УДК 551.583: 631.92 https://doi.org10.31548/agr2021.04.102

ТРИВАЛИЙ МОНІТОРИНГ АРИДИЗАЦІЇ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ ДО ЗМІН І ЗА ЗМІН КЛІМАТУ В УКРАЇНІ

Е. Г. ДЕГОДЮК, *доктор с.-г. наук, професор, академік Європейської академії природничих наук, ORCID: 0000-0003-2977-5961, ННЦ «Інститут землеробства НААН»*
E-mail:degodiuk@ukr.net
С. Е. ДЕГОДЮК, *доктор с.-г. наук, старший науковий співробітник, ORCID: 0000-0002-1994-0970, ННЦ «Інститут землеробства НААН»*
E-mail:s.degodyuk@ukr.net
Ю. П. БОРКО, *кандидат с.-г. наук, ORCID: 0000-0002-6277-8980 ННЦ «Інститут землеробства НААН»*
E-mail: yulia_borko@ukr.net
О. А. ЛІТВІНОВА, *кандидат с.-г. наук, старший науковий співробітник ORCID: 0000-0002-0962-8406, Національний університет біоресурсів і природокористування України*
E-mail: litvinova19@ukr.net
Ю. О. ІГНАТЕНКО*, А. О. МУЛЯРЧУК*, *аспіранти, ННЦ «Інститут землеробства НААН»*

Анотація. *Наведено результати систематичного моніторингу в Україні за проявами посушливості методом узагальнення весняних, літніх і осінніх посух, проведених І.Є. Бучинським за 1872-1969 рр. та наших метеорологічних узагальнень за типами погоди (1951-1984 рр.) і чітко виражених зональних змін клімату (1985-2006 рр.) та статистично-локальних ознак аридизації клімату по метеорологічній станції в північній частині Лісостепу («Чабани») – 2006 – 2020 рр., охоплюючи загалом історичний проміжок часу в 150 років.*

За просторовим поширенням посух, визначених за єдиною методикою, починаючи із 1982 р. і до кінця 60-х рр. XX ст., визначальним показником є поступове просторове поширення сезонних локальних посух із повторенням весняних через 2 роки, літніх – через 4 і осінніх, переважно на півдні України, через 2 роки. Кількість помірних і великих посух із початку XX ст. (11-30 % площі поширення), характерні для літнього періоду і вони повторюються на півдні через 4-5 років. Аномальні посухи (понад 50 %) характерні для великих територій для кожного десятого року, які, починаючи з останньої чверті XIX ст. і до 50-х рр. XX ст. закінчувалися голодом для населення (особливо посухи 1891, 1921, 1947 рр.). Наступні посухи 1963, 1968 рр. визначались аномальними погодними

* Науковий керівник – науковий керівник – С. Е. Дегодюк

умовами, але без прояву продовольчої кризи, що пов'язано з початком хімізації й підвищення культури землеробства.

Метеопоказники шести станцій у різних природно-кліматичних зонах за 1951 – 1981 і 1985 – 2008 рр. вказують на зональне систематичне наростання позитивних температур повітря зі зменшенням кількості опадів, дефіцит яких компенсується системою землеробства з помірним насиченням органічними й мінеральними добривами, які мають стабілізуючий ефект в екстремальні роки. З останньої чверті XX ст. визначено зміни клімату, які пов'язані не тільки з парниковим ефектом, а й із періодичністю, що залежить від екліптики земної кулі. Особливо помітні кліматичні зміни останніх десятиліть, що супроводжується систематичним підвищенням температури повітря й наростанням аридності клімату і вимагає від людства нових технічних і технологічних рішень.

Ключові слова: *сезонні посухи, температура повітря, опади, землеробство, добрива, продуктивність, систематичність*

Актуальність.

Під терміном «аридний клімат» (arid – лат. – сухий) розуміють клімат напівпустель і пустель із незначною кількістю опадів (100-150 мм за рік) з різкими коливаннями денних і нічних температур. Аридизація клімату визначається впливом людини на природу, особливо в епоху глобального потепління з перетворенням значних територій у степи, напівпустелі й пустелі.

Процес зміни клімату, що став помітним з останньої чверті XX ст. пов'язують виключно з антропогенним чинником, переважно з парниковим ефектом, унаслідок промислових викидів двоокису вуглецю (CO_2), метану (CH_4), оксиду азоту (N_2O), озону (O_3) та водяного пару. У разі подвоєння концентрації парникових газів в атмосфері ймовірне підвищення середньої глобальної температури від 1,5 до 4,5 °С. Іншими причинами потепління називались: змінювання сонячної активності, зростання концентрації тропосферного озону, атмосферна електрика, яка залежить від сонячної активності тощо. Результати інструментальних спостережень і матеріали палеогеографічних реконструкцій свідчать, що глобальний клімат змінюється й ці зміни супроводжуються негативними наслідками для економіки й умов проживання людини (Будико М. І., 1980; Ліпінський, 2003; Мартізанова В. Ф., Іванова О. К., 2010; Врублевська О.О., Катеруша Г. П., 2005; William R.L. at all., 2010). Вбачають у цьому причину підвищення температури повітря на 1 °С за століття, тоді як раніше це відбувалося за 1000 років. Такий спрощений підхід до планетарних змін є прогнозований, але не розкриває глибинної сутності цих змін. Планета Земля не є стаціонарною системою, а такою, що перебуває в постійному русі змінює своєю екліптику щодо Сонця, а сонячна активність теж має свої закономірності. Унаслідок впливу космічних чинників в еру кайнозою із системною періодичністю виникають льодовикові періоди, що тривають у середньому 100 тис. років, а час потепління між ними в середньому становить 10 тис. років, водночас настання льодовика і його зникнення відбувається досить швид-

