

УДК 551.534.7

ХАРАКТЕРИСТИКА РАДІАЦІЙНО-ТЕПЛОВИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2050 Р. В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Польовий А.М., д.геогр.н.,
Божко Л.Ю., к.геогр.н.

Одеський державний екологічний університет
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна, apolevoy@tenet.ru

Розглядаються показники радіаційно-теплогового режиму по природно-кліматичних зонах України за період 1986 – 2005 рр. в порівнянні з очікуваними їх змінами, розрахованими за двома сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 на період 2015 – 2050 рр. Відзначається, що до 2050 р. буде спостерігатись підвищення надходження сонячної радіації за обома сценаріями порівняно з середніми багаторічними значеннями. А це в свою чергу спричинить підвищення температурного режиму в усіх агрокліматичних зонах України.

Ключові слова: сонячна радіація, фотосинтетично активна радіація, фотосинтетичний потенціал, температура, сума температур.

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 кліматотвірних 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 [1-4].

За своїм географічним положенням, структурою народного господарства, станом довкілля Україна є однією з країн, для яких соціально-економічні наслідки зміни клімату можуть бути незворотними. Під впливом зміни клімату змінюються агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур, а це потребує прийняття своєчасних та адекватних рішень для адаптації сільського господарства до майбутніх змін.

2. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Дослідженнями особливостей різних процесів в атмосфері, за яких відбувається зміна волого-температурного режиму підстильної поверхні, займається широке коло дослідників, серед яких слід відзначити роботи Ю.А. Израеля, В.Ф. Логінова, А.М. Тарко, В.М. Волощука, С.М. Степаненка, А.М. Польового та ін. 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 [1-4,9]. Це спричинило часові зрушення розвитку природних процесів, істотне підвищення температури повітря, збільшення частоти екстремальних природних явищ тощо.

Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, які 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 [1,2].

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 2,6 Вт·м⁻² для RCP2.6; 4,5 Вт·м⁻² для RCP4.5; 6,0 Вт·м⁻² для RCP6.0 і 8,5 Вт·м⁻² для RCP8.5. 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].

Серед основних факторів життєдіяльності

найважливішою є сонячна радіація як первинне джерело енергії всіх біологічних та фізичних процесів, які відбуваються в рослинних організмах. При цьому важливим є як інтенсивність і тривалість опромінювання рослин сонячним світлом, так і спектральний склад радіації, який визначає фотоморфогенетичний, фотосинтетичний та тепловий ефект впливу на рослини [5-8].

Режим сонячної радіації та радіаційні властивості посівів є найважливішим фактором сільськогосподарського виробництва. Рослинний покрив перетворює сонячну радіацію на інші види – хімічну енергію, теплову, а також обмінюється власним довгохвильовим випромінюванням з атмосферою та ґрунтом і є важливим фактором формування термічного режиму посівів та інших елементів фітотемператури.

Фотосинтетична діяльність рослин залежить від багатьох факторів. За даними Тоомінга Х.Г роль сонячної радіації в житті рослин багатостороння і визначається вона не тільки закономірностями зміни елементів фотосинтетичної діяльності рослин в залежності один від одного, але і під впливом змін агротехнічних заходів, густоти рослин, норм і термінів зрошення та норм і термінів живлення [5-8].

Фотосинтетична діяльність рослин у посівах характеризується величинами: площею листя, фотосинтетичним потенціалом, чистою продуктивністю фотосинтезу, коефіцієнтом господарської ефективності та коефіцієнтом енергетичної ефективності формування урожаю.

За біологічною дією на рослини діапазон короткохвильової радіації поділяється на ультрафіолетову, *фотосинтетично* активну (ФАР) та ближню інфрачервону (БІЧР). Для фізіологічних процесів, які визначають життєдіяльність рослин, найбільше значення має короткохвильова радіація з довжиною хвиль меншою за 4,0 мкм.

Вплив радіації на рослини визначається у трьох напрямках: 1) *тепловий ефект* сонячної радіації. Із поглиненої рослинами сонячної енергії близько 70 % перетворюється на тепло і використовується для транспірації, для підтримки температури рослин та ін; 2) *фотосинтетичний ефект* сонячної радіації. Із поглиненої в інтервалі спектра 0,38-0,71 мкм радіації (область ФАР) до 28 % використовується в процесі фотосинтезу для створення органічних речовин; 3) *фотоморфогенетичний* (регулюючий) *ефект* сонячної радіації в процесі росту і розвитку рослин.

