

УДК 631:551.50+550. 837.3

Балабух В.О., Однолєток Л.П., Кривошеїн О.О.

Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України

ВПЛИВ ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В УКРАЇНІ У ПЕРІОДИ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ЦИКЛУ

Ключові слова: зміна клімату; агрокліматичні умови; озима пшениця; продуктивність температури та опадів; недобір урожаю.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Функціонування галузей землеробства та тваринництва, їх спеціалізація, урожайність сільськогосподарських культур значною мірою залежать від агрокліматичних умов, особливо тепло- і вологозабезпеченості. Для вирощування польових культур агрокліматичні умови в цілому, задовільні на всій території України, проте протягом кожного періоду вегетаційного циклу вони мають різну потребу у теплі та волозі, що зумовлено особливостями їх росту і розвитку [1-3]. Кожна фаза розвитку рослини має власний внесок в урожайність культури, а її тривалість залежить від агрокліматичних умов. Максимальний приріст продукції формується за оптимальних значень агрометеорологічних факторів, які забезпечують біологічний оптимум рослин у кожний період вегетаційного циклу. Агрометеорологічні екстремуми негативно впливають на продуктивність рослин, формуючи мінімальний або нульовий її приріст. Відмінності поточних умов від оптимальних значень агрометеорологічних факторів характеризують ступінь задоволення потреб польової культури, пропорційно якому у кожний міжфазний період формується відповідна частка врожаю, стосовно її кінцевого рівня. Формування найбільшої врожайності сільськогосподарських культур відбувається за повного задоволення потреб рослин, саме за оптимальних значень факторів зовнішнього середовища, значну частку яких складають метеорологічні умови [1]. Проте оптимальні умови створюються рідко. За звичай, на тій чи іншій фазі розвитку рослини потерпають від надлишку або дефіциту вологи і тепла. Знак і величина відхилення значень метеорологічних елементів від біологічних оптимумів характеризує нестачу та надлишок тепла і вологи та пропорційно знижує урожай. Протягом останніх десятиріч зміна температури та опадів зумовлює суттєві зміни агрокліматичних умов розвитку рослини у кожний міжфазний період вегетаційного циклу, внаслідок чого змінюється їхній внесок в урожай польових культур і зрештою й сам урожай. Такі зміни потребують детального вивчення впливу зміни клімату на продуктивність польових культур та розробки заходів для пом'якшення негативних наслідків, зумовлених зміною агрокліматичних умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Проблема зміни клімату привертає увагу наукового співтовариства до зміни агрокліматичних ресурсів та впливу цих змін на сільськогосподарське виробництво. У дослідженнях Польового А.М., Дмитренка В.П., Адаменко Т.І., Кульбіді М.І., Божко Л.Ю., Дронової О.О. та ін. [3-10] виявлено значні зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур в Україні у другій половині ХХ – на початку ХХІ століття. Авторами встановлено суттєве підвищення температури повітря, збільшення тривалості та теплозабезпеченості вегетативного періоду. Проведено оцінку зміни

агрокліматичних умов росту, розвитку та формування урожайності сільськогосподарських культур, можливих коливань валових зборів їхнього урожаю та їх особливості в ґрунтово-кліматичних зонах України [3-4]. Встановлено можливі зміни агрокліматичних умов вирощування зернових культур для різних кліматичних сценаріїв, що враховують збільшення викидів парникових газів від 30 до 200%, відносно доіндустріального періоду [3, 5-10]. Проте, розробка регіональних планів по адаптації сільськогосподарського виробництва до зміни клімату потребує більш детальної оцінки зміни агрокліматичних умов протягом вегетаційного циклу вирощування сільськогосподарських культур, зокрема коефіцієнтів продуктивності впливу температури повітря і кількості опадів, їхнього впливу на плодотворність клімату та недобір урожаю культур у сучасний кліматичний період, можливі зміни до кінця XXI століття.

Метою роботи є виявлення механізмів впливу зміни клімату на продуктивність озимої пшениці, оцінка зміни температури повітря, кількості опадів та їхнього сумісного впливу на продуктивність озимої пшениці у періоди вегетаційного циклу вирощування культури, зміни плодотворності клімату та недобору урожаю культури у сучасний кліматичний період (1981-2010 рр.) та їхні можливі зміни і частка невизначеності цих змін до середини XXI ст. (2021-2050 рр.) в агрокліматичних зонах України.

Отримані результати сприятимуть оптимізації просторового розміщення посівів озимої пшениці в агрокліматичних зонах України з врахуванням очікуваних змін клімату та несприятливих метеорологічних явищ щодо недобору її врожаю.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці та впливу зміни клімату на її продуктивність проводили за щоденними даними спостережень гідрометеорологічної мережі України за температурою повітря і опадами у сучасний кліматичний період (1981-2010 рр.). Для усіх періодів вегетаційного циклу культури обчислювали середні за рік та період (1981-2010 рр.) значення агрокліматичних показників для усіх областей України і агрокліматичних зон.

Оцінку впливу агрометеорологічних умов на формування урожайності озимої пшениці проводили на основі гідрометеорологічного блоку моделі «Погода-урожай» В. П. Дмитренка, зокрема, сумарного коефіцієнту продуктивності $S(T,R)$, який характеризує вплив температури повітря (T) та кількості опадів (R) в основні періоди розвитку польової культури. Сумарний коефіцієнт продуктивності обчислювали за формулою [1, 2]:

$$S(T, R) = \sum_{i=1}^n \eta(T_i) \eta(R_i) \cdot \alpha_i \quad (1)$$

де $\eta(T_i)$, $\eta(R_i)$ – коефіцієнти продуктивності, що описують вплив температури повітря та опадів на урожай в i -тий період вегетаційного циклу; α_i – ваговий множник внеску тривалості кожного i -того періоду вегетаційного циклу в рівень урожайності за оптимальних значень його елементів.

Сумарний коефіцієнт продуктивності є провідним агрометеорологічним чинником формування врожаю і зводиться за багаторічний період до поняття загальної сільськогосподарської плодотворності клімату, під якою мають на увазі можливість атмосфери і підстильної поверхні через кліматичні ресурси забезпечувати певний рівень родючості ґрунту і урожаю сільськогосподарських культур, як за сприятливих умов, так і з врахуванням збиткових явищ, щодо недобору урожаю [2]. Значення сумарного коефіцієнту продуктивності дозволяє оптимізувати просторове розміщення польових культур за ступенем сприятливості клімату, а також оцінити збитковість окремих чинників метеорологічного походження

у вигляді недобору врожаю.

Комплексну оцінку відповідності термічного режиму і кількості опадів потребам польової культури для усіх періодів вегетаційного циклу проводили за сумісним коефіцієнтом продуктивності $\eta(T,R)$ [1, 2]:

$$\eta(T,R) = \eta(T)\eta(R) \quad (2)$$

Згідно значень сумісного коефіцієнту продуктивності оцінювали відповідність режиму тепла і вологи потребам польової культури за шкалою сприятливості [1]: 0,86-1,00 – сприятливі, 0,66-0,85 – задовільні, 0,36-0,65 – незадовільні, 0,16-0,35 – дуже незадовільні, 0,0-0,15 надзвичайні.