ко – упродовж сотень років. Останнє Валдайське (Вюрмське) зледеніння розпочалось 110 тис. років тому, підготувавши для нас період голоцену – міжльодовиковий період з оптимумом температурного режиму повітря і зволоження, що забезпечило розквіт зеленого світу, а разом із ним і фауниїі нашої цивілізації. Сьогодні настав постголоценовий період, що знаменує собою наближення нової епохи зледеніння, яка мусить наступити після максимального потепління, що наблизить його внаслідок охолодження океанічних теплих течій і зміни екліптики Землі до Сонця. У природі все відбувається закономірно, згідно з установленими космічними і планетарними циклами.

Зміни клімату, які відбуваються, не є однорідними в часі й просторі, тому необхідно вивчення коливань клімату в різних регіонах із врахуванням особливостей певного регіону й залежності цих коливань від атмосферної циркуляції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Планетарні зміни клімату є найактуальнішою проблемою сьогодення, до якої прикута увага наукової і громадської спільноти. Вони несуть загрози екологічній безпеці, вимагають прогнозування і відгуку щодо запобігання реальних загроз, особливо для сільського господарства як цеху просто неба. Відомі роботи з питань кліматичних змін учених США, зокрема, Фреда Кемпе, Беррі Павела (Атлантична рада США), Брента Скроукрофта, Девіда Мітчела, англійських вчених Королівського інституту міжнародних відносин – Бернеса Лі, Джонатана Перріса та багатьох інших (Шевченко О. В., 2017).

Значну увагу в закордонній літературі приділяють динаміці розвитку людства в умовах змін клімату (Бондаренко Л. В. и др., 2018; Parri M. L., 2019; Снакин В. В., 2019;), адаптації фермерського господарства до змін клімату (Brouder S. M. & Volenec I. I., 2008; Sanderson M. R.et al., 2018), проблем мікробіології в цих умовах (Hutchins D. A. et al., 2019) та збереження родючості ґрунту (Haasnoot M. et. al., 2018; Pikovska O., 2020;), загрози природному біорізноманіттю і природним екосистемам (Pugnaire F. I. et. al., 2019; Turner M. G. et. al., 2020).

Значний внесок у теорію і практику кліматичних змін зроблено українськими вченими, результати яких викладено в публікаціях фахових видань та матеріалах чисельних конференцій, присвячених цій актуальній темі (Балюк С. А. та ін., 2018; Vozhegova R. & Kokovikhin S., 2018; Затула V. I. & Затула N. I., 2020; Дегодюк С. Е. і Дегодюк Е. Г., 2008; Petrychenko V.et. al., 2018; Писаренко В. М. та ін., 2019; Польовий А. М. та ін., 2017; Холявчук Д .І. & Шкаєва Д. І., 2021; Лобода Н. С. та ін., 2010).

Мета досліджень – провести узагальнення за 150-річний період закономірностей поширення на території України сезонних і зональних посух, систематизувати їхнє повторення, причини катастрофічних посух та змін клімату з останньої чверті XX ст., визначити вирішальну роль культури землеробства й систем удобрення в стабілізації урожайності за екстремальних погодних умов.

Матеріали та методи досліджень

У процесі систематизації просторових, зональних і локальних кліма-

тичних умов за останні 150 років на території України застосовано методи, що прийнятий у метереології й агрохімії – монографічний і системний аналіз, статистичний, статистично-логічний, графічний методи щодо закономірностей поширення екстремальних погодних умов та змін клімату в Україні на основі монографічних узагальнень та власних досліджень.

Результати та їх обговорення

Моніторинг просторових посушливих явищ в Україні за 1872 – 1969 рр. Відомо, що голоцен мав амплітуду коливання від потепління до малих льодовикових періодів (XIII-XIX ст.).

За інформацією І. Є. Бучинського (1970), згідно з літературними джерелами, у X-XI ст. на сучасній території України зареєстровано 14 посушливих років, за XIV ст. – 10 посух, за XV-XVII ст. – по 17 аномальних явищ, з них третина з навалою сарани, за XVIII ст. – 28 посушливих років, з них 9 позначено навалою сарани.

За І. Є. Бучинським (1970), відліком сучасної метеорологічної ери слід вважати 1872 р., коли на території України було запроваджено метеорологічну службу. Майже 100-літній моніторинг (1872 – 1969 рр.) визначив за єдиною методикою просторове поширення весняних, літніх і осінніх посух за ознаками локального (1-10 % охопленої території), помірного (10-20 %), великого (21-30 %), дуже великого (31-50 %) і катастрофічного (> 50 % території України).

