

## ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА АГРАРНЕ ВИРОБНИЦТВО ОБЛАСТЕЙ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

*Проаналізовано вплив кліматичних змін на сільське господарство Українського Полісся. Виявлено культури, урожайність яких характеризується найвищим рівнем залежності від кліматичних умов, схарактеризовано причини цієї залежності. Доведено, що найбільший вплив на урожайність мають термічні чинники. Окреслено перспективи подальшого розвитку аграрної галузі регіону, виділено основні кліматичні ризики, які можуть загрожувати її функціонуванню.*

**Ключові слова:** зміна клімату, сільське господарство, зміна кліматичних умов, трансформація аграрного виробництва.

**Постановка науково-практичної проблеми.** В останні десятиріччя, на тлі глобального потепління клімату, на території України відбулась трансформація кліматичних умов яка стала тригером структурних перебудов у вітчизняному аграрному секторі. Серед іншого, кліматичні зміни спричинили зростання частки теплолюбних та посухостійких культур, спровокували появу дефіциту зволоження у низці південних і центральних областей України, зумовили зниження урожайності тих видів рослин, для яких новий рівень термічного впливу виявився надмірним [8, 9]. Оскільки усі основні кліматичні моделі прогнозують подальше потепління клімату території України [18], можна зробити припущення, що ступінь впливу кліматичних умов на вітчизняний аграрний сектор збережеться чи навіть посилиться у майбутньому, що зумовить подальшу трансформацію галузі. У зв'язку з цим в останні роки особливої актуальності набули дослідження, що висвітлюють вплив кліматичних змін на сільськогосподарське виробництво й трансформаційні процеси у ньому. У цьому дослідженні розглядається вплив кліматичних змін на сільське господарство Полісся.

**Актуальність і новизна дослідження.** Більшість робіт, що досліджують вплив кліматичних змін на вітчизняний аграрний сектор, характеризуються вузькою спрямованістю. Вплив кліматичних змін на процес аграрного виробництва переважно висвітлюється у розрізі конкретної сільськогосподарської культури, а територіальне охоплення не перевищує площі окремої області або навіть району. Примітно, що полігоном дослідження нерідко виступають адміністративні одиниці, а не території зі спільною сільськогосподарською спеціалізацією й подібними географічними (в т.ч. кліматичними) умовами. Крім того, більшість дослідників уникають порівняльних оцінок впливу різних кліматичних чинників, аналізуючи значення одного чи, в кращому випадку, групи споріднених кліматичних чинників. Завданням

цього дослідження є виправлення означених вище недоліків.

Вибір Полісся як полігону дослідження зумовлений декількома причинами. По-перше, серед усіх фізико-географічних районів України саме Полісся вирізняється найбільшою швидкістю кліматичних змін й, як наслідок, значним впливом кліматичного чинника на трансформацію сільськогосподарського виробництва. По-друге, розуміння динаміки кліматичних змін та їх впливу на сільське господарство Полісся може сприяти впровадженню своєчасних заходів адаптації галузі до нових умов функціонування. Своєю чергою, вчасно вжиті заходи адаптації здатні забезпечити сільське господарство Полісся від негативних наслідків зміни клімату подібних до тих, що вже відбулись у низці південних й центральних областей України [13, 2]. По-третє, вплив кліматичних змін на сільське господарство істотно варіюється залежно від фізико-географічних умов регіону та від його сільськогосподарської спеціалізації, тому для дослідження слід обирати регіони з подібними кліматичними умовами й спеціалізацією аграрного виробництва. Одним з таких регіонів є Українське Полісся.

**Мета статті** – проаналізувати характер та ступінь впливу кліматичних умов на урожайність основних сільськогосподарських культур у зоні Полісся, й на основі цього аналізу окреслити перспективи розвитку аграрної галузі регіону в умовах змін клімату.

**Зв'язок теми статті з важливими науково-практичними завданнями.** Стаття охоплює низку науково-практичних проблем що досліджуються як економіко-географами, так й кліматологами та представниками аграрних наук. Одним із найголовніших завдань дослідження є аналіз впливу кліматичних чинників на продуктивність основних сільськогосподарських культур, що дозволяє виділити загальні закономірності впливу кліматичних умов на сільське господарство Полісся. Своєю чергою, розуміння загальних закономірностей впливу

кліматичних умов на процеси аграрного виробництва є ключовою передумовою розробки ефективної стратегії адаптації аграрного сектора регіону. Можливість напрацювати дієву стратегію адаптації та ефективно пристосувати сільськогосподарське виробництво Полісся до нових кліматичних реалій дозволяє уникнути негативних наслідків зміни клімату, що є особливо важливим, враховуючи великий внесок аграрного комплексу в економіку регіону. Розуміння того, як зміни кліматичних умов впливають на урожайність певної сільськогосподарської культури, дозволяє вживати адаптаційні заходи не лише на рівні органів державної влади, але й на рівні окремих виробників сільськогосподарської продукції, сприяє впровадженню інноваційних практик ведення сільськогосподарського виробництва та розвитку здорової конкуренції між агровиробниками.

**Аналіз останніх публікацій за темою дослідження.** Проблемі залежності аграрного виробництва від кліматичних змін присвячені роботи як вітчизняних, так і закордонних авторів. Загальні закономірності впливу кліматичних змін на український аграрний сектор й основні загрози, пов'язані з ними, аналізуються у працях М. Приходька та Н. Майданович [13, 9]. Заслугує на увагу спроба висвітлити економічні аспекти впливу кліматичних змін на підприємства вітчизняного аграрного сектору, здійснена Н. Давиденко, О. Жовніренко та Б.Максименко [5]. Серія публікацій за авторством вітчизняних дослідників розглядає питання залежності окремих сільськогосподарських культур від кліматичних чинників. Так, в останніх дослідженнях висвітлено вплив кліматичних змін на урожайність соняшника [11], пшениці [4], жита [14] та кукурудзи [12]. Ключовим наслідком зміни клімату й основним заходом адаптації аграрного сектора України присвячено низку аналітичних доповідей [8, 1, 18].