Активна частина радіації, яка впливає на ці процеси, починається з ультрафіолетової частини, охоплює діапазон ФАР і закінчується на межі близько 0,76 мкм, тобто в початковому діапазоні близької інфрачервоної радіації (БІЧР).

Ці ефекти впливу сонячної радіації поряд з іншими факторами докільля значною мірою визначають закономірності розвитку рослинного покриву. Ось чому дані щодо радіаційного режиму як на верхній межі посіву, так і в середині його, є основою для чинних методів агрометеорологічних розрахунків і прогнозів.

У процесі фотосинтезу використовується частина короткохвильової радіації в інтервалі $\lambda = 0,38...0,71$ мкм, яка називається *фотосинтетично активною радіацією* (ФАР). Процес трансформації поглиненої рослиною енергії світла в хімічну енергію органічних (і неорганічних) сполук називається *фотосинтезом*.

Це складний цикл біохімічних і біофізичних процесів, в ході яких рослини, поглинаючи сонячну енергію у формі ФАР, створюють за допомогою зеленого пігменту – хлорофілу із вуглекислого газу (CO_2) та води (H_2O) високоенергетичні вуглеводи (крохмаль, цукор, глюкозу, клітковину та ін.), вивільнюючи при цьому кисень (O_2). Первинні продукти фотосинтезу в результаті асиміляції перетворюються на органічні речовини (асиміляти), які використовуються рослиною впродовж росту і розвитку для створення вегетативної та генеративної маси.

ФАР - найважливіший фактор продуктивності рослин. Інтенсивність ФАР вимірюється інструментально або розраховується за даними про надходження прямої, розсіяної чи сумарної радіації [5, 6].

Важливим показником, який визначає поглинання і пропускання ФАР, є *листовий індекс* – відношення сумарної площі листової поверхні посіву до площі поля. Поглинання ФАР збільшується зі збільшенням площі листя. За даними А.А. Ничипоровича найбільше поглинання ФАР спостерігається при значенні листового індексу 4 та площі листя 40000 м²/га. Характеристикою продуктивності фотосинтезу є *чиста продуктивність фотосинтезу (ЧПФ)*, тобто кількість органічної речовини, що формується на 1 м² за добу. Її величина залежить від густоти посівів. В загущених посівах вона зменшується, зазвичай вона становить для більшості культур 4 – 6 г/м² органічної речовини за добу [3,5].

Загалом вплив сумарної радіації на урожай

визначається за особливостями динаміки характеристик урожайності та ознак сумарної радіації [5,6].

3. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Коли розглядаються зміни клімату, то як критерії таких змін найчастіше використовуються тренди глобальних температур і опадів [1-4].

Одним із методів відображення можливих змін у кліматичному режимі будь-яких метеорологічних величин є порівняння цих величин із середніми багаторічними даними.

Аналіз впливу змін клімату на режим показників сонячної радіації та температурного режиму проведено шляхом порівняння середніх багаторічних величин (за період 1986 – 2005 рр.) і величин, розрахованих за кліматичними сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 на період з 2015 до 2050 рр.

Для характеристики середніх багаторічних значень радіаційних і теплових ресурсів за період 1986 -2005 рр. (базовий період) по агрокліматичних зонах України та їх зміни за 2015 – 2050 рр. були виконали розрахунки середніх багаторічних величин першої групи факторів навколишнього середовища: тривалості світлої пори доби, сумарної сонячної радіації за добу, інтенсивності фотосинтетично активної радіації (ФАР), суми ФАР, радіаційного балансу рослинного покриву, температурного режиму.

4. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ

Аналіз розрахунків показує, що динаміка надходження сонячної радіації як за даними середніх багаторічних значень, так і за розрахунками за двома сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 досить ідентична для всіх природно – кліматичних зон, і відрізняється кількісними показниками за період з температурою повітря вищою за 5 °С. Як видно із табл. 1, надходження сумарної радіації по території України збільшується з півночі на південь з 315,6 Вт/(м²·д) до 341.6 Вт/(м²·д). Розглянемо, як же змінюються показники радіаційного режиму по природно – кліматичних зонах України.

