

ЗМІНА КЛІМАТУ ТА ПРОБЛЕМА АРИДИЗАЦІЇ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

ВОЖЕГОВА Р.А. – доктор сільськогосподарських наук, професор, академік

Національної академії аграрних наук України

<https://orcid.org/0000-0002-3895-5633>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

НЕТІС І.Т. – доктор сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0002-7075-2107>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

ОНУФРАН Л.І. – кандидат сільськогосподарських наук

<https://orcid.org/0000-0001-6247-4920>

Інститут зрошуваного землеробства Національної академії аграрних наук

САХАЦЬКИЙ Г.І. – кандидат сільськогосподарських наук, доцент

<https://orcid.org/0000-0002-6763-0846>

Приазовський державний технічний університет

ШАРАТА Н.Г. – доктор педагогічних наук

<https://orcid.org/0000-0002-6306-6934>

Миколаївський національний аграрний університет

Постановка проблеми. В посушливих умовах півдня України землеробство ведеться в досить складних умовах недостатнього і нестійкого зволоження.

За даними Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО), на всій планеті відбувається глобальне потепління клімату, яке загрожує людству. Наслідки зміни клімату стають усе більш відчутними і в Україні. Метеорологи відзначають, що за останні 20 років на нашій території річна температура повітря зросла на 0,8°C і продовжує зростати, а кількість опадів зменшується, що ще більше погіршує умови для сільськогосподарського виробництва [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На думку багатьох українських учених, у зв'язку з потеплінням клімату України загрожує процес опустелювання, передусім погіршення вологозабезпеченості агроценозів і висихання степів [2; 3; 4]. Це питання дискутується ще з кінця ХІХ століття, коли відомий учений О.О. Ізмаїльський у своїй книзі «Как высохла наша степь» стверджував, що після розорювання та окультурювання природних степів відбулося їх висихання [5].

Проте наші степи, хоча й погіршились, але досі залишаються родючими, спостерігається навіть значний ріст виробництва сільськогосподарської продукції.

Однак питання потепління клімату та його впливу на вологозабезпеченість агроценозів, висихання степів та їх продуктивність потребує глибоких досліджень, щоб запобігти значній аридизації території та зниженню продуктивності сільського господарства.

Мета статті. Метою статті є дослідження змін клімату на півдні України та його впливу на накопичення вологи в ґрунті, динаміку її запасів, ефективність використання опадів, вологозабезпеченість агроценозів, а також пропозиція заходів запобігання аридизації території.

Матеріали та методика досліджень. У статті використовувались польовий, лабораторний, статистичний, аналітичний, розрахунково-порівняльний методи. Проаналізовано кількість опадів і температуру повітря за даними метеостанції Херсон з 1882 року до 2020 року, а також зміни, які відбулися за такі періоди: 1882–1971 роки, 1972–2010 роки та наступні роки.

Запаси продуктивної вологи в ґрунті на посівах пшениці озимої по різних попередниках визначалися загальноприйнятим способом. Випаровуваність у мм визначалась за коефіцієнтом випаровування води на 1°C.

Результати досліджень. Дослідження показали, що на півдні України за 138 років клімат значно змінився (табл. 1). Так, за період із 1882 року по 1971 рік опадів випадало в середньому 347,3 мм, а за наступні 38 років (1972–2010 роки) їх уже було 458,1 мм, що на 110,8 мм, або на 31,9%, більше. Річна температура повітря за цей період не змінилася, становлячи 10,1°C. Через більшу кількість опадів гідротермічний коефіцієнт, розрахований за теплий період року, збільшився з 0,70 до 0,88, що свідчить про те, що забезпеченість рослин вологою в цей період значно покращилась. Однак на практиці в землеробстві це виявилось майже непомітним.

Отже, задля з'ясування того, в якому напрямі змінюється вологозабезпеченість рослин, нами були проаналізовані дані метеостанції Херсон та Інституту зрошуваного землеробства НААН по запасах продуктивної вологи в ґрунті на посівах пшениці озимої за 42 роки.

