

СТАЛИЙ РОЗВИТОК В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ТА КАТАСТРОФ

DANGER NO ENTRY

DANGER NO ENTRY

Збірник матеріалів
Міжнародної міждисциплінарної
науково-практичної конференції
Україна, Київ, 11 березня 2020 р.

WHAT'S NEXT?
<http://futurolog.com.ua/publish/17>



Київ
Видавець Л. І. Юдіна
2020



УДК 551.52/.57/.583

А. М. Польовий*доктор географічних наук, професор*
apolevoy@te.net.ua**Л. Ю. Божко***кандидат географічних наук, доцент*
bozko@l.ua**О. А. Барсукова***кандидат географічних наук, доцент*
Lena5933@ukr.net, misha8549@mail.ru

ХАРАКТЕРИСТИКИ ВОЛОГО-ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМУ В ЛІСОСТЕПОВІЙ ЗОНІ УКРАЇНИ НА ПЕРІОД ДО 2050 Р. В РІЗНИХ УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Вступ. Вже з кінця двадцятого століття відбуваються глобальні зміни клімату, які спричиняють його потепління та, як наслідок, антропогенну зміну функціонування рослин. Дослідженнями науковців встановлено, що за змін клімату відбувається зміна волого-температурного режиму, що спричиняє часові зрушення розвитку природних процесів, істотне підвищення температури повітря, зростання частоти екстремальних погодних явищ, збільшення кількості опадів взимку і зменшення влітку, загальне зниження вологості ґрунтів і зменшення їхньої родючості, виснаження ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградацію ґрунтів. Разом з тим, основною особливістю потепління стане нерівномірність випадіння опадів за окремі періоди року, що призведе до збільшення посушливих явищ [1, с.38].

За своїм географічним положенням, структурою народного господарства, станом довкілля Україна є однією з країн, для яких соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними. Тому метою даного дослідження є визначення особливостей зміни радіаційного і волого-температурного режимів на території України за період з 2021 по 2050 рр. Під впливом зміни клімату змінюються агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур, що вимагає прийняття своєчасних та адекватних рішень для адаптації сільського господарства до майбутніх змін [2, с.57].

Стан проблеми. Дослідженнями особливостей різних процесів в атмосфері, за яких відбувається зміна волого-температурного режиму підстильної поверхні, займається широке коло дослідників [1, 2, 3, 4, 5]. Було встановлено, що особливо велику роль в зміні клімату під час потепління відіграє зміна великомасштабної атмосферної циркуляції через те, що вона охоплює всі складові погодних умов. Світовими вченими визнано той факт, що зміна клімату наприкінці минулого та в поточному столітті активізувалась. Це спричинило часові зрушення розвитку природних процесів, істотне підвищення температури повітря, збільшення частоти екстремальних природних явищ тощо [3, с.113].

Як відзначається в [4, с.4] зміни клімату спричиняють зміну кліматично зумовлених природних процесів. Ці зміни можуть бути як сприятливими, та і несприятливими і будуть вимагати перебудову багатьох соціально-економічних умов. Сільське господарство відзначається особливою вразливістю до змін клімату. І тому своєчасні дослідження впливу кліматичних змін на сільськогосподарське виробництво є надзвичайно актуальними.

© Польовий А. М., Божко Л. Ю., Барсукова О. А., 2020



Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів. Для нових кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP). Репрезентативні траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [5, с.7].

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року: $2,6 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для RCP2.6; $4,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для RCP4.5; $6,0 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для RCP6.0 і $8,5 \text{ Вт}\cdot\text{м}^{-2}$ для RCP8.5. Ці чотири RCP містять один сценарій зменшення викидів (RCP2.6), який передбачає низький рівень впливу; два сценарії стабілізації (RCP4.5 і RCP6.0) і сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (RCP8.5) [5, с.7]. Згідно сценарію RCP2.6 радіаційний вплив викидів досягне максимуму і потім почне знижуватись, за сценарієм RCP4.5 радіаційний вплив стабілізується до 2100 року, а за сценаріями RCP6.0 та RCP8.5 він не досягне максимального значення.

Продуктивність усіх сільськогосподарських культур, зумовлюється сукупністю агрокліматичних показників, які характеризують агрокліматичні ресурси території. Показники агрокліматичних ресурсів повинні всебічно відображати: 1 – наскільки сільськогосподарські культури забезпечені цими ресурсами, 2 – співвідношення ресурсів потребам рослин, 3 – ступінь використання цих ресурсів. В умовах змін клімату значення агрокліматичних показників буде змінюватись і вони будуть не повністю відповідати вимогам сільськогосподарських культур [6, с.216].