Для характеристики умов формування врожайності озимої пшениці в агрокліматичних зонах України необхідно враховувати як кліматичні, так і ґрунтові фактори, які зумовлюють зростання надземної маси рослини та життєдіяльність її кореневої системи. Посіви озимої пшениці у період свого росту і розвитку для нормального протікання біологічних процесів потребують певної кількості корисної вологи яка в різні періоди вегетації залежить від маси рослин і фази розвитку та безперервно змінюється по території. Фізична стиглість ґрунту створюється за оптимального його зволоження і настає за відносної вологості ґрунту 40-70 % та визначається наступним рівнянням:

$$BB = \frac{\Phi B}{(ПВ - ТВ)} \cdot 100, \quad (3)$$

де BB – відносна вологість ґрунту, %; ΦB – фактична вологість ґрунту, мм; $ПВ$ – польова вологоємність ґрунту, мм; $ТВ$ – точка в'янення, мм.

Для агрокліматичних зон України встановлено середні багаторічні значення відносної вологості ґрунту для усіх періодів вегетаційного циклу у сучасний кліматичний період та 2021-2050 рр.

Для кожної фази розвитку озимої пшениці проводили оцінку інтенсивності, значимості та достовірності зміни середніх багаторічних значень агрокліматичних показників протягом сучасного кліматичного періоду. У якості міри інтенсивності зміни використовували коефіцієнт лінійного тренду, який характеризує швидкість та напрям зміни показників. Значимість коефіцієнтів лінійного тренду оцінювали за критерієм Стюдента (t -критерій) і визначали ймовірність (p) зміни даного показника. Якщо ця ймовірність (p) була меншою, ніж заздалегідь прийнятий рівень значущості, нульову гіпотезу відхиляли [11]. За рекомендацією Міжурядової групи експертів зі змін клімату (МГЕЗК) використовували такі критерії значущості [12]:

$p \leq 0,01$, ймовірність 99 – 100%, практично не викликає сумнівів;

$0,01 < p \leq 0,1$, ймовірність 90 – 99%, дуже ймовірно;

$0,1 < p \leq 0,34$, ймовірність 66 – 90%, ймовірно;

$0,34 < p \leq 0,67$, ймовірність 33 – 66%, приблизно так само ймовірно, як і ні;

$0,67 < p \leq 0,90$, ймовірність 10 – 33, мало ймовірно;

$0,90 < p \leq 0,99$, ймовірність 1 – 10 %. дуже мало ймовірно;

$p > 0,99$, ймовірність 0 – 1%, виключно мало ймовірно.

Оцінку можливої зміни агрокліматичних показників до середини ХХІ ст. здійснювали з урахуванням сценаріїв викидів парникових газів та розвитку людства, запропонованих МГЕЗК, зокрема для сценарію А1В [13]. Обчислення проєкцій зміни показників термічного режиму та режиму зволоження проводили за даними регіональної кліматичної моделі REMO, що використовує краєві умови глобальної моделі ECHAM5, з кроком 25^*25 км. Для кожної фази розвитку озимої пшениці обчислювали середні по області багаторічні значення агрокліматичних показників у

1981-2010 та 2021-2050 рр., визначили їх зміну та її значимість відносно сучасного кліматичного періоду для сценарію А1В. Для прийняття рішення стосовно значимості зміни середніх багаторічних значень використовували ті ж критерії для p , що й для оцінки значимості тренду [12].

Виклад основного матеріалу. Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці в агрокліматичних зонах України у сучасний кліматичний період (1981-2010 рр.). Середньо багаторічні показники потреб озимої пшениці у термічних умовах, зволоженні у вигляді опадів та відносної ґрунтової вологи надають загальне уявлення щодо їх задоволення у кожний міжфазний період та протягом усього вегетаційного циклу. За аналізом цих даних визначається у якому міжфазному періоді умови вирощування озимої пшениці близькі до оптимальних або несприятливі для формування врожаю. За даними [1, 2] вегетаційний цикл вирощування озимої пшениці має сім фаз, кожна з яких, вносить свою частку (α) в урожайність культури (табл.1).

Таблиця 1. Основні фази розвитку озимої пшениці протягом вегетаційного циклу і внесок їх тривалості в кінцевий урожай [1, 2]

Фази вегетаційного циклу	Календарні місяці тривалості фаз вегетаційного циклу	Ваговий множник потенціалу урожаю α , %	
		за окремий період, α_i	сукупний, $\Sigma\alpha_i$
передпосівна	VII-VIII	7	7
сівба-сходи	IX-X	7	14
кущіння	XI	5	19
припинення вегетації	XII-II	29	48
відновлення вегетації -	III-V	36	84
колосіння-цвітіння	VI	9	93
молочна - воскова стиглість	VII	7	100

Значення *передпосівного періоду (VII-VIII)* у кінцевий урожай за рівнем вагового множника α є незначним (7%). Проте запас ґрунтової вологи, сформований у цей період, суттєво впливає на подальший розвиток рослин (табл. 1). Проведені дослідження показали, що протягом цього періоду температура повітря сприятлива для вирощування озимої пшениці у всіх агрокліматичних зонах України. Винятком є лише південний Степ, де вона вища за оптимальні значення (T_o) на 3,0°C і свідчить про задовільні термічні умови для вирощування культури у сучасний кліматичний період (табл.2). Режим зволоження, сприятливий та задовільний на Поліссі, у центральному і східному Лісостепу та північному Степу. Відхилення від оптимуму (R_o) складає 11-24 мм (табл. 2). У західному Лісостепу кількість опадів за період, порівняно з оптимумом більша на 40 мм і свідчить про перезволоження, а у південному Степу на 28 мм менше оптимуму і вказує на недостатнє зволоження. Відносна вологість ґрунту у передпосівний період змінюється від 123 % на Поліссі до 52 % у південному Степу.

Оцінка комплексного впливу температури повітря і кількості опадів, у вигляді сумісного коефіцієнту продуктивності $\eta(T,R)$, показала (табл.2), що агрометеорологічні умови в Україні у цей період, загалом, сприятливі, а продуктивність озимої пшениці може становити 88-93% від господарського максимуму врожайності (табл. 2). Лише у південному Степу забезпеченість теплом і вологою на задовільному рівні, про що свідчить величина $\eta(T,R)$, і продуктивність пшениці може сягати 81% господарського максимуму врожаю.

