

УДК 551.534.7

ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

А. М. Польовий, д-р геогр. наук, проф.

Л. Ю. Божко, канд. геогр. наук, доц.

О. А. Барсукова, канд. геогр. наук, доц.

*Одеський державний екологічний університет,
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, apolevoy@te.net.ua*

Розглядаються в порівнянні показники волого-температурного режиму за період 1986 – 2005 рр. (базовий період) та очікувані їх зміни, розраховані за різними сценаріями змін клімату: GFDL-30 %, A1B, A2, RCP4,5 та RCP8,5 на період з 2021 – 2050 рр. по території України. Розрахунки показали, що очікуються найбільш різкі зміни кліматичних показників тепла та вологи в різних природно – кліматичних зонах в разі реалізації сценаріїв GFDL-30 %, A1B та A2. В разі реалізації сценаріїв змін клімату RCP4,5, RCP8,5 термічні показники очікуються на рівні середніх багаторічних в усіх природно-кліматичних зонах, окрім Південного Степу, де вони зростають. Різких змін в розподілі річних опадів по території України за цими сценаріями не слід очікувати. При цьому для більшості регіонів тренд на збільшення кількості опадів найбільш можливий у випадку розвитку сценарію викидів RCP4.5. Проте очікується певне зменшення загальної кількості опадів за рік в цілому, та особливо за літні сезони впродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

Ключові слова: зміна клімату, потепління, вегетаційний період, температура повітря, суми температур, опади, вологозабезпеченість, коефіцієнт зволоження.

1. ВСТУП

Кліматичний режим кожного регіону формується як синтез особливостей температури, вологості, опадів, вітру, які базуються на закономірностях розподілу радіаційного, теплового та водного балансів і впливу атмосферної циркуляції. Різноманітність і величезна кількість кліматоутворювальних факторів зумовлює стан клімату з дуже ускладненим спектром коливань, в яких детермінований характер мають гармоніки річного та добового ходу. Наприкінці минулого і початку поточного століття науковцями відзначаються значні зміни кліматичних умов на всій Земній кулі через потепління, які на сьогодні є незаперечним фактом.

Дослідженнями особливостей різних процесів в атмосфері, за яких відбувається зміна волого-температурного режиму підстильної поверхні, займається широке коло міжнародної наукової спільноти. 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. 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, збіль-

шення частоти екстремальних природних явищ тощо [1].

Підвищення приземної температури повітря в Північній півкулі спричинило різку між річну мінливість продуктивності сільського господарства через значну зміну агрокліматичних умов формування продуктивності сільськогосподарських культур.

Сільське господарство уявляє собою «цех під відкритим небом», характеризується значною інерційністю і через те є дуже вразливою галузю до змін клімату.

У зв'язку з цим продовольча безпека України значною мірою буде залежати від ступеню адаптації сільськогосподарського виробництва до очікуваних змін майбутніх агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур [1, 2].

Майбутні зміни клімату є однією з найбільших проблем, що стоїть перед людством в новому столітті. Потреба в інформації про зміни клімату необхідна для того, щоб оцінити їх вплив на людину і природні системи з метою розвитку відповідних засобів адаптації і стратегії пом'якшення негативного впливу кліматичних змін на національному і навіть регіональному рівні.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Дослідженнями особливостей різних процесів в атмосфері, за яких відбувається зміна волого-температурного режиму підстильної поверхні, займається широке коло дослідників [1-11]. 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 [4-9, 10-13]. Це спричинило часові зрушення розвитку природних процесів, істотне підвищення температури повітря, збільшення частоти екстремальних природних явищ тощо.

При вивченні змін клімату, як критерії таких змін найчастіше використовуються глобальні кліматичні моделі, які є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. При цьому використовуються кліматичні моделі різних рівнів складності, від простих кліматичних до моделей перехідної складності, повних кліматичних моделей і моделей усєї Земної кліматичної системи. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів. Моделі дозволяють розглянути не тільки зміни глобального клімату, а і оцінити його регіональні аспекти.

Міжнародною Робочою групою міжнародних експертів зі змін клімату були розроблені чотири основних сюжетних лінії для послідовного виявлення зв'язків між факторами викидів газів у атмосферу та їх розвитком. Кожна сюжетна лінія має декілька різних сценаріїв з використанням різних концепцій моделювання можливої зміни клімату. Ці сценарії уявляють собою прогнози можливого розвитку подій у майбутньому у зв'язку зі збільшенням викидів газів з парниковим ефектом [1, 2].

При моделюванні прогностичних змін за різними сценаріями використовуються різні моделі. Так, сценарій *A2* – «жорсткий» представляється в регіональній кліматичній моделі *RCA3*. Сценарій зміни клімату *A1B* – «помірний» реалізується в регіональній кліматичній моделі *REMO*. Для нових кліматичних розрахунків, виконаних у рамках проекту *Coupled Model Intercomparison Project Phase 5 (CMIP5)* Всесвітньої програми досліджень клімату (*World Climate Research Programme*), використовується новий набір сценаріїв, а саме Репрезентативні

траєкторії концентрацій (*Representative Concentration Pathways – RCP*). Сценарії *RCP* ґрунтуються на комбінації комплексних оціночних моделей, простих кліматичних моделей та моделей атмосферної хімії і глобального вуглецевого циклу.