Дослідження показали, що в цій зоні основна кількість вологи на посівах пшениці накопичується в осінньо-зимовий період, а найбільші її запаси в ґрунті щорічно спостерігаються ранньою весною. У цей період у метровому шарі ґрунту запаси доступної вологи в середньому мали такі показники: на пару – 150 мм, після непарових попередників – 130 мм, на зрошенні – 165 мм.

Від кількості вологи ранньою весною значною мірою залежить урожай пшениці озимої. Високий урожай зерна пшениця формувала в роки, коли на початку весни запаси доступної вологи в шарі ґрунту 0–100 см становили 150 мм і більше, задовільний – 130, низький – 100 мм і менше.

Кількість опадів, які випадають в осінньо-зимовий період, цілком достатня для накопичення в ґрунті до 170 мм доступної вологи. Втім, фактично в цей період ґрунтом поглинається дуже мала їх кількість. Так, із 196 мм опадів, які випали за осінньо-зимовий період, у середньому за роки спостережень у посівах пшениці після кукурудзи на силос у шарі ґрунту 0–100 см води вби-

ралось 83 мм, на пару – 40, а в умовах зрошення – 31 мм. Отже, ґрунтом поглинулось лише 42, 20 і 16% відповідно від тих опадів, що випали. Решта води опадів, а саме 58–84%, ймовірно, збігла в низини, частина випарувалася або вимерзла і втрачена, не приносячи ніякої користі.

Розрахунки показують, що втрати вологи опадів за осінньо-зимовий період складають приблизно 100–160 мм, чого було б достатньо для формування 1–2 т зерна пшениці. Для посушливої зони такі великі втрати вологи недопустимі, бо це – фактично втрачений урожай зерна, тому необхідно звести до мінімуму втрати води на полях. Повніше вбирання осінньо-зимових опадів є одним із найбільших резервів покращення забезпечення посівів пшениці водою.

Досліджуючи причини цього явища, ми встановили дуже важливий факт. Як показано вище, після 1971 року в цій зоні кількість опадів за рік суттєво збільшилась, тому цілком логічно було б очікувати бодай невелике покращення водозабезпеченості посівів пшениці. Натомість виявилось, що збільшення запасів вологи в ґрунті до весни і протягом всієї вегетації на її посівах майже не відбулося (табл. 2).

Так, із 1964 по 1971 роки на посівах пшениці після кукурудзи на силос рано весною запаси доступної вологи в метровому шарі становили в середньому 131 мм, а з 1972 по 2006 роки, коли випадало більше опадів, – 129 мм, тобто середні запаси вологи на посівах пшениці під час виходу із зими не збільшились. Не збільшувались запаси вологи в інші періоди її вегетації. Це свідчить про те, що за більшої кількості опадів на посівах пшениці водний режим ґрунту не покращився.

Однією з головних причин цього є те, що погіршилось вбирання опадів ґрунтом, наслідком чого є значна їх втрата, про що йшлося вище. Внаслідок виробничої

діяльності погіршились агрофізичні властивості ґрунту, збільшилась його щільність, що негативно вплинуло на їх вбирну здатність.

Водночас у 1972–2010 роки погіршення вологозабезпеченості посівів пшениці не відбулося тільки тому, що в цей період збільшилась річна кількість опадів, що стабілізувало водний баланс приблизно на тому ж рівні, який був раніше, тобто додаткова кількість опадів, яка випадала у зазначені роки, компенсувала збільшене випаровування вологи, пов'язане з потеплінням клімату, і стримувала аридизацію Південного Степу. Без збільшення кількості опадів у ці роки під впливом зростання температури відбувалося б його висихання.

Проте викликає занепокоєння те, що у 2011–2015 роки порівняно з попереднім періодом (1972–2010 роки) кліматична ситуація суттєво змінилась. Відбулося зменшення річної кількості опадів з 458 до 381 мм, або на 77 мм. У цей же час річна температура повітря підвищилась на 1,3°C, гідротермічний коефіцієнт знизився з 0,88 до 0,66, що вказує на збільшення посушливості клімату в ці роки (табл. 1). Більш того, в останні п'ять років (2016–2020 роки) ситуація погіршилась ще більше. Так, кількість опадів залишилась практично на попередньому рівні, а саме 387 мм, а річна температура підвищилась на 2,0°C, гідротермічний коефіцієнт понизився до 0,62, а у 2020 році він становив 0,46, що близько до напівпустелі.