Таблиця 2. Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці в агрокліматичних зонах України

Фази вегетацій- ного циклу	Період 1981-2010 рр.				Швидкість змін 1981-2010			Період 2021-2050 рр.			
	T °C	R , мм	$\eta(T,R)$	W , %	T °C/10р	R , %/10 р	$\eta(T,R)$ %/10 р	T °C	R , мм	$\eta(T,R)$	W , %
Полісся											
VII-VIII	18,5	154	93	123	0,9	10,5	-0,3	19,5	157	6,6	124
IX-X	10,4	102	86	90	0,1	6	0,1	11,8	109	6,3	78
XI	1,4	44	64	173	1	2,5	0,2	3,1	46	3,5	191
XII-II	-1,9	108	82	210	0,4	4,1	0,7	-1,6	122	25,1	232
III-V	8,1	137	95	203	0,4	10,7	0,3	8,8	141	33,5	243
VI	17,3	82	49	124	0,6	-9,6	0,3	18,3	86	6,6	156
VII	19,2	87	38	123	1,1	4,6	0,1	19,7	104	4,2	132
Лісостеп західний											
VII-VIII	18	170	91	98	0,9	21,3	-0,5	19,2	179	6,6	101
IX-X	10,6	101	87	65	-0,1	17,7	0,3	12,2	111	6,3	58
XI	2	39	62	123	1,2	2,3	0,2	3,4	40	3,2	149
XII-II	-2,6	104	83	147	0,4	4,7	0,4	-1,2	121	25,3	204
III-V	7,8	158	95	153	0,5	11,2	-0,3	8,7	178	33,1	247
VI	16,4	87	41	102	0,7	2,5	-0,1	17,7	105	4,7	111
VII	18,3	95	32	98	1	12,7	-0,1	19,2	110	3,2	99
Лісостеп центральний											
VII-VIII	19,3	151	91	88	1	3,4	-0,5	20,4	142	6,4	98
IX-X	11	95	87	79	0,1	10,9	0,3	12,6	92	6,2	71
XI	1,7	42	62	131	1,3	0,4	0,2	3	39	3,2	141
XII-II	-3	103	83	155	0,4	0,7	0,6	-1,7	114	24,9	178
III-V	8,4	132	95	146	0,5	0,8	-0,1	9,3	132	32,8	160
VI	18	86	41	92	0,6	-9,7	0,2	19	90	6,2	105
VII	19,8	85	32	88	1,1	0,1	0,2	20,6	83	5	96
Лісостеп східний											
VII-VIII	19,9	119	88	67	1	-5,2	-0,6	21	116	5,9	68
IX-X	10,7	98	87	85	0,3	9,7	0,3	12,4	100	6,3	80
XI	0,7	46	60	120	1,4	1,8	0,3	2,4	45	3,4	136
XII-II	-4,2	118	78	139	0,4	-1,2	0,6	-2,6	136	24,6	145
III-V	8,2	127	94	129	0,6	4,4	0,2	9,1	126	33	129
VI	18,6	69	53	69	0,4	-6,3	0	19,7	70	6,4	75
VII	20,6	69	50	66	1,0	2,9	0,1	21,3	70	5,4	68
Степ північний											
VII-VIII	19,9	119	88	67	1,0	-1,5	-0,7	21,6	106	4,9	60
IX-X	10,7	98	87	85	0,4	14,9	0,3	13,2	78	5,6	68
XI	0,7	46	60	120	1,3	2,2	0,2	3,3	48	3,3	124
XII-II	-4,2	118	78	139	0,3	4,4	0,3	-1,6	138	23,8	145
III-V	8,2	127	94	129	0,5	5,9	-0,3	9,4	118	31,5	123
VI	18,6	69	53	69	0,5	-3,3	-0,3	19,9	70	5,8	55
VII	20,6	69	50	66	0,9	0,5	-0,1	21,9	61	5,6	59
Степ південний											
VII-VIII	21	102	81	52	1,0	-2,7	-0,8	23,6	88	3,9	60
IX-X	11,8	84	85	74	0,3	11,4	0,2	15,5	73	5,2	54
XI	1,7	45	63	110	1,3	1,4	0,1	5,6	46	3,1	119
XII-II	-3,4	119	82	128	0,3	5,6	0,1	0,7	124	23,1	148
III-V	8,8	122	93	113	0,6	3	-0,5	10,5	107	28,8	100
VI	19,5	69	52	54	0,6	-1	-0,4	21,2	59	6,3	49
VII	21,6	59	59	52	0,9	-2,7	-0,1	23,6	50	5,7	55

Протягом *сіви-сходів* (IX-X) температурний режим у сучасний кліматичний період задовільний майже в усіх агрокліматичних зонах і перевищує оптимальне значення температури (T_o) на 2,0-2,6°C. У південному Степу ці відхилення майже вдвічі менші – 1,2°C, і свідчить про сприятливий термічний режим для вирощування озимої пшениці. На початку росту і розвитку культури, із зростанням вегетативної маси та розвитком кореневої системи, потреба у вологозапасах зростає. Проте опадів, порівняно із передпосівним періодом, випадає на 68 - 94 мм менше в усіх агрокліматичних зонах, що призводить до нестачі вологи. Відносна вологість ґрунту порівняно із попереднім періодом зменшується на Поліссі, у західному Лісостепу та центральному до 79-90 %. Лише у східному Лісостепу і степовій частині України відносна вологість зростає (74-85 %) за рахунок вологи що накопичилась у передпосівний період та непромивному типу ґрунту (волога не проникає до рівня ґрунтових вод). Сумісний вплив тепла і вологи на формування врожаю озимої пшениці сприятливий і може формувати 85-87 % від господарського максимуму врожайності в усіх агрокліматичних зонах.

У *період кущіння* (XI) температура повітря задовільна для вирощування озимої пшениці на всій території України. Проте кількість опадів у сучасний кліматичний період на 74–81 мм менше від оптимальної і свідчить про несприятливі умови зволоження. Сумісний вплив тепла і вологи $\eta(T,R)$ на урожайність культури у цей період різко зменшується до незадовільного рівня (60-64%) (табл.2). До моменту припинення вегетації помітно збільшуються вологозапаси ґрунту. Внаслідок послаблення транспірації у цей період за рахунок зниження температури повітря, зменшуються витрати вологи із ґрунту, що сприяє її поступовому накопиченню. Найбільший ріст відносної вологості ґрунту спостерігається на Поліссі (173 %) та у південному Степу (110 %).

Значення зимового періоду для озимої пшениці досить вагоме у формуванні врожаю. На *період припинення вегетації* (XII-II) припадає 48% сукупного внеску α у потенціал врожаю [2]. Як показали дослідження, термічні умови у сучасний кліматичний період задовільні для вирощування пшениці, а відхилення від оптимальної температури повітря становить 1,4 - 3,7°C. Проте режим атмосферного зволоження свідчить про незадовільні умови зволоження протягом 1981-2010рр, оскільки середня багаторічна кількість опадів у період спокою на 41-58 мм менше оптимальних значень. Охолодження поверхневого шару ґрунту та припинення транспірації сприяє накопиченню відносної вологості ґрунту від 110% у південному Степу до 210% на Поліссі. Сумісний вплив тепла і вологи $\eta(T,R)$ на урожайність озимої пшениці в усіх агрокліматичних зонах задовільний і коливається від 78 до 83% (табл. 2).