**Методи дослідження.** Базовим періодом для дослідження обрано 2011 – 2020 роки, за які було зібрано інформацію про урожайність основних сільськогосподарських культур й кліматичні умови у шести областях, які традиційно відносять до зони Полісся [15]. Основними називаємо одинадцять сільськогосподарських культур, що займають найбільші посівні площі у зоні Полісся й/або характеризуються найбільшими обсягами виробництва. Для усіх одинадцяти основних культур обчислено інтегральні показники урожайності. Інтегральний показник урожайності кожної сільськогосподарської культури розраховувався як середньоарифметичне від шести регіональних показників урожайності цієї культури. При аналізі залежності

аграрного виробництва від кліматичних чинників інтегральні показники урожайності розглядалися як залежні змінні. Незалежні змінні репрезентовані сімома агрокліматичними чинниками, чотири з яких характеризують термічний режим території, три – режим зволоження. Для незалежних змінних також були обраховані інтегральні (середні для зони Полісся) значення. Під час порівняльної оцінки впливу кліматичних й антропогенних чинників як додаткова незалежна змінна використовувався обсяг внесених мінеральних добрив. Інформація про рівні урожайності та обсяги внесених мінеральних добрив була отримана у Державній службі статистики України [7]. Для отримання метеорологічної інформації використано дані дев'яти гідрометеорологічних станцій розміщених у зоні Полісся [10].

Для оцінки ступеня і характеру впливу кліматичних умов на рівень урожайності використовувався метод парної кореляції. При обчисленні кореляції між кліматичними чинниками та урожайністю, сільськогосподарські культури були умовно поділені на дві групи: 1) зернові та 2) технічні та овочеві. Кореляційний аналіз проводився за допомогою табличного процесора Microsoft Excel. Отримані коефіцієнти кореляції використовувались для побудови регресійних моделей урожайності основних сільськогосподарських культур. При побудові регресії урожайності цієї чи іншої сільськогосподарської культури відбиралися два-три чинники, з якими рівень урожайності цієї культури корелює найбільше. Як відомо, спільні за походженням чинники нерідко характеризуються взаємною кореляцією (мультиколінеарністю), що може спотворювати результати аналізу [14, 16]. Тому при побудові регресійних моделей проводилося видалення мультиколінеарних чинників. До прикладу, підвищення середньої температури вегетаційного періоду взаємно корелює зі зростанням середньорічної температури, тому у регресійну модель включався лише один з двох чинників. Зазвичай регресійна модель містила один термічний чинник та один чинник режиму зволоження, за наявності відповідної статистичної інформації у модель урожайності також додавався обсяг внесених мінеральних добрив. Для обчислення множинної лінійної регресії та візуалізації отриманих результатів використано модуль `linear_model` з бібліотеки Python `sklearn`. Візуалізація отриманих результатів проводилася за допомогою модуля `pyplot` бібліотеки Python `matplotlib`.

Для отримання прогностичних рівнів урожайності використовувались результати регресійного аналізу та метод трендового моделю-

вання. Обчислення прогнозних рівнів урожайності відбувалося у два етапи. Спочатку методом трендового моделювання визначались прогнозні значення регресорів, під якими ми розуміємо прогнозні значення чинників, що найбільше впливають на урожайність певної сільськогосподарської культури й використовувались у регресійній моделі її урожайності. Якщо у базовий період значення чинника характеризувалися сталим трендом, тобто мали тенденцію до зменшення чи зростання – використовувався метод лінійного тренду. Якщо ж зміни певного чинника в часі відбувалися неоднорідно – використовувався квадратичний тренд. Трендове моделювання проводилось за допомогою табличного процесора Microsoft Excel. На другому етапі використовувалась функція predict що належить до бібліотеки Python sklearn. Для отримання прогнозних значень урожайності, у функцію predict підставлялись масиви прогнозних значень регресорів. Своєю чергою, функція повертала прогнозні

значення урожайності, враховуючи при цьому внески регресорів у формування дисперсії урожайності. Візуалізація отриманих результатів проводилась за допомогою модуля pyplot.

**Виклад основного матеріалу.** Результати обчислення кореляційної залежності між кліматичними чинниками та урожайністю зернових, технічних та овочевих культур представлені у таблицях 1 і 2. Чинники, що найбільше впливають на урожайність певної сільськогосподарської культури, виділені курсивом. Проаналізувавши отримані індекси кореляції можемо стверджувати, що характер та ступінь впливу кліматичних чинників на рівень урожайності істотно варіюється залежно від виду культури. Так, рівні урожайності пшениці та ячменю мають значну ( $r \geq 0,5$ ) кореляцію одразу з п'ятьма кліматичними чинниками. Натомість урожайність ріпаку, картоплі, проса та кукурудзи істотно корелює лише з одним кліматичним чинником, а урожайність сої – з жодним із них.

Таблиця 1

**Вплив кліматичних чинників на урожайність зернових культур (значення r)**

Показник	Назва сільськогосподарської культури					
	Пшениця	Ячмінь	Жито озиме	Кукурудза	Овес	Просо
Середньорічна температура повітря	0,694	0,700	<i>0,805</i>	0,191	<i>0,641</i>	0,705
Середня температура періоду вегетації	0,602	0,707	0,504	0,264	0,588	0,376
К-сть днів з екстремально високою температурою повітря	0,195	0,289	0,042	<i>-0,546</i>	0,340	-0,251
Сума температур вегетаційного періоду	0,592	0,693	0,498	0,278	0,570	0,378
Середньорічна кількість опадів	-0,560	-0,602	-0,422	-0,258	-0,392	-0,368
К-сть опадів у вегетаційний період	-0,720	<i>-0,804</i>	-0,592	-0,143	-0,500	-0,455
Тривалість бездощових періодів	-0,253	-0,101	-0,171	-0,278	-0,198	-0,107
Обсяг внесених мінеральних добрив	<i>0,777</i>	-	-	0,517	-	-

Таблиця 2

**Вплив кліматичних чинників на урожайність технічних та овочевих культур (значення r)**

Показник	Назва сільськогосподарської культури				
	Соняшник	Картопля	Цукровий буряк	Соя	Ріпак
Середньорічна температура повітря	0,775	<i>-0,812</i>	0,158	0,177	0,442
Середня температура періоду вегетації	0,463	-0,231	<i>0,677</i>	0,343	0,368

К-сть днів з екстремально високою температурою повітря	-0,096	0,089	0,263	-0,466	0,321
Сума температур вегетаційного періоду	0,461	-0,229	0,673	0,346	0,366
Середньорічна кількість опадів	-0,570	0,275	-0,381	-0,180	-0,406
К-сть опадів у вегетаційний період	-0,678	0,458	-0,670	0,312	-0,552
Тривалість бездошових періодів	-0,175	0,145	-0,129	-0,314	-0,402
Обсяг внесених мінеральних добрив	0,824	-0,194	0,295	-	-

Спираючись на дані, наведені у табл. 1 можна констатувати, що рівень урожайності зернових культур визначається переважно термічними чинниками, ключовими з яких є середньорічна температура повітря й середня температура періоду вегетації. При цьому урожайність усіх зернових, окрім кукурудзи, має пряму кореляцію зі зростанням температури повітря. Позитивний вплив, який зростання теплозабезпеченості Полісся чинить на урожайність більшості зернових культур, пояснюється низкою причин. По-перше, загальне потепління клімату призводить до більш раннього переходу порогу вегетації навесні й, відповідно, до зростання тривалості періоду вегетації. Своєю чергою, зростання тривалості періоду вегетації сприяє кращому визріванню урожаю [13, 4]. По-друге, на збільшення урожайності зернових позитивно впливає збільшення обсягу сонячної радіації, що також призводить до покращення умов вегетації зернових [9, 19]. По-третє, підвищення середньої температури зимових місяців сприяє підвищенню стабільності урожаїв озимих культур шляхом зменшення ризику вимерзання [13].