Підвищення температури повітря збільшувало випаровування вологи з ґрунту. Розрахунки показують, що випаровуваність за теплий період року ($t = >5^{\circ}\text{C}$) збільшилась за останні 10 років з 573 до 660 мм, а опадів за рік випадало в середньому лише 387 мм (табл. 1). У цій зоні випаровуваність у більшості років значно вище за

Таблиця 1

Зміна кількості опадів, температури повітря, суми температур і гідротермічного коефіцієнта (ГТК) за відповідні періоди з 1882 року по 2020 рік

Роки	Опади, мм	Температура повітря, °C	Сума температур, °C	ГТК	Випаровуваність, мм
1882–1971	347	10,1	3872	0,7	581
1972–2010	458	10,1	3823	0,88	573
2011–2015	381	11,4	4232	0,66	635
2016–2020	387	12,1	4389	0,62	660

Таблиця 2

Кількість опадів і запаси вологи в ґрунті на посівах пшениці озимої в різні роки, мм

Роки	Опади за рік, мм	Запаси доступної вологи в шарі ґрунту 1м			
		ранньою весною	в трубкування	в колосіння	в молочну стиглість
Кукурудза на силос					
1964–1971	399	131	108	63	40
1972–2006	453	129	111	51	26
Різниця	+54	-2	+3	-12	-14
Чорний пар					
1950–1971	372	154	129	72	35
1972–1991	456	146	123	74	25
Різниця	+84	-8	-6	+2	-10

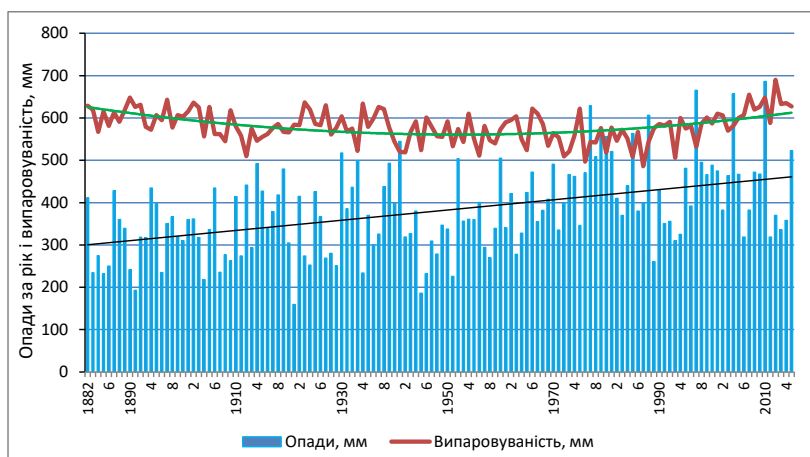


Рис. 1. Опади і випаровуваність за 1882–2015 роки, мм

річну кількість опадів (рис. 1).

Переважає випаровування вологи з ґрунту над її надходженням з опадами є реальною загрозою висихання наших степів.

Одержані дані свідчать про те, що в останні п'ять років у цій зоні водний і тепловий режими для сільськогосподарських культур погіршилися, відбувається значне прискорення аридизації Південного Степу. Якщо температура буде підвищуватись і в наступні роки, а кількість опадів не збільшиться, то це призведе до критичного погіршення вологозабезпеченості біоценозів, висихання наших степів, зниження продуктивності земель і всієї біопродуктивної системи та опустелювання території. Це досить негативно відіб'ється на сільськогосподарському виробництві та продовольчій безпеці держави, тому допустити цього не можна.

Для запобігання опустелюванню території необхідно повніше використовувати атмосферні опади, більше накопичувати вологи в ґрунті, передусім в осінньо-зимовий період, зменшити втрати вологи та ефективніше її використовувати. Однак для цього слід покращити агрофізичні властивості ґрунту шляхом внесення гною, подрібненої соломи, стебел кукурудзи та інших органічних решток, освоєння відповідних сівозмін, удосконалення способів обробітку ґрунту тощо. Багато вчених вважають, що приорювання подрібненої соломи під час збирання зернових культур рівноцінне внесенню 20 т/га гною. Рештки соломи покращують вбирання вологи ґрунтом, зменшують поверхневий стік і випаровування вологи.

