

УДК 631.4 : 631.47: 631.459КП+ 631.95

doi: 10.15407/ugz2016.01.014

**О.Г. Тараріко, Т.В. Ільєнко, Т.Л. Кучма**

*Інститут агроєкології і природокористування Національної академії аграрних наук України, Київ*

## **ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ТА ВАЛОВІ ЗБОРИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР: АНАЛІЗ ТА ПРОГНОЗ**

Мета публікації полягає в аналізі та оцінюванні впливу змін клімату на продуктивність агроєкосистем та ризиків щодо урожайності зернових культур. Методика досліджень – використання супутникової інформації, кліматичних моделей, даних довгострокових агротехнічних дослідів та статистичної інформації. Результати: представлено оцінку закономірності змін клімату, їх впливу на розвиток рослинності, урожайності зернових культур, а також прогноз їх валових зборів на ближню й віддалену перспективу з використанням супутникових даних NOAA. Розглянуто ризики виникнення деградаційних процесів та адаптаційні заходи з пом'якшення їх дії на продуктивність агроєкосистем. Запропоновано механізм запровадження ґрунто-водоохоронної організації території землекористування та виконання моніторингу впливу змін клімату на продуктивність агроєкосистем з використанням супутникових даних.

**Ключові слова:** агроєкосистема; агроландшафт; зернові культури; температура повітря; опади; ґрунт; деградація ґрунтів; ерозія ґрунтів; клімат.

**O.H. Tarariko, T.V. Iliencko, T.L. Kuchma**

*Institute of Agroecology and Environmental Managing of National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Kyiv*

## **THE IMPACT OF CLIMATE HANGE ON PRODUCTIVITY AND GROSS HARVEST OF GRAIN CROPS: ANALYSIS AND FORECAST**

The aim of the publication is to analyze and evaluate the impact of climate change on productivity of agro-ecosystems and risks to crop yield. Research methodology - the use of satellite information, climate models, long-term agro technologic experiments data and statistical information. Results: assessment of the climate change patterns, their impact on the vegetation development, grain crops productivity as well as forecast of their gross harvest in the near and distant future with the use of satellite data NOAA has been presented. Risks of degradation processes and adaptive measures to mitigate their impact on productivity of agro-ecosystems have been reviewed. Mechanism of the area soil-water protection organization of the land use has been introduced as well as monitoring implementation of climate change impact on the of agro-ecosystems productivity using satellite data has been proposed.

**Keywords:** agroecosystem; agrolandscape; cereals; air temperature; precipitation; soil; soil degradation; soil erosion; climate.

### **Актуальність дослідження**

Продовольча проблема, яка загострюється у світі, викликана не тільки високими темпами збільшення кількості населення, які випереджають виробництво продуктів харчування, а й змінами клімату та процесами опустелювання, особливо на африканському континенті. На фоні цих негативних змін скорочується ресурс орнопридатних земель, спостерігається також збільшення використання зернових ресурсів на виробництво біоенергії. При темпах зростання населення у світі до 1,5-1,6% на рік збільшення виробництва зерна знаходиться в межах лише 1,0%. Все це створює певне напруження щодо перехідних запасів продовольства, зокрема зерна, у світі.

Україна має високий природно-ресурсний потенціал агросфери і може забезпечувати не тільки національну, а й значною мірою загальносвітову місію продовольчої безпеки. Сучасна продовольча ситуація у світі та прогнозовані зміни клімату потребують об'єктивного аналізу та оцінки його впливу на стан основних агроресурсів і виробництво сільськогосподарської продукції, зокрема зерна, удосконалення стратегії й тактики формування

сталих високопродуктивних ресурсо-енергозберігаючих агроєкосистем.

Вивчення проблем зміни клімату та оцінювання окремих його характеристик, у т. ч. температури та зволоження, в Україні виконуються під егідою Міністерства екології та природних ресурсів. Результати цієї роботи узагальнено у п'яти Національних повідомленнях<sup>1</sup>.

Цьому питанню присвячено численні наукові праці Українського науково-дослідного гідрометорологічного інституту (УкрГМІ) [3, 5, 6, 7, 13]. У цих працях значна увага приділяється всім галузям господарства, але недостатньо вивчалось питання щодо впливу змін клімату на екологічний стан агроландшафтів, систем землекористування та продуктивність агроєкосистем, у т. ч. урожайність та валові збори зернових культур.

Важливим у цьому сенсі є, з одного боку, виникнення внаслідок змін клімату нових ризиків, наприклад поширення посух, з іншого, – вирішення проблеми ефективного використання додаткового агроресурсного потенціалу у вигляді тепла.

<sup>1</sup> [www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document?id=632557](http://www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document?id=632557)

Клімат України досить чутливий до глобальних змін. Підвищення температури відбувається швидкими темпами порівняно з глобальними [5,7].

Так, наприклад, за даними Інституту зрошувального землеробства НААН [3] за останні 35 років у підзоні Сухого Степу спостерігається стійка тенденція підвищення середньорічної температури з 9,3 (1973-1980 рр.) до 11,3°C (2006-2010 рр.), тобто на 2°C.

