

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202001-235>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/235>

УДК 551.583:631.1:556.182

ВПЛИВ СУЧАСНИХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ РЕСУРСИ ТА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО

М.І. Ромашенко¹, докт. техн. наук, Ю.В. Гусев², канд. екон. наук, А.П. Шатковський³,
докт. с.-г. наук, Р.В. Сайдак⁴, канд. с.-г. наук, М.В. Яцюк⁵, канд. геогр. наук, А.М.
Шевченко⁶, канд. с.-г. наук, Т.В. Матяш⁷, канд. техн. наук

¹ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-9997-1346>; e-mail: mi.romashchenko@gmail.com;

² Херсонська обласна державна адміністрація, Херсон, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-5144-2533>; e-mail: economistinukraine@gmail.com;

³ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-4366-0397>; e-mail: andriy-1804@ukr.net;

⁴ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-0213-0496>; e-mail: saidak_r@ukr.net;

⁵ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-5535-715X>; e-mail: mv_yatsiuk@ukr.net;

⁶ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0002-2637-6538>; e-mail: monitoring_protect@ukr.net;

⁷ Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна;
<https://orcid.org/0000-0003-1225-086X>; e-mail: t.v.matiash@gmail.com

Анотація. Висвітлено результати досліджень оцінки вологозабезпечення території України, стану водних ресурсів та аграрного виробництва в умовах сучасних змін клімату та з урахуванням прогнозу на середньо- та довгострокову перспективу. Встановлено, що швидкість підвищення середньорічної температури повітря в Україні є значно вищою порівняно із сусідніми пострадянськими країнами та глобальними і європейськими масштабами. Внаслідок стійкого підвищення температурного режиму площа території України із значним дефіцитом природного вологозабезпечення за період 1990–2015 рр. збільшилась на 7%, а з надмірним та достатнім зволоженням навпаки – зменшилась на 10%. За умови збереження існуючих темпів потепління до 2050 та 2100 років територія країни з недостатнім рівнем зволоження збільшиться до 56 та 71% відповідно. Внаслідок таких змін існує висока імовірність на середньо-та довгострокову перспективу збільшення площ ріллі з недостатнім рівнем зволоження до 20,6 млн га (67%) і 24,9 млн га (80%) з одночасним зниженням площ орних земель з достатнім зволоженням до 5,5–1,8 млн га. Нині потенційне сумарне випаровування на 40–45 км³/рік перевищує показник 1990 року, внаслідок цього, незважаючи на зменшення водоспоживання, загальний обсяг води, що забирається з території України, на 20–25 км³ більший. Подальші кліматичні зміни спричинять збільшення обсягів додаткового вилучення води до 2050 р. на 80 км³, а до 2100 р. – майже на 150 км³ порівняно з 1990 роком. Сучасні кліматичні зміни суттєво вплинули на регіональні зміни структури посівів сільськогосподарських культур і їх продуктивність. Загальне по країні збільшення виробництва зернових і зернобобових культур відбулось лише за рахунок більш вологозабезпечених регіонів – Полісся та Лісостепу. Кліматичні зміни, що вже відбулися, виявились сприятливими для поширення площ вирощування найбільш ліквідних культур на північ країни, одночасно обмежили їх виробництво на півдні.

Ключові слова: водні ресурси, сільськогосподарське виробництво, зміни клімату, вологозабезпечення, зонування, водний баланс, продуктивність.