Різні сюжетні лінії та різні сценарії надають опис різноманітних варіантів майбутнього, які охоплюють широкий діапазон розрахункових характеристик. Сценарій зміни клімату *A1B* передбачає рівновагу між усіма джерелами енергії. Сценарій *A2* передбачає дуже неоднорідний світ, в якому першорядною темою буде самозабезпечення та збереження місцевої самобутності, сценарій *RCP4,5* передбачає стабілізацію викидів парникових газів в атмосферу, сценарій *RCP8,5* передбачає дуже високі рівні викидів парникових газів [1, 2].

Хоча *RCP* охоплюють широкий діапазон значень сукупних впливів, вони не включають весь спектр викидів, описаних в літературі, особливо по аерозолях.

В усіх сценаріях *RCP* атмосферна концентрація CO_2 є вищою за сьогоднішній рівень унаслідок зростання сукупних викидів CO_2 протягом XXI століття. Розроблено чотири сценарії *RCP*. Ці чотири *RCP* містять один сценарій зменшення викидів, який передбачає низький рівень впливу (*RCP2.6*); два сценарії стабілізації (*RCP4.5* і *RCP6.0*) і сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (*RCP8.5*) [1, 2, 9]. Згідно *RCP6.0* і *RCP8.5*, радіаційний вплив не досягає максимального значення до 2100 р., а продовжує постійно збільшуватись; в *RCP2.6* цей вплив досягає максимуму і потім знижується і в *RCP4.5* він стабілізується до 2100 р.

3. МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Метою виконаного дослідження є оцінка змін клімату, що відбуваються і передбачаються та оцінка впливу цих змін на агрокліматичні умови вегетаційного періоду сільськогосподарських культур.

Для досліджень використовувались дані гідрометеорологічних параметрів, які реалізовані в регіональній кліматичній моделі *RACMO2*, яка поєднує в собі фізичні схеми, розроблені Європейським центром середньострокових прогнозів погоди (*ECMWF*) [7], і динамічну основу від моделі *HIRLAM* [9, 12].

Аналіз метеорологічних показників виконувався по основних агрокліматичних зонах України. Для виявлення змін сучасних агрокліматичних умов були використані дані 175 метеороло-

гічних станцій України.

Аналіз тенденції зміни клімату виконувався шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик метеорологічних та агрометеорологічних показників за два періоди: перший з 1986 по 2005 рік (базовий період), другий період – з 2021 по 2050 рр. Показники агрокліматичних умов на період до 2050 рр. розраховані за кліматичними сценаріями *GFDL 30 %*, *A1B*, *A2*, *RCP4.5*, *RCP8.5*.

За основні кліматичні та агрокліматичні характеристики температурного режиму вегетаційного періоду були розглянуті:

- дати стійкого переходу температури повітря через 5, 10 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 5, 10 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 5, 10 °С;

Початок вегетації рослин (перехід температури через 5 °С) в середньому багаторічному (період 1986 – 2005 рр.) навесні починався з кінця другої декади березня в Південному Степу до середини першої декади квітня у Поліссі і закінчувався восени від другої декади листопада Південному Степу і третьої декади жовтня в інших природно – кліматичних зонах України (табл. 1). Тривалість періоду з температурами вище 5 °С становила в Поліссі – 206 днів, в Лісостеповій зоні та в Північному Степу – 212 днів, в Південному Степу – 236 днів. За цей період накопичувалась сума активних температур відповідно 2861 °С, 3136 °С, 3356 °С та 3771 °С. Середня температура січня була -3,0 °С, середня температура липня – 19,4 °С. Амплітуда температур становила 22,4 °С.

Перехід температури повітря через 5 °С навесні за сценаріями *GFDL-30 %*, *A1B* та *A2* наставатиме навесні раніше, восени – пізніше середніх багаторічних термінів, що спричинить збільшення тривалості періоду з температурами вище 5 °С. Розрахунки за сценаріями *RCP4.5*, *RCP8.5* показали, що навесні перехід температури повітря через 5 °С наставатиме пізніше в Поліссі на 4–7 днів, у Лісостепу – на 12 днів. В Степовій зоні ці терміни співпадатимуть з датами базового періоду. Зростуть і суми температур, але за різними сценаріями вони очікуватимуться різними в різних природно – кліматичних зонах. Найвищі до 2050 року суми температур вище 5 °С очікуються за сценарієм *GFDL-30 %* в усіх природно – кліматичних зонах України (табл. 1): у Поліссі – 4170 °С, Лісостепу – 4456 °С, Північному Степу – 5077 °С, в Півден-

ному Степу -5470 °С. В разі реалізації сценаріїв *A1B* та *A2* суми температур вище 5 °С становитимуть відповідно 3415 °С, 3057 °С у Поліссі, 3393 °С, 3016 °С в Лісостепу, 3895 °С, 3479 °С в Північному Степу та 5123 °С, 3479 °С в Південному Степу.

В разі реалізації сценаріїв *RCP4.5*, *RCP8.5* в районі Полісся і Північного Степу суми температур вище 5 °С залишаться майже на рівні середніх багаторічних і становитимуть відповідно 2800 та 3010 °С. В районі Лісостепової зони вони будуть нижчими від середніх багаторічних на 230 – 280 °С і становитимуть 2400 – 2500 °С. В Південному Степу вони очікуються на рівні середніх багаторічних за сценарієм *RCP4.5*, а за сценарієм *RCP8.5* вищими на 100 °С.