Разом з тим, зміни середньорічної кількості опадів не мають чіткої закономірності у часі, але спостерігається тенденція збільшення опадів зливового характеру та посилення вітрового режиму, що підвищує ризики прояву водної ерозії й дефляції ґрунтів [2,6]. Ці ризики зростають у зв'язку з прогнозованим значним збільшенням площ посіву просапних культур, особливо таких як кукурудза, соняшник та соя, а також просуванням їх на північ у зону Полісся з низькою протиерозійною стійкістю ґрунтів [11].

Дуже показовими в цьому відношенні є результати досліджень зміни льодового режиму річок басейну р. Дніпро [14], як індикатора зміни клімату на території України. Встановлено, що з кінця 80-х років ХХ ст. замерзання річок відбувається пізніше на 6 діб, а скресання – раніше на 13 діб. Тривалість періоду з льодовими явищами зменшилась на 25 діб, а товщина льоду на 8 см, що є досить вагомим доказом істотного потепління клімату. Отже, дедалі актуальнішою стає оперативна просторова оцінка впливу змін клімату не лише на стан агроландшафтів, систем землекористування та посівів, а й моніторинг прояву різноманітних кризових явищ, що досить успішно можна вирішувати за допомогою супутникових спостережень [17, 19].

Для оцінювання і прогнозування змін клімату у світовій та вітчизняній практиці широко використовують кліматичні моделі, які розроблені в США, Канаді, Японії, країнах ЄС та інших [4]. Але важливим в цьому відношенні є використання космічної інформації, яка дає можливість досить оперативно оцінювати не тільки зміни клімату, наприклад температурний режим, а їх вплив на рослинність, у т. ч. й агрофітоценози. Важливим є також оперативне визначення впливу змін клімату на стан та продуктивність посівів сільськогосподарських культур, зокрема на просторове поширення таких кризових явищ як посуха, вимерзання, хвороби і навіть дефіцит біогенних елементів, наприклад азоту.

Внаслідок змін клімату прогнозується збільшення кількості та глибини прояву стихійних метеорологічних явищ, що особливо стосується збільшення кількості опадів зливового характеру та посилення вітрового режиму [2, 6]. На фоні значного збільшення площ посіву просапних культур, тобто інтенсифікації агротехногенного впли-

ву на ґрунтовий покрив [11], можна прогнозувати розширення площ прояву водної ерозії та катастрофічних пилових бур, які можуть поширитись не тільки в південних регіонах України, але й в зони Лісостепу і Полісся.

Все це негативно впливатиме загалом на екологічний стан агроландшафтів, їх біорізноманіття, водний баланс, стан малих річок, родючість ґрунтів і, як результат, спричинюватиме значне скорочення продуктивності агроєкосистем.

Зниження ризиків прояву цих негативних явищ потребуватиме запровадження системних заходів, у т. ч. більш екологічно досконалої контурної організації території сільськогосподарських угідь в умовах складного рельєфу, запровадження масштабних лісомеліоративних і гідротехнічних заходів у вигляді водозатримуючих валів-терас, залужених водостоків, ползахисних лісосмуг, ґрунтозахисних технологій обробітку ґрунту і посіву, приведення у відповідність до рельєфу структури посівних площ і сівозмін та ефективніших ґрунто-водоохоронних технологій обробітку ґрунту тощо [16].

Актуальною залишається консервація еродованих та деградованих орних земель з переведенням їх у природні угіддя, створення водоохоронних та рекреаційних зон. Запровадження цієї системи протиерозійних заходів в умовах потепління клімату є важливою передумовою скорочення ризиків прояву ерозійних та посушливих явищ, забезпечення охорони земельних, водних та рослинних ресурсів від деградації й опустелювання, а також відтворення біорізноманіття агроландшафтів та формування високопродуктивних екологічного збалансованих агроєкосистем [9].

Отже, актуальними є оцінювання та прогнозування впливу сучасних і майбутніх кліматичних змін на екологічний стан агроландшафтів та продуктивність агроєкосистем, у т. ч. із застосуванням сучасних ДЗЗ/ГІС технологій. Особливо важливе значення в цьому відношенні має прогнозування впливу змін клімату на урожайність і валові збори зернових культур як основи продовольчої безпеки всіх країн світу.

Мета цієї публікації полягає в аналізі, узагальненні та оцінюванні впливу змін клімату на продуктивність агроєкосистем та виникнення ризиків щодо формування урожайності зернових культур. Насамперед це стосується посушливих явищ, водних стресів і деградації ґрунтів. Важливим є визначення напрямків адаптації аграрного виробництва до змін клімату та розроблення рекомендацій для різних рівнів управління як щодо пом'якшення негативних наслідків змін клімату, так і ефективного використання додаткового ресурсу у вигляді тепла, що особливо актуально для північних регіонів України.

### Методика досліджень

У процесі досліджень використано дані NOAA щодо температури земної поверхні (*SMT*) і вегетаційних індексів *NDVI* (*нормалізований різницевий вегетаційний індекс*) за 30 років – з 1982 до 2014 рр.<sup>2</sup>, як наземні інформаційні ресурси – багаторічні агротехнічні дослідження наукових установ Національної академії аграрних наук, а також статистичні дані щодо урожайності зернових культур в окремих регіонах.