За середніми багаторічними даними в Українському Поліссі впродовж періоду з температурою повітря вищою за 5 °С надходження сумарної радіації в базовий період в середньому за декаду становило 315,6 Вт/(м²·д). Очікувані значення сумарної радіації за сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 будуть вищими, ніж в базовий період відповідно на 28,1 та 48.7 Вт/(м²·д) і становити-

муть 343,7 та 363,4 Вт/(м²·д) (табл. 1). На початку періоду з температурами повітря вищими за 5 °С надходження сонячної радіації в базовий період співпадає зі значеннями, розрахованими за сценаріями RCP4,5 та RCP8,5. Наприкінці періоду (за дві-три декади до другої декади вересня) надходження сонячної радіації за сценаріями буде відрізнятися як від середнього багаторічного, так і між сценаріями.

В Лісостеповій зоні України середнє значення сонячної радіації в базовий період становило 328.4 Вт/(м²·д). Розрахунки на майбутнє свідчать, що за обома сценаріями відбудеться збільшення надходження сонячної радіації до 362 Вт/(м²·д), що вище ніж середня багаторічна величина на 33 Вт/(м²·д).

Аналіз динаміки *інтенсивності фотосинтетично активної радіації* (ФАР) показав, що в Поліссі і Лісостеповій зоні інтенсивність ФАР за середніми багаторічними даними була майже однаковою, становила 0,163 кал/(см²·хв). Розраховані її значення за сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 становили відповідно: в Поліссі 0,222 та 0.283 кал/(см²·хв), в Лісостепу – 0.228 та 0,296 кал/(см²·хв). Слід зазначити, що за сценарієм RCP8,5 очікуватиметься більш значне підвищення надходження сонячної радіації, ніж за сценарієм RCP4,5.

Середні багаторічні значення сум ФАР за період з температурою повітря вищою за 5 °С в Поліссі і Лісостеповій зоні майже однакові і становлять 17,43 кал/см² за період.

Розрахунки, виконані за сценаріями свідчать, що очікуватимуться теж майже однакові величини ФАР в цих зонах, але вони будуть значно вищими ніж середні багаторічні і становитимуть відповідно 25,40 та 25,44 кал/см² за період. Величини радіаційного балансу рослинного покриву за базовий період в Поліссі становили 87.15 кал/(см²·д). Розрахунки на період до 2050 року дозволяють зробити висновок, що очікуватиметься збільшення величин радіаційного балансу за сценарієм RCP4,5 на 43,3 кал/(см²·д), за сценарієм RCP8,5 - на 58,8 кал/(см²·д) і вони становитимуть відповідно 130,4 та 145,9 кал/(см²·д).

В Лісостеповій зоні середні багаторічні значення радіаційного балансу рослинного покриву значно вищі ніж у Поліссі і становили 126,015 кал/(см²·д).

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика показників сонячної радіації за період з температурою повітря вищою за 5 °С по природно – кліматичних зонах

Показники сонячної радіації	Природно – кліматичні зони			
	Полісся	Лісостеп	Північний Степ	Південний Степ
Середня за період сумарна сонячна радіація за декаду, Вт/(м ² ·д), 1986 – 2005 рр.	315.6	328.4	334.25	341.6
Сценарій RCP4,5 до 2050 р.	343.7	362.7	397.4	462.2
Різниця	28.1	34.3	63.2	150.6
Сценарій RCP8,5 до 2050 р.	363.4	361.3	404.7	469.9
Різниця	47.8	33.9	70.4	158.3
Інтенсивність ФАР, кал/(см ² ·хв), 1986 – 2005 рр.	0.163	0,163	0.171	0.208
Сценарій RCP 4,5 до 2050 р.	0.222	0.228	0.243	0.272.
Різниця	0.06	0.07	0.07	0.06
Сценарій RCP 8,5 до 2050 р.	0.283	0.296	0.305	0.356
Різниця	0.12	0.13	0.13	0.15
Сума ФАР наростаючим підсумком 1986-2005 рр., кал/см ² за період	17.43	17.46	17,69	17,86
Сценарій RCP4,5 до 2050 р.	25.08	25.12	27.51	38.23
Різниця	7.35	8.06	7.02	11.03
Сценарій RCP8,5 до 2050 р.	25.40	25.44	27.50	38.34
Різниця	7.97	7.98	9.81	21.14
Радіаційний баланс рослинного покриву, кал/(см ² ·д), 1986-2005 рр.	87.15	126.0	116.08	119.7
Сценарій RCP4,5 до 2050 р.	130.4	149.2	183.4	208.6
Різниця	43.3	23.2	67.3	88.9
Сценарій RCP 8,5 до 2050 р.	145.9	138.8	172.8	199.2
Різниця	58.8	12.8	56.7	79.5

За сценарними розрахунками очікується підвищення величин радіаційного балансу рослинного покриву до 149,215 кал/(см²·д) за сценарієм RCP4,5 та до 138,80 кал/(см²·д) за сценарієм RCP8,5.

