

## АГРОКЛІМАТИЧНІ УМОВИ ПРОДУКТИВНОСТІ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ НА ОДЕЩИНІ В УМОВАХ ПОТЕПЛІННЯ КЛІМАТУ

**ПОЛЬОВИЙ А.М.** – доктор географічних наук, професор  
*orcid.org/0000-0001-8395-0068*

Одеський державний екологічний університет  
**БОЖКО Л.Ю.** – кандидат географічних наук  
*orcid.org/0000-0002-8712-2099*

Одеський державний екологічний університет  
**БАРСУКОВА О.А.** – кандидат географічних наук  
*orcid.org/0000-0002-9054-142x*

Одеський державний екологічний університет  
**ІВАСЕНКО О.С.** – студент I курсу магістратури гідрометеорологічного факультету  
*orcid.org/0000-0002-8340-501*  
Одеський державний екологічний університет

**Постановка проблеми.** Найважливішою проблемою XXI ст. є вирішення продовольчої проблеми, яка стала вирішальним чинником соціальної стабільності світової спільноти. Особливо складним є положення із зерном. Головним продуктом сільськогосподарства є пшениця, яка забезпечує не тільки продовольчі потреби людини, але і найцінніший фураж для тварин [1].

Наприкінці минулого та початку поточного століття відбулось значне потепління клімату, яке за прогнозами науковців буде продовжуватись і в майбутньому. Умови вирощування сільськогосподарських культур змінились і продовжують змінюватись через перерозподіл опадів між сезонами року і підвищення температури повітря.

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, часового зрушення розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням безморозного періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду майже усіх зон України. Відзначається 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 посушливих явищ. Засухи нерідко співпадають з суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшують їхню продуктивність [3].

Однією із ланок 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 адаптувалось сільське господарство до змін клімату. Це передбачає завчасну оцінку впливу змін клімату на агрокліматичні умови вирощування сільськогосподарських культур [1].

Важливим чинником підвищення ефективності сільськогосподарства 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.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідженнями особливостей різних процесів в атмосфері, за яких відбувається зміна волого-температурного режиму підстильної поверхні, які в свою чергу призводять до зміни агрокліматичних ресурсів, займається широке коло дослідників. 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 [2, 8].

Продуктивність сільськогосподарських рослин – це система множинних внутрішніх елементів, які зумовлюються внутрішньою структурою, впливом елементів зовнішнього середовища та їх взаємодією. Найважливішим фактором зовнішнього середовища є клімат, дія якого на рослини відбувається впродовж всього вегетаційного періоду. Виконано багато досліджень, щодо зміни продуктивності сільськогосподарських культур під впливом умов навколишнього середовища, в тому числі і за змін клімату, розрахованих за різними сценаріями [3, 4].

Важливим питанням сучасних проблем збереження культурних рослин, раціонального використання рослинних ресурсів та оптимізації їх стану в умовах глобального потепління є збереження рослин та збагачення їх асортименту культурами, які були б пристосовані до екстремальних факторів зміни агрокліматичних показників [4, 5, 6].

Посівні площі озимої пшениці на Одещині серед інших культур займають провідне місце. Тут озима пшениця формує високі врожаї з високими хлібопекарськими якостями. Але при вирощуванні озимої пшениці необхідно, щоб протягом всього періоду вегетації рослини були в достатній кількості забезпечені теплом, вологою та всіма поживними речовинами, при оптимальному співвідношенні всіх елементів мінерального живлення [5, 7]. Степова зона характеризується достатнім забезпеченням теплом, але при цьому посушлива і високі і сталі врожаї можливі тільки із застоуванням зрошення.