У світі для вирішення цієї проблеми швидко поширюється нова система землеробства No-till, яка базується на новітніх технологіях, де не застосовується оранка ґрунту, а всі культури сівозміни висіваються в стерню необробленого поля. Ця технологія захищає ґрунт від ерозії, сприяє додатковому накопиченню вологи в ґрунті до 50 мм, зменшується непродуктивне випаровування вологи завдяки шару післяжнивних решток [6]. На думку низки вчених, у зоні Степу ця технологія може мати значні перспективи поширення, оскільки за посушливих умов мульчування поверхні післязбиральними рештками забезпечує збереження до 25–50 мм вологи [7].

Проте в зоні посушливого Степу найбільш ефективним заходом протидії аридизації є зрошення. Поливи збільшують урожайність сільськогосподарських культур у 1,5–2 рази і більше. Економічна ефективність зрошуваних земель у зоні Степу у 2, 3 рази вище за неполовні [8; 9], тому на півдні України важливо збільшити площу зрошуваних земель та розвивати зрошуване землеробство.

Якщо лише спостерігати за потеплінням клімату, не вживаючи ніяких заходів, то можемо не сумніватись у тому, що наші степи досить швидко перетворяться на напівпустелю. Природа опирається змінам клімату і здатна частково відновлюватись, але тільки до певної межі, тому важливо розробити державну програму та продумано й ефективно діяти задля того, щоб зберегти наші степи.

Висновки. На півдні України за останні 10 років річна кількість опадів зменшилась, а температура зросла на 2,0°C, що загрожує опустелюванню території та зниженню продуктивності агроценозів. За осінь і зиму ґрунтом вбирається дуже мала кількість опадів, а саме 20–60%, а решта опадів, а саме 40–80%, втрачається. Втрати вологи опадів настільки великі, що стають загрозливими для ведення землеробства, особливо з огляду на потепління клімату. Для кращого забезпечення агроценозів вологою і стримування аридизації території необхідно покращити агрофізичні властивості ґрунтів шляхом внесення гною, подрібненої соломи, стебел кукурудзи та інших органічних решток, впровадження відповідних сівозмін, удосконалення способів обробітку ґрунту та збільшення площі зрошуваних земель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Адаменко Т.В. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату. *Агроном.* 2007. № 1. С. 8–9.
2. Барабаш М.О., Кульбіда М.В., Корж Т.І. Зміна глобального клімату і проблема опустелювання України. *Наукові записки Тернопільського ДГП.* 2004. № 2. С. 82–88.
3. Панасюк Б.Я. Кліматичні процеси і сільське господарство. *Вісник аграрної науки.* 2017. № 5. С. 68–72.
4. Сайко В.Ф. Землеробство в контексті змін клімату.

Збірник наукових праць Національного наукового центру «Інститут землеробства УААН». Київ : ВД «ЕКМСУ», 2008. Спецвипуск. С. 3–14.

5. Измаильский А.А. Избранные сочинения. Москва : Сельхозгиз, 1949. 335 с.
6. Косолап М.П., Кротінов О.П. Система землеробства No-till : навчальний посібник. Київ : Логос, 2011. 352 с.
7. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Мінімальний та нульовий обробітки ґрунту, стан і перспективи їх запровадження в Україні. *Посібник українського хлібороба. Науково-виробничий щорічник.* Київ : Урожай, 2009. С. 178–188.
8. Остапов В.И., Андрусенко И.И., Барыльник В.Т. и др. Орошаемое земледелие. Киев : Урожай, 1987. 280 с.
9. Жминько В.И., Мацкевич В.П., Григораш Н.Н. Экономическая эффективность выращивания зерновых культур на орошаемых землях / ред. В.А. Писаренко, И.Т. Нетис. Гарантированное производство зерна на орошаемых землях. Киев : Урожай, 1990. 192 с.