В Північному Степу надходження сумарної сонячної радіації в середньому за базовий період становило 334,25 Вт/(м²·д). За сценаріями до 2050 року очікується збільшення надходження сонячної радіації. Причому за сценарієм RCP8,5 зростання буде більш відчутним і перевищуватиме середню величину базового періоду на 70,4 Вт/(м²·д).

Розраховані за сценаріями показники сонячної радіації за період з температурами повітря вищими за 5 °С у Північному Степу були майже однаковими впродовж всього періоду вегетації і коливались від 310 Вт/(м²·д) на початку періоду до 435 Вт/(м²·д) в 11-ту декаду вегетації, коли досягали максимальних значень. Слід відзначити, що в період з початку червня до першої декади серпня надходження сумарної радіації за сценаріями співпадатиме із середніми значеннями за базовий період.

В Північному Степу інтенсивність ФАР впродовж періоду з температурами повітря вищими

за 5 °С відзначається більш різкими коливаннями в базовий період, особливо в травні, червні та липні місяцях. Розраховані величини інтенсивності ФАР за сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 відзначатимуться меншими коливаннями та будуть мати майже однакові значення 0,32 кал/(см²·хв).

Сумарне надходження ФАР в Північному Степу в середньому сягає 17,69 кал/см² за період. За обома сценаріями змін клімату до 2050 року очікуватиметься збільшення ФАР до 27,0 кал/см² за період.

В зоні Південного Степу відзначаються деякі відмінності в динаміці надходження сумарної сонячної радіації за середніми багаторічними значеннями від інших районів. До 11-ої декади вегетації надходження сумарної радіації було значно нижчим, ніж розраховане за сценаріями.

Після 11-ої декади до кінця періоду розраховані за сценаріями величини сумарної радіації будуть співпадати з середніми за базовий період. В цілому сумарна радіація за розрахунками за сценаріями буде очікуватись відповідно 462 та 469 Вт/(м²·д).

В Південному Степу динаміка інтенсивності ФАР впродовж періоду з температурами повітря

вищими за 5 °С показує, що в цій зоні в базовий період значення її поступово зростали від 0,08 кал/(см²·хв) на початку періоду до 0,27 кал/(см²·хв) в десяту декаду, тобто до початку червня. Далі впродовж 7 декад коливання не спостерігались, а з сімнадцятої декади до кінця періоду почалось поступове зменшення інтенсивності ФАР.

Сумарне надходження ФАР в Південному Степу в базовий період сягало 17,86 кал/см² за період. В період до 2050 року за обома сценаріями очікуються суми ФАР 38,2 кал/см² за період.

Характеристики динаміки радіаційного балансу рослинного покриву впродовж періоду з температурою повітря вищою за 5 °С в базовий період в Поліссі і Лісостеповій зоні ідентичні, відзначаються динамікою зменшення його значень з 146 кал/(см²·д) в четвертій до 55 кал/(см²·д) в сьомій декаді. З сьомої декади починається поступове підвищення радіаційного балансу впродовж чотирьох декад, а з одинадцятої декади спостерігається різке зростання до 250 кал/(см²·д) в тринадцяту декаду, тобто в першу декаду липня. З одинадцятої до дванадцятої декади значення радіаційного балансу рослинного покриву перевищують його значення за сценарними даними.

В період до 2050 року буде спостерігатись збільшення радіаційного балансу за сценарієм RCP4,5 до 208 кал/(см²·д) та до 199 кал/(см²·д) за сценарієм RCP8.5.

Підвищення складових радіаційного режиму впродовж всього періоду з температурами повітря вищими за 5 °С до 2050 року спричинить підвищення витрат тепла на випаровування та надходження тепла в ґрунт, що сприятиме зміні температурного режиму повітря.

Методів оцінки термічних умов існує багато: Лівінгстона, Ацці, Г.Т. Селянинова, Ф.Ф. Давітая, М.І. Будико, П.І. Колоскова, С.О. Сапожникової, Д.І. Шашко та ін.[6-8]. В своїх дослідженнях зупинимось на методі біологічних сум температур, запропонованому С.О. Сапожниковою та Д.І. Шашко.

Аналіз змін температурного режиму по території України виконувався за ті ж періоди, що і показники радіаційного режиму.