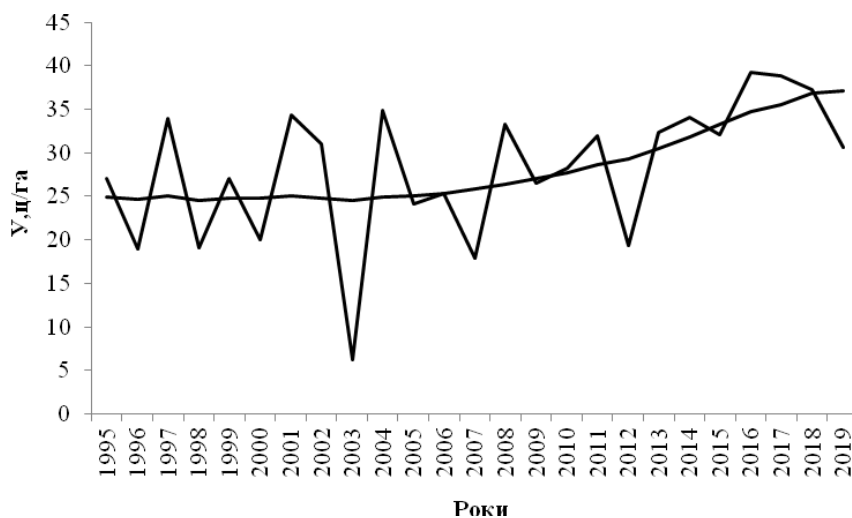
Вивченню динаміки врожаїв, виявленню основних агрометеорологічних факторів і показників стану рослин, а також створенню методів прогнозів врожайності озимої пшениці присвячені роботи [7, 9, 11]. Також надається увага оцінці агрокліматичних умов формування врожаїв озимої пшениці

в різних регіонах [12, 13, 16, 17]. Моделюванню впливу змін клімату на формування продуктивності озимої пшениці в Україні присвячені роботи [15, 17]. В працях в [18, 20] висвітлюються питання вплив радіаційних факторів погодних умов на продуктивність рослин.

**Мета дослідження** полягає в тому, щоб проаналізувати вплив потепління, яке відбулося наприкінці минулого та початку поточного століття на ріст та розвиток озимої пшениці, надати агрокліматичну оцінку продуктивності озимої пшениці на Одещині в умовах потепління, яке спричинило погіршення умов волого забезпечення посівів, призвело до посилення посушливих впродовж вегетаційного періоду озимої пшениці.

**Матеріали та методи досліджень.** Для досліджень використовувались матеріали метеорологічних і агрометеорологічних спостережень мережі агрометеорологічних станцій Одеської області, а також дані середньої по області урожайності озимої пшениці за період з 1995 по 2019 рр.

**Результати досліджень.** Динаміка середніх по Одеській області врожаїв озимої пшениці представлена на (рис. 1) а розрахована за трендом оцінка сприятливості погодних умов Одещини для вирощування озимої пшениці представлена в (табл.1).



**Рис. 1.** Динаміка середньої по області врожайності озимої пшениці і лінія тренда.

Як видно із табл.1 найбільш несприятливі умови для формування врожаю озимої пшениці складись у 2003 році, коли спостерігалась сувора зима та спостерігалось вимерзання більше 30 % рослин. В цілому за 25 років середня урожайність становила 28,3 ц/га. У 10 % врожайність була нижче середньої багаторічної і мала від'ємне відхилення від лінії тренду. Оцінка в ці роки коливалась в межах 0,66–0,96 відн. од.

Аналіз погодних умов в роки з високими і низькими врожаєми дозволив дійти висновку, що низька врожайність озимої пшениці (6-19 ц/га) була отримана в роки з запасами вологи менше 60 % НВ на дату відновлення вегетації та числом стебел 400–600 на 1 м<sup>2</sup>. Звертає увагу і низькорослість ози-

мої пшениці в несприятливі за погодними умовами роки на фазу колосіння 35–65 см, тоді як в сприятливі роки її висота на цю фазу складала 50–70 см.

В роки з високими врожаєми (2016, 2017, 2018) на формування врожайності озимої пшениці вплинули сприятливі умови перезимівлі, ранні терміни відновлення вегетації, високі запаси продуктивної вологи, середні температури повітря за період від відновлення вегетації до виходу в трубку становила не вище 15,5 °С. Такий комплекс агрометеорологічних умов дозволив сформувати достатню кількість колососносних стебел та середньої кількості колосків у колосі від 16 до 18. Найвища врожайність 37–39 ц/га була отримана в роки з весняними запасами вологи в ґрунті (більше 150 мм в метровому

шарі ґрунту), і густина рослин на відновлення вегетації більше 1000 стебел на 1 м<sup>2</sup>.