Проведений нами кількісний аналіз посушливих явищ, визначених І. Є. Бучинським, указує на те, що за майже столітній період спостережень абсолютно сприятливі погодні умови на всій території України під час весняних посух становили 16 років, літніх – 11 і осінніх – 17 років. Або в середньому можна вважати, що приблизно 85 % вегетаційних періодів так чи інакше були екстремальними для сільського господарства. У весняні і осінні періоди найпоширенішими були локальні посухи (61 і 57 %) від загальної їхньої кількості, в літній – удвічі менше. Частка помірних посух майже рівномірно розподіляється між сезонами – по 17 % навесні і восени, і 23 % влітку. Великі і дуже великі посухи навесні становили 19 %, влітку 43 і восени 26 %, що свідчить про загрозу літніх посух удвічі більше від інших періодів вегетації.

Найбільші весняні посухи в XIX ст. відбулись у 1872 році (40 % території), у XX ст. – 1934 р. (80 %), 1946 (60 %), 1957 (33 %), 1968 (52 %). Найвідчутнішими є літні посухи, що охоплювали території від 50 до 55 % впродовж 8 років (1876, 1895, 1900, 1903, 1904, 1923, 1952, 1953 рр.) і понад 60 % ураженої території – 3 роки (1874, 1890, 1909 рр.). Отже, майже за сторічний період 10 % припадає на несприятливий тип погоди, з них особливо небезпечними є збіг весняних і літніх посух, що спричинили суцільну загибель посівів і голод серед населення. Аномальною посухою визначився 1891 р., який охопив 40 % території сходу й півдня України, тоді сума опадів по метеостанції міста Херсон становила 21 мм, або в 4 рази менше від норми, а по станції Одеси – 18 мм. Жорстокі посухи 1921 році охопили південь, центр і частину сходу України. Тоді в південних областях за 6 місяців (X-XII, I-III) випало менш як 10 % опадів щодо норми, а температура повітря за травень і червень становила 31,5 і 34,5 °С, за норми до 20 °С. Весняних посух в 1932 і в 1933 роках не зафіксовано, літня посуха 1932 року

була на рівні помірного поширення (16,2 % території), а в 1933 році – локального (4,5 %). Посуха 1947 року охопила 46 % території України, крім частини центру й північного заходу, коли температура повітря на півдні перевищила норму в травні й червні на 3,3 і 5,1 °С, а кількість опадів становила 6 мм за норми 72 мм.

Подальші посухи 1950 р. (21 %), 1952 р. (53 %), 1953 р. (52,3 %), 1962 р. (43,1 %), 1963 (36,1 %), 1967 р. (55 %) були жорсткими, але не такими згубними як попередні. Пояснення цьому полягає у послабленні весняних посух і в тому, що із зростанням технічного оснащення із застосуванням добрив посилювалась стійкість землеробства проти несприятливих умов вегетаційних періодів.

Поширення осінніх посух мало здебільшого локальний характер, посилюючи в певні періоди дію наступних або попередніх посух. Найбільші з них визначено в 1883 році – 46,9 % території України, 1942 – 27,9 %, 1949 – 42,5 %, 1963 – 38,8 %, 1967 році – 38,1 %. Локальні осінні посухи майже за сторічний період охоплювали 57 % території України, помірні і великі – по 17 %, і дуже великі – 10 % (рис. 1).

Вікову амплітуду посушливих явищ в Україні пов'язують із вторгненням на нашу територію холодного повітря з півночі, північного заходу й заходу та формуванням за холодним фронтом потужного антициклону, у якому формується високий тиск, слабкий вітер та сонячна погода з високою сухістю і спекою влітку. Антициклони пересуваються повільно, інколи майже без руху, інколи заміняючи один одного. Вони переміщаються за годинниковою стрілкою, північні по південній периферії переносять їх на східні й південно-східні, створюючи враження про пустельне походження посух (Бучинський І.Є., 1970).

Зональні особливості формування погодних умов за 1951 – *1984 рр.* Ми провели моніторинг за кількістю опадів і температурним режимом повітря впродовж зазначеного періоду за даними метеостанцій, розташованих у характерних точках ґрунтово-кліматичних зон України – Полісся (метеостанції Чорнобиль, Тетерів, Макарів); Прикарпаття (Тернопіль); Лісостеп західний (Хмельницький) і Центральний (Біла Церква); Східний (Кіровоград (нині Кропивницький)); Степ (Баштанка Миколаївської обл.).

Систематизація метеорологічних показників визначала за цей час три типи погоди – сприятливий, посушливий, перезволожений й холодний (Дегодюк Е. Г., 1993). За кількістю опадів у сприятливі роки до 585

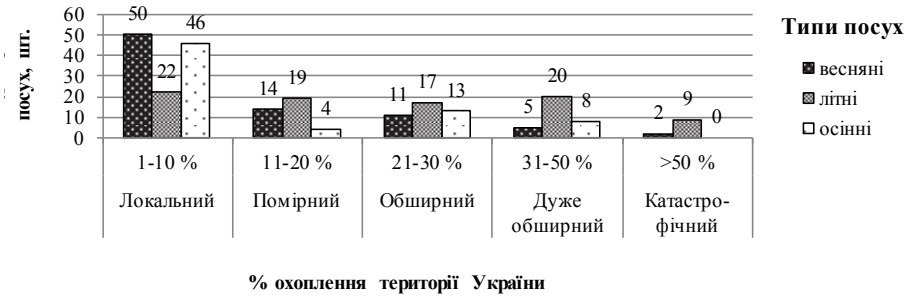

Рис. 1. Зведені дані вікових змін сезонної посушливості клімату на території України за 1872 – 1969 рр. (за І. Є. Бучинским, 1970).