Актуальність дослідження. Глобальні зміни клімату по-різному проявляються в різних регіонах земної кулі, а їх вплив на стан навколишнього середовища та соціально-економічний розвиток регіонів стає все відчутнішим і перетворюється на одну з ключових проблем світової економіки і політики. Оцінка впливу на всі складові життєдіяльності людини є одним із викликів фундаментальної

науки XXI століття та однією з ключових проблем світової економіки і політики [1–3]. До основних наслідків змін клімату належить зміна гідрологічного режиму, кількості та якості водних ресурсів і забезпеченість ними різних галузей економіки, особливо сільськогосподарського виробництва. В сучасних умовах дефіцит вологозабезпечення є одним із головних обмежуючих факторів сталого

© Ромашенко М.І., Гусев Ю.В., Шатковський А.П., Сайдак Р.В., Яцюк М.В.,
Шевченко А.М., Матяш Т.В., 2020

розвитку аграрного виробництва. В останні десятиліття у всьому світі активно досліджуються проблеми, пов'язані з управлінням водними ресурсами в сільському господарстві. Актуальність даної проблеми підтверджується стрімким зростанням публікаційної активності з питань сталого використання води в сільському господарстві. Так, за період 1993–2017 рр. кількість публікацій по цьому напрямі збільшилась у 67 разів, журналів – у 49 разів, а країн – у 23 рази [4]. Тобто, в період найбільш стрімких кліматичних змін проблема використання водних ресурсів в сільськогосподарському виробництві набула світового значення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Факт глобальних кліматичних змін на сьогодні визнаний світовою спільнотою і не викликає сумнівів [5-7]. Проблема глобального потепління виникла ще наприкінці минулого сторіччя, і згодом, у зв'язку з все відчутнішим її негативним впливом, актуальність лише зростає [8].

В 1988 р. з метою оцінювання стану глобального потепління та пов'язаних з ним ризиків Всесвітньою метеорологічною організацією і Програмою ООН по навколишньому середовищу було створено Міжурядову групу експертів по зміні клімату (МГЕЗК, англ. Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) [9].

Визнання глобальних кліматичних змін на планеті та їх негативних наслідків для людства було задекларовано міжнародною спільнотою в 1992 р. прийняттям Рамкової конвенції ООН про зміни клімату (РКЗК, англ. Framework Convention on Climate Change, UN FCCC) – угоду підписано більш ніж 180 країнами світу [10]. В 1994 році, 17 червня, в м. Париж, Франція, була ухвалена та відкрита для підписання Конвенція ООН про боротьбу з опустелюванням та посухами [11]. В 1997 р. Рамкова конвенція ООН про зміни клімату доповнена Кіотським протоколом [12].

В подальшому, у зв'язку з посиленням темпів потепління, в 2015 р. було прийнято Паризьку угоду, головною ціллю якої є утримання зростання глобальної температури в XXI столітті в межах 2°C і можливість її зниження до 1,5°C [13].

Всі зазначені міжурядові документи ратифіковані і Україною, яка в 2016 р. прийняла перший національний стратегічний документ у сфері боротьби зі зміною клімату – «Концепцію реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» [14].

Вже зафіксовані зміни клімату, насамперед, найбільш відчутно відображаються на водозабезпеченості регіонів, зокрема і на якості водних ресурсів [15–20] та аграрному виробництві [21–25], як одній з найбільш кліматично залежній галузі економіки.

Стан водних ресурсів та водозабезпечення населення і галузей економіки України в умовах змін клімату перетворюється на одну з головних і актуальних загроз національній безпеці нашої країни, що постійно загострюється. Ця гострота обумовлена тим що Україна належить до найменш забезпечених власними водними ресурсами країн Європи, а за величиною внутрішніх запасів прісної води, в розрахунку на душу населення, перебуває на 111 місці у світі зі 152 країн [26].

Зміни клімату і обумовлене ними зменшення доступних до використання водних ресурсів негативно відіб'ються на умовах природного вологозабезпечення ґрунтів [27] і, відповідно, умовах ведення сільськогосподарського виробництва. Оцінка цього впливу особливо важлива з огляду на те, що аграрний сектор України є однією з провідних галузей економіки, яка забезпечує 12-14% внутрішнього валового продукту та близько 40% експорту [28].

Враховуючи вищевказане, **метою досліджень** є оцінка впливу сучасних і майбутніх кліматичних змін на вологозабезпечення території України, водні ресурси та їх використання і умови ведення аграрного виробництва.