Основний вегетаційний період більшості сільськогосподарських культур співпадає з періодом з температурою повітря вище 10 °С. Розглянемо як за розрахунками за сценаріями можливих змін клімату змінюватиметься термічний режим в різних природно – кліматичних зонах України за період з температурами вище 10 °С в порівнянні з показниками термічного режиму базового періоду.

Як видно із табл. 1 середні багаторічні дати переходу температури повітря через 10 °С, (тобто в базовий період) навесні відзначались від 22 квітня у Поліссі до 14 квітня у Південному Степу.

Восени дата переходу температури повітря через 10 °С змінювалась від 1 жовтня у Поліссі до 19 жовтня у Південному Степу, при цьому тривалість періоду з температурами вище 10 °С зростала від 162 днів у Поліссі до 186 днів у Південному Степу. Суми температур за цей період також зростали з півночі на південь і становили в Поліссі 2582 °С, в Лісостепу – 2817 °С, у Північному Степу – 3010 °С та у Південному Степу – 3322 °С.

За сценарієм *GFDL-30 %* перехід температури повітря через 10 °С у Поліссі і Лісостеповій зоні в розрахунковий період буде спостерігатись навесні на 28 – 30 днів раніше середніх багаторічних і восени на 26 – 30 днів пізніше. Це продовжить тривалість періоду з температурами вище 10 °С до 215 – 217 днів. Накопичена сума температур становитиме 3766 та 3880 °С відповідно, що вище середніх багаторічних сум на майже на 1300 °С.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика середніх багаторічних показників термічного режиму з показниками, розрахованими за різними сценаріями змін клімату на території України

Сценарії змін клімату на період 2021 – 2050 рр.	Дати переходу температури повітря через				Тривалість періоду з температурами повітря вище		Суми температур за період з температурами вище	
	весна		осінь					
	5 °C	10 °C	5 °C	10 °C	5 °C	10 °C	5 °C	10 °C
Полісся								
Базовий період 1986-2005 рр.	6.04	22.04	29.10	1.11	206	160	2861	2582
<i>GFDL 30%</i>	2.03	22.03	20.11	23.10	263	215	4170	3766
<i>A1B</i>	24.03	22.03	8.11	20.10	218	190	3415	3126
<i>A2</i>	20.03	19.04	10.11	9.10	218	174	3057	2715
<i>RCP4,5</i>	10.04	1.05	25.10	30.09	197	153	2795	2409
<i>RCP8,5</i>	13.04	1.05	25.10	30.09	194	153	2873	2563
Лісостеп								
Базовий період 1986-2005 рр.	31.03	19.04	27.10	3.10	212	168	3136	2817
<i>GFDL 30%</i>	1.03	21.03	25.11	27.10	270	220	4456	4073
<i>A1B</i>	28.03	14.04	6.11	18.10	243	187	3393	3183
<i>A2</i>	26.03	19.04	26.10	7.10	215	171	3016	2701
<i>RCP4,5</i>	12.04	29.04	27.10	1.10.	204	156	2847	2415
<i>RCP8,5</i>	12.04	21.04	1.11	1.10	204	168	2901	2584
Північний Степ								
Базовий період 1986-2005 рр.	1.04	17.04	30.10	7.10	213	173	3356	3010
<i>GFDL 30%</i>	10.02	5.03	13.12	10.11	308	250	5077	4775
<i>IB</i>	18.03	9.04	18.11	16.10	245	189	3895	3503
<i>A2</i>	14.03	15.04	7.11	8.10	240	186	3479	3036
<i>RCP4,5</i>	3.04	21.04	29.10	10.10	207	174	3325	3041
<i>RCP8,5</i>	1.04	21.04	27.10	5.10	210	170	3338	3090
Південний Степ								
Базовий період 1986-2005 рр.	19.03	14.04	18.11	24.10	238	188	3771	3388
<i>GFDL 30%</i>	10.02	7.03	14.12	11.11	306	248	5471	4926
<i>A1B</i>	12.02	27.03	15.12	6.11	280	198	5123	4469
<i>A2</i>	4.03	6.04	7.11	18.10	259	195	3479	3870
<i>RCP4,5</i>	3.04	11.04	10.11	20.10.	215	213	3900	3464
<i>RCP8,5</i>	22.03	21.04	10.11	20.10	234	227	3999	3413

Аналіз розрахунків за сценарієм *A1B* показав, що дати переходу температури повітря через 10 °C в Поліссі будуть майже співпадати з середніми багаторічними. Восени відхилення будуть більш значними, що сприятиме збільшенню тривалості періоду до 184 днів. Суми температур вище 10 °C становитимуть біля 3120 °C.

Розрахунки за сценарієм *A2* показали, що в Поліссі та Лісостеповій зоні тенденції змін дат переходу відповідатимуть тенденціям змін, які спостерігатимуться за сценарієм *A1B*, але суми

температур вище 10 °C становитимуть 2715 °C, тобто майже на 400 °C нижче, ніж за попереднім сценарієм.