Найбільший сукупний внесок у кінцевий урожай озимої пшениці (84%) формується у *період відновлення вегетації* (III-V) (табл. 1). У цей період найбільша інтенсивність усіх фізіологічних процесів і максимальне наростання рослинної маси. Термічний режим сприятливий у цей період в усіх агрокліматичних зонах. Відхилення від оптимуму становить лише 0,2-0,8°C. Проте кількість опадів на 33-48 мм менша від оптимальної і є несприятливою для вирощування озимої пшениці майже на всій території України. Лише у західному Лісостепу, де опадів лише на 12 мм менше від оптимуму умови атмосферного зволоження на задовільному рівні. Разом з тим, поєднання близького до оптимального значення температури повітря у цей період із нестачею вологи створює агрометеорологічні умови, близькі до сприятливих. Сумісний вплив температури повітря і кількості опадів у цей період становить 93-95% від господарського максимуму врожайності. Під час відновлення вегетації збільшується потреба у вологості ґрунту. Посилення транспірації і

енергетичних процесів та недостатня кількість атмосферної вологи у вигляді опадів поступово зменшує відносну вологість ґрунту від 203 % на Поліссі до 113 % у південному Степу.

У періоди формування зерна (*колосіння-цвітіння* (VI)) та його досягання (*молочна і воскова стиглість* (VII)) в усіх агрокліматичних зонах України інтенсивність фізіологічних процесів озимої пшениці зменшується. Температурний режим сприятливий, близький до оптимуму. Систематичне перевищення зволоження, у вигляді опадів, створює несприятливі умови формування врожаю у цей період (табл. 2). Різко зменшується спільний вплив тепла і вологи на формування урожаю, а сумісний коефіцієнт продуктивності свідчить про несприятливі умови (32-59 %). Незважаючи на перевищення кількості опадів відносна вологість ґрунту до часу настання молочної стиглості та після неї зменшується майже вдвічі від 124 % у Поліссі до 54 % у Степу південному. У цей період, за сприятливого температурного режиму та зменшення фізіологічних процесів, збільшується випаровування з поверхні ґрунту. До настання повної стиглості, коли потреба до вологи найменша [14], відносна вологість ґрунту досягає від 123 % на Поліссі до 52% у південному Степу.

Таким чином, у сучасний кліматичний період сумісний вплив тепла і вологи сприятливий для формування врожаю озимої пшениці протягом осінньої вегетації, зростає і досягає максимуму у період відновлення вегетації і різко зменшується до несприятливих умов у період формування і досягання зерна. Несприятливим сумісний вплив тепла і вологи може бути і в період формування вегетативних органів культури. Такі особливості комплексного впливу агрометеорологічних умов на формування врожаю озимої пшениці характерні для всіх агрокліматичних зон України. Вони обумовлені особливостями сезонного розподілу температури повітря і кількості опадів. Відносна вологість ґрунту в усіх агрокліматичних зонах України достатня для оптимального розвитку озимої пшениці і відповідає оптимальній її вологості в межах 40-60 % повної вологоємності.

Дослідження плодотворності клімату для озимої пшениці за сумарним коефіцієнтом продуктивності $S(T,R)$ показали, що у сучасний кліматичний період в усіх агрокліматичних зонах України спостерігаються сприятливі і задовільні агрокліматичні умови для вирощування озимої пшениці, які забезпечують не менше 80-88 % від господарського максимуму врожаю (рис. 1).

Недобір урожаю (рис. 2) за невідповідності кліматичних умов потребам рослин протягом всього вегетаційного циклу має зональний розподіл. Він становить на Поліссі у середньому по області 12-14%, Лісостепу 12-16% з максимумом у Сумській та Харківській областях та в Степу 15-18 %.

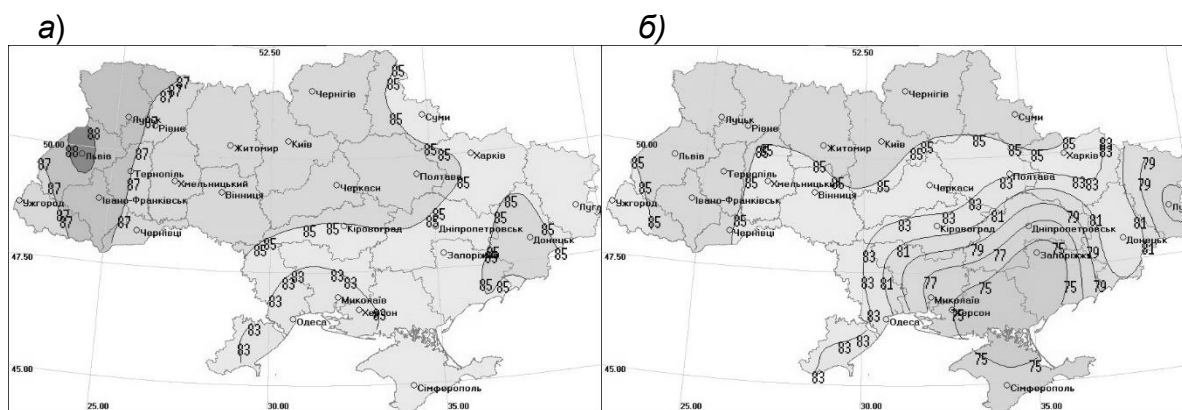


Рис. 1. Плодотворність клімату для вирощування озимої пшениці: а) 1981-2010 рр; б) 2021-2050рр.

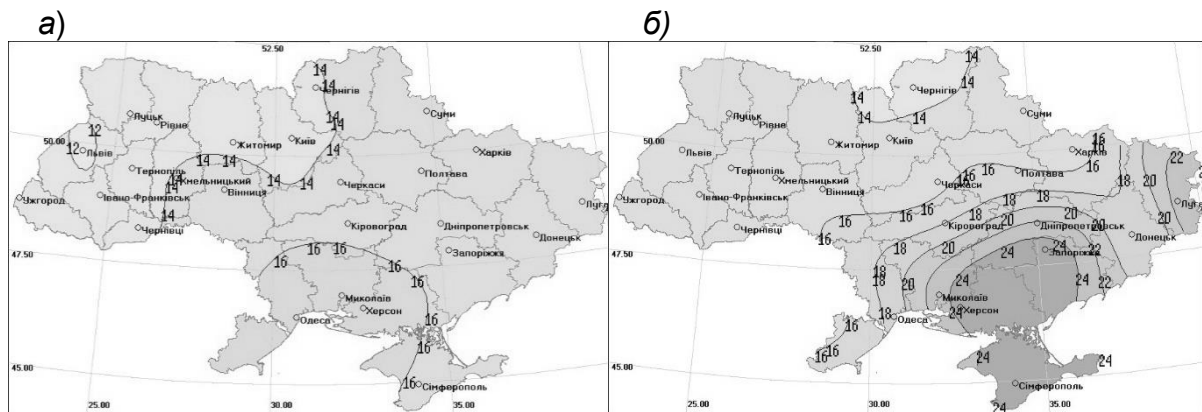


Рис.2. Недобір урожаю (%) озимої пшениці: а) 1981-2010 рр; б) 2021-2050 рр.