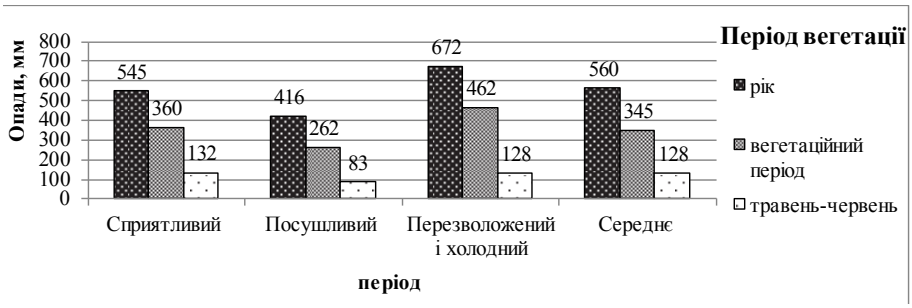

Рис. 2. Кількість опадів в середньому за даними 6 станцій спостережень в основних ґрунтово-кліматичних зонах України за 1951 – 1984 рр. (за Дегодюком Е. Г., 1993)

мм, між північною й південною метеостанціями різниці становила 85 і 52 мм, у посушливі, відповідно, 416 мм і 61 – 95 мм. У перезволожені і холодні вегетаційні періоди по 6 метеостанціях середня кількість опадів становила 462 м із відхиленням по метеостанції Тернопіль 30 мм і Баштанка – 101 мм, що свідчить про високу диференціацію зволоження залежно від типу погоди (рис. 2, 3).

Температурний режим повітря в середньому за рік наблизився до середніх статистичних значень – 7,3 °С, проте в посушливі роки його температура підвищувалася на 11 %, а в перезволожені й холодні знижувалася також на 11 %. У зональному плані різниця температур між півднем і північчю досягала в річному плані в сприятливі роки 23 %, у посушливі 34 %, у перезволожені й холодні – 21 %.

За час проведення моніторингу кількість сприятливих років у зоні Полісся становила 52 %, у Лісостепу 60 і Степу – 46 %, відповідно посушливих і перезволожених у Поліссі й Лісостепу – 24 і 25 %, а в зоні Степу – 44 %.

У процесі моніторингу було узагальнено понад 40 польових дослідів із добривами, проведених у дослідній мережі України на культурах – пшениці озимій, кукурудзі, ячменю у варіантах без застосування добрив та за внесення їх в оптимальних дозах та під кожну культуру (табл. 1).

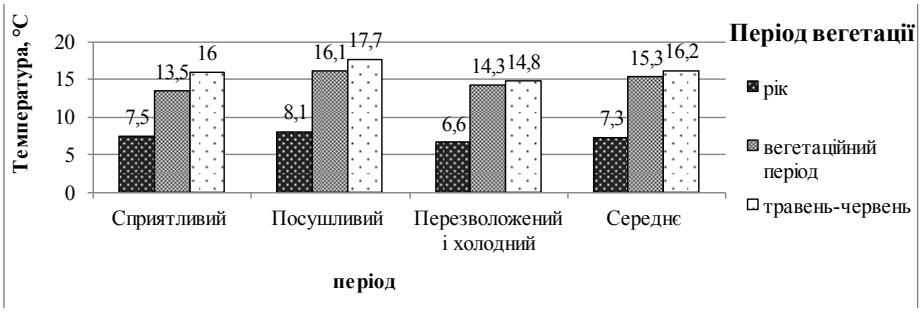

Рис. 3. Температура повітря в середньому за даними 6 станцій спостережень в основних ґрунтово-кліматичних зонах України за 1951 – 1984 рр. (за Дегодюком Е. Г., 1993)

1. Урожайність сільськогосподарських культур та їхні прирости за посушливого типу погоди в основних зонах України, середнє за 1965 – 1984 рр., т/га

Культура	Середні дози добрив	Полісся			Лісостеп			Степ		
		Урожай без добрив	Приріст від добрив	%	Урожай без добрив	Приріст від добрив	%	Урожай без добрив	Приріст від добрив	%
Пшениця озима (зерно)	Післядія гною (25 т/га) + $N_{70}P_{70}K_{70}$	2,13	1,58	74	2,25	1,2	53	2,16	0,61	28
Ячмінь ярий (зерно)	Післядія гною (30 т/га) + $N_{60}P_{80}K_{70}$	1,04	1,5	144	3,09	1,29	48	1,28	0,12	9
Кукурудза на зерно	Гній 30 т/га + $N_{60}P_{50}K_{55}$	2,71	1,93	71	3,29	1,79	54	2,92	0,36	12
Кукуруд-за на силос, зелена маса	Гній 20 т/га + $N_{140}P_{90}K_{100}$	18,0	17,8	98	27,6	12,2	44	16,5	14,5	87
Середнє				97			50			34

У посушливі літа за період 1965 – 1984 рр. за застосування добрив стабілізаційний ефект по цих культурах, порівняно з контролем без добрив, у Поліссі коливався від 71 до 144 % (в середньому 97 %), у зоні Лісостепу – 26-53 % (в середньому 50 %), а в Степу по зерновій групі – 34 %, що свідчить про важливість зрошення в цій зоні. Середня кількість опадів за травень-червень за 1951 – 1984 рр. тут становила 83 мм, або 65 % від середньорічної норми, що помітно стабілізувало врожай у ці роки.