За основні кліматичні та агрокліматичні характеристики температурного режиму були використані:

– дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени;

– тривалість періоду з температурами повітря вищими за 0, 5, 10, 15 °С;

– суми позитивних температур повітря за період з температурами вищими за 0, 5, 10, 15 °С;

– середні температури повітря січня, липня та їхня амплітуда.

Для сільськогосподарського виробництва важливу роль відіграє період з температурами повітря вищими за 5 °С, оскільки більшість зернових культур мають біологічний мінімум розвитку саме 5 °С. Розглянемо, як зміняться терміни настання дат переходу температури повітря через 5 °С навесні і восени, розраховані за сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 в порівнянні із середніми багаторічними термінами.

Як видно із табл. 2, навесні середні багаторічні терміни переходу температури повітря через 5 °С в базовий період коливаються в межах від 21 березня в Південному Степу до 6 квітня в Поліссі. Восени - від 29 жовтня у Поліссі та Лісостеповій зоні до 11 листопада у Південному Степу.

Середня багаторічна тривалість періоду з температурами повітря вищими за 5 °С становила відповідно 202, 212, 213, 236 днів. Розрахунки за обома сценаріями 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. Слід відзначити, що у Південному Степу за сценарієм RCP4,5 терміни переходу наставатимуть пізніше на 13 днів. Восени терміни переходу температури повітря через 5 °С будуть співпадати з середніми багаторічними в усіх регіонах за винятком Полісся, де вони будуть наставати на 4 – 5 днів раніше.

Тривалість періоду з температурами вищими за 5 °С зменшиться в Поліссі до 195 днів, Лісостепу - до 204 днів, в Північному Степу - до 210 днів. В Південному Степу за сценарієм RCP4,5 тривалість періоду зменшиться до 215 днів, за сценарієм RCP 8,5 - залишиться на рівні середнього багаторічного і становитиме 234 дні.

У зв'язку зі зміною тривалості періоду з температурами повітря вищими за 5 °С зміняться і суми температур в разі реалізації обох сценаріїв.

Як видно з табл. 3, в разі реалізації будь-якого сценарію в районі Полісся і Північного Степу суми температур вищими за 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 середні багаторічні суми становили 3690 °С. За

сценарієм RCP4,5 вони очікуються на рівні середніх багаторічних, за сценарієм RCP8,5 - вищими на 100 °С.

Період з температурами повітря вищими за 10 °С важливий для сільськогосподарського виробництва при вирощуванні більшості теплолюбних культур.

Аналіз таблиці 2 показав, що в середньому багаторічному дати переходу температури повітря через 10 °С навесні наставали в Поліссі на початку третьої декади квітня, в Лісостепу і Північному Степу – 17-19 квітня, в Південному Степу – в середині другої декади квітня. Восени ці дати відзначались в Поліссі 1 жовтня, Лісостепу - 3 жовтня, Північному Степу - 7 жовтня, в Південному Степу – 19 жовтня. Тривалість періоду з температурами повітря вищими за 10 °С зростала від 162 днів у Поліссі до 186 днів у Південному Степу. Розрахунки дат настання переходу температури повітря через 10 °С 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 першим сценарієм вони наставатимуть раніше на 4 дні, за другим сценарієм пізніше на 6 днів. Восени дати переходу температури повітря через 10 °С 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 першим сценарієм на 3 дні пізніше, за другим сценарієм – на два дні раніше. Тривалість періоду з температурами повітря вищими за 10 °С 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.

Таблиця 2 - Дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 5, 10, 15 °С та тривалість періодів з цими температурами

Період	Дати переходу температури повітря через межі						Кількість днів з температурою повітря рівною або вищою за		
	Навесні			Восени					
	5 °С	10 °С	15 °С	15 °С	10 °С	5 °С	5 °С	10 °С	15 °С
Полісся									
1986 – 2005 рр.	6.IV	22.IV	21.V	6.IX	1.X	29.X	202	162	107
RCP4,5	10.IV	1.V	1.VI	30.VIII	30.IX	25.X	197	153	92
RCP8,5	13.IV	1.V	1.VI	10.IX	30.IX	25.X	194	153	102
Лісостеп									
1986 – 2005 рр.	30.III	19.IV	17.V	9.IX	3.X	27.X	212	168	115
RCP4,5	12.IV	29.IV	31.V	8.IX	1.X	27.X	204	150	104
RCP8,5	12.IV	21.IV	1.VI	10.IX	1.X	1.XI	204	161	102
Північний Степ									
1986 – 2005 рр.	1.IV	17.IV	15.V	15.IX	7.X	30.X	213	173	123
RCP4,5	3.IV	21.IV	15.V	19.IX	10.X	29.X	210	172	136
RCP8,5	1.IV	21.IV	12.V	15.IX	5.X	27.X	210	172	135
Південний Степ									
1986 – 2005 рр.	21.III	15.IV	12.V	25.IX	19.X	11.XI	236	186	136
RCP4,5	3.IV	11.IV	12.V	20.IX	20.X	10.XI	215	181	131
RCP8,5	22.III	21.IV	11.V	28.IX	20.X	10.XI	234	182	134