REFERENCES:

1. Adamancy, T.V. (2007). Klimaty'chni umovy' Ukrayiny' ta mozhly'vi naslidky' poteplinnya klimatu [Climatic conditions of Ukraine and possible consequences of global warming]. *Agronom – Agronomist, 1, 8–9* [in Ukrainian].
2. Barabash, M.O., Kul'bida, M.V., & Korzh, T.I. (2004). Zmina global'nogo klimatu i problema opustelyuvannya Ukrayiny' [Global climate change and the problem of desertification in Ukraine]. *Naukovi zapysky Ternopil's'kogo DGP – Scientific notes of Ternopil DGP, 2, 82–88* [in Ukrainian].
3. Panasyuk, B.Ya. (2017). Klimaty'chni procesy' i sil's'ke gospodarstvo [Climatic processes and agriculture]. *Visnyk agrarnoyi nauky' – Bulletin of Agricultural Science, 5, 68–72* [in Ukrainian].
4. Sajko, V.F. (2008). Zemlerobstvo v konteksti zmin klimatu [Agriculture in the context of climate change]. *Zbirnyk naukovy'x prac' Nacional'nogo naukovogo centru "Instytut zemlerobstva UAAN" – Collection of scientific works of the National Research Center "Institute of Agriculture UAAS", 3–14* [in Ukrainian].
5. Izmail'skij, A.A. (1949). *Izbrannye sochineniya [Selected works]*. M.: Sel'hozgiz, 335 [in Russian].
6. Kosolap, M.P., & Krotinov, O.P. (2011). *Systema zemlerobstva No-till [No-till farming system]*. K.: Logos, 352 [in Ukrainian].
7. Sajko, V.F., & Maliyenko, A.M. (2009). Minimal'ny'j ta nul'ovy'j obrobity' ґruntu, stan i perspekty'vy' yix zaprovadzhen' v Ukrayini [Minimum and zero tillage, the state and prospects of their introduction in Ukraine]. *Posibnyk ukrajyn's'kogo xliboroba. Naukovy'rbny'chy'j shhorichnyk – Ukrainian farmer's manual. Research and production yearbook, 178–188* [in Ukrainian].
8. Ostapov, V.I., Andrusenko, I.I., & Baryl'nik, V.T et al. (1987). *Oroshaemoe zemledelie [Irrigated agriculture]*. K.: Urozhaj, 280 [in Russian].
9. Zhmin'ko, V.I., Mackevich, V.P., & Grigorash, N.N. (1990). *Ekonomicheskaya effektivnost' vyrashchivaniya zernovyh kul'tur na oroshaemyh zemlyah [Economic efficiency of growing grain crops on irrigated lands]*.

Garantirovannoe proizvodstvo zerna na oroshaemyh zemlyah – Guaranteed grain production on irrigated land. K.: Urozhaj, 192 [in Russian].

Вожегова Р.А., Нетіс І.Т., Онуфран Л.І., Сахацький Г.І., Шарата Н.Г. Зміна клімату та аридизація Південного Степу України