Моніторинг погодних умов за зміни клімату в постчорнобильський період. Наступний зональний моніторинг ми провели нами у межах попередніх 6 метеостанцій за 1985 – 2006 рр., умовно названий як «постчорнобильський», який охоплює 21 рік (1985 – 2006 рр.) і визначено як період початку змін клімату (Дегодюк С. Е., Дегодюк Е. Г., 2008). Про це свідчить порівняння температурного режиму і кількості опадів з попереднім періодом (1951 – 1984 рр.). За цей час визначальним є настання нового типу погоди, якого не було раніше – змішаний, коли за один вегетаційний період відбувається перезволоження і похолодання, змінюючись проявом аридності – спекою і бездощів'ям. І все це на фоні зростаючих температур повітря (рис. 4, 5).

У середньому за рік за другий етап спостережень найбільше потепління визначено в зоні Полісся – + 8,2 % до попереднього відрізка часу, у Лісостепу – + 6,1 % і в Степу – + 4,3 %. У травні в Лісостепу середня температура виявилась на 2,6 % нижчою порівняно з попереднім періодом досліджень. Визначено тенденцію до підвищення середньорічного температурного режиму до 9,5 %, упродовж вегетації до + 2,5 %, за ознак похолодання у травні (-1,1 %), за збільшення середньорічної кількості опадів на + 5 %, за вегетацію + 10 % та в травні-червні до +6 %. Це свідчить, що за історично короткий проміжок часу в межах 54-річного циклу від другої його частини

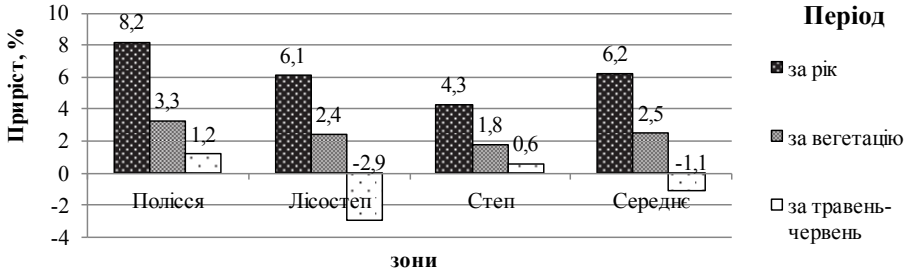

Рис. 4. Приріст температур за другий тур спостережень (1985 – 2006 рр.) порівняно з попереднім періодом (1954 – 1984 рр.), % (Дегодюк С. Е., Дегодюк Е. Г., 2008)

намітилися тенденції, що не пояснюються змінами в розподілі погоди між циклонами й антициклонами (рис. 4, 5). Адже, значна частина Полісся за температурним режимом набула ознак Лісостепу, а зволоження північної частини Степу – за кількістю опадів наблизилися до Лісостепу, а регіони південного Степу зазнали юридизації.

Локальний моніторинг змін клімату на моделі метеостанції смт Чабани (ННЦ «Інститут землеробства НААН») за 2006 – *2020 рр.* Прогресуюче підвищення температури повітря впродовж останніх десятиліть збільшило випаровування води зі Світового океану і збурення повітряних мас, що розширюють в одних місцях аридні зони, а в інших надлишок атмосферної вологи призводить до погодних аномалій.

Проведений моніторинг по метеостанції Чабани вказує на те, що за останні 15 років із кожним п'ятиріччям локально відбувається прогресивне наростання температури з одноразовим зменшенням кількості опадів, на відміну з періодом 1985 – 2006 рр. (табл. 2).

Прогресуюче підвищення річної температури повітря від 21 до 32 % за рік і за вегетаційний період від 10 до 16,5 %, за середньорічної температури за 2016 – 2020 рр. – 11,1 °С вказує на те, що тепловий режим Києва наближається до Одеси середини XX ст. з ознакою степової зони з кількістю опадів за 2019, 2020 рр., відповідно 399 і 389 мм. За 2006 – 2010 рр. кількість опадів становила 95 %, наступний період – 79 і останнє п'яти-

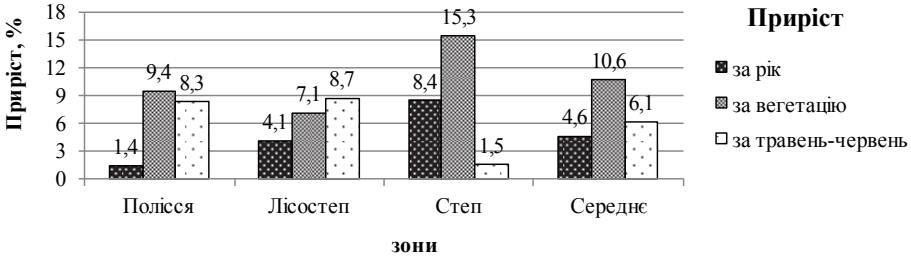

Рис. 5. Приріст кількості опадів за другий тур спостережень (1985 – 2006 рр.) порівняно з попереднім періодом (1954 – 1984 рр.), мм (Дегодюк С. Е., Дегодюк Е. Г., 2008)

2. Динаміка зміни температурного режиму повітря і кількості опадів по метеостанції Чабани за період 2006 – 2020 рр.