Розрахунки дат настання переходу температури повітря через 10 °C за сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* навесні показують, що вони будуть наставати пізніше в Поліссі – на 8 днів, у Північному Степу – на 4 дні, у Лісостепу за сценарієм *RCP4,5* – на 10 днів, за сценарієм *RCP8,5* будуть однаковими із середніми багаторічними. У Південному Степу за сценарієм *RCP4,5* вони наста-

ватимуть раніше на 4 дні, за сценарієм *RCP8,5* – пізніше на 6 днів. Восени дати переходу температури повітря через 10 °C у Поліссі, Лісостепу та Південному Степу будуть співпадати із середніми багаторічними за обома сценаріями і лише в Північному Степу ці дати будуть незначно відхилятися від середньої багаторічної. За сценарієм *RCP4,5* вони наставатимуть пізніше на 3 дні, за сценарієм *RCP8,5* – на два дні раніше середніх багаторічних. Тривалість періоду з температурами повітря вище 10 °C в Поліссі буде коротшою ніж тривалість в базовий період на 10 днів, у Лісостепу – на 7 – 18 днів, за обома сценаріями у Степовій зоні тривалість періоду буде однаковою, або нижчою ніж в базовий період.

Суми температур за сценаріями в *RCP4,5* та *RCP8,5* Поліссі та Лісостепу будуть трохи нижчими від сум температур за базовий період і становитимуть 2450 – 2550 °C, що нижче від середніх багаторічних майже на 200 – 250 °C. В Північному Степу очікувані суми будуть майже однакові з середніми багаторічними і становитимуть 3040 – 3090 °C. І тільки в Південному Степу очікувані суми температур вище 10 °C будуть вищими ніж в базовий період за обома сценаріями і становитимуть відповідно 3460 – 3410 °C.

В *Північному Степу* в разі реалізації сценарію *GFDL-30 %* дата переходу температури повітря через 10 °C очікуватиметься навесні на 30 – 38 днів раніше середньої багаторічної дати. Восени – наставатиме на місяць пізніше середньої багаторічної дати і тривалість періоду становитиме біля 185 днів. Сума температур накопичиться значно вища середньої багаторічної і становитиме – 4500 °C. Різниця між накопиченими сумами температур за сценарієм *GFDL-30 %* і середньою багаторічною сумою температур становитиме відповідно 1466 °C.

За умов реалізації сценарію *A1B* в зоні Північного Степу дата переходу температури повітря через 10 °C навесні наставатиме на 8 днів раніше, ніж в базовий період. Восени цей перехід буде спостерігатись пізніше на 16 днів. Тривалість періоду з температурами повітря вище 10 °C буде становити біля 196 днів. Сума температур вище 10 °C становитиме 3503 °C.

За умови реалізації сценарію *A2* розрахована дата переходу температури повітря через 10 °C наставатиме в термін близький до середнього багаторічного як навесні та восени. Тому і тривалість періоду з температурами вище 10 °C буде близькою до середньої багаторічної і становитиме 175 днів.

В *Південному Степу* за розрахунками за сценарієм *GFDL-30 %* в дата переходу температури

повітря через 10 °C весною спостерігатиметься більше, ніж на місяць раніше середньої багаторічної, а восени на 28 днів пізніше тієї ж середньої багаторічної. Значно зросте тривалість періоду у порівнянні з середньою багаторічною і становитиме 183 дні. Суми температур, що накопичаться, становитимуть 4069 °C, що вище середніх багаторічних на 1309 °C.

За сценарієм *A1B* найбільші відмінності будуть спостерігатись в Лісостеповій зоні і в Південному Степу. За сценарієм *A2* – в Південному Степу. За сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* суттєві зміни в температурному режимі прогноуються тільки на півдні та сході України. При цьому за даними сценарію *RCP4,5* прогноуються суттєве зменшення сезонних зимових температур повітря.

Як видно із всього вищесказаного показники термічного режиму, які очікуватимуться в період з 2021 п 2050 рр., розраховані за різними сценаріями можливих змін клімату, відрізняються між собою як в кожній зоні, так і в цілому по Україні. Найбільші відмінності в усіх зонах очікуються за сценарієм *GFDL-30 %*. За цим сценарієм відмінності в показниках термічного режиму зростатимуть в напрямку з півночі на південь.

Опади є основним джерелом зволоження земної поверхні і з цієї точки зору вони визначають стан багатьох природних ресурсів. Тому поняття просторово-часової мінливості структури поля опадів сучасності та їхні майбутні зміни відіграють важливу роль в прогнозах кліматично-зумовлених природних ресурсів.

Але оцінка вологозабезпеченості території тільки за сумою опадів буде не зовсім повною через те, що опади це лише одна із характеристик прибуткової частини водного балансу. Тому для більш надійної характеристики вологозабезпеченості потрібно також використовувати показники вологопотребі рослин та фактичного водоспоживання. Співвідношення цих двох величин може бути надійним показником вологозабезпеченості території [8].

Для характеристики умов зволоження аналізувались такі ж періоди як і для теплозабезпеченості: базовий – 1986 – 2005 рр. та розрахунковий за кліматичними сценаріями *GFDL-30 %*, *A1B*, *A2*, *RCP4,5*, *RCP8,5* період 2021 – 2050 рр. При цьому розглядалися такі показники:

- сума опадів за періоди: зима, весна, літо, осінь, зима, рік;
- сума опадів за періоди з температурами повітря вище 5, 10 °C;
- сумарне випаровування, випаровуваність, дефіцит випаровування;

– коефіцієнт зволоження – гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянинова (ГТК) за період травень – серпень.