Серед усіх зернових культур слід окремо виділити кукурудзу, урожайність якої характеризується істотною ( $r=-0,546$ ) зворотною кореляцією із кількістю днів з екстремально високою температурою повітря, й не має статистично значущої кореляції з іншими кліматичними чинниками. Базуючись на відсутності позитивної кореляції між підвищенням температури повітря й зростанням урожайності кукурудзи можна припустити, що термічні умови Полісся вже наблизились до біологічного оптимуму цієї культури. Відповідно, додаткове зростання температури вже не призводить до покращення умов вегетації кукурудзи й підвищення її урожайності. Натомість зростання температури повітря до екстремальних значень чинить на пагони кукурудзи надмірний термічний вплив й здатне провокувати зниження її урожайності. Можемо припустити, що в умовах подальшого зростання температури повітря подібні тенденції можуть проявитися і для інших культур, які наразі позитивно реагують на потепління клі-

мату. При збільшенні термічного впливу на пагони цих культур можна очікувати зменшення позитивного відгуку, а при переході певних граничних значень температури – зворотного ефекту у вигляді зниження урожайності.

Проаналізувавши вплив кліматичних чинників на урожайність технічних та овочевих культур (табл. 2) слід відзначити, що рівні урожайності цих культур менше залежать від термічних чинників, ніж рівні урожайності зернових. При цьому найважливішим чинником для цієї групи культур виступає кількість опадів у вегетаційний період. Від кількості опадів у вегетаційний період істотно залежать рівні урожайності ріпаку, соняшнику й цукрового буряку, при цьому для всіх трьох культур кореляція є зворотною. Як і для зернових культур, найважливішим термічним чинником залишається середньорічна температура повітря, з якої істотно корелюють рівні урожайності соняшника й картоплі. Природно, що рівень урожайності соняшника, який належить до теплолюбних культур, характеризується високою ( $r=0,775$ ) прямою кореляцією з середньорічною температурою повітря. Натомість урожайність картоплі в умовах потепління знижується, та має високу зворотну ( $r=-0,812$ ) кореляцію з середньорічною температурою. Зменшення урожайності картоплі внаслідок потепління клімату пояснюється несприятливим впливом високих температур на процес вегетації та клубнеутворення [6]. Рівень урожайності цукрового буряку позитивно реагує на зростання середньої температури періоду вегетації. Позитивний вплив зростання температури періоду вегетації на урожайність цієї культури можемо пояснити наступним. На відміну від інших регіонів країни, зростання температури у зоні Полісся здебільшого не призводить до появи дефіциту вологи в ґрунті, водночас достатньо високі температури періоду вегетації знижують ризик промерзання ґрунту в насінневій лунці що, як відомо, негативно впливає на розвиток коренеплоду цукрового буряку [2, 3].

Встановивши внесок кліматичних умов у формування рівня урожайності, можемо порівняти його із впливом чинників антропогенного,

організаційно-господарського походження. Оскільки з усього комплексу організаційно-господарських заходів лише частина має кількісний вимір, а також через брак необхідної статистичної інформації, єдиним індикатором антропогенного впливу на урожайність, використаним у дослідженні, є обсяг внесених мінеральних добрив. Відповідні показники були отримані для пшениці, соняшнику, кукурудзи, картоплі й цукрового буряку. Дослідивши залежність урожайності цих культур від обсягу внесених мінеральних добрив методом парної кореляції (табл. 1, 2), можемо констатувати, що від кількості внесених мінеральних добрив істотно залежать рівні урожайності соняшника, пшениці та кукурудзи. Не зважаючи на те, що урожайність пшениці та соняшника значною мірою визначається термічними чинниками, саме обсяг внесених мінеральних добрив має найбільший вплив на рівні урожайності цих культур ( $r=0,777$  та  $r=0,824$  відповідно). Натомість урожайність картоплі й цукрового буряку не

має статистично значущої кореляції з кількістю внесених мінеральних добрив. Відсутність значущої кореляції між рівнем урожайності картоплі та обсягом внесених мінеральних добрив можемо пояснити тим фактом, що переважна частка урожаю картоплі збирається приватними господарствами, значна частина з яких не застосовують мінеральні добрива.

У табл. 3 представлені результати аналізу відносної значущості агрокліматичних чинників. Під залежними розуміємо сільськогосподарські культури, урожайність яких істотно корелює з даним чинником. Під середнім значенням коефіцієнта кореляції розуміємо середньоарифметичне від коефіцієнтів кореляції між кліматичним чинником та рівнями урожайності усіх 11 сільськогосподарських культур. У дужках подано значення  $r$ , визначене як середньоарифметичне від коефіцієнтів кореляції між агрокліматичним чинником, та рівнями урожайності тих культур, урожайність яких має з ним значну ( $r \geq 0,5$ ) кореляцію.

Таблиця 3

**Вплив агрокліматичних чинників на урожайність**

№	Назва чинника	Залежні культури	Середні значення $r$
1.	Середньорічна температура повітря	Пшениця, ячмінь, жито озиме, овес, просо, соняшник, картопля	0,555 (0,773)
2.	Кількість опадів у вегетаційний період	Пшениця, ячмінь, жито озиме, овес, соняшник, цукровий буряк, ріпак	0,535 (0,645)
3.	Середня температура вегетаційного періоду	Пшениця, ячмінь, жито озиме, овес, цукровий буряк	0,466 (0,513)
4.	Сума температур вегетаційного періоду	Пшениця, ячмінь, овес, цукровий буряк	0,462 (0,632)
5.	Середньорічна кількість опадів	Пшениця, ячмінь, соняшник	0,401 (0,577)
6.	Днів з екстремально високою температурою	Кукурудза	0,263 (0,546)
7.	Тривалість бездошових періодів	-	0,207 -

Проаналізувавши відносну значущість чинників можемо констатувати, що рівень урожайності основних сільськогосподарських культур передусім визначається середньорічною температурою повітря. Велику роль цього чинника можемо пояснити тим, що показник середньорічної температури репрезентує термічні умови не лише вегетаційного, але й холодного періоду. Таким чином, зростання середньорічної температури впливає на формування урожаю не лише ярих, але й озимих культур, в той час як зростання температури періоду вегетації – лише на урожайність ярих культур. Серед чинників режиму зволоження найбільш значущим є кількість опадів у вегетаційний період. Значення цього чинника пояс-