Дослідженнями [4, 9, 10] що урожай озимої пшениці у весняно-літній період великою мірою зале-

жить від умов зволоження і середньої температури повітря. Були встановлені показники запасів продуктивної вологи для формування врожаю різного рівня (табл. 2).

**Таблиця 1 – Оцінка сприятливості погодних умов формування урожайності озимої пшениці в Одеській області**

№ п/п	Роки	Фактична урожайність	Урожайність по тренду	Відхилення від тренду	$K_{обл.} = I_i / \hat{I}_i$
		$I_i$	$\hat{I}_i$	$\Delta \hat{I}_i$	
1	2	3	4	5	6
1	1995	27	24,9	-1,2	1,08
2	1996	19	24,6	-9,2	0,77
3	1997	34	25,1	5,8	1,35
4	1998	19,1	24,5	-9,1	0,78
5	1999	27	24,8	-1,2	1,09
6	2000	20	24,8	-8,2	0,81
7	2001	34,4	25,0	6,2	1,38
8	2002	31	24,8	2,8	1,25
9	2003	6,3	24,5	-21,9	0,26
10	2004	34,9	24,9	6,7	1,40
11	2005	24,1	25,0	-4,1	0,96
12	2006	25,3	25,3	-2,9	1,00
13	2007	17,9	25,9	-10,3	0,69
14	2008	33,3	26,4	5,1	1,26
15	2009	26,5	27,0	-1,7	0,98
16	2010	28,3	27,7	0,1	1,02
17	2011	31,9	28,6	3,7	1,12
18	2012	19,4	29,3	-8,8	0,66
19	2013	32,3	30,5	4,1	1,06
20	2014	34,1	31,8	5,9	1,07
21	2015	32,1	33,3	3,9	0,96
22	2016	39,3	34,8	11,1	1,13
23	2017	38,8	35,6	10,6	1,09
24	2018	37,3	36,9	9,1	1,01
25	2019	30,6	37,1	2,4	0,82

**Таблиця 2 – Показники оцінок запасів продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в основні періоди розвитку пшениці у весняно-літній період**

Період	Запаси продуктивної вологи, мм			
	Хороші	Задовільні	Недостатні	Погані
Відновлення вегетації	150–200	120–150	100–200	Менше 100
Ріст стебла	140–180	100–140	80–100	Менше 80
Колосіння	80–140	60–80	40–60	Менше 40
Налив зерна	80–100	40–80	30–40	Менше 25

Оскільки, як видно із табл. 2, запаси продуктивної вологи відіграють вирішальну роль у формуванні врожаїв озимої пшениці і є одним із головних інерційних факторів, то нами були розраховані статистичні залежності врожайності від середніх по області запасів продуктивної вологи основні фази розвитку: на дату настання відновлення вегетації, появи нижнього вузла соломини і колосіння.

Крім того були також розраховані статистичні залежності врожаїв пшениці від температурних показників за різні між фазні періоди весняного розвитку, кількості суховійних днів в період від колосіння до дозрівання пшениці, висоти та густоти рослин, а такою від комплексу агрометеорологічних

факторів, які виражені через розраховані коефіцієнти (табл. 3).

Для оцінки агрокліматичних умов формування врожайності озимої пшениці за основними періодами її розвитку були розроблені і комплексні агрокліматичні показники з урахуванням впливу всіх трьох періодів. Ці показники що представляють собою різні поєднання агрокліматичних факторів і елементів продуктивності озимої пшениці. Розроблені агрокліматичні показники оцінки умов формування врожайності озимої пшениці в весняно-літній період та показник з урахуванням впливу на її врожайність осінньо-зимового періоду.