Суми температур вищих за 10 °С за обома сценаріями в Поліссі та Лісостепу будуть трохи нижчими від сум температур за базовий період і становитимуть 2450-2550 °С та будуть нижчими ніж середні багаторічні майже на 200- 250 °С (табл. 3).

В Північному Степу очікувані суми будуть майже однакові з середніми багаторічними і становитимуть 3040 – 3090 °С. І тільки в Південному Степу очікувані суми температур вищих за 10 °С будуть вищими за обома сценаріями і становитимуть відповідно 3460 – 3410 °С (табл. 3).

Дати переходу температури повітря через 15 °С навесні в базовий період характеризуються

ранішим настанням в напрямку з півночі на південь і спостерігались в Північному Степу - 15 травня, у Поліссі - 21 травня, Лісостепу – 17 травня і Південному Степу - 12 травня.

Восени навпаки, вони наставали пізніше і були відповідно 6 вересня, 9 вересня, 15 вересня та 25 вересня. Тривалість періоду з температурами повітря вищими за 15 °С коливалась від 107 днів в Поліссі до 136 днів в Південному Степу.

Суми температур вищих за 15 °С теж зроста-ли з півночі на південь і становили в Поліссі – 1902 °С, Лісостепу – 2113 °С, Північному Степу – 2372 °С, Південному Степу - 2707 °С.

Таблиця 3 - Характеристики температурного режиму за різними сценаріями

Період	Сума активних температур вищих за					Температура повітря, °С		
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	-0 °С	січень	липень	амплітуда
Полісся								
1986–2005	3077	2861	2582	1902	-	-3,0	19,4	22,4
RCP4,5	2908	2795	2409	1616		-2.7	19.1	21.8
Різниця	169	66	173	284		-0.3	0.3	0.6
RCP8,5	3007	2873	2563	1772		-4,1	19,1	23,2
Різниця	70	-12	19	130		-1,1	03	-0,8
Лісостеп								
1986–2005	3227	3136	2817	2113		-3,4	20,4	23,7
RCP4,5	2962	2847	2415	1800		-3.2	19.5	22.7
Різниця	265	289	402	313		0,2	0,9	1,0
Rsp 85	3044	2901	2584	1789		-4.2	19,4	23,6
Різниця	183	235	233	324		-0,8	1,0	0,1
Північний Степ								
1986–2005	3409	3356	3010	2372	-	-4,0	22,1	26,1
Rsp 45	3410	3325	3041	2570		-3.0	22,3	25,3
Різниця	-1	31	-31	-198		1	-0,2	0,8
Rsp 85	3510	3380	3090	2571		-4,4	22,5	26,9
Різниця	-101	-24	-80	-199		-0,4	-0,4	-0,8
Південний Степ								
1986–2005	3819	3690	3322	2707	-	-1,9	23,7	25,6
Rsp 45	3900	3683	3464	2732		0.1	23.9	23.8
Різниця	-81	7	-142	-25		1,8	-0,2	1,8
RCP8,5	3999	3798	3413	2894		-0,9	24,2	25,1
Різниця	-180	-108	-91	-187		1	-0,5	0,5

В разі реалізації сценарію RCP4,5 на період до 2050 року очікуються зменшення сум температур за вказаний період у Поліссі до 1616 °С, Лісостепу – до 1800 °С. В Північному Степу за цим сценарієм очікується зростання сум температур до 2570 °С, в Південному Степу суми температур залишаться на рівні середніх багатолітніх.

В разі реалізації сценарію RCP8,5 у Поліссі і Лісостепу суми температур очікуються теж менші, ніж в базовий період, але різниця трохи менші, ніж за першим сценарієм і очікувані суми становитимуть 1772 та 1789 °С відповідно. В Північному Степу очікується така ж сума, як і за першим сценарієм, тобто 2570 °С. В Південному Степу за другим сценарієм сума зросте значно більше, ніж за першим сценарієм і становитиме 2890 °С.