### Виклад основного матеріалу

Сучасні та очікувані зміни клімату потребують постійної оперативної інформації щодо їх впливу на найбільш чутливу сферу господарської діяльності, пов'язану з продовольчою безпекою, тобто сільськогосподарським виробництвом. Особливо актуальним в цьому відношенні є космічні дані, які стосуються структури агроландшафтів і систем землекористування, структури агрофітоценозів, сівозмін, забезпечення вологою, використання зрошуваних земель, просторового поширення кризових явищ, у т. ч. посушливих. Важливим також є спостереження за станом посівів, прогнозування урожайності та валових зборів, особливо зернових культур.

Прикладом ефективного використання космічної інформації можуть бути супутникові дані NOAA щодо підвищення температури, водних стресів та стану рослинності за період з 1982 до 2014 рр., зростання потепління до 2014 р. в усіх адміністративних областях України від 1,5 до 2,0°C порівняно з середньобагаторічним показником. До 2025 р., при збереженні такого темпу, температура може додатково ще підвищитись на 1,2-2,0°C, що особливо стосується південних областей.

Об'єктивним індикатором кількісної оцінки впливу змін клімату на стан рослинності, в т. ч. посіви зернових культур, є супутникова інформація, зокрема такий показник як нормалізований різницевий вегетаційний індекс (*NDVI*), який є комбінацією показників, пов'язаних зі зміною спектральних характеристик рослинного покриву і визначається як:

$$NDVI = (R_2 - R_1) / (R_2 + R_1),$$

де  $R_1$  та  $R_2$  – відбиття, відповідно, у ближньому інфрачервоному (0,72–1,1 мкм) та червоному (0,58–0,68 мкм) каналах радіометра AVHRR супутника NOAA.

Аналіз динаміки змін *NDVI* за вегетаційний період 2000-2006 рр. і урожайності зернових культур

в агротехнічних дослідженнях за ці роки показав, що в усіх агрокліматичних зонах України між ними існує досить тісний кореляційний зв'язок: Полісся – 0,62; Лісостеп – 0,72; Степ – 0,84.

Отже для перспективного прогнозування урожайності сільськогосподарських культур, у т. ч. зернових, можна використовувати супутникову інформацію, зокрема *NDVI*. Найтісніший зв'язок між урожайністю і *NDVI* існує в зоні Степу, що пояснюється високою розораністю території. Орні землі і, відповідно, площі посівів у цій зоні досягають до 85-90% від загальної площі сільськогосподарських угідь. У зоні Полісся розораність зменшується до 50-60%, решту території займають лісові та лучні угіддя, отже зв'язок між урожайністю зернових культур і *NDVI* знижується до 0,62.

Враховуючи, що в зонах Степу і Лісостепу в структурі земельних угідь посіви займають до 80-90% сільськогосподарських угідь, супутникова інформація є досить надійним індикатором при просторовому визначенні як стану посівів в окремі періоди вегетації, так і їх продуктивності.

Проаналізована супутникова інформація NOAA щодо зміни температури за період з 1982 р. до 2014 р. свідчить про її закономірне підвищення у всіх природно-кліматичних зонах і областях України.

Слід також відмітити, що зміни теплового режиму за цей період загалом позитивно вплинули на розвиток рослинності, про що свідчить порівняння динаміки *NDVI* та температури.

Як приклад, на рис. 1 наведено динаміку цих змін у Львівській, Київській і Одеській областях, які репрезентують, відповідно, зони Полісся, Лісостепу і Степу.

Алгебраїчні тренди цих змін свідчать, що при збереженні існуючого темпу до 2025 р. підвищення температури супроводжуватиметься ймовірним відповідним збільшенням показника *NDVI* порівняно з історичним періодом 1982-2014 рр., що збігається з закономірністю підвищення урожайності зернових культур у зонах Лісостепу і Степу за даними довгострокових агротехнічних дослідів [15] як на фоні природної родючості ґрунту (контроль), так і за статистичними виробничими даними в Львівській, Київській і Одеській областях.

За період з 1982 до 2014 рр. в зоні Полісся температура в середньому за вегетаційний період порівняно з середнім багаторічним показником підвищилась на 0,9-1,2°C, в зоні Лісостепу – на 1,2-1,3°C, в зоні Степу – на 2,0-2,1°C.

Отже, найвищими темпами температура підвищується в зоні Степу (рис.1). Якщо зробити градацію середньої температури за всіма адміністративними областями через 2°C, то за цей період (1982-

<sup>2</sup> Сайт STAR NESDIS NOAA – Satellite Applications and Research of NOAA's National Environmental Satellite Data Information Services – Центру використання супутників і досліджень Національної служби супутникових даних та інформації Національного управління по дослідженнях океану та атмосфери США – <http://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/VH/>