В Україні середній по області кліматичний недобір урожаю $\delta y_{кл}$ у сучасний кліматичний період складає 15 % і оцінюється за формулою:

$$\delta y_{кл} = 1 - S(\bar{T}, \bar{R}), \quad (3)$$

де $S(\bar{T}, \bar{R})$ - показник плодотворності клімату за відповідний інтервал.

Зміна середніх багаторічних значень агрокліматичних характеристик та продуктивності озимої пшениці по фазам розвитку на межі XX та XXI сторіччя. Протягом останніх десятиріччів відмічаються безпрецедентні темпи підвищення температури повітря на нашій планеті, які характерні і для України і свідчать про суттєву зміну термічного режиму. Такі зміни супроводжуються зміною режиму зволоження, вітру, кількості та інтенсивності небезпечних метеорологічних явищ та екстремальних погодних умов і впливають на швидкість біохімічних процесів, ріст, розвиток та формування продуктивності рослин і, зрештою, на продовольчу безпеку України [4-10, 12-13, 15-18].

Підвищення середньої за рік температури повітря в Україні у сучасний кліматичний період відбувалось значно більшими темпами, ніж зміна приземної глобальної температури (0,6°C/10 років та 0,2 °C/10 років, відповідно) [15]. Дослідження показали, що підвищення температури повітря відмічається протягом усього вегетаційного циклу вирощування озимої пшениці, проте на різних фазах її розвитку ці зміни мають неоднакову величину і значимість і свої особливості в агрокліматичних зонах країни.

На Поліссі найінтенсивніші зміни характерні для фази молочної-воскової стиглості – 1,0-1,1°C/10 років, кущіння – 0,9-1,1°C/10 років, та передпосівного періоду – 0,8-1,0 °C/10 років. Ймовірність цих змін вище 90%, а в липні-серпні може сягати майже 100%. Ймовірно підвищення температури повітря за 10 років на 0,5-0,6°C і під час колосіння-цвітіння та на 0,3-0,5°C при відновленні вегетації. У період припинення вегетації температура повітря підвищувалась на 0,3-0,4°C/10 років, проте ймовірність цих змін становила 40-60%. Під час сівби та сходів озимої пшениці зміна температури дуже мало ймовірна у сучасний кліматичний період на всій території Полісся, за винятком Чернігівського Полісся.

Підвищення температури повітря протягом усього вегетаційного циклу вирощування озимої пшениці відмічається і **в Лісостепу** і посилюється із заходу на схід, досягаючи максимальних значень у східному Лісостепу (табл.2). На відміну від Полісся, у Лісостепу найбільш інтенсивний ріст температури повітря відмічається в період кущіння від 1,1°C/10 років у західному Лісостепу до 1,4°C/10 років у східному.

З ймовірністю 99% можна стверджувати про підвищення температура на 0,9-1,2°C/10 років у період молочної та воскової стиглості (найбільш інтенсивно у центральному Лісостепу) та на 0,8-1,0°C/10 років – у передпосівний період. *Дуже ймовірно та ймовірно* зростає температура повітря на 0,4-0,7°C/10 років у період відновлення вегетації, цвітінні та колосіння. Ріст температури на 0,3-0,4°C/10 років у період припинення вегетації для Лісостепу є несуттєвим (ймовірність менше 60%). Малоймовірними є зміни температури повітря на значній території Лісостепу і під час сівби та сходів озимої пшениці. Винятком є лише східний, Лісостеп де підвищення температури повітря на 0,3-0,4°C/10 років є ймовірною.

У сучасний кліматичний період **у Степу** також відмічається підвищення температури повітря протягом усього вегетаційного циклу озимої пшениці. При цьому зміни у південному Степу були більш інтенсивні, ніж у північному, особливо при відновленні вегетації, колосінні, цвітінні та дозріванні культури. Найбільш інтенсивно підвищувалась температура повітря у період кушіння озимої пшениці – 1,3-1,4 °C/10 років. Цей процес також був дуже інтенсивним у передпосівний період та під час молочної і воскової стиглості: зміна температури становила 0,8-1,1°C/10 років, а її ймовірність була вище 99%. Вдвічі повільніше (0,5-0,6°C/10 років) підвищувалась температура під час відновлення вегетації, колосіння та цвітіння озимої пшениці, хоча ймовірність цих змін була досить високою – більше 80%. Лише в період припинення вегетації ріст температури був найменшим – 0,2-0,4°C/10 і значимість його коливалась в межах 20-60%.

Зміна термічного режиму супроводжувалась зміною режиму зволоження. Кількість опадів, як і температура повітря на Поліссі також збільшувалась майже протягом усього вегетаційного циклу, за винятком періоду цвітіння – колосіння (червень) на всій території та передпосівного періоду і періоду молочної - воскової стиглості на Житомирському та Чернігівському Поліссі, де відмічалось зростання дефіциту опадів за 10 років на 3-8%, а у червні навіть до 15%

Проте у Лісостепу суттєвої зміни кількості опадів протягом майже усього вегетаційного циклу вирощування озимої пшениці не спостерігалось. Винятком є лише період сівба – сходи, протягом якого у західному Лісостепу кількість опадів дуже ймовірно зростала на 15-20%/10 років і на 10-15%/10 років ймовірно збільшувалась на решті території. Дуже ймовірно зростала кількість опадів у західному Лісостепу і в передпосівний період. Ці зміни у середньому по області становили майже 20-30%/10 років. Проте в центральному Лісостепу під час колосіння та цвітіння пшениці кількість опадів ймовірно зменшувалась майже на 10% за 10 років.

Кількість опадів у Степу, як і в Лісостепу, також суттєво не змінювалась у сучасний кліматичний період протягом вегетації озимої пшениці. Лише в період сівба-сходи їх кількість дуже ймовірно зростала на 10-20% за 10 років, що приводило до збільшення коефіцієнту продуктивності опадів на 4-6% за 10 років. Незначне зменшення кількості опадів спостерігалось у передпосівний період та у фазі молочної і воскової стиглості польової культури, проте ці зміни були малоймовірними.

