶NSC «Institute of Soil Science and Agrochemistry named after O.N. Sokolovsky» of NAAS, 4 Chaikivska Str., 61024, Kharkiv, Ukraine, ⁴.⁵KNAU named after V.V. Dokuchaiev, Dokuchaievskе vill. 2, Kharkiv oblast, 62483, Ukraine; e-mail: ¹koliadavalerii@gmail.com, ²alex_kruglov@ukr.net, ³achasova@ukr.net, ⁴zemlerobstvo@knau.kharkov.ua, ⁵dyomkin@ukr.net, ⁶pavelnazarok@gmail.com; ORCID: ¹0000-0003-2682-5687, ²0000-0003-2663-0935, ³0000-0002-6294-2445, ⁴0000-0002-4655-0679, ⁵0000-0002-6500-821X, ⁶0000-0003-4915-1435

Improvement of the soil protection system against erosion in the conditions of climate change

Goal. To show the existing climatic trends, their impact on erosion processes and improve the soil protection system. **Methods.** Field, laboratory, cartographic, statistical, geoinformation analysis, mathematical modeling. **Results.** The manifestation of global climate change in Ukraine is an increase in average air temperatures and the sum of active temperatures, increasing aridity and changes in air and precipitation in the direction of increasing the heterogeneity of their distribution throughout the year and increasing the share of heavy rains and showers. That leads to an increase in the erosion risk, which requires a revision of the existing system of soil protection measures and stricter requirements for their application. A set of agro-technical and organizational measures, which consists of optimizing

the structure of crop rotations, removing the most erosive dangerous areas from arable land, and applying soil-protective agricultural techniques, allows in most cases to reduce the level of soil losses to regulatory values. Among the methods of basic tillage, preference should be given to chiseling, which makes it possible to store plant remains on the soil surface. For erosion research, it is advisable to take into account the part of the surface covered with plant debris or protected from the wind by reclamation plantations. It is also promising to use non-contact methods, such as magnetometry. Mathematical modeling of erosion processes, which is a necessary component of the development of erosion protection systems, requires the revision of the applied precipitation parameters following climate change.

Conclusions. Improving the system of soil protection from erosion in the context of climate change should be carried out consistently on each of the components of the system, starting with the optimization of crop rotation and the use of soil protection measures. Despite the generally positive experience of using soil protection agrotechnical measures on lands with high erosion risk to prevent erosion, they should be used in combination with hydro-technical and agro-forestry reclamation measures, which should be carried out at the national level.

Key words: water erosion, deflation, soil erosion, magnetometry, soil loss forecast, anti-erosion agricultural techniques.

DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovnisnyk202012-09>

Бібліографія

1. Кондратьев К.Я. Изменения глобального климата: нерешенные проблемы. *Метеорология и гидрология*. 2004. № 6. С. 118–127.

2. Фролов И.Е., Гудкович З.М., Карклин В.П. и др. Научные исследования в Арктике. Т. 2. Климатические изменения ледяного покрова морей Евразийского шельфа. Санкт-Петербург: Наука, 2007. 136 с.

3. King M.D., Howat I.M., Candela S.G. et al. Dynamic ice loss from the Greenland Ice Sheet driven by sustained glacier retreat. *Communications*

Earth & Environment. 2020. V. 1. doi: 10.1038/s43247-020-0001-2

4. Тараріко О.Г., Ільєнко Т.В., Кучма Т.Л. Вплив змін клімату на продуктивність та валові збори зернових культур: аналіз та прогноз. *Український географічний журнал*. 2016. № 1. С. 14–22.