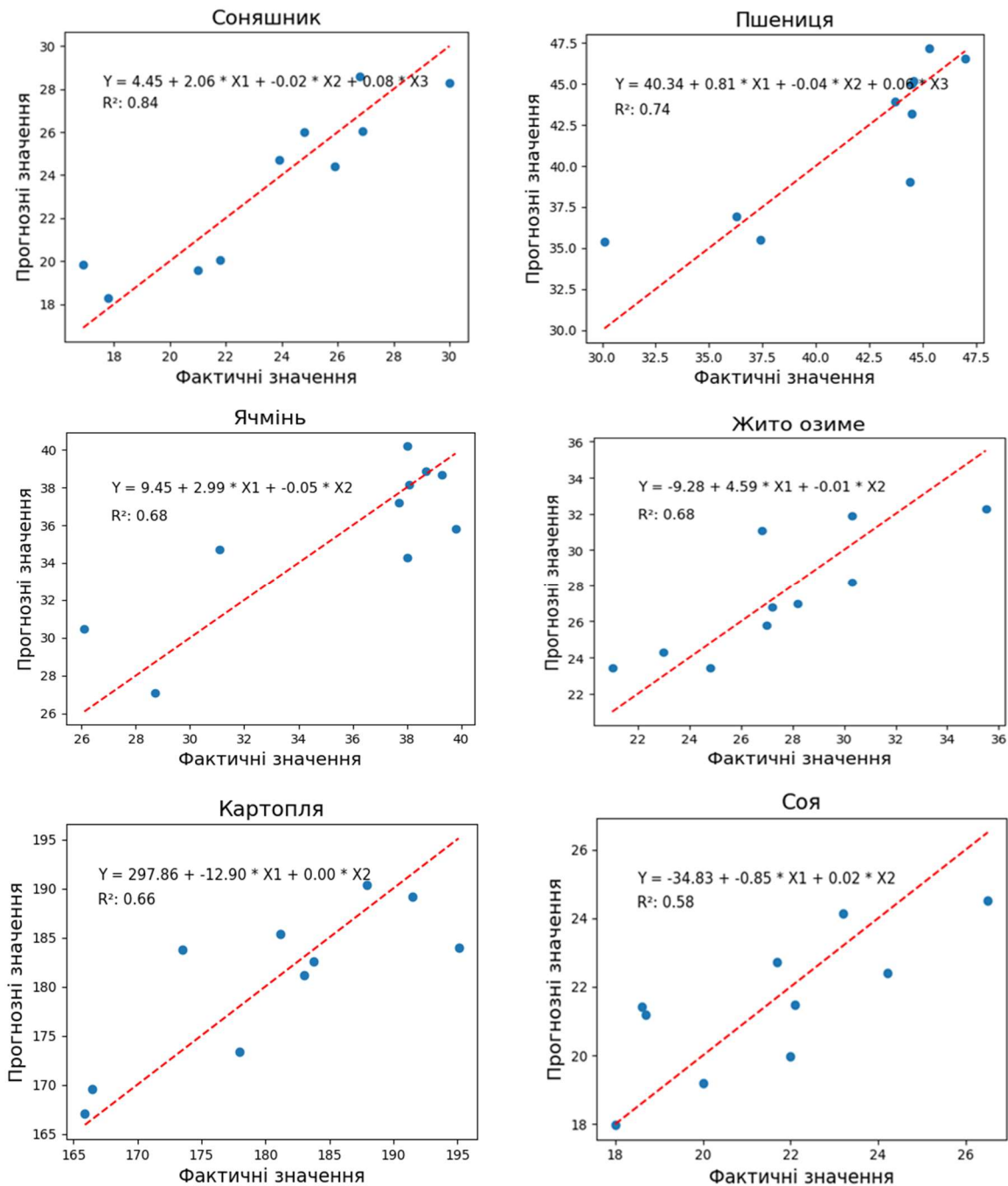
нюється тим фактом, що атмосферна волога поглинається рослинами саме впродовж періоду вегетації. При цьому за умови недостатнього розвитку зрошувальних систем саме обсяг опадів у вегетаційний період є вирішальним чинником який визначає обсяг вологи, доступний рослинам під час вегетації.

На рис. 1 показані результати регресійного аналізу урожайності восьми сільськогосподарських культур, для яких при обчисленні множинної регресії були отримані значення коефіцієнта детермінації не менші за  $R^2=0,5$ . У рівняннях регресії перший регресор ( $X_1$ ) відповідає термічному чиннику, другий регресор ( $X_2$ ) – чиннику що репрезентує режим зволоження, третій ( $X_3$ ) – обсягу внесених мінераль-

них добрив. Проаналізувавши результати регресійного аналізу урожайності можна зробити два основних висновки. По-перше, найвищими значеннями коефіцієнта детермінації характеризуються регресійні моделі, які складаються з трьох предикторів й, окрім двох кліматичних чинників, використовують обсяг внесених мінеральних добрив. Регресійні моделі, що базуються виключно на кліматичних чинниках, характеризується низьким значенням коефіцієнта детермінації й не можуть успішно використовуватись з метою прогнозування динаміки урожайності. По-друге, найбільший вплив на урожайність основних сільськогоспо-

дарських культур мають термічні чинники, при цьому підвищення температури повітря позитивно впливає на урожайність усіх основних культур за виключенням картоплі та сої. Таким чином, дані регресійного аналізу підтверджують результати, отримані за допомогою методу парної кореляції.

Базуючись на регресійних моделях урожайності восьми сільськогосподарських культур й використовуючи прогнозні значення кліматичних показників, отримані шляхом трендового моделювання, можемо спрогнозувати десятирічну динаміку урожайності цих культур (рис. 2).