Згідно проведених нами розрахунків, у кожній природно-кліматичній зоні, як і на всій території України в цілому, по сезонах року спостерігаються значні коливання очікуваної кількості опадів на період до 2050 року (табл. 2).

В період з 2021 по 2050 рр. за двома сценаріями зміни клімату *CFDL-30 %* та *A1B* очікуватиметься приблизно однакова сума опадів, але вона буде на 5 % меншою, ніж в базовий період в Поліссі, Лісостепу та Північному Степу і становитиме відповідно 104, 108 та 103 % від базового періоду. В Південному Степу кількість опадів становитиме 525 мм за сценарієм *CFDL-30 %* мм, тобто 113 % від норми. За сценаріями *A1B* та *A2* сума опадів зменшиться до 414 мм та 376 мм і становитиме відповідно 89 %, а 81 % від базової.

За обома сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* в усіх природно-кліматичних зонах України на період з 2021 по 2050 рр. очікується зменшення річних сум опадів. Причому зменшення очікується однаково за обома сценаріями у Поліссі і Лісостеповій зонах, до 91 % від опадів базового періоду. У Північному Степу зменшення річних сум опадів буде більш відчутним і становитиме тільки 87 – 85 % опадів базового періоду, у Південному Степу за сценарієм *RCP4,5* сума опадів очікуватиметься на рівні 370 – 380 мм, що становитиме 81 % від суми опадів базового періоду. В разі реалізації сценарію *RCP8,5* очікувана сума опадів за рік становитиме близько 420 мм, тобто 88 % від середньої багаторічної суми базового періоду.

Згідно проведених нами розрахунків у кожній природно-кліматичній зоні по сезонах року будуть спостерігатись значні коливання опадів.

Для розрахункового періоду 2021 – 2050 рр. за усіма сценаріями в усіх природно-кліматичних зонах, окрім Південного Степу, очікується збільшення опадів взимку та навесні. Найменша сума опадів очікуватиметься за сценарієм *A1B* – 152 мм, тобто всього на 5 % вище від базової суми. Найвища сума опадів очікується за сценарієм *CFDL-30 %* – 232 мм, 169 % від середньої багаторічної. За сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* це збільшення буде незначним і становитиме 107 – 108 % в порівнянні з базовим періодом. Навесні збільшення сум опадів буде відчутнішим і становитиме 131 – 132 % середньої багаторічної суми за цей період і Поліссі, Лісосте-

пу та Північному Степу. В Південному Степу найменша кількість опадів весною передбачається в разі реалізації сценаріїв *A2* та *RCP4,5*, відповідно 75 та 94 % від сум опадів базового періоду.

Влітку збільшення опадів прогнозується тільки за трьома сценаріями *CFDL-30 %*, *A1B* та *A2*. За сценаріями *RCP4,5*, *RCP8,5* очікуватиметься різке зменшення сум опадів відповідно до 69 та 59 мм, що становитиме 45 та 39 % від сум опадів базового періоду.

Восени збільшення сум опадів в Поліссі слід чекати тільки в разі реалізації сценаріїв *A1B* та *A2*. За іншими сценаріями очікується зменшення сум опадів до 84 – 88 % від базової.

В Лісостеповій зоні і в зоні Північного Степу восени збільшення сум опадів в порівнянні з базовим періодом слід чекати тільки в разі реалізації сценарію *A2*. В разі реалізації сценарію *A1B* опади будуть очікуватись на рівні середніх багаторічних сум. За іншими сценаріями в цей період очікується зменшення сум опадів.

В зоні Південного Степу сума опадів восени за усіма сценаріями буде очікуватись менше, ніж в базовий період. Особливо значне зменшення сум опадів буде відзначатись за сценарієм *A1B*.

Зміна в режимі опадів спричинить зміну інших показників зволоження, а саме: випаровування, випаровуваності, дефіциту випаровування та коефіцієнту зволоження Г. Т. Селянинова (ГТК).

Як видно із табл. 2 сумарне випаровування збільшиться по території України в разі реалізації сценаріїв *CFDL-30 %*, *A1B* та *A2*. За сценаріями *RCP4,5*, *RCP8,5* величини сумарного випаровування зменшаться в усіх зонах, особливо відчутне це зменшення буде в Лісостеповій зоні в разі реалізації сценарію *RCP4,5*. Аналогічний висновок можна також зробити, аналізуючи зміни випаровуваності та дефіциту випаровування.

Аналізуючи значення коефіцієнта зволоження ГТК по природно-кліматичних зонах України можна сказати, що збільшення сум опадів спричинить підвищення ГТК тільки в зоні Полісся в разі реалізації будь-якого сценарію. В Лісостеповій зоні тільки в разі реалізації сценарію *A2* ГТК зросте до 1,5 відн. од. та залишиться без зміни в зоні Північного Степу. В зоні Південного Степу найменше значення ГТК очікується в разі реалізації сценаріїв *A1B* та *A2* – 0,5 відн. од., та сценарію, *RCP8,5* – 0,68 відн. од.