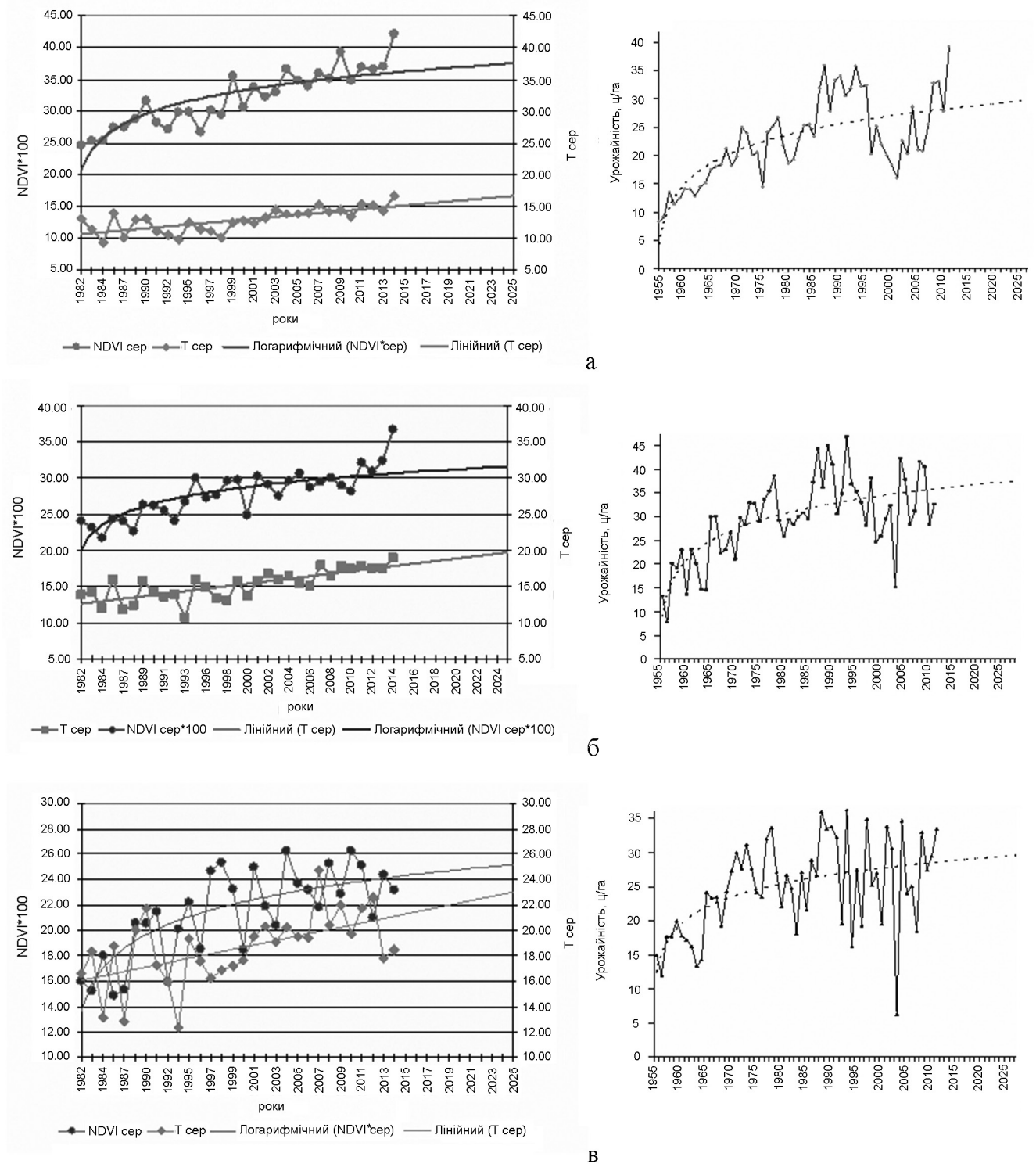


Рисунок 1. Динаміка підвищення температури та NDVI і динаміка урожайності:  
 а) Львівська обл.; б) Київська обл.; в) Одеська обл.

2014 рр.) межі природно-кліматичних зон майже збігаються з існуючими нині (рис.2а).

Якщо ж припустити, що в подальшому такий темп підвищення температури збережеться, то до 2025 р. зональні температурні межі можуть значно змінитися в бік збільшення порівняно з 1982-2014 рр.: в середньому в зоні Полісся до 15,3°C, Лісостепу – 19°C, Степу – 22,1°C, що за вегетаційний

період відповідно вище за середньобогаторічний показник на 1,2-1,9°C, 1,5-2,0°C та 2,0-2,5°C. До 2050 р. за трендом прогнозується подальше підвищення температури в зоні Полісся на 1,2-1,9°C, Лісостепу – 1,5-2,0°C і Степу – більше ніж на 2,0°C, а прогнозовані значення середньої за вегетаційний період температури становитимуть, відповідно, 15,3-16°C, 17-19,8°C, 19,8-22,9°C (рис. 26).