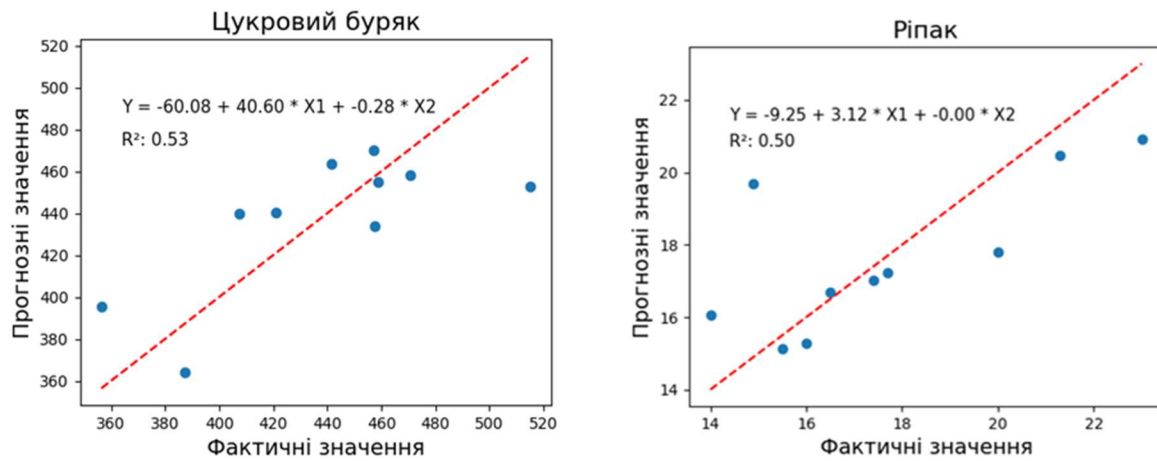
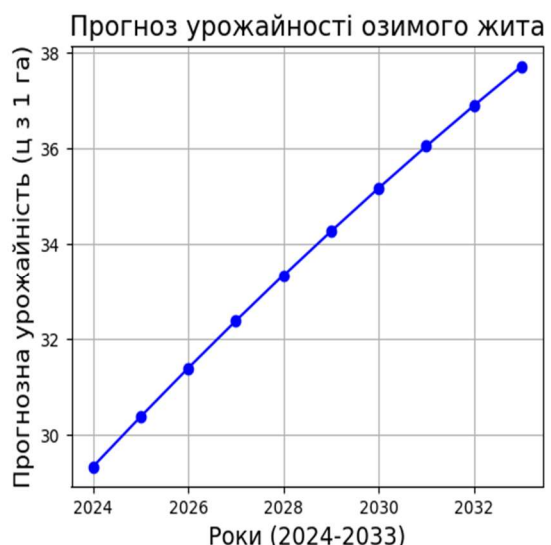
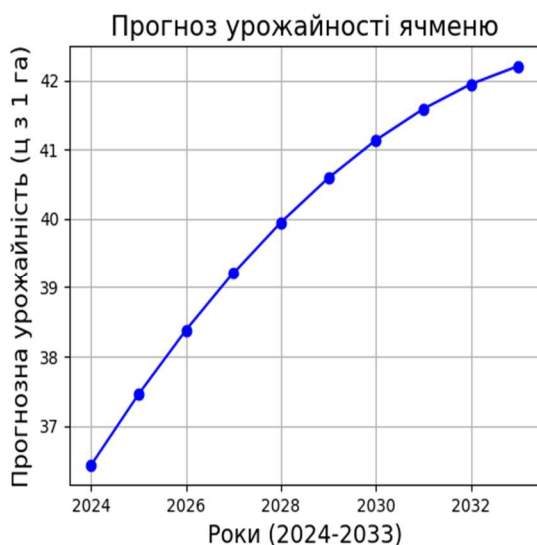
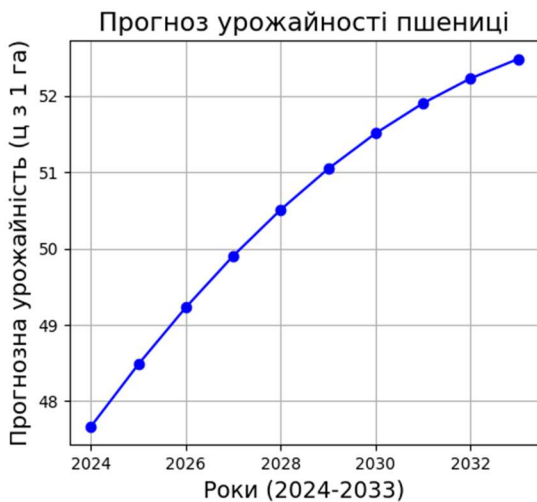


Рис. 1. Результати регресійного аналізу впливу кліматичних чинників на урожайність

Результати моделювання свідчать, що у найближче десятиріччя можна очікувати зростання урожайності усіх сільськогосподарських культур за виключенням картоплі, урожайність якої у найближче десятиріччя впаде на 13%. При цьому найбільші темпи зростання урожайності прогноуються для сої, озимого жита

та соняшника, урожайність яких до 2032 року може зрости на 60, 26 та 18 відсотків відповідно. Необхідно підкреслити, що прогнозна модель не враховує низку викликів, що з великою долею імовірності постануть перед аграрною галуззю регіону в умовах змін клімату.