Таблиця 2 – Порівняльна характеристика середніх багаторічних показників зволоження з показниками, розрахованими за різними сценаріями зміни клімату на території України

Сценарії зміни клімату на період 2021 – 2050 рр.	Сума опадів за періоди, мм							Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Дефіцит випаровування, мм	ГТК, відн. од.
	З температурою повітря вище		зима	весна	літо	Осінь	рік				
	5 °С	10 °С									
Полісся											
Базовий період	421	368	102	137	229	152	620	506	1310	805	1,4
<i>GFDL</i> 30 %	596	511	117	232	264	135	748	582	1741	1159	1,4
<i>A1B</i>	481	401	157	152	242	189	732	587	1158	571	1,3
<i>A2</i>	537	444	161	202	276	176	785	636	1096	460	1,68
<i>RCP4,5</i>	374	306	112	102	154	133	595	436	872	436	1,5
<i>RCP8,5</i>	366	312	116	190	156	128	590	409	835	426	1,56
Лісостеп											
Базовий період	429	367	85	138	222	154	599	500	1351	851	1,3
<i>GFDL</i> 30 %	523	469	196	167	243	153	763	531	1662	1131	1,23
<i>A1B</i>	459	383	184	193	240	143	704	601	1166	565	1,31
<i>A2</i>	514	440	168	193	268	171	800	610	1082	472	1,5
<i>RCP4,5</i>	331	272	100	185	142	116	543	331	703	372	1,2
<i>RCP8,5</i>	366	312	117	174	146	119	556	357	727	370	1,25
Північний Степ											
Базовий період.	374	315	96	136	171	135	536	456	1347	891	1,05
<i>GFDL</i> 30 %	454	3912	130	98	199	129	512	1807	1221	586	0,96
<i>A1B</i>	351	295	145	128	169	86	560	511	1270	759	0,9
<i>A2</i>	460	340	149	161	192	142	643	550	1168	618	1,1
<i>RCP4,5</i>	247	201	124	134	86	131	475	397	861	464	0,87
<i>RCP8,5</i>	303	190	130	138	75	121	454	348	845	497	0,85
Південний Степ											
Базовий період.	321	264	81	116	153	125	475	388	1401	1014	0,8
<i>GFDL</i> 30 %	424	375	115	115	194	116	514	569	1834	1265	0,75
<i>A1B</i>	322	232	122	117	91	98	428	450	1452	1002	0,5
<i>A2</i>	302	193	117	87	69	102	376	420	1339	919	0,5
<i>RCP4,5</i>	202	186	95	108	59	103	374	297	1010	713	0,8
<i>RCP8,5</i>	243	172	114	122	60	110	406	348	940	592	0,68

4. ВИСНОВОК

Можна відзначити, що протягом 2021 – 2050 рр. за різними сценаріями змін клімату слід очікувати різних змін у вологотемпературному режимі в різних природно – кліматичних зонах. Найвідчутніші зміни відбуватимуться впродовж вегетаційного періоду сільськогосподарських культур в разі реалізації сценаріїв *GFDL*-30 %, *A1B* та *A2*.

Найбільші відмінності термічних показни-

ків в усіх зонах очікуються за сценарієм *GFDL*-30 % і вони зростатимуть в напрямку з півночі на південь. За сценарієм *A1B* найбільші відмінності будуть спостерігатись в Лісостеповій зоні і в Південному Степу. За сценарієм *A2* – в Південному Степу. За сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* суттєві зміни в температурному режимі прогноуються тільки на півдні та сході України. При цьому за даними сценарію *RCP4,5* прогнозується суттєве зменшення

сезонних зимових температур повітря.

На основі аналізу результатів розрахунків за різними кліматичними сценаріями показників вологозабезпеченості по природно – кліматичних зонах України за період з 2021 по 2050 рр. можна сказати, що очікуються найбільш різкі зміни кліматичних показників зволоження в різних природно–кліматичних зонах в разі реалізації сценаріїв *GFDL-30 %*, *A1B* та *A2*. В разі реалізації сценаріїв змін клімату *RCP4,5*, *RCP8,5* різких змін в розподілі опадів по території України не слід очікувати. Найбільша кількість опадів в середньому за рік та по сезонам прогнозується для західних областей країни, найменша – для південних. При цьому для більшості регіонів тренд на збільшення кількості опадів найбільш можливий у випадку розвитку сценарію викидів *GFDL-30 %*. Проте за сценаріями *RCP4,5* та *RCP8,5* очікується певне зменшення загальної кількості опадів за рік в цілому, та особливо за літні сезони, протягом досліджуваного очікуваного тридцятирічного періоду в порівнянні з фактичним 1986–2005 рр.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Агрокліматичний довідник по території України / за ред. Т. І. Адаменко, М. І. Кульбіді, А. Л. Прокопенко. Кам'янець-Подільськ, 2011. 107 с.
- Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. Одеса: Екологія, 2011. 694 с.
- Последствия изменения климата для России // Состояние и комплексный мониторинг природной среды и климата. Пределы изменений / Ю. А. Израэль, Ю. А. Антохин и др. М.: Наука, 2001. С. 40-64.
- Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961-1990 рр. / С. В. Краковська, Л. В. Паламарчук, І. П. Шедемєнко, Г. О. Дюкель, Н. В. Гнатюк // Наук. праці УкрНДГМІ. 2008. № 257. С. 42-60.
- Логинов В. Ф. Причины и следствия климатических изменений. Минск: Наука і техніка, 1992. 320 с.
- Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем / под ред. С. М. Семенова. М., 2012. 511 с.
- Полевой А. Н. Теория и расчет продуктивности сельскохозяйственных культур. Л.: Гидрометеоздат, 1983. 175 с.
- Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса. «ТЕС», 2012. 635 с.
- Тарко А. М. Антропогенные изменения глобальных биосферных процессов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 231 с.
- Україна та глобальний парниковий ефект. Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату / за ред. В. В. Васильченка, М. В. Рацуна, І. В. Трохимової. К.: Агентство з раці-
- онального використання енергії та екології, 1998. 208 с.
- Christensen J. H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R. K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C. G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr, P. Whetton. Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. 94 p. (Eds: Solomon S. D., Qin M., Manning Z., Chen M., Marquis K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller).
- Jacob D., B. J. M. Van den Hurk, U. Andre, G. Elgered, C. Fortelius, L. P. Graham, S. D. Jackson, U. Karstens, Chr. Kopken, R. Lindau, R. Podzun, B. Rockel, F. Rubel, B. H. Sass, R. N. B. Smith, X. Yang. A comprehensive model inter-comparison study investigating the water budget during the BALTEX-PIDCAP period. *Meteor. Atm.*, 2001, no. 77, pp. 61-73.
- Roeckner E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Dumenil, M. Esch, U. Schlese, U. Schulzweida. *The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate*. Max-Planck-Institute für Meteorologie, Report. 1996, no. 218.