Мета. Дослідити зміни клімату на півдні України та їх вплив на накопичення вологи в ґрунті, динаміку її запасів, ефективність використання опадів, водозабезпеченість агроценозів та запропонувати заходи запобігання аридизації території. **Методи:** польовий, лабораторний, статистичний, аналітичний, розрахунково-порівняльний. **Результати.** На півдні України за 138 років клімат значно змінився. За період із 1882 року до 1971 року опадів випадало в середньому 347,3 мм, а за наступні 38 років (1972–2010 роки) їх уже було 458,1 мм, що на 110,8 мм більше, тому в цей період забезпеченість рослин вологою значно покращилась. Однак на практиці в землеробстві це майже непомітно. Виявлено, що ґрунтом поглинається дуже мала кількість опадів. Так, із 196 мм, які випали за осінньо-зимовий період, у середньому за роки спостережень на посівах пшениці після кукурудзи на силос ґрунтом поглиналось лише 42%, на пару – 20, а на зрошенні – 16% від тих опадів, що випали. Решта води опадів, а саме 58–84%, ймовірно, збігла в низини, частина випарувалася або вимерзла і втрачена, не приносячи ніякої користі. Для посушливої зони такі великі втрати вологи недопустимі, бо це – фактично втрачений урожай зерна. Саме через великі втрати опадів за більшої їх кількості водний режим ґрунту на посівах пшениці не покращився. Повніше вбирання осінньо-зимових опадів є одним з найбільших резервів покращення забезпечення посівів пшениці водою. В період 2011–2020 років порівняно з попереднім періодом (1972–2010 роки) відбулося зменшення річної кількості опадів з 458 до 387 мм, а річна температура повітря підвищилась до 12,1°C, або на 2,0°C. В останні п'ять років у цій зоні водний і тепловий режими для сільськогосподарських культур погіршилися, відбувається значне прискорення аридизації Південного Степу. **Висновки.** В Херсонській області за останні 10 років річна кількість опадів зменшилась на 71 мм, а температура зросла на 2,0°C, що загрожує опустелюванню території та зниженню продуктивності агроценозів. За осінь і зиму ґрунтом вбирається дуже мала кількість опадів, а саме 20–60%, а решта води опадів, а саме 40–80%, втрачається. Втрати вологи опадів настільки великі, що стають загрозливими для ведення землеробства, особливо з огляду на потепління клімату. Для кращого забезпечення агроценозів вологою і стримування аридизації території необхідно покращити агрофізичні властивості ґрунтів шляхом внесення гною, подрібненої соломи, стебел кукурудзи та інших органічних решток, впровадження відповідних сівозмін, удосконалення способів обробітку ґрунту та збільшення площі зрошуваних земель.

Ключові слова: опади, температура повітря, волога, пшениця озима, опустелювання.

Vozhegova R.A., Netis I.T., Onufran L.I., Sakhatsky G.I., Sharata N.H. Climate change and aridization of the Southern Steppe of Ukraine

Purpose. To study climate changes in the south of Ukraine and their impact on the accumulation of moisture in the soil, the dynamics of its reserves, the efficiency

of the use of precipitation, the water supply of agrocenoses and propose measures to prevent aridization of the territory. **Methods:** field, laboratory, statistical, analytical, computational and comparative. **Results.** In the south of Ukraine, the climate has changed significantly over 138 years. For the period from 1882 to 1971, precipitation fell on average 347.3 mm, and over the next 38 years (1972–2010) there was already 458.1 mm, which is 110.8 mm more, therefore, during this period, the supply of plants with moisture is significantly improved. But in practice in agriculture, this is almost imperceptible. It was revealed that very little precipitation is absorbed by the soil. So, out of 196 mm that fell during the autumn-winter period, on average over the years of observation, on wheat crops after corn for silage, only 42% was absorbed by the soil, 20% for fallow, and 16% of the precipitation on irrigation. The rest of the precipitation – 58–84% probably fled to the lowlands, part of it evaporated or froze out and was lost, not bringing any benefit. For the arid zone, such large moisture losses are unacceptable, because this is essentially a lost grain harvest. It is because of the large losses of precipitation, with a greater amount of precipitation, that the water regime of the soil on wheat crops has not improved. Fuller absorption of autumn-winter precipitation is one of the great reserves for improving the provision of wheat with water. In the period

2011–2020, in comparison with the previous period (1972–2010), there was a decrease in the annual amount of precipitation from 458 to 387 mm, and the annual air temperature increased to 2.0°C. In the last five years, in this zone, the water and thermal regimes for agricultural crops have deteriorated, and there is a significant acceleration in the aridization of the Southern Steppe. **Conclusions.** In the Kherson region, over the past 10 years, the amount of precipitation has decreased by 71 mm, and the temperature has increased by 2.0°C, which threatens desertification of the territory and a decrease in the productivity of agrocenoses. During autumn and winter, the soil absorbs a very small amount of precipitation – 20–60%, and the rest of the precipitation water – 40–80% is lost. The loss of moisture from precipitation is so great that it becomes threatening for farming, especially given the warming climate. For better provision of agrocenoses with moisture and containment of aridization of the territory, it is necessary to improve the agrophysical properties of soils by introducing manure, chopped straw, corn stalks and other organic residues, introducing appropriate crop rotations, improving soil cultivation methods, and increasing the area of irrigated land.

Key words: precipitation, air temperature, moisture, winter wheat, desertification.