**Таблиця 3 – Рівняння залежності врожаїв озимої пшениці і різних агрометеорологічних факторів**

Показник/період	Рівняння зв'язку	Коефіцієнт кореляції	№ рівняння
Запаси продуктивної вологи в шарі 0-100 см на відновлення вегетації, на колосіння	$Y = 0,1076x + 42,078$	0,45	1
	$Y = 0,1154x + 37,24$	9,48	2
Середня температура повітря від ПНВС до колосіння	$Y = -0,9072x + 42,06$	0,025	3
Висота рослин на дату колосіння	$Y = 0,0915x + 22,28$	0,51	4
Густота рослин на дату колосіння	$Y = 0,0107 + 18,52$	0, 51	5
Коефіцієнт зволоження ( $K_y$ )	$Y = 0,7179 K_y + 6,3786$	0, 67	6
Коефіцієнт кінцевої біологічної продуктивності ( $K_6$ )	$Y = 0,2236K_6 + 16,39$	0,73	7
Агрокліматичний коефіцієнт (K)	$Y = 0,184K + 12,24$	0,76	8
$y = -26,72 + 0,031W + 0,016m_k + 0,12h + 1,76K$		0.72	9

Примітка: складові в рівнянні 6:

W – запаси продуктивної вологи середні по області;  $m_k$  – середня кількість колосоносних стебел на колосіння; K – середня кількість розвинених колосків у колосі; h – висота рослин на колосіння.

Агрокліматичні умови формування врожайності озимої пшениці весняно-літнього періоду характеризує показник  $K_y$ . Показник  $K_6$  характеризує кінцеву біологічну продуктивності озимої пшениці (біомаси) з урахуванням також осінньо-зимових умов; коефіцієнт продуктивності озимої пшениці (K). Ці показники можуть бути розраховані за наступними формулами [18].

$$K_1 = W_{e.o} + \sum R_{e.o-k} / 0.01 \sum t_{e.o-k1}, \quad (1)$$

$$K_{биом} = 0,0001 r_{kck} \cdot h_k \cdot r_{pkk}, \quad (2)$$

$$K = 0,0001 r_{kck} \cdot r_{pkk}, \quad (3)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт зволоження;  
 $K_{биом}$  – коефіцієнт біомаси пшениці;  
 $K_{пк}$  – коефіцієнт продуктивності озимої пшениці;  
 $W_{e.o}$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту в декаду;  
 $\sum R_{e.o-k}$  – сума опадів від весняного обстеження до колосіння, мм;  
 $\sum t_{e.o-k1}$  – сума температур від весняного обстеження посівів до колосіння, °C;

$r_{kck}$  – кількість колосоносних стебел на 1 м<sup>2</sup> у фазу колосіння;

$h_k$  – висота рослин у фазу колосіння, см;

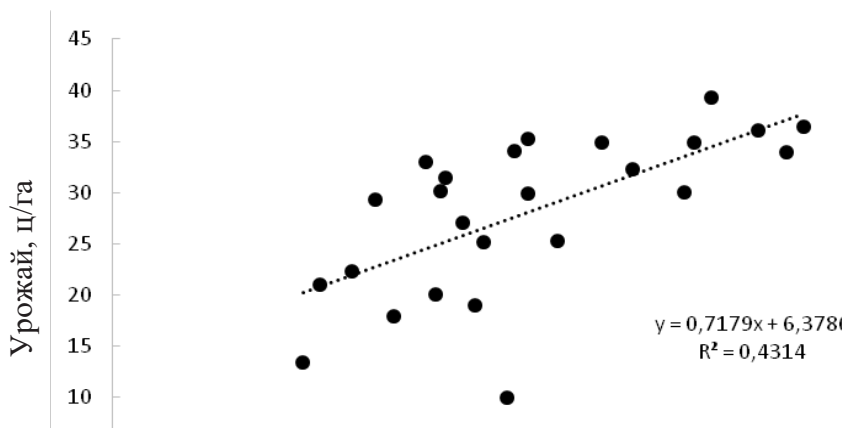
$r_{pkk}$  – кількість розвинених колосків в колосі у фазу колосіння.