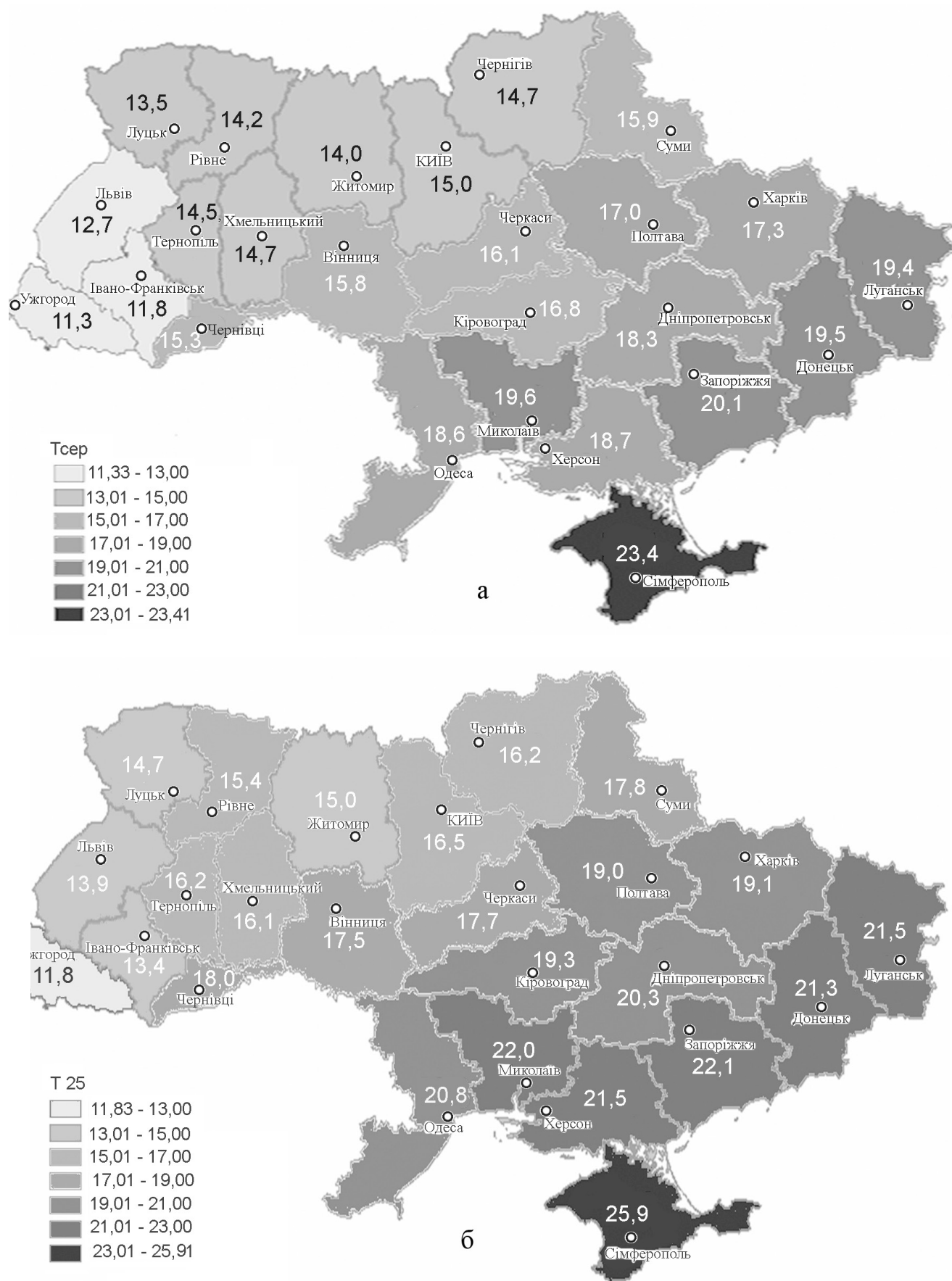


Рисунок 2. Територіальний розподіл середньої за вегетацію температури за період 1982-2014 рр. (а) та прогноз на 2025 р. (б).

Таблиця 1. Урожайність зернових культур за статистичними даними та прогноз за кліматичною моделлю [10, 12] і даними NDVI

Культури	Статистичні дані (на 1995-2009 рр.) [10, 12]	За кліматичним сценарієм GFDL-30% (на 2030-2040 рр.) [10, 12]	Прогноз за NDVI (на 2050 р.)
Полісся			
Пшениця озима	25,3	30,5	34,0
Жито озиме	16,4	20,2	22,5
Ячмінь озимий	19,9	28,6	31,9
Ячмінь ярий	22,3	32,3	36,0
Овес	16,5	24,1	27,0
Горох	16,6	20,5	22,8
Лісостеп			
Пшениця озима	29,0	39,4	42,7
Жито озиме	20,7	31,0	33,6
Ячмінь озимий	22,3	37,5	40,6
Ячмінь ярий	22,8	31,9	34,5
Овес	19,6	28,1	30,3
Горох	18,2	23,0	24,7
Степ			
Пшениця озима	26,3	37,5	44,1
Жито озиме	19,4	30,2	35,5
Ячмінь озимий	19,4	34,4	40,5
Ячмінь ярий	17,8	29,9	35,2
Овес	15,8	26,2	30,8
Горох	15,4	20,2	23,8

Щодо показника NDVI, то порівняно з точкою лінії тренду на 2014 р. в зоні Полісся він збільшиться до 2025 і 2050 р. відповідно на 3-6% і 8-15%. У зоні Лісостепу на прикладі Київської області це збільшення знаходиться в межах 2,5-3,0 і 7-10 %, а в зоні Степу гіпотетично становитиме до 2025 р. – 2,3%, а до 2050 р. – до 8,5%.

Як було показано вище, значення показника NDVI тісно корелює з урожаєм зернових культур, особливо в зонах Степу і Лісостепу, що є підставою для перспективної оптимістичної прогнозно оцінки в часі впливу кліматичних змін на продуктивність сільськогосподарських культур, зокрема зернових.