Аналіз міжрічної мінливості сумісного коефіцієнту продуктивності температури та опадів показав, що такі зміни температури та опадів зумовили зміну внеску окремих фаз вегетації озимої пшениці у її кінцевий урожай. На Поліссі *практично не викликає сумнівів* (ймовірність 99%) зменшення коефіцієнту продуктивності в передпосівний період та *ймовірно* його збільшення в періоди сівба – сходи, кушіння, а у Житомирському та Чернігівському Поліссі ще й під час цвітіння, колосіння, молочної і воскової стиглості. В період припинення вегетації (грудень-лютий)

відмічається найбільше підвищення сумісного коефіцієнту продуктивності на Поліссі (0,6-0,8% за 10 років), проте ймовірність цих змін коливається в межах 55-64%.

Загалом зміни термічного режиму і режиму зволоження на Поліссі у сучасний кліматичний період *дуже ймовірно* та *ймовірно* сприяли збільшенню плодотворності клімату для вирощування озимої пшениці на 1,5% за 10 років та, відповідно, зменшенню недобору урожаю в регіоні.

У Лісостепу з ймовірністю 99% можна стверджувати, що зміни температури і опадів в передпосівний період були несприятливими для вирощування озимої пшениці. Ймовірно їхні зміни в періоди сівба, сходи та кущіння приводили до збільшення урожайності пшениці. Сприяли зростанню біопродуктивності пшениці на всій території Лісостепу і зміни температури та опадів у період припинення вегетації. Проте ймовірність цих змін коливалась в межах 30-64%. У період відновлення вегетації, цвітіння, колосіння та дозрівання озимої пшениці зміна сумісного коефіцієнту продуктивності температури та опадів була малоімовірною на значній території Лісостепу.

Такі зміни температури повітря та кількості опадів сприяли збільшенню плодотворності клімату для вирощування озимої пшениці та зменшенню недобору урожаю в Лісостепу, особливо центральному. Проте їх ймовірність становила 30-66%. Винятком є Сумська і Тернопільська області де значимість і швидкість зростання плодотворності клімату були значно більшими, а умови для вирощування озимої пшениці у сучасний кліматичний період значно покращувались.

З ймовірністю 99% можна стверджувати, що зменшення кількості опадів і підвищення температури в передпосівний період, були несприятливими для вирощування озимої пшениці у Степу, як видно з тенденції зміни сумісного коефіцієнту продуктивності температури та опадів. Під час визрівання пшениці, та особливо її колосіння і цвітіння такі зміни теж зменшували урожайність, хоча ймовірність цих змін була значно меншою. Проте несприятливим було й підвищення кількості опадів, що супроводжувалось ростом температури у період відновлення вегетації. Лише під час сівби, сходів, кущіння та припинення вегетації інтенсивне потепління та збільшення кількості опадів сприяли зростанню урожайності озимої пшениці. Такі зміни продуктивності температури і опадів протягом вегетаційного періоду приводили до зменшення плодотворності клімату в Степу, особливо південному і збільшення недобору урожаю озимої пшениці.

Проекція зміни середніх багаторічних значень агрокліматичних характеристик та продуктивності озимої пшениці до середини XXI ст. До середини XXI століття при збалансованому розвитку суспільства (сценарій A1B) в Україні можна очікувати подальшу суттєву зміну термічного режиму та режиму зволоження на всій території країни відносно сучасного кліматичного періоду, що може суттєво вплинути на урожайність польових культур.

На **Поліссі** температура повітря може значно зрости протягом усього вегетаційного циклу вирощування озимої пшениці, порівняно з сучасним кліматичним періодом. На різних фазах розвитку культури ці зміни можуть коливатись від 0,5°C (молочна - воскова стиглість) до 1,5°C під час сівби, сходів та в період припинення вегетації.

Аналіз коефіцієнту продуктивності температури показав, що підвищення температури повітря *дуже ймовірно* та *ймовірно* сприятиме збільшенню урожайності озимої пшениці протягом майже усього вегетаційного циклу, а умови для її вирощування на Поліссі будуть більш сприятливими ($\eta(T) = 90-98\%$), ніж у сучасний кліматичний період ($\eta(T) = 86-96\%$). Винятком є лише період відновлення вегетації, коли продуктивність температури може зменшитись, хоча умови для вирощування пшениці залишаться сприятливими.

Кількість опадів на Поліссі до середини ХХІ ст. може збільшитись протягом усього вегетаційного циклу. Лише в Житомирському та Чернігівському Поліссі у передпосівний період можливе їх зменшення відносно середніх багаторічних значень у 1981-2010 рр. Проте, ці зміни несуттєві, а їхня ймовірність менше 65%. Найбільший ріст кількості опадів очікується у Волинському Поліссі у період молочної та воскової стиглості польової культури і може становити 20-25% і більше. *Дуже ймовірно* збільшення опадів на 10-13% при припиненні вегетації та *ймовірно* – на 7-9% під час цвітіння і колосіння, а на Волині – у період сівби та сходів. Протягом інших фаз вегетації озимої пшениці зміни несуттєві та малоімовірні і можуть становити в середньому по області до 5%.

Збільшення кількості опадів на Поліссі в передпосівний період може дещо зменшити урожайність культури, до середини ХХІ ст., проте умови для її вирощування у цей період залишаться сприятливими: коефіцієнт продуктивності опадів коливатиметься в межах 92-98%. Оптимальна для пшениці кількість опадів випадатиме й під час сівби, сходів, припинення і відновлення вегетації і створить сприятливі умови для її вирощування. Збільшення кількості опадів під час куціння пшениці сприятиме росту її продуктивності, проте умови для її вирощування будуть задовільними, як і в сучасний кліматичний період. У той же час збільшення опадів під час цвітіння – колосіння буде ймовірно несприятливим, хоча умови для її вирощування також залишаться задовільними. У липні збільшення кількості опадів зумовить зниження її продуктивності до 55-77% і у Волинському Поліссі в середині ХХІ ст. дуже ймовірно виникнуть несприятливі умови для вирощування озимої пшениці за рахунок перезволоження.

В цілому, як видно з величини сумарного коефіцієнту продуктивності $S(T,R)$ за вегетаційний цикл, умови вирощування озимої пшениці на Поліссі у середині ХХІ ст. за сценарію А1В залишаться задовільними, проте у Волинському Поліссі дуже ймовірний недобір зерна 14-15% (табл.2, рис.1, 2).

Лісостеп. *Практично не викликає сумнівів* підвищення температури повітря в Лісостепу до середини ХХІ ст. протягом усього вегетаційного циклу, яке буде посилюватись із заходу на схід. Найбільші зміни очікуються в період осінньої вегетації та взимку, під час її припинення і можуть перевищити 1,5°C. Внаслідок таких змін термічні умови для вирощування пшениці стануть сприятливими протягом усього вегетаційного циклу, у той час, як у сучасний кліматичний період вони були задовільними у східному Лісостепу в період куціння та припинення вегетації.