Коефіцієнт продуктивності K є комплексним показником характеристики тепло та вологозабезпеченості в період весняно-літнього розвитку озимої пшениці та враховує кількість колосоносних стебел в період дозрівання і кінцеву висоту озимої пшениці та кількість розвинених колосків у колосі.

Залежності врожаю озимої пшениці від комплексних показників представлені на рис. 2–4. Залежності характеризуються високими значеннями коефіцієнтів кореляції.

Статистичні рівняння зв'язків врожаю озимої пшениці з різними метеорологічними показниками та їх комплексом представлені в табл.3.

Як видно із табл. 3 на формування врожаю озимої пшениці відбувається під впливом великої кількості факторів. Відзначається негативний вплив високих температур повітря в період від появи нижнього вузла соломини (ПНВС) до колосіння.



**Рис. 2. Залежність урожаю озимої пшениці від показника зволоження ( $K_y$ )**

Була розрахована градація врожаїв озимої пшениці в залежності від значень коефіцієнта продуктивності:

- врожайність озимої пшениці в середньому менше 15 ц/га спостерігаються в роки, коли показник  $K$  був менше 30 відн.од. Цю величину можна умовно прийняти за показник незадовільних умов формування продуктивності озимої пшениці.
- врожайність 15–20 ц/га спостерігається за

значень  $K = 30–50$ . Цю градацію можна вважати за показник недостатньо сприятливих умов для озимої пшениці.

- врожайність 20–30 ц/га спостерігається при  $K = 50–90$ . Ці величини показник задовільних умов для озимої пшениці.

– урожайність вище 30 ц/га була отримана при  $K = 90–160$ . В ці роки спостерігаються добрі умови для формування врожаю озимої пшениці.

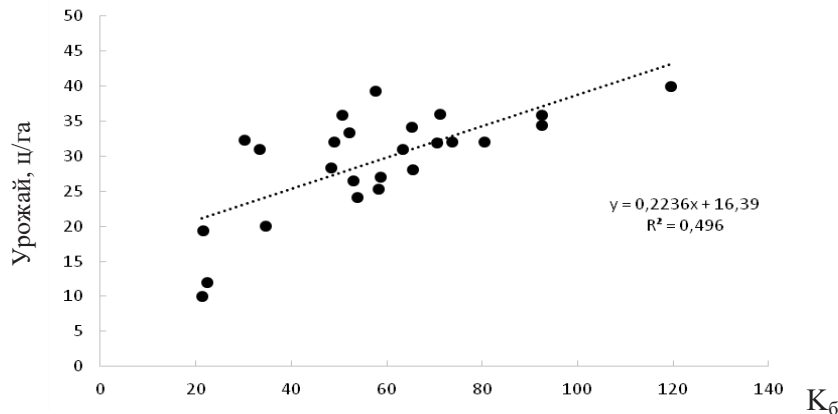


Рис. 3. Залежність урожаю озимої пшениці від показника біологічної маси озимої пшениці ( $K_6$ )

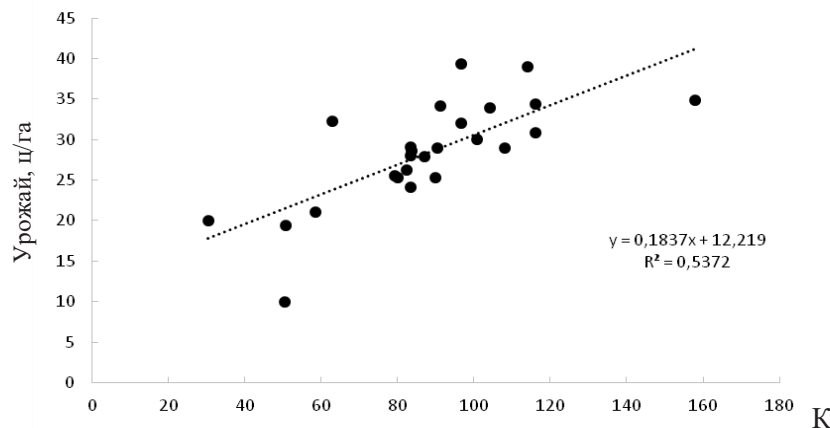


Рис. 4. Залежність урожаю озимої пшениці від показника ( $K$ ) продуктивності

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** На урожайність озимої пшениці на Одещині впливають: терміни посіву восени, стан на момент припинення вегетації, умови перезимівлі та умови весняно-літньої вегетації. Щорічні відхилення врожаю зумовлені впливом погодних умов, середня урожайність за лінією тренду визначає врожайність озимої пшениці за рахунок культури землеробства.

