

УДК 633.11:551.58

**А.М. Польовий**, д.г.н., **Л.Ю. Божко**, к.г.н., **О.О. Дронова**, к.г.н., **Боровська Г.О.**, к.г.н.  
*Одеський державний екологічний університет*

## **ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА АГРОКЛІМАТИЧНІ РЕСУРСИ ТА ПРОДУКТИВНІСТЬ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ В ЛУГАНСЬКОМУ РЕГІОНІ**

*Розглядається оцінка зміни агрокліматичних ресурсів Луганського регіону в 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр. у зв'язку зі змінами клімату в порівнянні з базовим періодом 1970 – 2010 рр. За допомогою моделей продуктивного процесу рослин надана оцінка фотосинтетичної продуктивності та коливання урожайності зерна озимої пшениці в умовах зміни клімату.*

**Ключові слова:** клімат, температура повітря, опади, озима пшениця, фотосинтез, біомаса, продуктивність, урожай.

**Вступ.** Вирішення світової продовольчої проблеми сучасності є найважливішою, стратегічною задачею нового століття, вона є не тільки головною умовою існування населення Землі, але і вирішальним чинником соціальної стабільності окремих країн і світової спільноти в цілому.

Матеріали світової статистики свідчать, що сьогодні зміна клімату на планеті співпадає з періодом наростання продовольчого дефіциту в світовій спільноті. Дві нові обставини посилюють вже раніше існуючу проблему із забезпеченням населення продовольством. Перша - помітне підвищення рівня платоспроможного попиту на продукти в багатонаселених країнах – Китаї та Індії. Друга – розширення практики використання сільськогосподарських земель для виробництва біопалива. Ці дві важливі обставини в умовах скорочення світових запасів земельних угідь і не відновлюваних джерел енергії при раціональному регулюванні посівних площ ріпаку та соняшника створюють для України можливість стати одним із найбільших виробників сільськогосподарської продукції.

Важливим чинником підвищення ефективності сільського господарства України в умовах зміни клімату є науково обґрунтоване розміщення посівних площ сільськогосподарських культур з врахуванням кліматичних змін, адаптація рослинництва до цих змін, що дозволить найбільш ефективно використовувати природні ресурси в нових кліматичних умовах, добитися стійкого зростання величини і якості урожаю, підвищити віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

Важливою ланкою проблеми зміни глобального клімату є оцінка зміни агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та впливу цих змін на їхню продуктивність. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки України до коливань та змін клімату. У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря Північної півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу очікуваних змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур.

Сучасне потепління спричиняє значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується істотним підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часовим зрушенням розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням безморозного періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду, деяким покращенням вологозабезпеченості

майже усіх зон України. Можливе зростання частоти екстремальних погодних явищ, загальне зниження вологості ґрунтів та зменшення їхньої родючості, виснаження ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградація ґрунтів. Разом з тим, основною особливістю потепління стала нерівномірність випадіння опадів за окремі періоди року, що призвело до збільшення частоти посушливих явищ. Засухи нерідко співпадають з суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшують їхню продуктивність [1, 2, 3].

**Матеріали і методи досліджень.** Тенденції зміни агрокліматичних ресурсів та агрокліматичних умов формування продуктивності найважливішої сільськогосподарської культури – озимої пшениці розглядались за різні проміжки часу. Для оцінки змін агрокліматичних ресурсів при можливих змінах клімату було використано сценарій зміни клімату в Україні – А1В, як найбільш вірогідний на період до 2050 року, регіональну кліматичну модель MPI-M-REMO, глобальну модель – ECHAM5-r3 [1,3].

Аналіз тенденції зміни клімату виконано шляхом порівняння даних за кліматичним сценарієм та середніх багаторічних характеристик кліматичних та агрокліматичних показників за три періоди: 1970 – 2010 рр. (базовий період), 2011 – 2030 рр. (перший сценарний період), 2031 – 2050 рр. (другий сценарний період).

Зміна агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці призвела до зміни показників фотосинтетичної продуктивності посівів і, як наслідок, до зміни урожаю зерна.

Для сільськогосподарських культур на фоні зміни кліматичних умов за перший та другий періоди розглядались такі варіанти:

- кліматичні умови періоду;
- кліматичні умови періоду + збільшення CO<sub>2</sub> в атмосфері (для першого періоду з 380 до 470 ppm, для другого періоду з 380 до 520 ppm);
- кліматичні умови періоду + збільшення CO<sub>2</sub> + внесення добрив в дозах N<sub>75</sub> (озима пшениця);
- кліматичні умови періоду + збільшення CO<sub>2</sub> + внесення добрив в дозах N<sub>125</sub> (озима пшениця);

Слід зазначити, що вплив змін клімату на формування продуктивності озимої пшениці розглядався за умов сучасної агротехніки та сучасних сортів озимої пшениці.

Як теоретична основа для виконання розрахунків та порівняння результатів була використана розроблена А.М. Польовим модель формування продуктивності агроєкосистеми [2].