Але такий сценарій змін клімату, особливо на віддалену перспективу, може бути лише за умови збереження сучасного (1982-2014 рр.) темпу підвищення температури і, напевно, є малоімовірним. Проте і для такого сценарію необхідно мати відповідні варіанти плану дій з адаптації аграрного виробництва до змін клімату. Їх розробка і запровадження буде ефективним і при значно менших

коливаннях температури, що насамперед пов'язане з удосконаленням структури агроландшафтів, систем землекористування і агротехнологій.

При цьому слід зауважити, що при всіх можливих сценаріях впливу змін клімату на аграрне виробництво адаптаційні заходи потребуватимуть значного покращення науково-інформаційного забезпечення аграрного виробництва, започаткування спеціальних наукових програм та відповідних фінансових ресурсів.

У контексті стратегії збереження продовольчої безпеки в цих умовах досить важливими є віддалені (до 2050 р.) прогнозні оцінки врожайності основних зернових культур та їх валових зборів. З цією метою нами використано комбінований метод прогнозу, в т. ч. з використанням моделей урожайності, кліматичних моделей [12], супутникової інформації NOAA та алгебраїчних трендів.

У розрізі основних ґрунтово-кліматичних зон України за період 1995-2009 рр. (табл. 1) представлено фактичний урожай різних культур як за

Таблиця 2. Прогнозована врожайність і валові збори зернових культур на період до 2050 р.

Культури	Показники		
	площа посіву, млн га	урожайність, т/га	виробництво, млн т
2015 р. [5, 13]			
Зернові (всього), в т. ч.:	16,2	4,4	71,7
Кукурудза	5,0	6,0	30,2
Пшениця	5,3	4,2	22,0
Ячмінь	3,4	3,5	11,8
2050 р. (за трендом NDVI)			
Зернові (всього), в т. ч.:	15,0	5,5	82,0
Кукурудза	6,0	7,0	42,0
Пшениця	5,0	5,5	27,5
Ячмінь	3,0	4,0	12,0

статистичними даними, так і прогнозний урожай за кліматичною моделлю GFDL-30%, яка передбачає збільшення CO<sub>2</sub> у атмосфері на 30% [12]. У стовпчику 3 наведено рівень урожайності, розрахований за базовою динамічною моделлю урожаю А.М. Польового [10, 12], а в стовпчиках 4 і 5 – розрахований прогнозний урожай основних зернових культур, отриманий за алгебраїчним трендом показника NDVI.

Встановлено, що підвищення продуктивності основних зернових культур порівняно з середнім значенням за 1995-2009 рр., а також сценарієм GFDL-30% до 2050 року за трендом NDVI може збільшитись, відповідно, на 8-15%.

Покажемо є порівняння отриманих прогнозних оцінок урожайності, зокрема озимої пшениці, з трендом підвищення урожайності в довгострокових агротехнічних дослідях у різних агрокліматичних зонах як на фоні природної родючості ґрунту (контроль), тобто при мінімальному агротехногенному втручанні у формування урожаю, так і на фоні внесення добрив – фактора, який найбільше впливає на урожайність зернових культур.

Як приклад, можна навести урожаї за 1994-2009 рр. в агротехнічному досліді Полтавської дослідної станції (Лісостеп) [15], де чітко простежується як на контролі, так і при застосуванні добрив, тренд зростання урожайності озимої пшениці в часі.

Не зважаючи на те, що на контролі винос азоту, фосфору і калію з кожним роком підсумково збільшується, тобто родючість ґрунту має знижуватись, урожай озимої пшениці за роками підвищується, що ми пов'язуємо з позитивною дією потепління клімату.

Аналогічну закономірність також отримано в зоні Степу на Запорізькій дослідній станції, а

також підтверджено статистичними даними по Львівській, Київській і Одеській областях за період з 1955 по 2010 рр. [17].

На основі викладеного вище можна стверджувати, що зміни клімату, в т. ч. підвищення температури на сучасному етапі, позитивно впливають на урожай зернових культур, про що свідчать, як було показано вище, експериментальні дані довгострокових агротехнічних дослідів, статистичні матеріали трьох областей за 1955-2010 рр., які характеризують, відповідно, зони Полісся, Лісостепу і Степу, а також супутникова інформація і, зокрема, закономірне зростання показника NDVI.

Якщо в майбутньому збережеться закономірність позитивного впливу змін клімату на урожайність зернових культур, то при подальшому підвищенні температури, звичайно до певної межі, можна прогнозувати оптимістичний сценарій, особливо на ближню перспективу, тобто до 2025 р., щодо підвищення продуктивності зернових культур.

Якщо взяти за вихідні показники площі посіву зернових, їх продуктивності, об'єм валових зборів зерна, передбачених програмою «Зерно України – 2015» [1, 11], та за трендом як температури, так і показника NDVI, до 2050 р. можна прогнозувати збільшення урожайності зернових з 4,4 (2015 р.) до 5,5 т/га. За такої урожайності валовий збір зерна, навіть за умови зменшення площі посіву зернових з 16,2 до 15 млн га, як необхідної умови удосконалення структури агроландшафтів у бік зменшення розораності, збільшиться відповідно до 85,0 млн т (табл. 2).