Матеріали і методи дослідження. Оцінку та прогноз умов вологозабезпечення проводили на основі кліматичного водного балансу (КВБ) [29], який розраховується як різниця між сумарною кількістю опадів і потенційним випаровуванням за визначений період:

$$КВБ = \Sigma R - \Sigma E_p, \quad (1)$$

де ΣR – сума опадів за рік (мм);

ΣE_p – потенційне випаровування за рік (мм).

Для розрахунку КВБ використовували дані спостережень мережі метеорологічних станцій Українського метеорологічного центру та дані регіонального прогнозу середньомісячної температури повітря та місячних сум опадів на період до 2050 і 2100 рр. для сценарію А1В [30]. Просторовий аналіз кліматичних даних і врожайності сільськогосподарських культур проводили шляхом інтерполяції методом IDW за допомогою програмного продукту QGIS3.

Аналіз стану сільськогосподарського виробництва проводили на основі даних про середньообласну господарську врожайність

основних польових культур за 1990–2018 рр. Багаторічні ряди врожайності польових культур сформовані на основі даних щорічних збірників Державної служби статистики України.

Для оцінки кліматичної складової коливань урожайності використовували формулу В.М. Пасова [31]:

$$C_{vc} = \frac{1}{\bar{u}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2 - \sum_{i=1}^n (u_i - \bar{u})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

де C_{vc} – кліматична складова варіації урожайності;

u_i – урожайність конкретного року, ц/га;

u_n – урожайність за трендом в конкретному році, ц/га;

n – величина часового ряду, років.

У якості вхідних даних супутникового моніторингу стану посівів використано найбільш

поширений показник NDVI. Показники NDVI сформовані на основі супутникових знімків Terra (Aqua)/MODIS за 2000–2018 рр., в обласному розрізі (з урахуванням «маски» посівів, періодичність знімків 8 днів).

Результати дослідження та їх обговорення.

Зміни клімату. Дані Українського Гідрометцентру [32] свідчать про те, що за останні тридцять років середньорічна температура повітря загалом по країні підвищилась на 1,2°C.

Згідно з аналізом регіональних темпів потепління встановлено, що на півдні та північному сході країни в 1991–2019 рр. середньорічна температура повітря виявилася на 1,0–1,1°C вищою нормативного періоду (1961–1990 рр.), на заході – на 1,2–1,3°C, а на півночі та центральних областях – на 1,4–1,5°C (рис. 1). Тобто, темпи зростання температури повітря за 1975–2019 рр. становлять від