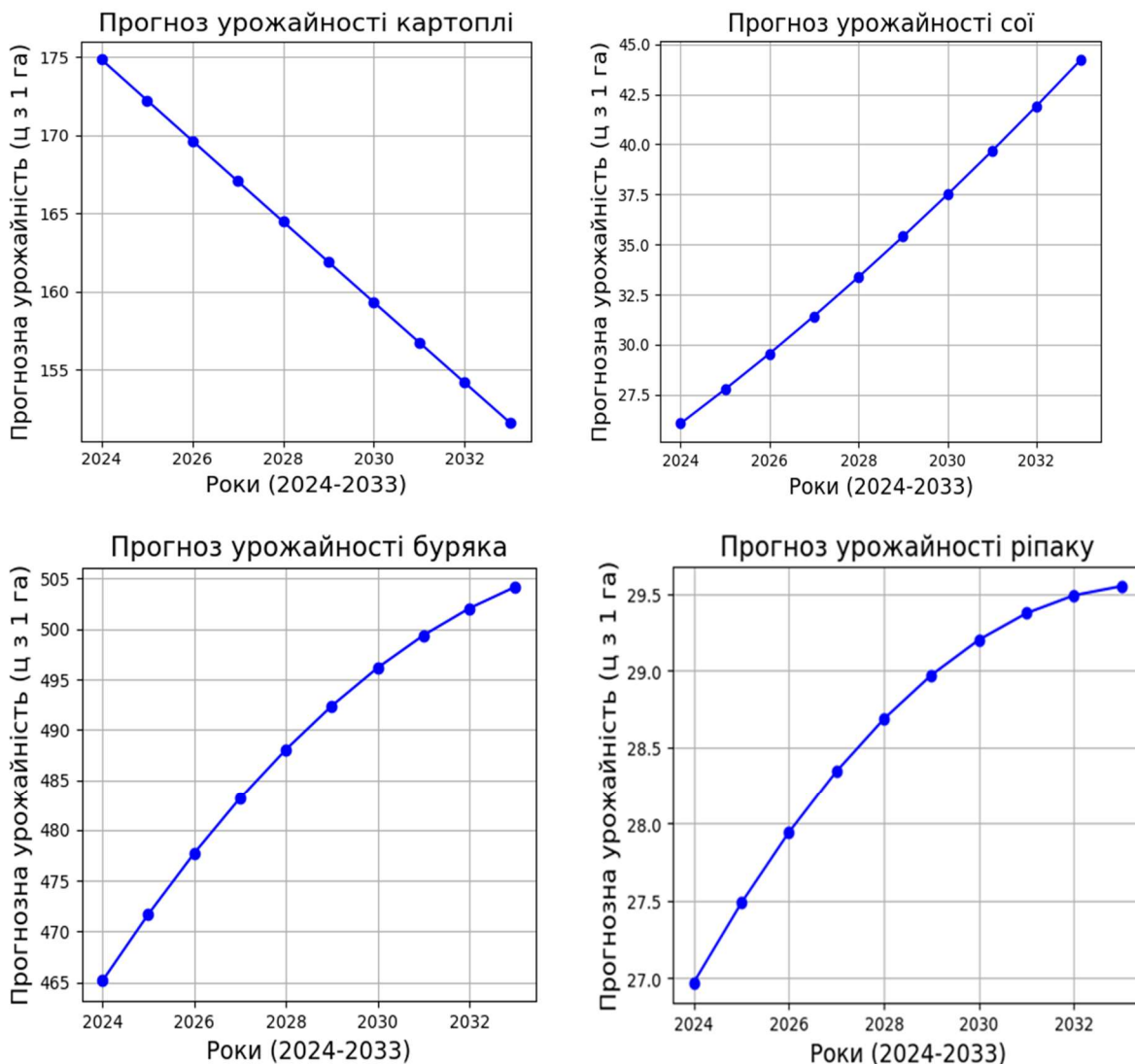


Рис. 2. Прогнозна урожайність на 2024-2033 роки

Так, через прагнення максимізувати прибутку, агровиробники можуть вдаватися до екстенсивного розорювання земель та вирощування теплолюбних та посухостійких культур на кшталт соняшника чи сої. Оскільки більшість таких рослин належить до групи ґрунтовиснажуючих, неконтрольоване їх вирощування може призвести до деградації угідь й, як наслідок, до погіршення родючості ґрунту і зниження урожайності вирощуваних культур. Головним запобіжником цьому є дотримання практики сівозмін та посилення контролю з боку держави. Ще одним викликом, що імовірно постане перед сільським господарством Полісся в нових кліматичних реаліях є потреба у впровадженні зрошувальних систем, адже зростання температури повітря провокуватиме посилене випаровування та може призвести до дефіциту вологи. Нарешті, зростання весняних температур здатне спровокувати передчасну появу пагонів озимих культур що потенційно підвищить їх вразливість до приморозків.

**Висновки.** Кліматичні умови істотно

впливають на рівень урожайності переважної більшості сільськогосподарських культур що вирощуються у зоні Полісся. При цьому найбільший вплив на урожайність мають термічні чинники, ключовими з яких є середньорічна температура повітря й середня температура періоду вегетації. Репрезентоване цими чинниками зростання теплозабезпеченості Полісся призводить до збільшення урожайності більшості зернових, технічних та овочевих культур, вирощуваних у регіоні. Таким чином, пов'язане з глобальними кліматичними змінами потепління, загалом позитивно впливає на сільськогосподарське виробництво Полісся. Зважаючи на те, що основні кліматичні моделі прогнозують подальше підвищення температури повітря, можемо стверджувати, що термічні умови й надалі залишатимуться важливим чинником, який визначатиме рівень урожайності основних сільськогосподарських культур й сприятиме подальшій трансформації аграрного виробництва Полісся.

Умови режиму зволоження впливають на



урожайність основних сільськогосподарських культур дещо менше, ніж термічні умови. При цьому зростання кількості опадів негативно позначається на продуктивності усіх основних культур за виключенням картоплі та сої, урожайність яких має незначну пряму кореляцію з кількістю опадів. Найважливішими серед чинників режиму зволоження є кількість опадів у вегетаційний період та середньорічна кількість опадів. З огляду на кліматичні прогнози, згідно з якими кількість опадів на Поліссі практично не зміниться у майбутньому, а також на менший, порівняно з термічними умовами, рівень впливу режиму зволоження на урожайність, можна очікувати, що зміни кількості опадів не матимуть істотного впливу на процес трансформації аграрного виробництва Полісся.

Аналізуючи перспективи подальших досліджень впливу кліматичних змін на аграрний сектор, можемо виділити наступні проблеми та напрями, які потребують ретельного висвітлення з боку дослідників. По-перше, враховуючи різну динаміку кліматичних змін та істотні відмінності у сільськогосподарській спеціалізації регіонів, комплексні дослідження, подібні до цього, доцільно провести й для інших фізико-географічних зон України. По-друге, прогнозування впливу кліматичних умов на урожайність бажано здійснювати методами, що не передбачають використання часової екстраполяції, адже в майбутньому слід очікувати вихід деяких кліматичних показників за межі біологічного оптимуму рослин. Наприклад, зростання температури періоду вегетації, що зараз при-

зводить до збільшення урожайності пшениці, при переході граничних значень може мати зворотний ефект і призводити до зниження урожайності. По-третє, детального висвітлення потребує проблема залежності аграрного виробництва не лише від кількості опадів, а й від характеру їх випадання. Навіть за умови незмінності загальної кількості опадів, такі процеси як збільшення частки опадів зливого характеру або зміна сезонного розподілу опадів, можуть істотно вплинути на сільськогосподарське виробництво. Надійних методик, спрямованих на оцінку впливу характеру випадання опадів на аграрне виробництво, не було вироблено й до сьогодні.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Відомості, отримані в ході цього дослідження, можуть допомогти органам державної влади та фермерам приймати обґрунтовані рішення, спрямовані на забезпечення стійкості сільськогосподарського виробництва Полісся в умовах змін клімату. Результати дослідження можна використовувати при розробці адаптаційних стратегій, спрямованих на підвищення урожайності основних сільськогосподарських культур та підтримку продуктивності аграрного виробництва, таким чином підтримуючи економічну стабільність регіону та його продовольчу безпеку. Результати дослідження також можуть бути використані в інформаційно-просвітницьких цілях і слугувати надійною базою для подальшого вивчення впливу змін клімату на процес аграрного виробництва.