Ідентифікація моделі формування урожайності сільськогосподарських культур виконана на основі матеріалів агрометеорологічних спостережень метеорологічних станцій Луганської області та матеріалів середньої по області урожайності озимої пшениці.

**Результати досліджень та їх аналіз.** Основними кліматичними та агрокліматичними характеристиками температурного режиму вегетаційного періоду були:

- дати стійкого переходу температури повітря через 0, 5, 10, 15 °С навесні та восени;
- тривалість періоду з температурами повітря вище 0, 5, 10, 15 °С;
- суми позитивних температур повітря за період з температурами вище 0, 5, 10, 15 °С;
- середня температура повітря січня, липня та їх амплітуда;
- дати останнього навесні та першого восени заморозку на висоті 2 м та на поверхні ґрунту;

– тривалість беззаморозкового періоду в повітрі на висоті 2 м та на поверхні ґрунту.

За початок весни береться дата стійкого переходу температури повітря через 0 °С. Аналіз цих дат показав, що і в першому (2011 – 2030 рр.) і другому (2031 – 2050 рр.) періодах очікується більш ранній перехід температури повітря через 0 °С, раніше базового періоду (1970 – 2010 рр.) на 7 – 15 днів. (табл. 1).

Восени перехід температури через 0 °С буде відбуватися пізніше на 13–18 днів (9 – 14 грудня). За рахунок таких зміщень дат переходу відбудеться суттєве збільшення тривалості періоду з позитивними температурами: в перший період на 21 день, у другий - на 34 дні. Тривалість періоду з позитивними температурами досягатиме 280 і 293 дні відповідно.

Початок вегетації (перехід температури через 5 °С) відбуватиметься в перший період пізніше від базового періоду на 3 дні, у другий період - раніше на 9 днів. Це до збільшить тривалість вегетаційного періоду відповідно на 8 та 27 днів.

Початок активної вегетації сільськогосподарських культур, тобто стійкий перехід температури повітря через 10 °С, майже не зміниться для першого періоду. У другий період стійкий перехід температури повітря через 10 °С наставатиме раніше на 5 днів (11 квітня). Восени припинення активної вегетації (перехід через 10 °С) буде відбуватися на 17 – 20 днів пізніше (19 – 22 жовтня). В зв'язку з цим очікується збільшення вегетаційного періоду до 188–194 днів порівняно з базовим (169 днів).

Терміни переходу температури повітря через 15 °С навесні зміняться незначно, а восени в перший період цей перехід очікуватиметься на 9 днів пізніше від базового, що відповідно спричинить збільшення цього періоду до 136 днів. Для другого періоду очікується більш пізній перехід температури через 15 °С восени (28 вересня проти базового терміну – 14 вересня), що відповідно збільшить тривалість періоду з цими температурами до 140 днів.

Основними показниками забезпеченості рослин теплом є суми температур за різні періоди вегетації. За сумами температур вище 0 °С можна оцінювати характер весни, вище 5 °С – теплові ресурси вегетаційного періоду холодостійких культур, вище 10 °С – забезпеченість теплом активної вегетації теплолюбних культур, вище 15 °С – дуже теплолюбних культур.

Суми температур за відповідні періоди залежать від тривалості періоду і термічного режиму в ці періоди. Так, і в період 2012 – 2030 рр. і в період 2031 - 2050 рр. очікуються збільшення сум температур, але особливо значним це збільшення буде з 2031 по 2050 рр.

Так, для періоду з 2011 по 2030 рр. суми температур вище 5 °С збільшаться на 177 °С, значно більшим буде зростання сум температур вище 10 °С. Для другого періоду суми температур вище 5, 10 °С зростуть на 375 – 380 °С відповідно. Також у другий період (2032 – 2050 рр.) значно зросте сума температур вище 15 °С.

За кліматичним сценарієм в період 2011 – 2030 рр. середня температура січня підвищиться на 0,7 °С, а середня температура липня майже не зміниться. У другий період відбудеться суттєве підвищення температури січня (на 3,2 °С) і значно менше підвищиться температура липня (0,9 °С). Зменшення річної амплітуди у другому періоді до 22,4 °С (проти 26,7 °С у базовий період) значно зменшить континентальність клімату.

Потепління клімату змінить режим настання весняних та осінніх заморозків. Дата останнього заморозку навесні на висоті 2 м буде спостерігатись на 10 днів (у перший період) і на 18 днів (у другий період) раніше в порівнянні з базовим. Меншою буде зміна термінів настання останнього заморозку на поверхні ґрунту. Вони будуть спостерігатись на 2–5 днів раніше.