Ще однією із кліматичних характеристик тримісячного режиму є середні температури найхолоднішого і найтеплішого місяця (січень, липень). Як видно із табл. 3 в базовий період найнижча температура в січні спостерігалась у Північному Степу і становила -4 °С, найвища – у Південному Степу і становила -1,9 °С. В липні найвища температура спостерігалась теж у Південному Степу і становила 23,7-4 °С, найнижча – у Поліссі – 19,4-4 °С.

У відповідності з найвищими та найнижчими температурами повітря змінювалась і величина амплітуди. Так, у Поліссі вона становила 22,4 °С, у Лісостепу – 23,7 °С, у Північному Степу – 26,1 °С, у Південному Степу – 25,6 °С. Розрахунки за обома сценаріями показали, що в період до 2050 р. слід очікувати незначне підвищення середньої температури січня та липня у Поліссі та Лісостепу і в зв'язку з цим невелике зменшення амплітуди температур (табл. 3). У січні в Степовій зоні температура зросте більше як на 1 °С, в липні буде на рівні базового значення або незначно вища. У зв'язку з підвищенням температури в січні амплітуда температур зменшиться на 1 – 1,8 °С.

Внаслідок надходження підвищених сум сонячної радіації в деяких регіонах (Південний Степ) зростуть і суми температур за різні проміжки часу. Але зростання буде незначним і не перевищуватиме 200 °С.

5. ВИСНОВКИ

Таким чином, за даними кліматичної моделі згідно зі сценаріями змін клімату Репрезентативної траєкторії концентрацій

RCP4,5 та RCP8,5 встановлено, що в усіх природно – кліматичних зонах України очікується підвищення показників радіаційного режиму, яке в свою чергу спричинить поступове збільшення температури повітря. Потепління сприятиме підвищенню температури повітря в зимові місяці, що зменшить її амплітуду. Крім того, зростання ресурсів тепла зумовить краще теплозабезпечення сільськогосподарських культур.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / За ред. С.М. Степаненка та А.М. Польового. - Одеса: «Екологія», 2011. – 694 с.
2. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / За ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. – Одеса: Вид. “ТЕС”, 2015. – 520 с.
3. Антропогенные изменения климата // Под ред. М.И. Будыко, Ю.А. Израэля. –Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 405 с.
4. Волощук В.М. Основні закономірності сучасного потепління клімату на території України і його екологічні наслідки / В.М. Волощук // Україна та глобальні процеси: географічний вимір. – Київ – Луцьк. - Т. 3. –С. 202 – 208.
5. Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия / Под ред. В.М. Котлякова. - М.: «Геос», 2000. – 262 с.
6. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая / Х.Г. Тооминг. – Л.: Гидрометеиздат, 1977. – 200 с.
7. Будаговский А.И. Основы количественной теории фотосинтетической деятельности посевов / А.И. Будаговский, Ю.К. Росс. // В кн. Фотосинтезирующие системы высокой продуктивности. –М.: Наука, 1966. –С. 51 – 58.
8. Полевой А.Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А.Н. Полевой. – Л.: Гидрометеиздат, 1988. -318 с.
9. Гребенюк Н. Нове про зміну глобального та регіонального клімату в Україні на початку XXI ст. / Н. Гребенюк, Т. Корж, А. Яценко // Водне господарство України. – 2002. - № 5-6. - С. 56-62.

REFERENCES

1. Stepanenko S.M., Polovyi A.M. (Eds). *Otsinka vplyvu klimatichnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy* [Evaluation of the impact of climate change on industries of Ukraine]. Odessa: Ekologiya, 2011. 694 p.
2. Stepanenko S.M., Polyovyi A.M. (Eds). *Klimatichni zminy ta yikh vplyv na sfery ekonomiky Ukrainy* [Climate change and its impact on sectors of the economy of Ukraine]. Odessa: “TES”, 2015. 520 p.
3. Budyko M.I., Izrael Yu.A. (Eds). *Antropogennyye izmeneniya klimata* [Anthropogenic climate change]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1987. 405 p.
4. Voloshchuk V.M. *Osnovni zakonomirnosti suchasnoho poteplynnya klimatu na terytoriyi Ukrainy i yoho ekolohichni naslidky* [Basic patterns of contemporary climate warming on the territory of Ukraine and its environmental