REFERENCES

- Adamenko T. I., Kul'bida M. I., Prokopenko A. L. (Eds). *Ahroklimatychnyy dovidnyk po terytoriiy Ukrainy* [An agroclimatic reference book on territories of Ukraine]. Kamyanyets-Podilsk, 2011. 107 p.
- Stepanenko S. M., Pol'ovyy A. M. *Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy* [An estimation of influence of climatic changes on industry of economy of Ukraine]. Odessa: Ekolohiya, 2011. 694 p.
- Israhel Ya, Antokhin Ya etc. Consequences of climate change for Russia. *Sostoyanie i kompleksnyy monitoring prirodnoy sredy i klimata. Predely izmeneniy* [The State and complex monitoring of natural environment and climate. Limits of changes]. Moscow: Nauka, 2001, pp. 40-64. (In Russian)
- Krakovs'ka S. V., Palamarchuk L. V., Shedemenko I. P., Dyukel' G. O., Gnatyuk N. V. *Nauk. pratsi UkrNDGMI-Proc. UkrSRHMI*, 2008, no. 257. pp. 42-60. (In Ukrainian)
- Loginov V. F. *Prichiny i sledstviya klimaticheskikh izmeneniy* [Causes and effects of climatic changes]. Minsk: Navuka i tekhnika, 1992. 230 p.
- Semenov S. M. (Ed.). *Metody otsenki posledstviy izmeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem* [Methods of estimation of consequences of change of climate for fisical and biological systems]. Moscow, 2012. 511 p.
- Polevoy A. N. *Teoriya i raschet produktivnosti sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Theory and calculation of the productivity of agricultural cultures]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1983. 175 p.
- Pol'ovyy A. M. *Sil's'kohospodars'ka meteorolohiya* [Agricultural meteorology]. Odessa. «TES», 2012. 635 p.
- Tarko A. M. *Antropogennyye izmeneniya global'nykh biosfernykh protsessov* [Anthropogenic changes of global biosphere processes]. Moscow: FYZMATLYT, 2005. 231 p.
- Vasyl'chenko V. V., Rashchun M. V., Trohymova I. V. *Ukraina ta global'nyy pamykovyy efekt. Knyha 2. Vraz-*

- lyvist' i adaptatsiya ekolohichnykh ta ekonomichnykh system do zminy klimatu [Ukraine and global hotbed effect. Book 2. Impressionability and adaptation of the ecological and economic systems to the change of climate]. Kyiv: Agency for Rational Energy Use and Ecology, 1998. 208 p.
11. Christensen J. H., B. Hewitson, A. Busuioc, A. Chen, X. Gao, I. Held, R. Jones, R. K. Kolli, W.-T. Kwon, R. Laprise, V. Magaña Rueda, L. Mearns, C. G. Menéndez, J. Räisänen, A. Rinke, A. Sarr, P. Whetton. Regional Climate Projections. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC* Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007. 94 p. (Eds: Solomon S. D., Qin M., Manning Z., Chen M., Marquis K. B. Averyt, M. Tignor and H. L. Miller).
 12. Jacob D., B. J. M. Van den Hurk, U. Andre, G. Elgered, C. Fortelius, L. P. Graham, S. D. Jackson, U. Karstens, Chr. Kopken, R. Lindau, R. Podzun, B. Rockel, F. Rubel, B. H. Sass, R. N. B. Smith, X. Yang. A comprehensive model inter-comparison study investigating the water budget during the BALTEX-PIDCAP period. *Meteor. Atm.*, 2001, no. 77, pp. 61-73.
 13. Roeckner E., K. Arpe, L. Bengtsson, M. Christoph, M. Claussen, L. Dumenil, M. Esch, U. Schlese, U. Schulzweida. *The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate*. Max-Planck-Institute für Meteorologie, Report. 1996, no. 218.