Період, рр.	Температура повітря, °С				Опади, мм			
	За рік		За вегетацію		За рік		За вегетацію	
	°С	% до норми	°С	% до норми	мм	% до норми	мм	% до норми
2006-2010	9,4	21	17,3	10,1	629	95	60	95
2011-2015	9,7	24	17,8	13,3	657	99	50	79
2016-2020	11,2	32	18,3	16,5	153	70	35	56

*Примітка: багаторічна середньорічна температура повітря – 7,8 °С, за вегетацію – 15,7 °С, середньорічна кількість опадів – 659 мм, за вегетацію – 63 мм за місяць.

річчя – 56 % до норми. Характерно, що за час локального моніторингу за травень-червень у середньому випало 68 мм опадів за норми – 88 мм, або 72 % до неї. Така ситуація зумовлює необхідність адаптації аграрних технологій до мінливості клімату, де стабілізуючу роль у землеробстві відіграють не лише системи удобрення, а й виникає потреба цілеспрямованої селекційної роботи, агротехніки обробітку ґрунту, адаптації сівозмін до стресових умов і оптимізації систем удобрення. Тому для одержання планованих урожаїв та науково обґрунтованого розміщення сільськогосподарських культур поряд із детальною оцінкою агрокліматичних ресурсів необхідне дослідження часової мінливості урожаїв у різних агрокліматичних зонах (Адаменко Т. І., 2004; Польовий А. М., 2005, 2007).

Іншою ознакою цього періоду є відсутність такого типу погоди як «холодний і перезволожений». Адже впродовж 15 років температура повітря за вегетаційний період у середньому на 13 % перевищувала норму, а кількість опадів лише за 2008 і 2013 рр. була вище 700 мм за середньорічної норми 659 мм, а 11 років з 15 – менше норми (від 3 до 40 %). Це дає підстави визначити ці роки як посушливо-змішані, які забезпечували формування некритичних рівнів врожаю навіть за посушливих вегетаційних періодів 2015, 2019 і 2020 рр., коли кількість опадів була нижче 400 мм.

У період 2016 – 2020 рр. спостерігалося підвищення температури повітря на 18,3 % і зниження кількості опадів до 56 %, порівняно з нормою вегетаційного періоду, що створило несприятливі умови для росту й розвиту сільськогосподарських культур. Результати польових досліджень у короткотривалій 5-пільній сівозміні (пшениця озима, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, гречка, горох) закладеними на сірому лісовому ґрунті встановлено, що порівняно з екстенсивним веденням сівозміни (без добрив) найбільший стабілізаційний ефект одержано за органо-мінеральної системи удобрення – 70 %, за органічної системи, у зв'язку з обмеженістю ресурсів – 37 %, за внесення соломи з біодеструктором – 11 %. Перспективним є застосування нового покоління органо-мінеральних біоактивних добрив (ОМБД), що забезпечили приріст врожаю до контролю без добрив за внесення 1 т/га ОМБД марки 4-4-4 на рівні 57 %, а 2 т/га марки 0-0-0 (органічне землеробство) – 44 % (табл. 3).

3. Продуктивність культур 5-пільної польової сівозміни в тривалому досліді на сірому лісовому ґрунті ННЦ «Інститут землеробства НААН» за різних систем удобрення в умовах посушливо-змішаного клімату за 2016 – 2020 рр.

Системи удобрення	Добрива					Продуктивність	Приріст	%
	Гній	Солома	Мінеральні, кг/га					
	т/га		N	P	K	т/га з.о.		
Без добрив (контроль 1)	-	-	-	-	-	3,05	-	-
Солома (контроль 2)	-	3	-	-	-	3,23	0,18	6
Органічна	12	3	-	-	-	4,42	1,19	37
	-	3+екостерн	-	-	-	3,6	0,37	11
Мінеральна	-	-	40	60	60	4,80	1,78	53
	-	-	60	90	90	4,93	1,91	63
Органо-мінеральна	12	-	40	60	60	5,13	2,11	70
	6	-	40	60	60	3,97	0,95	31
ОМБД 4-4-4	0,5	-	40	-	-	4,75	1,73	57
ОМБД 0-0-0	2,0	3	-	-	-	4,66	1,43	44

Отже, у контексті змін клімату необхідною є відмова від несистемного ведення землеробства й наближення його до науково обґрунтованого напряму з чітким дотриманням сівозмін, водоощадних систем обробітку ґрунту, удобрення й захисту рослин, що супроводжуватиметься природовідновними заходами в басейнах малих річок із проведенням культуртехнічних робіт, агро-, хемо-, біо- і фітомеліорацій.

Висновки та перспективи

Систематизовано дані метеоспостережень за 150 років (1872 – 2020 рр.) з проявами сезонних посушливих явищ та зафіксовано початок змін клімату з останньої чверті XX с., що тривають і досі. За 100-літній період (1872 – 1969 рр.) визначено, що за весняних посух лише 16 років мали сприятливі умови вегетаційних періодів на всіх території України, за літніх – 11 років і осінніх – 17 років.

Локальні посухи найхарактерніші для весняних і літніх посух – 72 і 61 %. Великі та дуже великі посухи (21-30 і 31-50 %) переважали в літній період і охоплювали 43 % території України. Аномальні посухи (> 50 % території) виникали за збігу осінніх, весняних і літніх посух із середньою періодичністю в 10 років.