- impacts]. *Ukrayina ta hlobal'ni protsesy: heorafichnyy vymir - Ukraine and global processes: the geographical dimension*. Kyiv – Lutsk, vol. 3, pp. 202 – 208.
5. Kotlyakov V.M. (Eds). *Global'nye i regional'nye izmeneniya klimata i ikh prirodnye i sotsial'no-ekonomicheskie posledstviya* [Global and regional climate change and its environmental and socio-economic impacts]. Moscow: «Geos», 2000. 262 p.
 6. Tooming Kh.G. *Solnechnaya radiatsiya i formirovaniye urozhaya* [Solar radiation and the formation of the crop]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1977. 200 p.
 7. Budagovskiy A.I., Ross Yu.K. *Osnovy kolichestvennoy teorii fotosinteticheskoy deyatel'nosti posevov. V kn. Fotosinteziruyushchie sistemy vysokoy produktivnosti* [Fundamentals of quantitative theory of photosynthetic activity of crops. In: Photosynthetic high productivity system]. Moscow: Nauka, 1966, pp. 51 – 58.
 8. Polevoy A.N. *Prikladnoye modelirovaniye i prognozirovaniye produktivnosti posevov* [Application modeling and forecasting of crop productivity]. Leningrad: Gidrometeoizdat, 1988. 318 p.
 9. Hrebenuk N., Korzh T., Yatsenko A. *Nove pro zminu hlobalnoho ta rehionalnoho klimatu v Ukraini na pochatku XXI st.* [New to replace the global and regional climate in Ukraine at the beginning of XXI c.]. *Vodne hospodarstvo Ukrainy - Water management of Ukraine*, 2002, no. 5-6, pp. 56-62.

ХАРАКТЕРИСТИКА РАДІАЦІОННО – ТЕПЛОВИХ РЕСУРСОВ В УКРАЇНІ НА ПЕРІОД ДО 2050 РОКУ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Полевой А.Н., д.геогр.н., Божко Л.Е., к.геогр.н.

*Одесский государственный экологический университет
Ул. Львовская, 15, 65016, Одесса, Украина, apolevoy@tenet.ru*

Рассматриваются показатели радиационно-теплового режима по природно – климатическим зонам Украины за период 1986 – 2005 гг. в сравнении с ожидаемыми их изменениями, рассчитанными по двум сценариям изменения климата RCP4,5 и RCP8,5 на период до 2050 года. Отмечается, что в период до 2050 года будет наблюдаться повышение показателей радиационно – теплового режима во всех природно – климатических зонах Украины по расчетам по обоим сценариям. Повышение значений показателей радиационного режима будет наблюдаться в основном во второй половине лета и начале осени. В результате поступления повышенных сумм солнечной радиации в некоторых регионах Украины возрастут и суммы температур за период с температурами воздуха выше 5 °С. Однако ожидаемое увеличение сумм температур не будет превышать 200 °С. Повышение сумм температур будет способствовать лучшей теплообеспеченности сельскохозяйственных культур.

Ключевые слова: солнечная радиация, фотосинтетически активная радиация, фотосинтетический потенциал, температура, сумма температур.

CHARACTERISTIC OF RADIATION AND THERMAL RESOURCES IN UKRAINE FOR THE PERIOD UP TO 2050 UNDER CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

Pol'ovyy A.M., Dr Sci. (Geogr.), Bozko L.Y., Cand. Sci. (Geogr.)

*Odessa State Environmental University
15, Lvivska St., 65016 Odessa, Ukraine, apolevoy@tenet.ru*

The article considers parameters of heat and radiation regime within natural and climatic zones of Ukraine for the period of 1986 – 2005 in comparison with their expected changes calculated with regard to two scenarios of climate change: RCP4,5 and RCP8,5 for the period up to 2050. It is noted that during the period up to 2050 there will be an increase of parameters of radiation and thermal regime observed within all natural and climatic zones of Ukraine based on the calculations related to both scenarios. Increase of values of parameters of radiation regime will be observed mainly in the second half of summer and in early autumn. Due to increased amounts of solar radiation in some regions of Ukraine amount of temperatures during the period in question will increase as well with air temperatures exceeding 5 °C. However expected increase of amount of temperatures will not exceed 200° C. Increase of amount of temperatures will promote better heat supply for agricultural crops.

Keywords: solar radiation, photosynthetic active radiation, photosynthetic potential, temperature, amount of temperatures.

Дата першого подання: 10.05.2016

Дата надходження остаточної версії: 18.05.2016

Дата публікації статті: 04.07.2016