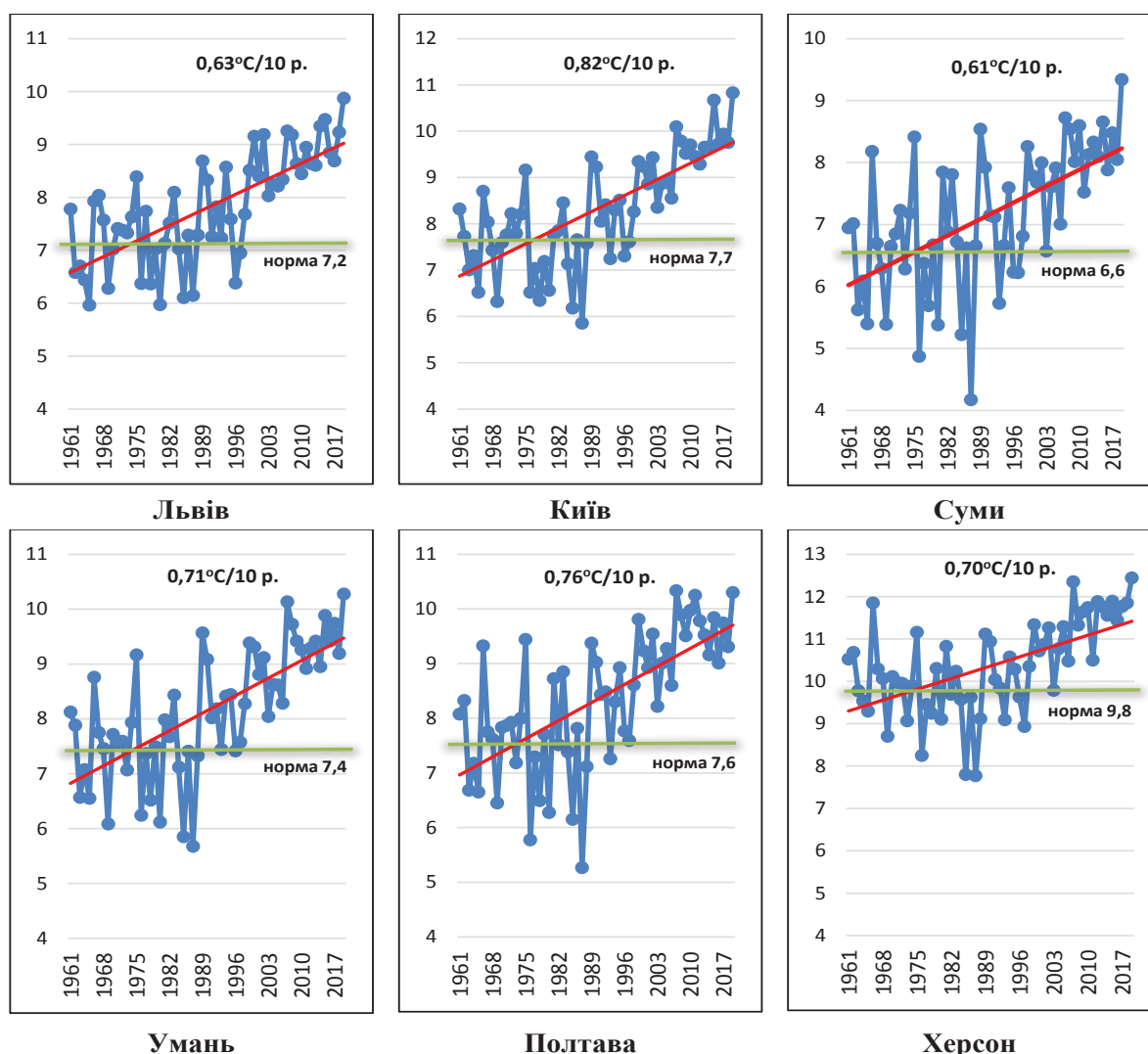


Рис. 1. Динаміка середньорічної температури повітря за 1961-2019 рр. по регіонах України

0,61 до 0,82°C/10 років, тоді як у сусідніх пострадянських країнах (Росія, Молдова, Білорусь) – 0,47–0,59°C/10 р. [33], а в північній півкулі та Європі – 0,34 і 0,47°C/10 р. відповідно. Ці дані свідчать про те, що швидкість підвищення температури повітря в Україні є значно вищою і глобальних і європейських масштабів.

Зазвичай підвищення температури повітря підвищує вологоємність атмосфери [34]. При зростанні температури повітря на 1°C водоутримуюча здатність повітря

зростає приблизно на 7% [35], що призводить до зростання потенційного випаровування [36].

Згідно з нашими розрахунками, зростання середньомісячної температури повітря на 1°C підвищує потенційне сумарне за місяць випаровування (без урахування інших факторів) на 9% (рис. 2).