Матеріали і методи досліджень. Одним із методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-яких метеорологічних величин є порівняння цих величин із середніми багаторічними даними [6, с.338].

Аналіз впливу змін клімату на режим показників температурного режиму і режиму зволоження виконувався шляхом порівняння середніх багаторічних величин (за період 1980 – 2010 рр.) і величин, розрахованих за кліматичними сценаріями RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 та RCP8.5 на період з 2021 до 2050 рр.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів були використані розроблені А. М. Польовим моделі продукційного процесу сільськогосподарських культур: модель формування продуктивності агроєкосистеми та модель фотосинтезу зеленого листка рослини при зміні концентрації CO_2 в атмосфері [7, с.118]. Забезпечення рослин теплом впродовж вегетаційного періоду визначає ареал їх розповсюдження. Для оцінки впливу змін клімату на термічні ресурси використовувалась низка показників, а саме:

- дати переходу температури повітря через 5, 10, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 5, 10, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 5 °С; вище 10 °С; вище 15 °С;
- середня температура повітря найтеплішого та найхолоднішого місяця;
- амплітуда температури повітря.

Для сільськогосподарського виробництва особливе значення мають зміни температурного режиму в період з температурами вище 5 та 10 °С.

Для характеристики зволоження території використовується безліч показників у вигляді тих чи інших функцій від кількості опадів та максимально можливого випаровування. Найчастіше використовуються індекс сухості М. І. Будико (IC),



гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянинова (ГТК), коефіцієнт зволоження С. А. Сапожнікової (КЗ) [6],

$$IC = 0,18 \sum T_{>10^{\circ}C} / R_{1-12}, \quad (1.1)$$

$$ГТК = R_{>10^{\circ}C} / 0,1 \sum T_{>10^{\circ}C}, \quad (1.2)$$

$$КЗ = 0,5 R_{10-3} + R_{4-9} / 0,18 \sum T_{4-9}, \quad (1.3)$$

де T – середня температура повітря, $^{\circ}C$;

R – сума опадів, мм; при підрахунках сум температур і сум опадів в нижньому індексі вказується період року, для якого ведеться розрахунок.

Зволоження території визначається співвідношенням дохідної та витратної частин водного балансу.

Крім того в агрометеорологічній практиці для характеристики вологозабезпеченості території використовується кількість опадів, що випадають за певний проміжок часу (рік, сезон, вегетаційний період, між фазний період і ін.), відношення фактичного водоспоживання (сумарного випаровування) до вологопотреби рослин (випаровуваності) та ін. [6, с. 28].

Результати дослідження. Теплозабезпеченість. Розрахунки показників термічного режиму представлені в (табл.1). Дослідження дат переходу температури повітря через 5 та 10 $^{\circ}C$ показало, що за середній багаторічний період (1980 – 2010 рр.) в середньому по Лісостеповій зоні вони спостерігались навесні відповідно в першій декаді та у третій декаді квітня. Розрахунки за сценаріями свідчать про те, що пізніше середніх багаторічних даних дати переходу температури повітря через 5 $^{\circ}C$ будуть спостерігатись навесні в разі реалізації сценаріїв RCP2.6 та RCP8.5. За іншими сценаріями вони будуть співпадати із середніми багаторічними. Восени ці дати спостерігатимуться раніше тільки за сценарієм RCP2.6 За іншими сценаріями вони будуть співпадати із датами середнього багаторічного періоду.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика дат переходу температури повітря через 5 та 10 $^{\circ}C$, тривалості періодів і сум температур вище 5 та 10 $^{\circ}C$

Період	Дата переходу температури повітря через 5 $^{\circ}C$		Дата переходу температури повітря через 10 $^{\circ}C$		Тривалість періоду з температурою вище		Суми температур за період з температурами вище	
	весна	осінь	весна	осінь	5 $^{\circ}C$	10 $^{\circ}C$	5 $^{\circ}C$	10 $^{\circ}C$
Лісостеп								
1980-2010рр.	7.04	7.11	23.04	8.10	218	168	3139	2833
RCP2.6	16.04	23.10	6.05	28.09	201	146	2756	2433
RCP4.5	7.04	3.11	27.04	28.09	211	154	2695	2606
RCP6.0	8.04	3.11	23.04	28.09	209	158	2831	2422
RCP8.5	12.04	3.11	21.04	3.11	205	174	2987	2671

Що стосується дати переходу температури повітря через 10 $^{\circ}C$, то тільки розрахунки за сценарієм RCP2.6 свідчать, що вона спостерігатиметься навесні раніше середньої багаторічної дати на 11 днів. За іншими сценаріями вона буде співпадати із середньою багаторічною. Восени картина змінюватиметься. Раніше середньої багаторічної дати переходу температури повітря через 10 $^{\circ}C$ спостерігатиметься за усіма сценаріями, окрім сценарію RCP8.5. За розрахунками за



цим сценарієм восени ця дата наставатиме на 25 днів пізніше середньої багаторічної.