На відміну від температури, кількість опадів до середини ХХІ ст. у період осінньої вегетації може зменшитись у Лісостепу, особливо центральному. Проте ці зміни будуть незначними і малоімовірними. Взимку *дуже ймовірно* та *ймовірно* опадів стане більше на 10-15%. Найбільші зміни очікуються у східному Лісостепу. У період відновлення вегетації зміна кількості опадів малоімовірна, а під час цвітіння, колосіння молочної і воскової стиглості їх кількість може *ймовірно* зрости на 5-10% у західному Лісостепу. Така зміна кількості опадів суттєво не вплине на умови вирощування озимої пшениці. Вони залишаться сприятливими в передпосівний період, під час сівби, сходів, припинення і відновлення вегетації. Задовільною для вирощування озимої пшениці майже в усьому Лісостепу буде кількість опадів у період її куціння, цвітіння, колосіння та стиглості. Винятком є західний Лісостеп, де значна кількість опадів може погіршити умови її вирощування і до середини ХХІ ст. вони *ймовірно* стануть незадовільними за рахунок перезволоження .

Такі зміни термічного режиму і режиму зволоження *ймовірно* та *дуже ймовірно* сприятимуть збільшенню урожайності озимої пшениці в період осінньої вегетації та під час її молочної і воскової стиглості і дещо зменшать її продуктивність взимку та

в період весняної вегетації. Загалом, умови вирощування озимої пшениці у Лісостепу до середини XXI ст., хоча й погіршаться на 1-3%, проте ймовірно залишаться задовільними, як і в сучасний кліматичний період. Недобір урожаю може становити 14-16%.

У **Степу** очікуються найбільші зміни термічного режиму за вегетаційний цикл вирощування пшениці. Практично не викликав сумнівів підвищення температури повітря протягом усього періоду від 0,8 до 1,9°C. Найбільші зміни (1,7°C) можливі у період сівба-сходи та у південному Степу в період припинення вегетації (1,9°C). Такий інтенсивний ріст температури приведе до того, що середня температура повітря за період сівба-сходи може перевищити 15°C і перетнути межу кліматичного літа, що потребує коригування та переносу початку сівби польової культури.

До середини XXI ст. коефіцієнт продуктивності температури може зменшитись майже протягом усього вегетаційного циклу, особливо у південному Степу (ймовірність більше 99%). Найбільші зміни очікуються в передпосівний період. Наслідком інтенсивного підвищення температури повітря буде зниження урожайності озимої пшениці на 10-13% у південному Степу, що приведе до значного погіршення умов її вирощування із задовільних до незадовільних. Проте, у північному Степу інтенсивний ріст температури під час сівби, сходів та молочної і воскової стиглості сприятиме збільшенню продуктивності та урожайності озимої пшениці.

Зміна кількості опадів у Степу майже протягом усього вегетаційного циклу вирощування озимої пшениці може бути незначною до середини XXI ст. і переважно зменшуватись. Винятком є період припинення вегетації, коли *дуже ймовірно* збільшення середньої по області кількості опадів на 12-17%. Зменшення кількості опадів на 4-12% очікується в період сівба-сходи, відновлення вегетації на всій території Степу. Можливе також збільшення як дефіциту опадів, так і їхньої кількості в окремих районах протягом інших фаз розвитку культури, що свідчить про зростання неоднорідності поля опадів.

Така зміна режиму зволоження зумовить зменшення коефіцієнту їхньої продуктивності на значній території у період весняної вегетації та дозрівання культури, під час сівби та сходів, у передпосівний період в південному Степу і припинення вегетації – в північному. Проте, збільшення продуктивності опадів можливе на всій території Степу в період кушіння та у південному Степу взимку, коли вегетація рослини призупиняється. Незважаючи на зміни умови зволоження для вирощування озимої пшениці до середини XXI ст. в Степу залишаться сприятливими та задовільними.

Дослідження зміни сумісного коефіцієнту продуктивності температури і опадів показали, що *дуже ймовірно* та ймовірно вони зумовлять зниження продуктивності озимої пшениці в передпосівний період, сівба-сходи, у період припинення і відновлення вегетації та під час її цвітіння і колосіння, особливо в північному Степу. Можливе зниження урожайності польової культури в окремих регіонах і в інші фази. Лише в період кушіння, зміна температури та опадів буде сприятливою для зростання продуктивності озимої пшениці в середині XXI століття.

Зміни продуктивності озимої пшениці за температурою повітря і кількістю опадів протягом вегетаційного періоду надалі посилюватимуть зменшення плодотворності клімату в Степу, особливо південному і збільшення недобору урожаю озимої пшениці, який може сягати в середньому по області 25-30% (табл. 2, рис. 2). Незважаючи на такі зміни, умови вирощування культури в середині XXI ст. за сценарію A1B можуть залишитись сприятливими та задовільними (рис. 1б).

Висновки. Підвищення температури повітря та зміна режиму зволоження, що відмічаються протягом вегетаційного циклу вирощування озимої пшениці у

сучасний кліматичний період, будуть спостерігатись і до середини XXI ст. і можуть негативно вплинути на її урожайність, особливо на півдні країни. Проте за сценарію А1В агрометеорологічні умови вирощування культури залишаться сприятливими та задовільними на всій території країни. Незважаючи на зменшення відносної вологості ґрунту, його фізична стиглість залишиться у межах оптимального зволоження – 40-70 %.

Подальші дослідження потребують оцінки зміни агрокліматичних умов в Україні для інших сценаріїв викидів парникових газів та оцінки ризиків сільськогосподарського виробництва, пов'язаних з умовами погоди та зміною клімату.