Посухи 1891, 1922 і 1947 років завершувалися загибеллю врожаю без повторення в майбутньому у зв’язку зі зникненням весняних посух і підвищенням культури землеробства.

Зональний моніторинг метеоумов за 1954 – 1984 рр. визначився 3 типами погоди – сприятливі, посушливі, перезволожені й холодні з помітним підвищення температури в літній час на 0,6 °С, у зимовий – до 2 °С та підвищенням кількості опадів – за рік до 4,6 мм, за вегетаційний період – до 11

мм. Повторний моніторинг зональних погодних умов за 1986 – 2006 рр. визначив додатково змішаний тип погоди з подальшим помітним підвищенням температурного режиму й незначним – кількості опадів.

Локальний моніторинг погоди по метеостанції ННЦ «Інститут землеробства НААН» встановив постійне нарощення річної температури повітря до 20-21 % за рік і 10-17 % за вегетаційні періоди зі зменшенням суми опадів від 95 до 50 % за вегетаційний період, що свідчить про наростання аридності клімату.

Встановлено стабілізаційний ефект у формуванні урожайності сільськогосподарських культур від підвищення технічної оснащеності землеробства й застосування добрив.

References

1. Adamenko T.I. (2004). Numerical experiments to assess the impact of agrometeorological conditions on photosynthetic productivity of maize crops. Interdepartmental. Science. zb. Of Ukraine: Meteorology, climatology and hydrology. Vip. 48. P. 213–218.
2. Baliuk, S.A., Nosko, B.S., & Vorotyntseva, L.I. (2018). Regulation of fertility of soils and efficiency of fertilizers in conditions of climate fluctua- tions. Bulletin of Agricultural Science, 96(4), 5-12. doi: 10.31073/agrovisnyk201804-01
3. Bondarenko L.V., Maslova O.V., Belkina A.V. & Sukhareva K.V. (2018). Global climate changing and its after-effects. Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics, 2, 84-93. doi: 10.21686/2413-2829-2018-2-84-93
4. Brouder, S.M. & Volenec, I.I. (2008). Impact of climate change on crop nutrient and water use effiencies. Physiologia plantarum, 1133, 705–724. doi: 10.1111/j.1399-3054.2008.01136.x
5. Buchinsky, I.E. (1970). Droughts, dry winds, dust storms in Ukraine and the fight against them. Kiev: The Havest.
6. Budyko M.I. (1980) .Climate in the past and in the future. L .: Gidrometeoizdat, 351 p.
7. Degodyuk, E.G. (1993). The role of the fertilizer system in stabilizing crop yields. Sustainability of agriculture: problems and solutions (pp. 113-149). Kiev: The Harvest.
8. Degodyuk, S.E. & Degodyuk, E.G. (2008). Specialization of agriculture in the country depending on climate change. Collection of scientific works of NSC "Institute of Agriculture of NAAS". Special issue, 69-77.
9. Haasnoot, M., van't Klooster, S., & Van Alphen, J. (2018). Designing a monitoring system to detect signals to adapt to uncertain climate change. Global Environmental Change, 52, 273-285. doi: 10.1016/j.gloenvcha.2018.08.003
10. Hutchins, D.A., Jansson, J.K., Remais, J.V., Rich, V.I., Singh, B.K., & Trivedi, P. (2019). Climate change microbiology - problems and perspectives. Nature Reviews Microbiology, 17(6), 391-396. doi:10.1038/s41579-019-0178-5
11. Kholiavchuk, D.I. & Shkaieva, D.I. (2021). Dynamics of human development in Ukraine under the global climate change. Scientific Notes of Sumy State Pedagogical University. Geographical Sci. 2(2), 124–142. doi: 10.5281/zenodo.4782633.
12. Climate of Ukraine. (2003). For ed. Lipinsky. Kyiv: Raevsky Publishing House, 343 p. 10.
13. Loboda N.S., Korobchinskaya A.A., Rudnik A.A. (2010). Climate change and its impact on the rivers of Ukraine. Ukrainian Hydrometeorological Journal. Heads. ed. S.M. Stepanenko. - №6. - C. 199–204.
14. Martazinova V.F., Ivanova O.K. (2010). The modern climate of the Kiev region. K .: ABEPC 70.
15. Parry, M.L. (2019). Climate change and world agriculture. Bristol: Longdun Press.
16. Petrychenko V., Korniichuk O., Veklenko Yu. (2018) Sustainable development of grassland forage production in conditions of climate change. Bulletin of Agrcultural