Таблиця 1 - А) -Дати стійкого переходу середньої добової температури повітря через 0, 5, 10 ,15 °С та тривалість періодів з цими температурами

Період	Дати переходу температури повітря через межі								Кількість днів з температурою повітря рівною і вище			
	Навесні				восени							
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	15 °С	10 °С	5 °С	0 °С	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С
1970-2010	11.III	28.III	16.IV	10.V	14.IX	2.X	26.X	26.XI	259	212	169	127
2011-2030	4.III	31.III	14.IV	10.V	23.IX	19.X	6.XI	9.XII	280	220	188	136
Різниця	-7	+3	-2	0	+9	+17	+10	+13	+21	+8	+19	+9
2031-2050	24.II	19.III	11.IV	11.V	28.IX	22.X	13.XI	14.XII	293	239	194	140
Різниця	-15	-9	-5	+1	+14	+20	+17	+18	+34	+27	+25	+13

Б) - Комплексні характеристики температурного режиму

Період	Сума активних температур вище				Температура повітря, °С			Дата останнього заморозку весною		Дата першого заморозку восени		Тривалість без-заморозкового періоду	
	0 °С	5 °С	10 °С	15 °С	січень	липень	амплітуда	на висоті 2м	на поверхні ґрунту	на висоті 2 м	на поверхні ґрунту	у повітрі	на поверхні ґрунту
1970-2010	3546	3441	3113	2612	-4,6	22,1	26,7	28.IV	9.V	5.X	29.IX	159	143
2011-2030	3766	3618	3382	2635	-3,9	22,0	25,9	18.IV	7.V	16.X	5.X	181	151
Різниця	+220	+177	+269	+23	+0,7	-0,1	-0,8	-10	-2	+11	+6	+22	+8
2031-2050	3966	3816	3494	2872	-1,4	23,0	22,4	10.IV	4.V	17.X	8.X	190	157
Різниця	+320	+375	+381	+260	+3,2	+0,9	-4,3	-18	-5	+12	+9	+31	+14

Відбудеться також зміщення дати першого заморозку восени, відповідно на 10–12 днів на висоті 2 м та на 6–9 днів на поверхні ґрунту. Відповідно зі зміщенням дат настання останнього весняного та першого осіннього заморозків значно зміниться тривалість беззаморозкового періоду у повітрі на висоті 2 м для першого періоду на 22 дні, для другого – на 31 день. Також на 8–14 днів збільшиться тривалість беззаморозкового періоду на поверхні ґрунту.

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.

Для характеристики умов зволоження розглядалися такі показники:

- сума опадів за періоди: зима, весна, літо, осінь, рік;
- сума опадів за періоди з температурами повітря вище 5 і 10 °С;
- сумарне випаровування, випаровуваність, дефіцит випаровування;
- коефіцієнт зволоження – гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК) за період травень – серпень.

У відповідності до кліматичного сценарію у режимі опадів відбудуться суттєві зміни. Річна кількість опадів збільшиться в період 2011–2030 рр. на 17 % (до 587 мм), а в період 2031–2050 рр. – на 14 % (до 569 мм) порівняно з кількістю опадів базового періоду (500 мм) (табл. 2). Але це збільшення нерівномірно розподілиться за порами року. Майже у 1,5 раз зросте кількість опадів у зимовий період. У перший період на 46 %, у другий – на 50 %. Дещо менше але також суттєво очікується збільшення опадів навесні: у перший період на 12 %, у другий – на 30 %. Влітку у перший період очікується незначне (до 3 %) збільшення опадів і зменшення кількості опадів на 9 % у другий період. Восени кількість опадів у перший період збільшиться на 14 %, а у другий – трохи зменшиться (на 5 %).

Таблиця 2- Режим зволоження Луганського регіону

Період	Кількість опадів за періоди, мм						Сумарне випаровування, мм	Випаровуваність, мм	Дефіцит випаровування	
	з температу-рою повітря вище		зима	весна	літо	осінь				Рік
	5 °С	10 °С								
1970 – 2010	320	276	110	110	166	114	500	572	927	355
2011 – 2030	342	300	161	123	172	131	587	602	928	326
Зміна,%	+7	+9	+46	+12	+3	+14	+17	+5	0	–8
2031 – 2050	346	294	166	142	152	109	569	612	955	343
Зміна,%	+8	+6	+50	+30	–9	–5	+14	+7	+3	–3

За рахунок такого часового перерозподілу опадів за період з температурою вище 5 °С кількість опадів для першого та другого періодів збільшиться до 342 – 346 мм порівняно з 320 мм в базовий період, тобто зросте на 7 – 8 %. В період активної вегетації (період з температурами повітря вище 10 °С) кількість опадів для першого та другого періодів також зросте до 294 – 300 мм.

Випаровуваність майже не зміниться в обидва періоди у порівнянні з базовим. Збільшення сумарного випаровування становитиме 5 – 7 %, і за рахунок цього

зменшиться річний дефіцит випаровування до 326 мм у перший період і до 343 мм у другий період порівняно з базовим.

Характеристику посушливості вегетаційного періоду надає гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова. Значення ГТК в період 2011-2030 рр. у травні дещо збільшиться (з 0,90 до 0,94), в червні збільшиться трохи більше (до 1,20), зменшиться суттєво в липні та серпні (до 0,74 – 0,75). За величиною ГТК липень та серпень місяці можна віднести до періодів з помірною засухою. Для періоду 2031 – 2050 рр. характерним буде досить високий рівень ГТК у травні (1,25), деяке зменшення його у червні (1,15). Період липень – серпень зі значеннями ГТК 0,59–0,61 оцінюється як період з суворою посухою.