При цьому слід наголосити, що ефективно використати додатковий тепловий ресурс, а також зменшити різноманітні ризики підвищення температури можливо лише за умови розроблення й запровадження комплексної системи адаптаційних заходів.



До них відносяться:

- екологічна оптимізація структури агроландшафтів і систем землекористування, насамперед на засадах зменшення розораності с.-г. угідь і відповідного збільшення природних територій, в т.ч. лісистості;
- мінімізація деградаційних процесів та відтворення родючості ґрунтів шляхом досягненням бездефіцитного балансу гумусу і біогенних елементів в агроєкосистемах;
- розроблення і впровадження ефективних систем захисту рослин від шкідників і хвороб;
- запровадження водозберігаючих технологій зрошення;
- створення нових посухостійких сортів і гібридів та інших заходів з формування сталих агроєкосистем, здатних функціонувати в більш жорстких кліматичних умовах.

Особливої уваги в цьому відношенні заслуговує екосистемний підхід до збереження й відтворення природного капіталу, який зараз досить широко запроваджується в країнах ЄС [18 та ін.]. Все це потребуватиме наукових досліджень, концентрації інтелектуального потенціалу та фінансових ресурсів на пріоритетних напрямках адаптації, тісної інтеграції наукової й практичної діяльності в контексті відтворення агроресурсного потенціалу та збалансованого розвитку сільських територій в умовах змін клімату.

### Висновки

1. Найважливішою екологічною, науковою і виробничою проблемою агропромислового комплексу України є його вчасна адаптація до змін клімату.

Необхідно не тільки виконати прогностичні оцінки їх впливу на сільськогосподарське виробництво, а й спрогнозувати майбутні довгострокові можливі ризики прояву кризових кліматичних явищ для продовольчої безпеки країни, а також розробити відповідну систему ефективних адаптаційних заходів та механізмів їх реалізації.

2. Важливим у цьому відношенні є використання сучасних інформаційних ресурсів, зокрема супутникових даних. У співпраці з науковими установами НАН України необхідно вирішити проблеми залучення космічної інформації у сферу моніторингу агросфери, наукової, виробничої і управлінської діяльності АПК. З цією метою доцільним є створення відповідного інформаційно-аналітичного центру для оперативного і перспективного надання відповідних прогностичних оцінок та рекомендацій аграрному виробництву на різних рівнях управління.

3. Враховуючи інерційний характер сільськогосподарського виробництва, його залежність від погодних умов, актуальним є завчасна розробка адаптаційних заходів. Важливим в цьому відношенні є наукове обґрунтування прийомів з найефективнішого використання додаткового агроресурсного потенціалу у вигляді тепла, а також мінімізації можливих ризиків у вигляді різноманітних екстремальних явищ, які можуть істотно погіршити не тільки екологічний стан агроландшафтів, а й значно знизити продуктивність агроєкосистем, що насамперед стосується посилення глибини і просторового поширення посушливих явищ.

### References [Література]

1. Bezuglyi M.D., Prisyazhniuk M.V. (2012). *The current state of reform of the Ukraine agro-industrial complex*. Kyiv: Agrarna nauka. [In Ukrainian].  
[Безуглий М.Д., Присяжнюк М.В. Сучасний стан реформування аграрно-промислового комплексу України. – К.: Аграрна наука, 2012. – 46 с.]
2. Vyshkvarukova O.V. (2014). *Extreme precipitation and its climatic features on the territory of Ukraine*. Auth. Dis. ... Cand. Geogr. Sci. Sevastopol. [In Ukrainian].  
[Вишкваркова О.В. Екстремальні опади та їх кліматичні особливості на території України: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Морський гідрофізичний інститут. – Севастополь, 2014. – 15 с.]
3. Vozhegova R.A. (2012). Adaptation of the steppe zone farming to the increased aridity of climate conditions. <http://unt.org.ua/adaptats-ya-zemlerobstva-stepovo-zoni-do-umov-p-dvishchennya-posushlivost-kl-matu> [In Ukrainian].  
[Вожегова Р.А. Адаптація землеробства степової зони до умов підвищення посушливості клімату, 2012. <http://unt.org.ua/adaptats-ya-zemlerobstva-stepovo-zoni-do-umov-p-dvishchennya-posushlivost-kl-matu>]
4. *Second Ukraine National communication on the Climate Change*. (2006). Kyiv: Interpress LTD. [In Ukrainian].  
[Друге Національне повідомлення України з питань зміни клімату. – К.:Інтерпрес ЛТД, 2006.]
5. Pachauri R.K., Raizinger A. and core group of authors. (2007). *Climate Change, 2007: Summary Report. Contribution of Workgroups I, II, III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental panel of experts on climate change*. Geneva, Switzerland. IPCC. [In Russian].  
[Изменение климата, 2007: Обобщающий доклад. Вклад рабочих групп I, II, III в Четвертый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата / Р.К.Пачаури, А.Райзингер и основная группа авторов. – Женева, Швейцария: МГЭИК, 2007. – 104 с.]
6. Kononova N.K. (2002). Northern Hemisphere atmospheric circulation fluctuations in the years 1899-2002. Extreme periods. *Proceedings of the World Conference on Climate Change*. Moscow, 411. [In Russian].