#### Література:

1. Балабух В. О., Шлясний П., Лапін М. Поточна зміна клімату, її вплив та наслідки на національному і регіональному рівнях. Карпатський інститут розвитку, Агентство сприяння сталому розвитку Карпатського регіону «ФОРЗА». 2015. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326319907\\_Potocna\\_zmina\\_klimatu\\_ii\\_vpliv\\_ta\\_naslidki\\_na\\_nacionalnomu\\_i\\_regionalnomu\\_rivniah](https://www.researchgate.net/publication/326319907_Potocna_zmina_klimatu_ii_vpliv_ta_naslidki_na_nacionalnomu_i_regionalnomu_rivniah). (дата звернення: 11.01.2023).
2. В умовах сучасних змін клімату рівень зволоження на території України є головним чинником, який обмежує продуктивність рослинництва та потенціал землеробства. URL: <http://naas.gov.ua/slide/v-umovakh-suchasnikh-zm-n-kl-matu-r-ven-zvolozhennya-na-teritor-ukra-ni-golovnim-chinnikom-yakiy-obmju>. (дата звернення: 15.12.2023).
3. Вирощування цукрових буряків в умовах майбутніх кліматичних змін (частина 1). URL: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/virosuvanna-cukrovih-burakiv-v-umovah-majbutnih-klimaticnih-zmin-castina-1>. (дата звернення: 25.12.2023).
4. Грицюк П. М., Бабич Т. Ю., Красько Б. В. Класифікаційні методи прогнозування врожайності. Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. Хмельницький, 2022. № 3 (309). С. 209–216. DOI: <http://doi.org/10.31891/2307-5732>.
5. Давиденко, Н., Жовніренко, О., Максименко, Б. (2021). Вплив зміни клімату на інвестиційну привабливість підприємств аграрного сектору. Економіка та суспільство, (33). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-64>. (дата звернення: 12.01.2023).
6. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. (дата звернення: 15.11.2021).
7. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації: аналіз. Доповідь. [С.П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. – К. : НІСД, 2020. – 110 с.
8. Майданович Н. Про вплив кліматичних змін на агросферу України: огляд / Новітні технології в АПК: дослідження та управління. Вип. 27 (41), 2020. С. 162-175.
9. Погода в Україні в 23208 населених пунктах. URL: [https://rp5.ua/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0\\_%D0%B2\\_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0\\_%D0%B8%D0%BD%D0%B5](https://rp5.ua/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0_%D0%B2_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0_%D0%B8%D0%BD%D0%B5). (дата звернення: 25.12.2021).
10. Польовий А.М., Божко Л.Ю., Барсукова О.А. Агрокліматичні аспекти продуктивності соняшника Одещини в умовах потепління клімату / Екологічні науки. №5 (44). 2022. С. 249-254. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.38>.
11. Польовий А.М., Костюкевич Т.К., Толмачова А.В., Жигайло О.Л. Вплив кліматичних змін на формування продуктивності

- кукурудзи в західному Лісостепу України / Вісник аграрної науки Причорномор'я. 2021. Вип. 1. С. 29-36. DOI: 10.31521/2313-092X/2021-1(109).
12. Приходько М. Ф. Небезпека кліматичних змін та їх вплив на аграрний сектор України [Електронний ресурс]. Aktuelle Themen im Kontext der Entwicklung der modernen Wissenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, (Dresden, 23 Januar, 2019). - Dresden : NGO «Europäische Wissenschaftsplattform», 2019. - В. 9. - Р. 98-103.
  13. Рижук С. М., Мельничук А. О., Савчук О. І., Кочик Г. М., Приймачук Т. О. Ефективність вирощування жита озимого на осушуваних ґрунтах Полісся в умовах змін клімату // Вісник аграрної науки. Аерологія, радіологія, меліорація. Житомир, 2021. № 8 (821). С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-09>.
  14. Фізико-географічне районування України. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-1.html>. (дата звернення: 25.12.2022).
  15. Multicollinearity: Meaning, Examples, and FAQs. URL: <https://www.investopedia.com/terms/m/multicollinearity.asp>. (дата звернення: 26.12.2023).
  16. Stojiljković M. Linear regression in Python. URL: <https://realpython.com/linear-regression-in-python/>. (дата звернення: 20.12.2023).
  17. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. URL: [https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/services/government/met-office\\_climate-change-impacts-for-ukraine\\_report\\_08dec2021\\_english.pdf](https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/services/government/met-office_climate-change-impacts-for-ukraine_report_08dec2021_english.pdf). (дата звернення: 12.12.2023).
  18. Yang B., Wu S., Yan Z. Effects of Climate Change on Corn Yields: Spatiotemporal Evidence from Geographically and Temporally Weighted Regression Model / International journal of Geo-information, 2022, 11 (8), 433. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080433>.