*Агрокліматична характеристика умов вегетації озимої пшениці.* Осіння вегетація озимої пшениці буде відбуватися в дещо пізніші терміни. Сівба буде проходити у третій декаді вересня, що порівняно з базовим пізніше на 11 та на 13 днів. Відповідно змістяться і терміни появи сходів. Припинення вегетації (при стійкому переході температури повітря через 3 °С) також буде відбуватися пізніше відповідно на 14 і 16 днів, в третій декаді листопада. При таких термінах сівби осіння вегетація озимої пшениці буде відбуватися у період 2011 – 2030 рр при дещо зниженому (на 0,4°С) температурному режимі порівняно з базовим періодом, а у період 2031 – 2050рр. температура повітря буде знаходитись практично на рівні базового. Сума активних температур вище 3 °С за ці періоди буде складати 603 і 607 °С, що дозволить сформувати оптимальну куцистість (3 – 6 пагонів на одну рослину). Розрахунки показують, що при збереженні традиційних термінів сівби на рівні базових (9 вересня) і не врахуванні змін температурного режиму восени суми температур за період сівба – припинення вегетації становитимуть у перший період 788 °С, а у другий -840 °С, що призведе до формування перерослих посівів. Зимостійкість таких посівів озимої пшениці буде знижуватись внаслідок інтенсивного росту рослин восени і зрештою цього приведе до зниження урожаю на 15–20 %.

У зимовий період сума від'ємних температур як характеристика ступеня суворості зими значно зменшиться порівняно з базовим періодом: до –241°С у перший період і до –88°С у другий період, що відповідно на 101 та 254°С менше від базового (-342°С). Середня температура найбільш холодної декади підвищиться у перший період на 0,9°С, а у другий період на 3,3 °С.

Мінімальна температура на глибині залягання вузла куциння значно підвищиться: до –2,7 °С в період 20-11-2-30 рр. і до –0,7 °С у період 2031 – 2050 рр.

Кількість опадів за період перезимівлі у I-й період збільшиться на 24 %, у другий період – на 16 %.

При відсутності інших причин пошкодження, зимівля озимих культур буде проходити добре. Середній відсоток загибелі рослин озимої пшениці буде становити не більше 3–6 %.

Початок відновлення вегетації озимої пшениці зміститься на дещо раніші строки (табл. 3). У весняно-літній період вегетації озима пшениця в період від відновлення вегетації до колосіння відбуватиметься на фоні знижених температур повітря (на 0,4 –1,3 °С). Для міжфазного періоду колосіння – воскова стиглість температурний режим у перший період практично не зміниться, а у другий період температура повітря знизиться на 0,6 °С.

В період відновлення вегетації – колосіння кількість опадів в перший період збільшиться на 10 % в порівнянні з базовим періодом. Для другого періоду буде характерним суттєве збільшення кількості опадів за період відновлення вегетації – колосіння. В період колосіння – воскова стиглість для обох періодів кількість опадів залишиться практично на рівні значень базового періоду.

Випаровуваність за весняно-літній період вегетації майже не збільшиться. Дещо зросте величина сумарного випаровування (табл. 4).

Таблиця 3 – Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці в весняно-літній період

Період	Період відновлення вегетації – колосіння			Період колосіння – воскова стиглість			Період відновлення вегетації – воскова стиглість		
	Середня температура, °С	Сума температур, °С	сума опадів, мм	Середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм	середня температура, °С	сума температур, °С	сума опадів, мм
1970-2010	11,3	734	80	19,7	708	80	14,3	1442	160
2011-2030	10,9	740	88	19,8	711	80	14,0	1451	168
Різниця	-0,4	+6	+10 %	+0,1	+3	0	-0,3	+9	+5 %
2031-2050	10,0	732	112	19,1	708	80	13,1	1440	192
Різниця	-1,3	-2	+40 %	-0,6	0	0	-1,2	-2	+20 %

Збільшаться витрати вологи на транспірацію: в базовий період вони склали 113 мм, а очікуватимуться в I-й період – 149 мм, у II-й – 145 мм. Зросте вологозабезпеченість міжфазних періодів: відновлення вегетації – колосіння та колосіння – воскова стиглість. Показник зволоження ГТК збільшиться від 0,96 відповідно до 1,04 та 1,19.

Зміна агрокліматичних умов вирощування озимої пшениці привела до зміни показників фотосинтетичної продуктивності.

Площа листової поверхні (рис. 1) наростала від початку вегетації до 6 – 7-ої декад, тобто до настання фенологічних фаз колосіння – цвітіння.

У період 2011 – 2030 рр. найбільш інтенсивне зростання площі асимілюючої поверхні (рис.1а) відбуватиметься в 3 – 5-у декади, коли збільшення за рахунок тільки зміни кліматичних умов становило до 0,7 – 0,8 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> за декаду

При зростанні вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері від 380 до 470 ppm наростання площі листової поверхні відбуватиметься швидшими темпами, а внесення азотних добрив в дозі 75 кг (д.р.)/га призведе до збільшення темпу наростання площі листя до 1,7 – 1,9 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup> за декаду в період максимального росту. При внесенні азотних добрив в дозі 125 кг (д.р.)/га максимальна площа листя досягатиме 3,34 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>. Фотосинтетичний потенціал посівів збільшиться при внесенні добрив на 37 – 46 % в порівнянні з базовим періодом.