- [Кононова Н.К. Флуктуации циркуляции атмосферы Северного полушария за 1899-2002 гг. Экстремальные периоды // Материалы Всемирной конференции по изменению климата. – М.: 2002. – С.411.]
7. Tarariko O.H., Syrotenko O.V., Iliencko T.V., Velichko V.A. (2012). Space monitoring of the drought phenomena. *Journal of Agricultural Science*, 10, 16-20. [In Ukrainian].  
[Космічний моніторинг посушливих явищ / О.Г.Тараріко, О.В. Сиротенко, Т.В.Ільєнко, В.А. Величко // Вісник аграрної науки. – 2012. – №10. – С.16–20.]
  8. Melnik P.P., Orliuk M.I., Romanets A.A. (2012). The influence of the Earth's magnetic field on the winter wheat yield in Ukraine. *The balanced nature management*, 1. 53-61. [In Ukrainian].  
[Мельник П.П., Орлюк М.І., Роменець А.А. Вплив магнітного поля Землі на врожайність пшениці озимої на території України // Збалансоване природокористування. –2012. – №1. – С.53-61.]
  9. *Methods to assess the suitability of degraded and unproductive lands for creation of forest-irrigative plantations (Guidelines)*. (2006). Kyiv. [In Ukrainian].  
[Методика оцінки придатності деградованих та малопродуктивних земель для створення лісомеліоративних насаджень (Методичні рекомендації). – К., 2006. – 28 с.]
  10. Poliovyi A.M., Kulbida M.I., Adamenko T.I. Trofimova I.V. (2007). Modelling the climate change impact on agro-climatic growing conditions and photosynthetic productivity of winter wheat in Ukraine. *Ukrainian Hydrometeorological journal*, 2, 76-91. [In Ukrainian].  
[Моделювання впливу зміни клімату на агрокліматичні умови вирощування та фотосинтетичну продуктивність озимої пшениці в Україні / А.М. Польовий, М.І. Кульбіда, Т.І. Адаменко, І.В. Трофімова // Укр. гідрометеорол. журн. – 2007. – №2. – С. 76–91.]
  11. Petrychenko V.F., Bezuglyi M.D., Zhuk V.M., Ivashchenko O.O. (2012). *The new strategy of grain and oilseed crops production in Ukraine*. Kyiv: Agrarna nauka. [In Ukrainian].  
[Нова стратегія виробництва зернових та олійних культур в Україні / В.Ф.Петриченко, М.Д.Безуглий, В.М.Жук, О.О.Іващенко. – К.:Аграрна наука, 2012. – 48 с.]
  12. *Assessing the impact of climate change on Ukraine's industries: monograph*. Ed. S.M. Stepanenko, A.M. Poliovyi. (2011). Odesa: Ecologia. [In Ukrainian].  
[Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. – Одеса: Екологія, 2011. – 696 с.]
  13. *Fifth Ukraine National communication on Climate Change*. SEIA. www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document/id=632557 [In Ukrainian].  
[П'яте Національне повідомлення України з питань зміни клімату. –Держекоінвестагентство. www.seia.gov.ua/seia/doccatalog/document/id=632557]
  14. Strutynska V.M. (2008). *Impact of the climate change on thermal and ice regime of the Dnieper River Basin rivers (in Ukraine) since the second half of the XX century*. Auth. Thesis ... cand. geogr. sciences: 11.00.07. Taras Shevchenko Kyiv. Nat. University. - Kyiv. [In Ukrainian].  
[Струтинська В.М. Вплив змін клімату на термічний та льодовий режими річок басейну Дніпра (в межах України) з другої половини ХХ ст.: Автореф. дис... канд. геогр. наук: 11.00.07. – Київ. нац. ун-т ім. Т.Шевченка. – К., 2008. – 20 с.]
  15. Tarariko Yu. O. (2011). *Energy saving agro-ecosystems. Evaluation and rational use of Ukraine agro-resource potential*. Kyiv: SIA. [In Ukrainian].  
[Тараріко Ю.О. Енергозберігаючі агроєкосистеми. Оцінка та раціональне використання агроресурсного потенціалу України. – К.: ДІА, 2011. – 576 с.]
  16. Tarariko O.H., Moskalenko V.M. (2002). *Catalogue of measures to optimize the agricultural landscapes structure and protect land from erosion*. Kyiv: Fitosotsiotsentr. [In Ukrainian].  
[Тараріко О.Г., Москаленко В.М. Каталог заходів з оптимізації структури агроландшафтів та захисту земель від ерозії. – К.:Фітосоціоцентр, 2002. – 69 с.]
  17. AVHRR Level 1b Product Guide Ref.: EUM/OPS-EPS/MAN/04/0029 Issue: v3A Date: 21 Jan 2011. <http://oiswww.eumetsat.org/WEBOPS/eps-pg/AVHRR/AVHRR-PG-6ProdFormDis.htm>
  18. Grunewald K., Bastian O. (2015). Ecosystem assessment and management as key tools for sustainable landscape development: F case study of the Ore Mountains region in Central Europe. *J. Ecological Modelling*, 295, 151-162.
  19. Kogan F.N. (1997). Global drought watch from space. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78, 621–636.