Science, 96(6), 25-32. doi: 10.31073/agrovisnyk201806-04
17. Pikovska O. (2020). Conservation of fertility of chernozem ordinary in the condition of climate aridization. Plant and soil science, 11(1), 62–68. doi: 10.31548/agr2020.01.062/
18. Polovyi, A.M., Kulbida MI, Trofimova I.T., Adamenko T.I. (2005). The impact of climate change on agriculture in southern Ukraine. Interdepartmental. Science. zb. Of Ukraine: Meteorology, climatology and hydrology. K .: KNT, V. 49. P. 252–260.
19. Polovyi, A.M. (2007). Modeling of hydrometeorological regime and productivity of agroecosystems . K .: CNT 344 p.
20. Polovyi, A.M., Bozhko, L. Yu., & Barsukova, O.A. (2017). The impact of climate change on the agro-climatic conditions of the growing season of major crops. Ukrainian Hydrometeorological Journal, 20, 61-70.
21. Pugnaire, F.I., Morillo, J.A., Peñuelas, J., Reich, P B., Bardgett, R.D., Gaxiola, A. & Van Der Putten, W.H. (2019). Climate change effects on plant-soil feedbacks and consequences for biodiversity and functioning of terrestrial ecosystems. Science advances, 5(11), eaaz1834. doi: 10.1126/sciadv.aaz1834
22. Pysarenko V.M., Pysarenko P.V. & Pysarenko V.V. (2019). Directions of adaptation of agriculture to climate change. Collection of abstracts II International scientific-practical conf. "Climate change and agriculture. Challenges for agricultural science and education", April 10-12, 2019. Kyiv - Mykolaiv - Kherson: State Institution NMC "Agroosvita", 9-22.
23. Sanderson, M.R., Bergtold, J.S., Stamm, J.L.H., Caldas, M.M., Ramsey, S.M., & Aistrup, J. (2018). Climate change beliefs in an agricultural context: what is the role of values held by farming and non-farming groups? Climatic Change, 150(3), 259-272. doi:10.1007/s10584-018-2283-2
24. Shevchenko, O. V. (2017). The challenge of global climate change in the aspect of international security. Actual problems of international relations. Release, 130, 24-38. doi: 10.17721/apmv.2017.130.0.24-38
25. Snakin, V.V. (2019). Global Climate Changes: Forecasts and Reality. The life of the earth, 41(2), 148-164. doi: 10.29003/m649.0514-7468.2019_41_2/121-246.
26. Turner, M.G., Calder, W.J., Cumming, G.S., Hughes, T.P., Jentsch, A., LaDeau, S.L. & Carpenter, S.R. (2020). Climate change, ecosystems and abrupt change: science priorities. Philosophical transactions of the royal society, 375(1794), 20190105. doi: 10.1098/rstb.2019.0105
27. Vozhegova, R. & Kokovikhin, S. (2018). Irrigation farming – the guarantor of food safety of Ukraine in conditions of climate fluctuations. Bulletin of Agricultural Science, 96(11), 28-34. doi: 10.31073/agrovisnyk201811-04.
28. Vrublevska O.O., Katerusha G.P. (2005). Applied climatology: Summary of 622 lectures. Dnepropetrovsk: Economy 131 p.
29. William, R.L. Anderegg, James W. Prall, Jacob Harold, and Stephen H. Schneider (2010). Expert credibility in climate change. doi: https://doi. org/10.1073/pnas.1003187107
30. Zatula, V.I. & Zatula, N.I. (2020). Aridization of Ukraine's climate and its impact on agriculture. Collection of abstracts II International scientific-practical conf. "The impact of climate change on the spatial development of the earth's territories: consequences and solutions", June 11-12, 2020. Kherson: State Institution NMC "Agroosvita", 121-124.

E. H. Dehodyuk, S. E. Dehodyuk, Yu. P. Borko, O. A. Litvinova, Yu. O. Ihnatenko, A.O.MulyarchukL (2021). LONG-TERM MONITORING OF ARIDIZATION IN AGRICULTURE BEFORE CHANGE AND FOR CLIMATE CHANGE IN UKRAINE.
PLANT AND SOIL SCIENCE, 12(41):102–114. https://doi.org/10.31548/agr2021.04.102

Abstract. *The results of systematic monitoring in Ukraine of drought manifestations by the method of generalization of spring, summer and autumn droughts conducted by I. Ye. Buchynsky for 1872-1969 and our meteorological generalizations by types of weather (1951-1984) and clearly expressed zonal climate changes (1985-2006) and statistical and local signs of climate aridization at the meteorological station in the northern part of the Forest-Steppe (" Shepherds ") – 2006-2020, covering a total historical period of 150 years.*

According to the spatial distribution of droughts, determined by a single method, from 1982 to the late 60s of the twentieth century. Mainly in the south of Ukraine, in 2 years. The number of moderate and extensive droughts since the early twentieth century. (11-30 % of the area of distribution), characteristic of the summer period, and they are repeated in the south in 4-5 years. Catastrophic droughts (more than 50%) are characteristic of large areas for every tenth year, which, since the last quarter of the nineteenth century and to the 50s of the twentieth century. Ended in famine for the population (especially the droughts of 1891, 1921, 1947). Subsequent droughts in 1963 and 1968 were characterized by abnormal weather conditions, but without a food crisis, which was associated with the beginning of chemicalization and the increase in agricultural crops.

Meteorological indicators of six stations in different climatic zones for 1951-1981 and 1985-2008 indicate a zonal systematic increase in positive air temperatures with decreasing precipitation, the deficit of which is compensated by the system of agriculture with moderate saturation of organic and mineral fertilizers, which have a stabilizing effect extreme years. From the last quarter of the twentieth century. Climate change has been identified, which is related not only to the greenhouse effect, but also to the frequency that depends on the ecliptic of the globe. Particularly noticeable climate change in recent decades, accompanied by a systematic increase in air temperature and increasing aridity of the climate, and requires humanity to new technical and technological solutions.

Keywords: *seasonal droughts, air temperature, precipitation, agriculture, fertilizers, productivity, regularity*