Для періоду 2031 – 2050 рр. також буде характерним швидке формування асимілюючої поверхні посівів (рис.1б), але в порівнянні з базовим періодом, воно буде відбуватись з деяким запізненням. Підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері до 520 ppm, особливо при внесенні азотних добрив, призведе до стрімкого наростання площі листя, яке в період максимальних значень досягне 3,42 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Збільшення фотосинтетичного потенціалу при внесенні добрив становитиме 45 – 54 % в порівнянні з базовим періодом (табл. 5).

Інтенсивність фотосинтезу буде підвищуватись з початку вегетації до 5 – 6-ої декад, потім поступово буде знижуватись.

Таблиця 4 - Характеристика водного режиму вегетаційного періоду озимої пшениці

Період	Сумарна за вегетацію, мм					Середній ГТК	Вологозабезпеченість за період, %		
	Випаро- вуваність	Випарову- вання	Транспі- рація	Випаро- вування з поверхні грунту	Дефіцит випарову- вання		Віднове- ння веге- тації	Колосіння – воскова стиглість	весь період
1970 – 2010	389	269	113	157	120	0,96	72,7	66,6	70,2
2011 – 2030	384	284	149	135	100	1,04	79,4	71,0	76,5
Різниця	-1 %	+6 %	+32%	-14%	-17%	+0,8	+6,7	+4,4	+6,3
2031 – 2050	390	290	145	144	100	1,19	79,0	73,2	76,4
Різниця	0	+8 %	+28%	-8%	-17%	+0,13	+6,3	+6,6	+6,2

У період 2011 – 2030 рр. за рахунок зміни кліматичних умов відбудеться підвищення фотосинтезу на 0,4 – 0,9 мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·год. За умов збільшення CO<sub>2</sub> різниця в інтенсивності фотосинтезу збільшиться до 0,7–1,4 мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·год., а внесення добрив підвищить рівень інтенсивності фотосинтезу посівів на 1,0–2,4 мгCO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·год.

Як видно з даних табл. 5, зміна кліматичних умов, збільшення вмісту CO<sub>2</sub> та внесення добрив призведе до підвищення інтенсивності фотосинтезу посівів в декаду з його максимальними значеннями з 10,2 до 12,3 мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·год.

Запізнення формування площі листової поверхні у період 2031 -2050 рр. зумовить більш низькі рівні інтенсивності фотосинтезу від початку вегетації до колосіння – цвітіння порівняно з базовим періодом. В умовах збільшення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері з 380 до 470 ррт, підвищиться рівень інтенсивності фотосинтезу посівів в декаду з його максимальними значеннями з 10,2 до 10,5 мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·год., а при внесенні добрив – до 10,9 – 11,1 мг CO<sub>2</sub>/дм<sup>2</sup>·год.

Такий хід зростання площі асимілюючої поверхні та інтенсивності фотосинтезу зумовив і відповідний рівень динаміки загальної сухої біомаси посівів озимої пшениці (рис. 2).

При кліматичних умовах першого періоду накопичення загальної біомаси йтиме досить швидкими темпами (рис.2а). Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 7 – 8 декади вегетації. За рахунок змін кліматичних умов максимальний приріст збільшиться від 13,7 до 15,8 г/м<sup>2</sup> за день (на 15 %). З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері до 470 ррт це зростання буде ще більшим (на 31%).

Найбільш високі прирости загальної біомаси будуть спостерігатися в 7 – 8 декади вегетації. За рахунок змін кліматичних умов максимальний приріст збільшиться від 13,7 до 15,8 г/м<sup>2</sup> за день (на 15 %). З врахуванням зміни вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері до 470ррт це зростання буде ще більшим (на 31%).

Внесення добрив збільшить максимальні прирости біомаси до 20,7 – 22,2 г/м<sup>2</sup> за добу (табл. 5). Вони сягатимуть 151 – 162 % в порівнянні з базовим періодом.