Для оцінки агрокліматичних умов формування врожаїв озимих пшениці на Одещині в період теплішого клімату розроблені три комплексні показники ( $K_y$ ): показник зволоження, показник біологічної продуктивності озимої пшениці ( $K_6$ ) і та агрокліматичний показник ( $K$ ). За значеннями агрокліматичного показника оцінені умови формування врожаїв озимої пшениці різного рівня: урожай 15 ц/га формується за значення агрокліматичного показника на рівні 30 відн. од, урожай 16–20 ц/га формується за

$K = 31–50$  відн. од, урожай 21–30 ц/га за  $K = 51–90$ , урожай вище 31 ц/га за  $K = 91–100$  відн.од.

Подальші дослідження полягають у врахуванні отриманих результатів при оцінці впливу змін клімату на продуктивність озимої пшениці в інших регіонах степової зони України та розробці методів прогнозу очікуваних врожаїв.

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:**

1. Бугай С. М. Озима пшениця на Україні. Київ : Урожай, 1995. 147 с.
2. Гребенюк Н., Корж Т., Яценко А. Нове про зміну глобального та регіонального клімату в Україні на початку XXI ст. / *Водне господарство України*. 2002, № 5–6. С. 56–62
3. Міщенко З. А., Кирнасівська Н. В. Агрокліматичні ресурси України і урожай : монографія. Одеса : Екологія, 2011. 296 с

4. Дмитренко В. П. Погода, клімат і врожай польових культур. Київ : Ніка—Центр, 2010. 618 с.

5. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Озима пшениця. Рослинництво : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2001. С. 183–210.

6. Нетіс І. Т. Озима пшениця в зоні Степу. Херсон, 2004. 154 с.

7. Нетіс І. Т. Пшениця озима на півдні України : монографія. Харків : Олдікліус, 2011. 352 с.

8. Степаненка С. М., Польового А. М. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах змін клімату. Одеса : ТЕС, 2018. 546 с.

9. Паламарчук В. Д., Поліщук І. С., Каленська С. М., Єрмакова Л. М. Біологія та екологія сільськогосподарських рослин : підручник. Вінниця, 2013, 724 с.

10. Польовий А. М., Божко Л. Ю. Біологічні і екологічні основи продуктивності агроєкосистем. Одеса : ТЕС, 2016. 280 с.

11. Барсукова О. А., Вінницька О. С. Моделювання впливу агрометеорологічних факторів на рівень потенційного врожаю озимої пшениці на станції Роздільна. Матеріали VII Міжнародної науково-практичної конференції «Актуальні питання аграрної науки», присвяченої 175-річчю заснування Уманського національного університету садівництва, 21 листопада 2019 р. / Редкол.: Непочатенко О.О. (відп. ред.) та ін. Київ : Видавництво «Основа», 2019. С.17–18.

12. Барсукова О. А., Вінницька О. С. Вплив агрокліматичних умов на динаміку приросту агроєкологічних категорій урожайності озимої пшениці в Полтавській області. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Наукові засади підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва», 30–31 жовтня 2019 р. у 2-хч., ч. 1. Харків : ХНАУ, 2019. С. 75–78.

13. Божко Л., Барсукова О., Вінницька О. Оцінка агрокліматичних ресурсів перезимівлі озимої пшениці в Степовій зоні України. Розвиток сучасної освіти і науки : результати, проблеми, перспективи. Том VII : Ідентичність і свобода в освіті та науці / [Ред.: Ян Гжесяк, Іван Зимомря, Василь Ільницький]. Конін – Ужгород – Бельско-Бяла – Київ : Посвіт, 2019. С. 219–221.

14. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія. Одеса : ТЕС, 2012. 628 с.

15. Польовий А. М., Кульбіда Н. І., Адаменко Т. І., Трофімова В. І. Моделювання впливу змін клімату на формування продуктивності озимої пшениці в Україні. Санкт-Петербург, Гидрометеоиздат, 2005, С. 191–218.

16. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Дронова О. О. Оцінка впливу кліматичних змін на сільське господарство України. *Українській гідрометеорологічній журналі*, 2011, №8. С. 84–91

17. Польовий А. М. Моделювання гідрометеорологічного режиму та продуктивності агроєкосистем : навчальний посібник. Київ : КНТ, 2007. 342с.

18. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Адаменко Т. І. Агрометеорологічні прогнози. Одеса : ТЕС, 2017. 508 с.

19. Corobov R. Estimations of climate change impacts on crop production in the Republic of Moldova / Corobov R. / *Geojournal*. Vol 57(3), 2002. P. 195–202.

20. Han<sup>1</sup> H., Li<sup>1</sup> Z., Ning<sup>1</sup> T., Zhang<sup>2</sup> X., Shan<sup>3</sup> Y., Bai<sup>1</sup> M. Radiation use efficiency and yield of winter wheat under deficit irrigation in North China. *Plant Soil Environ*. 54. 2008 (7). P. 313–319.

## REFERENCES:

1. Buhai S. M. (1995). *Ozyma pshenytsia na Ukraini* [Winter wheat in Ukraine]. Kyiv : Urozhai, 147 [in Ukrainian].

2. Hrebeniuk N., Korzh T., Yatsenko A. (2002). *Nove pro zminu hlobalnoho ta rehionalnoho klimatu v Ukraini na pochatku KhKhI st* [New information about the change in the global and regional climate in Ukraine at the beginning of the XXI century]. / *Vodne hospodarstvo Ukrainy*. 5–6. 56–62 [in Ukrainian].

3. Mishchenko Z. A., Kyrnasivska N. V. (2011). *Ahroklimatychni resursy Ukrainy i urozhai* [Agroclimatic resources of Ukraine and harvest] : monohrafiia. Odessa : Ekolohiia, 296 [in Ukrainian].

4. Dmytrenko V. P. (2010). *Pohoda, klimat i vrozhai polovykh kultur* [Weather, climate, and field crop yields]. Kyiv : Nika–Tsentr, 618 [in Ukrainian].

5. Zinchenko O. I., Salatenko V. N., Bilonozhko M. A. (2001). *Ozyma pshenytsia. Roslynnystvo* [Winter wheat. Crop production]. pidruchnyk. Kyiv : Ahrarna osvita, 183-210 [in Ukrainian].

6. Netis I. T. (2004). *Ozyma pshenytsia v zoni Stepu* [Winter wheat in the steppe zone]. Kherson, 154 [in Ukrainian].

7. Netis I. T. (2011). *Pshenytsia ozyma na pivdni Ukrainy* [Winter wheat in the south of Ukraine] : monohrafiia. Kharkiv : Oldiklius, 352 [in Ukrainian].

8. Stepanenka S. M., Polovyi A. M. (2018). *Klimatychni ryzyky funktsionuvannia haluzei ekonomiky Ukrainy v umovakh zmin klimatu* [Climate risks of functioning of Ukrainian economic sectors in the context of climate change]. Odessa : TES, 546 [in Ukrainian].

9. Palamarchuk V. D., Polishchuk I. S., Kalenska S. M., Yermakova L. M. (2013). *Biolohiia ta ekolohiia silskohospodarskykh roslyn* [Biology and ecology of agricultural plants]: pidruchnyk. Vinnytsia, 724 [in Ukrainian].

10. Polovyi A. M., Bozhko L. Yu. (2016). *Bioloichni i ekoloichni osnovy produktyvosti ahroekosystem* [Biological and ecological bases of productivity of agroecosystems.]. Odessa : TES, 280 [in Ukrainian].