5. Прокопенко К.О., Улова Л.О. Сільське господарство України: виклики і шляхи розвитку в умовах зміни клімату. *Економіка і прогнозування*. 2017. № 1. С. 92–107. doi: 10.15407/eip2017.01.092

6. *Адаптація агротехнологій до змін клімату: ґрунтово-агрохімічні аспекти*; за ред. С.А. Балука, В.В. Медведєва, Б.С. Носка. Харків: Стильна типографія, 2018. 364 с.
7. *Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10–12 квітня 2019 року*. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ, Миколаїв, Херсон, 2019. 490 с.
8. *Тараріко О.Г., Кучма Т.Л., Ільєнко Т.В., Дем'янюк О.С.* Ерозійна деградація ґрунтів України за впливу змін клімату. *Агроекологічний журнал*. 2017. № 1. С. 7–15.
9. *Borrelli P., Robinson D.A., Panagos P. et al.* Land use and climate change impacts on global soil erosion by water (2015–2070). *Proceedings of the National Academy of Sciences Sep.* 2020. № 117 (36). P. 21994–22001. doi: 10.1073/pnas.2001403117
10. *Dharumaran S., Veeramani S., Kalaiselvi B. et al.* Potential Impacts of Climate Change on Land Degradation and Desertification: Land Degradation and Climate Change. *Climate Change and Its Impact on Ecosystem Services and Biodiversity in Arid and Semi-Arid Zones*, ed. by A. Karmaoui, IGI Global, 2019. P. 183–195. doi: 10.4018/978-1-5225-7387-6.ch010
11. *Olsson L., Barbosa H., Bhadwal S. et al.* Land Degradation. In: *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Special Report on climate change and land (SRCCL)*. 2019. 186 p.
12. *Адаменко Т.* Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? Німецько-український агрополітичний діалог, 2019. 36 с.
13. *Гідрометеоцентр України.* Агрокліматична інформація. Режим доступу: https://meteo.gov.ua/ua/33345/agrometeorology/agro_regime_climatic_information
14. *Балабух В.О.* Мінливість дуже сильних дощів і сильних злив в Україні. *Наукові праці Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*. 2008. Вип. 257. С. 61–72.
15. *Аналітика* за травень//сайт Meteo. Farm

(Агро Погода). 2.06.2020. <https://www.meteo.farm/news/113>

16. *Балабух В.О., Лавриненко О.М., Ягодинець С.М.* та ін. Зміна інтенсивності, повторюваності та локалізації небезпечних явищ погоди в Україні та їх регіональні особливості. Система контролю навколишнього середовища. *Зб. наук. пр. МГІ НАН України*. 2013. Вип. 19. С. 189–198.
17. *Дидух Я.П.* Екологические аспекты глобальных изменений климата: причины, следствия, действия. *Вестник Нац. акад. наук Украины*. Москва: Академперіодика, 2009. № 2. С. 34–44.
18. *Menshov O., Kruglov O., Sukhorada A.* Informational content of the soil magnetism indicators for solving agrophysical and soil science tasks. *Scientific Bulletin of the National Mining University*. 2012. № 3. P. 7–12.
19. *Menshov O., Kruglov O., Vyzhva S. et al.* Magnetic methods in tracing soil erosion, Kharkov Region, Ukraine. *Studia Geophysica et Geodaetica*. 2018. № 62. P. 681–696. doi: 10.1007/s11200-018-0803-1
20. *Круглов О., Меньшов О., Назарок П.* та ін. Магнітна сприйнятливості ґрунтів у складі ерозіо-знавчих досліджень. *Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка*. Геологія. 2019. № 2(85). С. 59–64.
21. *Круглов О.В., Коляда В.П., Ачасова А.О.* та ін. Протиерозійна оптимізація території аграрних господарств на прикладі Харківської області, Україна. *Вісник ХНУ імені В.Н. Каразіна*. Серія «Екологія». 2019. Вип. 20. С. 134–142.
22. *Шевченко М.В., Дьомкін О.О.* Вплив способів обробітку ґрунту на проективне покриття поверхні і ґрунтозахисну ефективність. *Вісник ХНАУ*. Серія «ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство, екологія ґрунтів». 2017. № 2. С. 219–224.
23. *ДСТУ 7904:2015.* Якість ґрунту. Визначення потенційної загрози ерозії під впливом дощів. [Чинний від 2016-07-01]. Київ, 2016. 12 с.
24. *Fileccia T., Guadagni M., Hovhera V., Bernoux M.* Ukraine: Soil fertility to strengthen climate resilience preliminary assessment of the potential benefits of conservation agriculture. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Rome, 2014. 96 p.