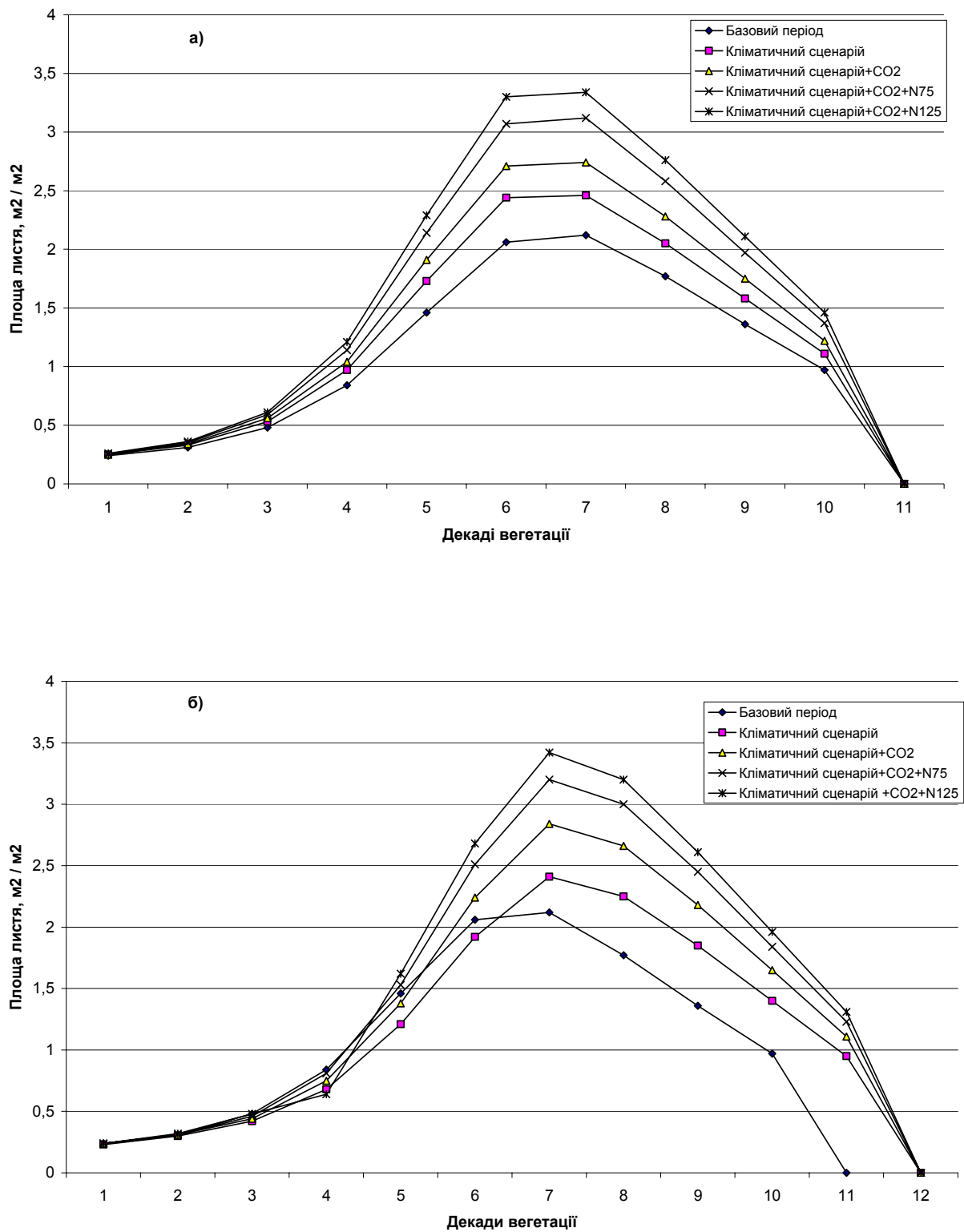


Рис. 1 – Динаміка відносної площі листкової поверхні озимої пшениці в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценаріями: на 2011 – 2030 рр. (а) і на 2031 – 2050 рр. (б)