11. Barsukova O. A., Vinnytska O. S. (2019). *Modeliuvannia vplyvu ahrometeorolohichnykh faktoriv na riven potentsiinoho vrozhaiu ozymoї pshenytsi na stantsii Rozdilna* [Modeling of the influence of agrometeorological factors on the level of potential winter wheat yield at the Razdelnaya station.]. *Materialy VII Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Aktualni pytannia ahranoi nauky», prysviachenoї 175-ričchiu zasnuvannia Umanskoho natsionalnoho universytetu sadivnytstva, 21 lystopada 2019 r. / Redkol.: Nepochatenko O.O. (vidp. red.) ta in. Kyiv : Vydavnytstvo «Osnova», 17–18 [in Ukrainian].*

12. Barsukova O. A., Vinnytska O. S. (2019). *Vplyv ahroklimatychnykh umov na dynamiku pryrostu ahroekolohichnykh katehorii urozhainosti ozymoї pshenytsi v Poltavskii oblasti* [Influence of agroclimatic conditions on the dynamics of growth of agroecological categories of winter wheat yield in the Poltava region.]. *Materialy III Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Naukovi zasady pidvyshchennia efektyvosti silskohospodarskoho vyrobnytstva», 30–31 zhovtnia 2019 r. u 2-khch., ch. 1. Kharkiv : KhNAU, 75–78 [in Ukrainian].*

13. Bozhko L., Barsukova O., Vinnytska O. (2019). Otsinka ahroklimatychnykh resursiv perezymivli ozymoi pshenytsi v Stepovii zoni Ukrainy [Assessment of agroclimatic resources of overwintering winter wheat in the steppe zone of Ukraine]. *Rozvytok suchasnoi osvity i nauky : rezultaty, problemy, perspektyvy*. Tom VII : Identychnist i svoboda v osviti ta nautsi / [Red.: Yan Gzhesiak, Ivan Zymomria, Vasyl llynytskyi]. Konin – Uzhhorod – Bielsko-Biala – Kyiv : Posvit, 219-221 [in Ukrainian].
14. Polovyi A. M. (2012). Silskohospodarska meteorohiia [Agricultural Meteorology]. Odesa : TES, 628 [in Ukrainian].
15. Polovyi A. M., Kulbida N. I., Adamenko T. I., Trofimova V. I. (2005). Modeliuvannia vplyvu zmin klimatu na formuvannia produktyvnosti ozymoi pshenytsi v Ukraini [Modeling the impact of climate change on the formation of winter wheat productivity in Ukraine.]. Sankt-Peterburh, Hydrometeoyzdat, 191–218 [in Ukrainian].
16. Polovyi A. M., Bozhko L. Iu., Dronova O. O. (2011). Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na silske hospodarstvo Ukrainy [Assessment of the impact of climate change on agriculture in Ukraine.]. *Ukrainskii hidrometeorolohichnyi zhurnal*, 8. 84–91 [in Ukrainian].
17. Polovyi A. M. (2007). Modeliuvannia hidrometeorolohichnoho rezhymu ta produktyvnosti ahroekosystem [Modeling of Hydrometeorological regime and productivity of agroecosystems] : navchalnyi posibnyk. Kyiv : KNT, 342 [in Ukrainian].
18. Polovyi A. M., Bozhko L. Iu., Adamenko T. I. (2017). Ahrometeorolohichni prohnozy [Agrometeorological forecasts]. Odesa : TES, 508 [in Ukrainian].
19. Corobov R. (2002). Estimations of climate change impakts on crop production in the Republic of Moldova / Corobov R. / *Geojournal*. 57(3), 195–202
20. Han<sup>1</sup> H., Li<sup>1</sup> Z., Ning<sup>1</sup> T., Zhang<sup>2</sup> X., Shan<sup>3</sup> Y., Bai<sup>1</sup> M. (2008). Radiation use efficiency and yield of winter wheat under deficit irrigation in North China. *Plant Soil Environ*. 54. (7). 313–319