Відмінність у датах переходу температури повітря через різні межі спричинить зміну тривалості періодів з температурами вище 5 та 10 °С. Так тривалість періодів з цими температурами за усіма сценаріями очікуватимуться коротшими за середню багаторічну відповідно на 7 - 9днів.

Очікувані суми температур вище 5 °С за усіма сценаріями будуть нижчими від середніх за базовий період на 100 °С. Найбільша різниця спостерігатиметься за сценаріями RCP2,6 і RCP6,0, найменша - за сценарієм RCP8.5.

Динаміка сум температур за період з температурами повітря вище 10 ° буде подібною до динаміки сум температур вище 5°С, але різниці між очікуваними сумами температур за сценаріями і середніми багаторічними сумами будуть вищими. Очікувані суми температур вище 10 °С за усіма сценаріями будуть нижчими від середніх за базовий період на 200 °С. Найбільша різниця спостерігатиметься за сценаріями RCP2,6 і RCP6,0.

Для характеристики періоду з температурами повітря вище 15 °С була розрахована (табл. 2).

Як видно із (табл. 2) будуть спостерігатись неоднозначні зміни в сумах температур повітря вище 15 °С в порівнянні із середніми багаторічними за базовий період в разі реалізації усіх сценаріїв. В Лісостеповій зоні за сценаріями RCP2.6, і RCP8.5 суми температур за період з температурами вище 15 °С будуть нижчими базових на 100-150 °С. За сценарієм RCP6.0 вони будуть майже на рівні середньої багаторічної суми, і тільки за сценарієм RCP4.5 суми температур очікуватимуться вищими середніх за базовий період на 280 °С.

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика дат переходу температури повітря через 15 °С, тривалості періодів і сум температур в Лісостеповій зоні

Період	Дати переходу температури повітря через 15 °С		Тривалість періоду, дні	Суми температур вище 15 °С
	весна	осінь		
Лісостеп				
1980-2010рр.	22.05	2.09	101	1908
RCP2.6	4.06	11.09	98	1800
RCP4.5	20.05	11.09	112	2195
RCP6.0	1.06	11.09	95	1698
RCP8.5	31.05	3.09	94	1681

Вологозабезпеченість. Для характеристики умов зволоження розглядалися такі показники: – сума опадів за періоди: зима, весна, літо, осінь, рік;

– сума опадів за періоди з температурами повітря вище 5, 10, 15 °С;

– сумарне випаровування, випаровуваність, дефіцит випаровування;

– коефіцієнт зволоження – гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК) .

Аналіз сум опадів розрахованих за всіма сценаріями змін клімату за окремі сезони року і в цілому за рік в порівнянні із середніми багаторічними величинами представлено в (табл.3).



Таблиця 3 – Порівняльна характеристика середніх багаторічних сум опадів по сезонах року із розрахованими за різними сценаріями

Сезон року	Середня багаторічна сума опадів	Сума опадів за сценаріями зміни клімату (мм)							
		RCP2,6		RCP4,5		RCP6,0		RCP8,5	
		мм	%	мм	%	мм	%	мм	%
Весна	137	187	136	138	100	191	139	159	116
Літо	240	210	88	177	74	223	93	196	82
Осінь	136	153	112	111	82	160	117	122	90
Зима	102	163	159	114	112	163	158	109	106
За рік	615	713	116	580	94	737	120	586	95

Як видно із таблиці річна сума опадів очікуватиметься нижчою середньої багаторічної за двома сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 і становитиме відповідно 94 та 95 % від середньої багаторічної. За сценаріями RCP2,6 та RCP6,0 вона становитиме відповідно 116 та 120% середньої багаторічної суми. Відзначається нерівномірність розподілу опадів за сезонами року. Так весною сума опадів очікуватиметься вище середньої багаторічної за усіма сценаріями, окрім RCP4,5, за яким сума опадів буде на рівні середньої багаторічної. Найбільша нестача опадів за усіма сценаріями буде очікуватись влітку, коли сума опадів буде становити лише 74 – 88% від базової суми. Тільки в разі реалізації сценарію RCP6,0 сума опадів становитиме 93 % середньої багаторічної величини.