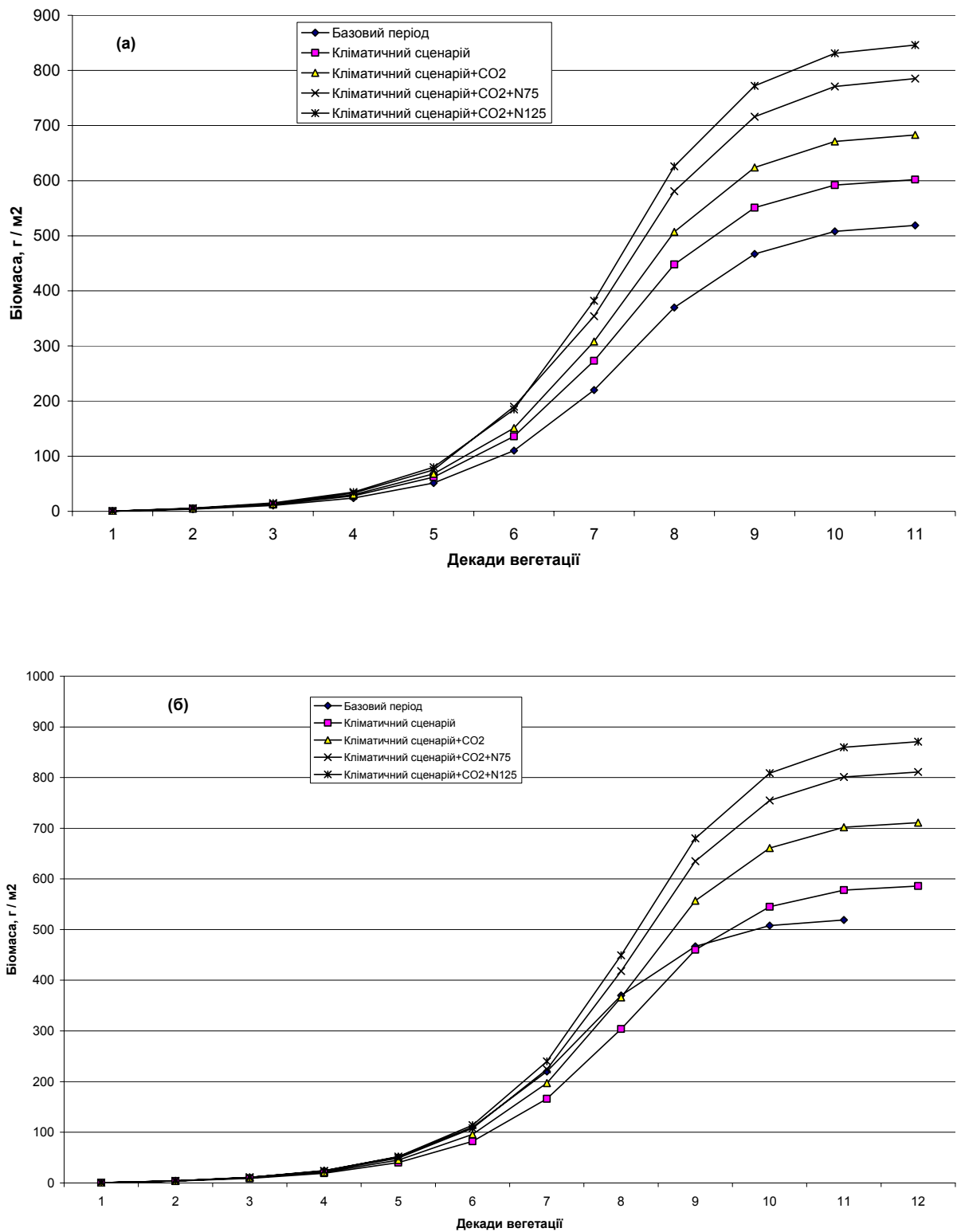


Рис. 2 – Динаміка загальної сухої біомаси озимої пшениці в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценаріями: на 2011 – 2030 рр. (а); на 2031– 2050 рр. (б)

Таблиця 5 - Фотосинтетична продуктивність озимої пшениці

Період	Варіант	Період максимального росту		Фотосинтетичний потенціал посівів м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> за вегетаційний період	Урожай, ц/га
		площа листкової поверхні, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup>	Приріст загальної сухої біомаси, г/м <sup>2</sup> за день		
1970-2010	Базовий	2,12	13,7	123,66	27,5
2011-2030	Клімат	2,46	15,8	137,21	29,9
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,74	18,0	151,0	34,1
	Клімат + CO <sub>2</sub> + N <sub>75</sub>	3,11	20,7	169,06	39,2
	Клімат + CO <sub>2</sub> + N <sub>125</sub>	3,34	22,2	180,6	42,2
2031–2050	Клімат	2,41	13,9	138,75	30,2
	Клімат + CO <sub>2</sub>	2,84	17,0	160,97	36,9
	Клімат + CO <sub>2</sub> + N <sub>75</sub>	3,20	19,4	179,11	42,1
	Клімат + CO <sub>2</sub> + N <sub>125</sub>	3,42	20,9	190,32	45,2

Зміна кліматичних умов у період 2031 – 2050 рр. суттєво не позначиться на збільшенні приростів біомаси порівняно з базовим періодом (рис.26). Підвищення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері до 520 ppm збільшить рівень приростів загальної біомаси особливо в декади перед колосінням-цвітінням. Прирости збільшаться з 13,7 до 17,0г/м<sup>2</sup> за добу (на 24 %). При внесенні добрив максимальний приріст загальної біомаси досягатиме 19,4 – 20,9 г/м<sup>2</sup> за добу (на 42 – 53 %).

Зростання рівня показників фотосинтетичної продуктивності посівів озимої пшениці в умовах зміни клімату зумовить і збільшення урожаю зерна (табл. 5, рис. 3), особливо при внесенні добрив.

У перший період урожай зерна зростає з 27,5 до 29,9 ц/га (на 8,7 %). Підвищення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері зумовить зростання рівня урожаю зерна на 24 %. Внесення добрив в дозі N<sub>75</sub> (75 кг (д.р.)/га) підвищить цей ефект зростання урожаю на 42 %, а внесення дози N<sub>125</sub> (125 кг(д.р.)/га) дозволить отримати урожай зерна на 53 % вищий в порівнянні з базовим періодом.

Для періоду 2031 – 2050 рр. за рахунок тільки зміни кліматичних умов буде також характерним збільшення урожаю зерна до 30,2 ц/га (на 10 %).

При збільшенні вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері від 380 до 520 ppm відбудеться збільшення урожаю зерна до 36,9 ц/га (на 34 %). У цей період внесення добрив на фоні зміни кліматичних умов та суттєвого збільшення вмісту CO<sub>2</sub> в атмосфері дасть ще більший ефект, ніж у першому періоді. В залежності від дози внесених добрив (N<sub>75</sub> і N<sub>125</sub>) урожай зерна складатиме при внесенні добрив в дозі N<sub>75</sub> – 42,1 ц/га, а при дозі N<sub>125</sub> – 45,2 ц/га, що відповідно на 42 та 45 % вище в порівнянні з базовим періодом.