Список літератури

1. *Дмитренко В.П.* Оценка влияния температуры воздуха и осадков на формирование урожая основных зерновых культур. Методическое пособие. Л. : Гидрометеиздат, 1976. 48 с. 2. *Дмитренко В.П.* Погода, клімат і урожай польових культур: [монографія]. К. : Ніка-Центр, 2010. 620 с. 3. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / С. М. Степаненко, А. М. Польовий, Є. П. Школьник [та ін.]. Одеса : Екологія, 2011. 696 с. 4. *Дмитренко В.П., Криворучко І.П., Однолеток Л.П.* Изменения агроклиматических и агрогидрологических ресурсов Украины и способы адаптации к ним земледелия под влиянием климатических изменений в зональном разрезе / В кн. Глобальные и региональные изменения климата / Шестопалов В.М., Логинов В.Ф., Осадчий В.И. К. : Ника-Центр, 2011. 448 с. 5. *Польовий А.М., Л.Ю.Божко, Дронова О.О.* Аналіз тенденції зміни термічних показників агрокліматичних ресурсів в Україні за період до 2030-2040 рр. Укр.гідрометеорол. журнал, 2011. №9. С.90-99. 6. *Польовий А.М., Кульбіда М.І., Трофімова І.Т., Адаменко Т.І.* Вплив зміни клімату на сільське господарство півдня України. Міжвідомчий.наук. зб. України: Метеорологія, кліматологія та гідрологія. К. : КНТ, 2005. Вип. 49. С. 252–260. 7. *Божко Л. Ю.* Антропогенні зміни клімату та їх вплив на вирощування овочевих культур в Україні. Вісник Одеського державного екологічного університету, 2010. Вип.9. С.56-62. 8. *Полевой А.Н., Кульбида Н.И., Трофимова И.В.* Моделирование влияния изменений климата на формирование продуктивности озимой пшеницы в Украине. В сб. : Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. СПб. : Гидрометеиздат, 2005. Том XX. С. 191–218. 9. *Польовий А.М., Кульбіда М. І., Адаменко Т. І., Трофімова І. В.* Моделювання впливу зміни клімату на агрокліматичні умови вирощування та фотосинтетичну продуктивність озимої пшениці. Укр. гідрометеорол. журн., 2007. № 2. С. 76-91. 10. *Підвищення стійкості до зміни клімату сільськогосподарського сектору Півдня України.* Регіональний екологічний центр: Угорщина, 2015. 76 с. 11. Закс Л. Статистическое оценивание. М. : Статистка, 1976. 599 с. 12. *Climate Change 2013: The Physical Science Basis.* IPCC Working Group I Contribution to AR5: Approved Summary for Policymakers ; P.28. URL: http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_SPM_FINAL.pdf. 13. *Изменение климата: Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата: Вклад рабочих групп I, II, III в [под ред. Пачаури, Р.К., Райзингер, А., и др.].* – Швейцария. : МГЭИК. 2007. 104 с. 14. *Иовенко Н. Г. Кекух А. М.* Водно-физические свойства и водный режим почв УССР. Л. : Гидрометиздат, 1960. 328 с. 15. *Балабух В.О., Лавриненко О.М., Малицька Л.В.* Особливості термічного режиму 2013 року в Україні. Український гідрометеорологічний журнал. Одеса : Вид-во ПП «ТЕС», 2014. № 14. с.30-46. 16. *Балабух В.О., Лавриненко О.М., Ягодинець С.М.* [та ін.] Зміна інтенсивності, повторюваності та локалізації небезпечних явищ погоди в Україні та їх регіональні особливості // Збірник наукових праць МГІ НАН України «Системи контролю навколишнього середовища», 2013. Вип.19. с.189-198. 17. *Третье, четвертое и пятое национальные сообщения* Украины по вопросам изменения климата подготовленные на выполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола. Киев, 2009. 366 с. URL: http://unfccc.int/resource/docs/natc/ukr_nc5.pdf. 18. *Шестое национальное сообщение* Украины по вопросам изменения климата подготовленное на выполнение статей 4 и 12 Рамочной конвенции ООН об изменении климата и статьи 7 Киотского протокола. Киев, 2012. 342 с. URL: http://unfccc.int/files/national_reports.

ISSN:2306-5680 **Гідрологія, гідрохімія і гідроekологія. 2017. № 3 (46)**

Вплив зміни клімату на продуктивність озимої пшениці в Україні у періоді вегетаційного циклу

Балабух В.О., Однолеток Л.П., Кривошеїн О.О.

Розглянуто сучасний стан агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці в Україні. Для кожної фази розвитку польової культури проаналізовано зміну температури повітря, кількості опадів та їхнього сумісного впливу на її продуктивність, а також зміну плодотворності клімату та недобору урожаю культури у сучасний кліматичний період (1981-2010 рр.) та їхні ймовірні зміни до середини XXI ст. (2021-2050) за сценарію SRES A1B. Виявлено їхні особливості в агрокліматичних зонах України. Встановлено, що до середини XXI століття агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці в Україні можуть суттєво погіршитись, проте залишаться сприятливими та задовільними на всій території країни

Ключові слова: зміна клімату; агрокліматичні умови; озима пшениця; продуктивність температури та опадів; недобір урожаю.

Влияние изменения климата на продуктивность озимой пшеницы в Украине в периоды вегетационного цикла

Балабух В.А., Однолеток Л.П., Кривошеин А.А.

Рассмотрено современное состояние агроклиматических условий выращивания озимой пшеницы в Украине. Для каждой фазы развития полевой культуры проанализировано изменение температуры воздуха, количества осадков и их совместного влияния на ее продуктивность, а также, изменение плодотворности климата и недобора урожая культуры в современный климатический период (1981-2010рр.) и вероятные изменения агрометеорологических условий до середины XXI века (2021-2050) для сценария SRES A1B. Выявлено их особенности в агроклиматических зонах Украины. Установлено, что к середине XXI века агрометеорологические условия выращивания озимой пшеницы в Украине могут существенно ухудшиться, однако останутся благоприятными и удовлетворительными на всей территории страны.

Ключевые слова: изменение климата; агроклиматические условия; озимая пшеница; производительность температуры и осадков; недобор урожая.

Climate change impacts on the winter wheat productivity in Ukraine during vegetation cycle

Balabuh V.O., Odnoletok L.P., Kryvoshein O.O.

*The study of variability and climate change, their impact on agricultural production is one of the main purposes of food security and sustainable development of society. The aim of the work is to identify the mechanisms of the climate change impact on the winter wheat productivity in the agro-climatic zones of Ukraine. The research was conducted on the daily data of observations from the hydrometeorological network of Ukraine (187 stations) on air temperature and precipitation in the current climatic period (1981-2010) and daily data of the regional climatic model REMO ESNAM5 (25*25km) for the 1981-2050 period (scenario SRES A1B).*

The current state of the agro-climatic conditions of winter wheat growing in Ukraine is considered. Changes in air temperature, rainfall and their combined effect on winter wheat productivity were analyzed for each crop development stage as well as changes in the climate productivity and the lack of crop yields in the modern climatic period (1981-2010) and their likely changes to the middle of the XXI century (2021-2050) by the SRES A1B scenario. The estimation of the agrometeorological conditions influence on the winter wheat yield formation was carried out on the basis of the hydrometeorological block of the Weather-Harvest model, developed by V.P.Dmitrenko.

It has been established that the intensive growth of air temperature, which is observed in the modern climatic period and is accompanied by a change in humidity of the territory, causes decrease in the climate productivity and increase in the deficit of winter wheat yield in Ukraine. During vegetation period, the change in air temperature and rainfall are different depend on agro-climatic zones of the country and causes a change in the contribution of separate development stage of winter wheat vegetation in its final crop yield.

It was established that by the middle of the XXI century, under the SRES A1B scenario, agro-climatic conditions for growing winter wheat in Ukraine could be significantly deteriorated, but remain favorable and satisfactory throughout the country. The largest changes are expected in the Steppe, especially in the southern Steppe, where the lack of harvest of winter wheat can reach an average of 25-30%.

Keywords: climate change; agro-climatic conditions; winter wheat; productivity of temperature and precipitation; lack of harvest.

Надійшла до редколегії 30.03.2017