Восени сума опадів буде вищою тільки в разі реалізації сценаріїв RCP2,6 та RCP6,0 і становитиме відповідно 112 та 117 % від середньої багаторічної. За сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 сума опадів очікуватиметься на рівні 82 та 90 % від середньої багаторічної відповідно. Взимку сума опадів за усіма сценаріями очікуватиметься вище суми базового періоду і становитиме за сценаріями RCP2,6 та RCP6,0 163 мм, що складатиме 158 % середньої багаторічної суми. За сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 суми опадів за зиму становитимуть лише 109 та 112 % середньої багаторічної величини.

Таким чином можна зробити висновок, що не зважаючи на те, що очікувані суми опадів будуть вищими за середні суми базового періоду в цілому в усі розрахункові періоди очікувані суми опадів за рік будуть меншими ніж середні багаторічні, отже зросте посушливість весняно-літнього періоду.

Зміна сум опадів, яка очікуватиметься за розрахунками за відповідними сценаріями призведе до зміни коефіцієнта зволоження ГТК Г.Т. Селянинова. Оскільки збільшення сум опадів очікуватиметься за сценаріями тільки взимку і частково навесні, а влітку зменшаться, то очікуватиметься і зменшення значень ГТК. В Лісостеповій зоні значення ГТК за базовий період становило 1.39 відн. од. За розрахунками найнижче значення ГТК в цій зоні становитиме 1,15 відн. од. за сценарієм RCP4.5.

Зменшення сум опадів в літній період і зменшення значення коефіцієнта зволоження свідчать про те, що в період 2021-2050 рр. збільшиться кількість посушливих явищ.

Неоднозначні зміна режиму опадів по сезонах року спричинить зміни у величинах сумарного випаровування і випаровуваності, дефіциту випаровування. Були розраховані показники зволоження за період з температурами повітря вище 10 °C (табл. 4).



Таблиця 4 – Характеристика режиму зволоження за період з температурами повітря вище 10 °С в Лісостеповій зоні

Період	Сума опадів (мм, %)	Сумарне випаровування (E_{ϕ} , мм)	Випаровуваність (E_o , мм)	Відношення E_{ϕ}/E_o , відн.од.	Дефіцит випаровування, мм	ГТК, відн од.
Лісостеп						
1980-2010pp.	325	390	605,5	0,64	215,5	1,39
RCP 2.6	311/95	550,6	583,7	0,94	33,1	1,18
RCP4.5.	273/84	338,7	495,4	0,68	156,7	1,15
RCP6.0	316/97	566,8	583,7	0,97	16,9	1,18
RCP8.5	275/85	341,4	483,6	0,71	142,2	1,16

В Лісостеповій зоні суми опадів за період з температурами повітря вище 10 °С будуть нижчими середніх сум за базовий період. Особливе зменшення сум опадів очікуватиметься за сценарієм RCP8.5 68 % від середньої багаторічної суми (табл. 4). Зменшення сум опадів спричинить різке зменшення сумарного випаровування і випаровуваності. Найменше значення сумарного випаровування спостерігається за сценарієм RCP8.5 і становитиме на 86 мм нижче за середнє базового періоду. Випаровуваність теж очікуватиметься нижче за середнє її значення в базовий період, але найнижчі значення випаровуваності не співпадають з найменшими значеннями сумарного випаровування. Найменше значення випаровуваності спостерігатиметься за сценарієм RCP4.5 Відповідно буде змінюватись і відношення сумарного випаровування до випаровуваності та дефіцит вологи.

Висновки. Порівняння показників волого-температурного режиму в Лісостеповій зоні свідчить про те, що зміна як показників термічного режиму, так і режиму зволоження за усіма розглянутими сценаріями в порівнянні із середніми багаторічними величинами буде неоднозначною, особливо в літній період. Як показали розрахунки, незначне підвищення температури повітря за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 і досить відчутне зменшення суми опадів свідчать про зменшення коефіцієнта посушливості, а отже і зростання посушливих явищ, особливо в період із середніми температурами вище 10 та 15 °.

Список бібліографічних посилань (References)

1. Волощук В. М., Скрипник М. П. Глобальний парниковий ефект і кліматичні умови України. *Вісник АН України*. 1993. №3. С. 38–44.
2. Гребенюк Н., Корж Т., Яценко А. Нове про зміну глобального та регіонального клімату в Україні на початку XXI ст. *Водне господарство України*. 2002. № 5/6. С. 56–62.
3. Логинов В.Ф. Причины и следствия климатических изменений. Минск : Наука і тэхніка, 1992. 320 с.
4. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / за ред. С. М. Степаненка та А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2015. 520 с.
5. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса : ТЕС, 2018. 549с.
6. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / за ред. С. М. Степаненка та А. М. Польового. Одеса: «Екологія», 2011. 794 с.
7. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Л. : Гидрометеоздат, 1988. 318 с.

Одержано 09.03.2020