**Висновки.** Агрокліматичні умови вирощування озимої пшениці в Луганському регіоні загалом є досить сприятливими, але зміна клімату зумовить зміни агрокліматичних умов її вегетації, що спричинить необхідність адаптації до цих змін. Терміни осінньої сівби повинні проводитись пізніше на 10 – 15 днів. Зміна умов перезимівлі потребуватиме впровадження або створення нових сортів озимої пшениці, які характеризуються меншим (на 50–70 днів) спокоем при зимівлі та здатністю продовжувати вегетацію при знижених температурах.

Збільшення кількості опадів в зимовий та ранньовесняний періоди, а також пом'якшення температурного режиму, який зумовлює талий або слабо промерзлий

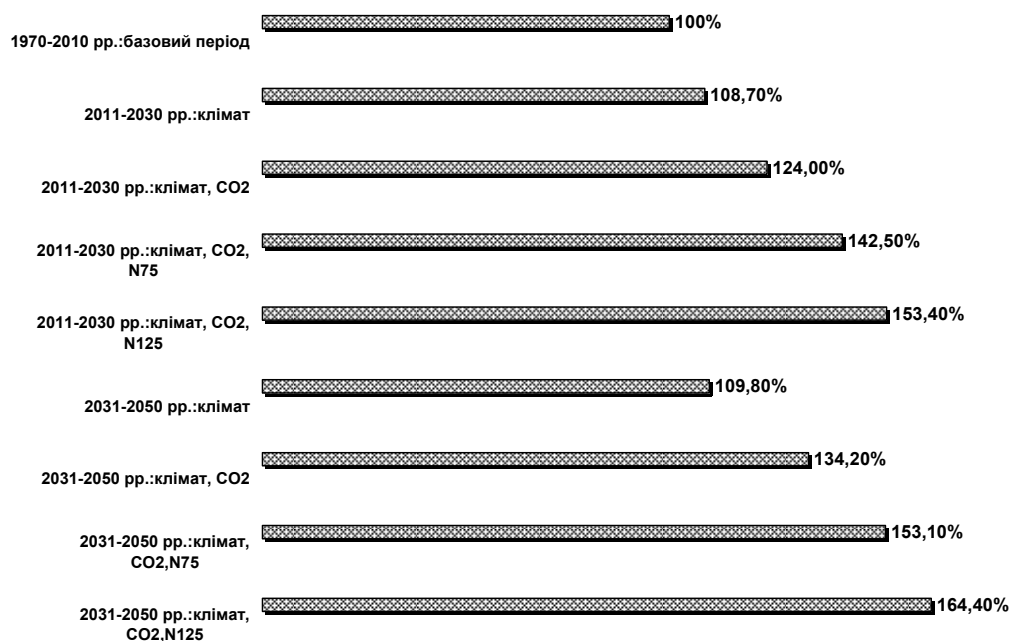


Рис. 3 – Зміна урожайності озимої пшениці в умовах зміни клімату в порівнянні з базовим періодом за сценаріями на 2011 – 2030 рр. та 2031 – 2050 рр.

стан ґрунту, створить унікальні умови для накопичення вологи в ґрунті до початку весняних польових робіт.

При цьому значно покращаться агрометеорологічні умови вегетації культури, особливо в період сівба-колосіння.

### Список літератури

1. Польовий А.М. Моделирование продуктивности агроэкосистем. // Вісник Одеського державного екологічного університету. - 2005. – Вип. 1. – С. 79-86.
2. Полевой А.Н.. Моделирование фотосинтеза зеленого листа у растений типа C3 и C4 при изменении концентрации CO<sub>2</sub> в атмосфере. // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – М.: ИГКЭ. – т. 23. - 2010. - С. 297-315.
3. Naki & enovi & #263;, N., and R. Swart (eds.), 2000: Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 599 pp.

### Оценка влияния изменений климата на агроклиматические ресурсы и продуктивность озимой пшеницы в Луганском регионе. Полевой А.Н., Божко Л.Е., Дронова Е.А., Боровская Г.А.

Рассматривается оценка изменений агроклиматических ресурсов Луганского региона в 2011 – 2030 гг. и в 2031 – 2050 гг в связи с изменениями климата в сравнении с базовым периодом 1970 – 2010 гг. С помощью моделей продукционного процесса растений дана оценка фотосинтетической продуктивности и колебаний урожайности зерна озимой пшеницы в условиях изменения климата.

**Ключевые слова:** климат, температура воздуха, осадки, озимая пшеница, фотосинтез, биомасса, продуктивность, урожай.

### Estimation of influence of change of climate on macroclimatic recourse and productivity of winter wheat in Lugansk Region. Polevoy A., Bozko L., Dronova E., Borovskaya G.

The estimation of change climatic recourse of the Lugansk region was examined in 2011-2030 and 2031-2050 years in connection with the changes of climate in compression by base period 1970-2010 years. Using models was assessed photosynthesis production and vibrations of the productivity of winter wheat in the conditions of change of climate.

**Key words:** climate, temperature, of air, ,fallouts, winter wheat, photosynthesis, biomass, productivity, harvest.