IMPACT OF CLIMAT CHANGES ON AGRO-CLIMATIC INDICES OF THE VEGETATIVE PERIOD OF MAIN AGRICULTURAL CROPS

A. N. Polevoy, Dr. Sci. (Geogr.), prof.
L. E. Bozhko, Cand. Sci. (Geogr.), associate prof.
E. A. Barsukova, Cand. Sci. (Geogr.), associate prof.

Odessa State Environmental University, 15
Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, apolevoy@te.net.ua

Article in question investigates indicators of the moisture-temperature regime for the period of 1986 - 2005 (base period) and compares them to their expected changes calculated for different scenarios of climate change *GFDL-30 %*, *A1B*, *A2*, *RCP4,5* and *RCP8,5* for the period of 2021 – 2050 on the territory of Ukraine. Calculations revealed that most abrupt changes in moisture-temperature indicators in different soil-climatic zones of Ukraine can be expected in case of scenarios *GFDL-30 %*, *A1B* and *A2*. In case of scenarios of climate change *RCP4,5*, *RCP8,5* thermal indicators are expected to be at the level of multilevel averages in all natural and climatic zones of Ukraine, except for Southern Steppe, where they are expected to grow. The greatest changes in all areas are expected under scenario *GFDL-30 %*, and they will increase from north to south. Under scenario *A1B* the greatest difference between calculated values and average multi-year values will be observed in the Forest-Steppe zone and in the Southern Steppe. Under scenarios *RCP4,5* и *RCP8,5* significant changes in the temperature regime are predicted only for the south and east of Ukraine. At the same time, according to the scenario of *RCP4,5*, a significant increase in seasonal winter air temperatures is forecasted.

Analysis of the results of calculations for different climatic scenarios of water availability indicators for different natural and climatic zones of Ukraine for the period from 2021 to 2050 revealed that the most drastic changes in the climatic parameters of humidification are expected in the case of the scenarios *GFDL-30 %*, *A1B* and *A2*. In case of climate change scenarios *RCP4,5*, *RCP8,5*, no quick changes in the distribution of precipitation over the territory of Ukraine should be expected. The greatest amount of precipitation for the year and in average for the seasons of the year is projected for the western regions of the country, the least one - for the southern regions. At the same time, for most regions the trend to increase the amount of precipitation is most likely in the case of the development of the *GFDL-30 %*, *A1B* and *A2* scenarios. However, according to the scenarios *RCP4,5* and *RCP8,5*, rainfall is expected to decline for the year as a whole and especially in the summer season in comparison with the actual for 1986 – 2005.

Keywords: climate change, warming, vegetation period, air temperature, sum of temperatures, precipitation, moisture availability, humidification factor.

ВЛИЯНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА НА АГРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЕГЕТАЦИОННОГО ПЕРИОДА ОСНОВНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

А.М. Полевой, д-р геогр. наук, проф.,
Л.Е. Божко, канд. геогр. наук, доц.
Е.А. Барсукова, канд. геогр. наук, доц.

Одесский государственный экологический университет
ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, apolevoy@te.net.ua

Рассматриваются в сравнении показатели влаго-температурного режима за период 1986 – 2005 гг. (базовый период) и ожидаемые их изменения, рассчитанные за разными сценариями изменения климата GFDL-30 %, A1B, A2, RCP4,5 та RCP8,5 на период 2021 – 2050 гг. по территории Украины. Расчеты показали, что в ожидаются наиболее резкие изменения влаго-температурных показателей в разных почвенно-климатических зонах Украины в случае реализации сценариев GFDL-30 %, A1B и A2. В случае реализации сценариев изменения климата RCP4,5, RCP8,5 термические показатели ожидаются на уровне средних многолетних во всех природно-климатических зонах Украины, кроме Южной Степи, где они возрастут. Наибольшие различия во всех зонах ожидаются в по сценарию GFDL-30 % и они будут возрастать с севера на юг. По сценарию A1B наибольшая разница между расчетными величинами и средними многолетними будет наблюдаться в Лесостепной зоне и в Южной Степи. По сценарию A2 – в Южной Степи. По сценариям RCP4,5 и RCP8,5 существенные изменения в температурном режим прогнозируются только на юге и востоке Украины. При этом по данным сценария RCP4.5 прогнозируется существенное повышение сезонных зимних температур воздуха.

Анализ результатов расчетов по разным климатическим сценариям показателей влагообеспеченности по разным природно-климатическим зонам Украины за период с 2021 по 2050 гг. показал, что наиболее резкие изменения климатических показателей увлажнения ожидаются в случае реализации сценариев GFDL-30 %, A1B и A2. В случае реализации сценариев изменения климата RCP4,5, RCP8,5 резких изменений в распределении осадков по территории Украины ожидать не следует. Наибольшее количество осадков за год и в среднем по сезонам года прогнозируется для западных областей страны, наименьшее – для южных. При этом для большинства регионов тренд на увеличение количества осадков наиболее вероятен в случае развития сценария GFDL-30 %, A1B и A2. Однако по сценариям RCP4,5 и RCP8,5 ожидается уменьшение количества осадков за год в целом и особенно в летний сезон в сравнении с фактическими за 1986 – 2005 гг.

Ключевые слова: изменение климата, потепление, вегетационный период, температура воздуха, суммы температур, осадки, влагообеспеченность, коэффициент увлажнения.

Дата первого подання : 29. 05. 2017

Дата надходження остаточної версії : 18. 09. 2017

Дата публікації статті : 26. 10. 2017