### References:

1. Balabukh V. O., Shliashnyi P., Lapin M. Potocna zmina klimatu, yii vplyv ta naslidky na natsionalnomu i rehionalnomu rivniakh. Karpatskyi instytut rozvytku, Ahentstvo spryannia stalomu rozvytku Karpatskoho rehionu «FORZA». 2015. URL: [https://www.researchgate.net/publication/326319907\\_Potocna\\_zmina\\_klimatu\\_ii\\_vplyv\\_ta\\_naslidki\\_na\\_nacionalnomu\\_i\\_rehionalnomu\\_rivniakh](https://www.researchgate.net/publication/326319907_Potocna_zmina_klimatu_ii_vplyv_ta_naslidki_na_nacionalnomu_i_rehionalnomu_rivniakh). (data zvernennia: 11.01.2023).
2. V umovakh suchasnykh zmin klimatu riven zvolozhennia na terytorii Ukrainy ye holovnym chynnykom, yakyi obmezhuie produktyvnist roslynnytstva ta potentsial zemlerobstva. URL: <http://naas.gov.ua/slide/v-umovakh-suchasnykh-zm-n-kl-matu-r-ven-zvolozhennya-na-teritor-ukra-ni-golovnim-chinnikom-yakyi-obm/>. (data zvernennia: 15.12.2023).
3. Vyroshchuvannia tsukrovnykh buriakiv v umovakh maibutnykh klimatychnykh zmin (chastyna 1). URL: <http://www.ukrsugar.com/uk/post/virosuvanna-cukrovih-burakiv-v-umovah-majbutnih-klimatichnih-zmin-castina-1>. (data zvernennia: 25.12.2023).
4. Hrytsiuk P. M., Babych T. Yu., Krasko B, V. Klasyfikatsiini metody prohnozuvannia vrozhaivosti. Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Tekhnichni nauky. Khmelnytskyi, 2022. № 3 (309). S. 209–216. DOI: <http://doi.org/10.31891/2307-5732>.
5. Davydenko, N., Zhovnirenko, O., Maksymenko, B. (2021). Vplyv zminy klimatu na investytsiinu pryvablyvist pidpryiemstv ahrarnoho sektoru. Ekonomika ta suspilstvo, (33). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-33-64>. (data zvernennia: 12.01.2023).
6. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>. (data zvernennia: 15.11.2021).
7. Zmina klimatu: naslidky ta zakhody adaptatsii: analit. Dopovid. [S.P. Ivaniuta, O. O. Kolomiets, O. A. Malynovska, L. M. Yakushenko]; za red. S. P. Ivaniuty. –К. : NISD, 2020. – 110 s.
8. Maidanovych N. Pro vplyv klimatychnykh zmin na ahrosferu Ukrainy: ohliad / Novitni tekhnologii v APK: doslidzhennia ta upravlinnia. Vyp. 27 (41), 2020. S. 162-175.
9. Pohoda v Ukraini v 23208 naselenykh punktakh. URL: [https://rp5.ua/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0\\_%D0%B2\\_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B8%D0%BD%D0%B5](https://rp5.ua/%D0%9F%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%B4%D0%B0_%D0%B2_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D0%B8%D0%BD%D0%B5). (data zvernennia: 25.12.2021).
10. Polovyi A.M., Bozhko L.Iu., Barsukova O.A. Ahroklimatychni aspekty produktyvnosti soniashnyka Odeshchyny v umovakh poteplinna klimatu / Ekolohichni nauky. №5 (44). 2022. S. 249-254. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2022.eco.5-44.38>.
11. Polovyi A.M., Kostiyevych T.K., Tolmachova A.V., Zhyhailo O.L. Vplyv klimatychnykh zmin na formuvannia produktyvnosti kukurudzy v zachidnomu Lisostepu Ukrainy / Visnyk ahrarnoi nauky Prychornomoria. 2021. Vyp. 1. S. 29-36. DOI: 10.31521/2313-092X/2021-1(109).
12. Prykhodko M. F. Nebezpeka klimatychnykh zmin ta yikh vplyv na ahrarnyi sektor Ukrainy [Elektronnyi resurs]. Aktuelle Themen im Kontext der Entwicklung der modernen Wissenschaften: der Sammlung wissenschaftlicher Arbeiten «ΛΟΓΟΣ» zu den Materialien der internationalen wissenschaftlich-praktischen Konferenz, (Dresden, 23 Januar, 2019). - Dresden : NGO «Europäische Wissenschaftsplattform», 2019. - В. 9. - Р. 98-103.
13. Ryzhuk S. M., Melnychuk A. O., Savchuk O. I., Kochyk H. M., Prymachuk T. O. Efektyvnist vyroshchuvannia zhyta ozymoho na osushuvanykh ґрунтах Полісся в умовах змін клімату // Вісник аграрної науки. Аерологія, радіологія, меліорація. Житомир, 2021. № 8 (821). С. 73–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202108-09>.
14. Fyzyko-heohrafichne raionuvannia Ukrainy. URL: <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-1.html>. (data zvernennia: 25.12.2022).
15. Multicollinearity: Meaning, Examples, and FAQs. URL: <https://www.investopedia.com/terms/m/multicollinearity.asp>. (data zvernennia: 26.12.2023).
16. Stojiljković M. Linear regression in Python. URL: <https://realpython.com/linear-regression-in-python/>. (data zvernennia: 20.12.2023).
17. Wilson, L., New, S., Daron, J., Golding, N. (2021). Climate Change Impacts for Ukraine. URL: [https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/services/government/met-office\\_climate-change-impacts-for-ukraine\\_report\\_08dec2021\\_english.pdf](https://www.metoffice.gov.uk/binaries/content/assets/metofficegovuk/pdf/services/government/met-office_climate-change-impacts-for-ukraine_report_08dec2021_english.pdf). (data zvernennia: 12.12.2023).
18. Yang B., Wu S., Yan Z. Effects of Climate Change on Corn Yields: Spatiotemporal Evidence from Geographically and Temporally Weighted Regression Model / International journal of Geo-information, 2022, 11 (8), 433. <https://doi.org/10.3390/ijgi11080433>.

**Abstract:**

**Denys HLUSHKO.** IMPACT OF CLIMATE CHANGE ON AGRICULTURAL PRODUCTION IN UKRAINIAN POLISSIA

The article is one of the first attempts to assess the influence of climatic factors on the productivity of the main agricultural crops grown in the Polissia zone. For the first time, a comparative analysis of the influence of thermal factors and moisture regime factors on the yield of various crops has been conducted. The influence of climatic factors on the productivity of the main agricultural crops was studied using the methods of pairwise correlation and multiple linear regression. Using the method of pairwise correlation, the nature and degree of influence of climatic factors on the yield of various agricultural crops were revealed. With the help of multiple linear regression, regression models of productivity for the main agricultural crops were built. It is shown that the level of yield dependence on climatic factors varies significantly depending on the type of crop. Crops whose productivity is characterized by the highest level of dependence on climatic factors have been identified, and the reasons for this dependence have been characterized. Agroclimatic factors are ranked according to the degree of their impact on productivity. It has been proven that thermal factors have the greatest influence on productivity, the key ones being the average annual air temperature and the average temperature of the growing season. The increase in the heat supply of Polissia, represented by these factors, leads to an increase in the yield of most grain, technical, and vegetable crops grown in the region. Thus, it can be stated that the warming associated with global climate changes generally had a positive effect on the agricultural production of Polissia. It is also shown that changes in the humidification regime will not have a significant impact on the process of transformation of agricultural production in Polissia. Regression models of the productivity of the main agricultural crops were built. It is shown that the multiple linear regression of productivity has a high coefficient of determination only if the regression model takes into account not only climatic factors but also the amount of applied mineral fertilizers. Predicted yield values of the main agricultural crops were calculated. The prospects for the further development of agriculture in Polissia are outlined, and the prospects for the further transformation of the industry in the conditions of climate change are outlined. The main risks that may threaten the sustainable functioning of the agricultural sector of the region are highlighted, and possible ways of mitigating these risks are described. The study provides a foundation for future investigations into how climatic conditions affect the yield of various crops. It underscores the importance of considering both thermal and moisture factors when evaluating the potential impacts of climate change on agriculture. By taking into account the different climatic influences, the study offers a comprehensive view of how agriculture in Polissia might evolve in the future. The insights gained from this research can help policymakers and farmers in Polissia make informed decisions to ensure the resilience and sustainability of agricultural production in the face of climate variability. By leveraging the study's findings, adaptation strategies can be designed to enhance crop yields and sustain agricultural productivity, thereby supporting the region's economic stability and food security. The study also highlights the need for continuous monitoring and research to stay ahead of climatic trends and their impacts on agriculture.

**Keywords:** climate change, agriculture, changes in climatic conditions, transformation of agricultural production.

*Надійшла 03.08.2024р.*