Розрахунки кліматичного водного балансу (КВБ) сумарно за рік свідчать про стрімке зростання його дефіциту у всіх регіонах України (рис. 3). В середньому за

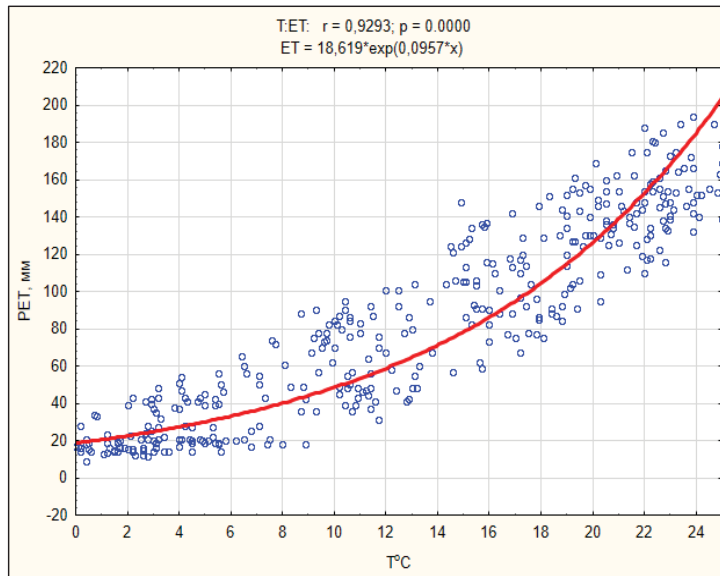


Рис. 2. Залежність потенційного випаровування (мм) від середньомісячної температури повітря (°C)

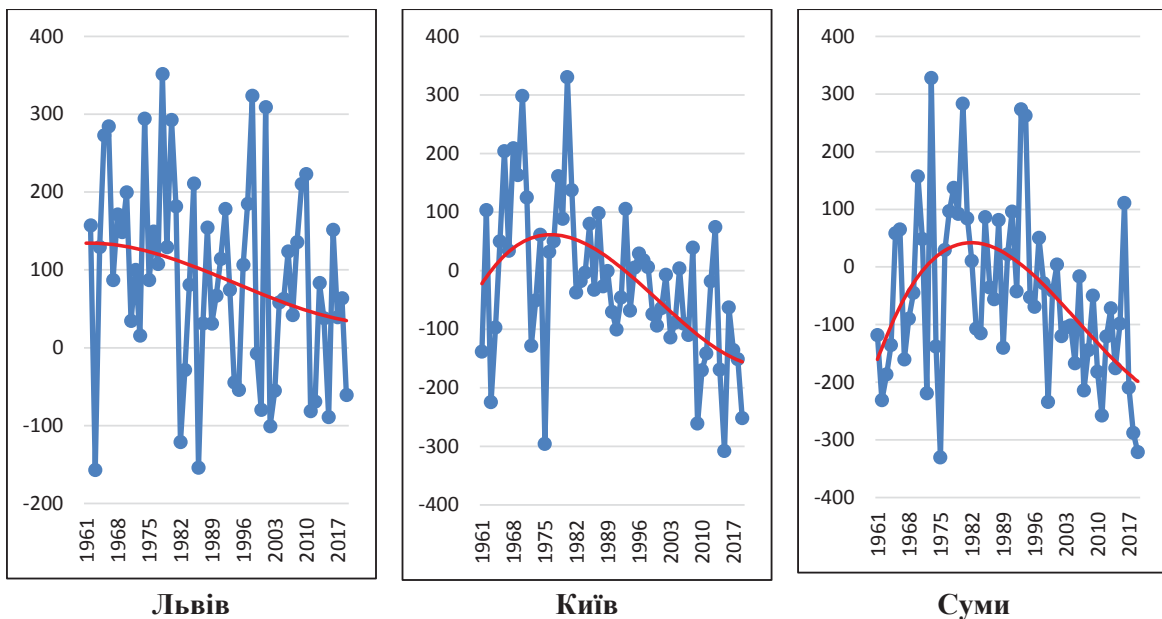


Рис. 3. Динаміка річного КВБ за 1961–2019 рр. за регіонами України (початок)

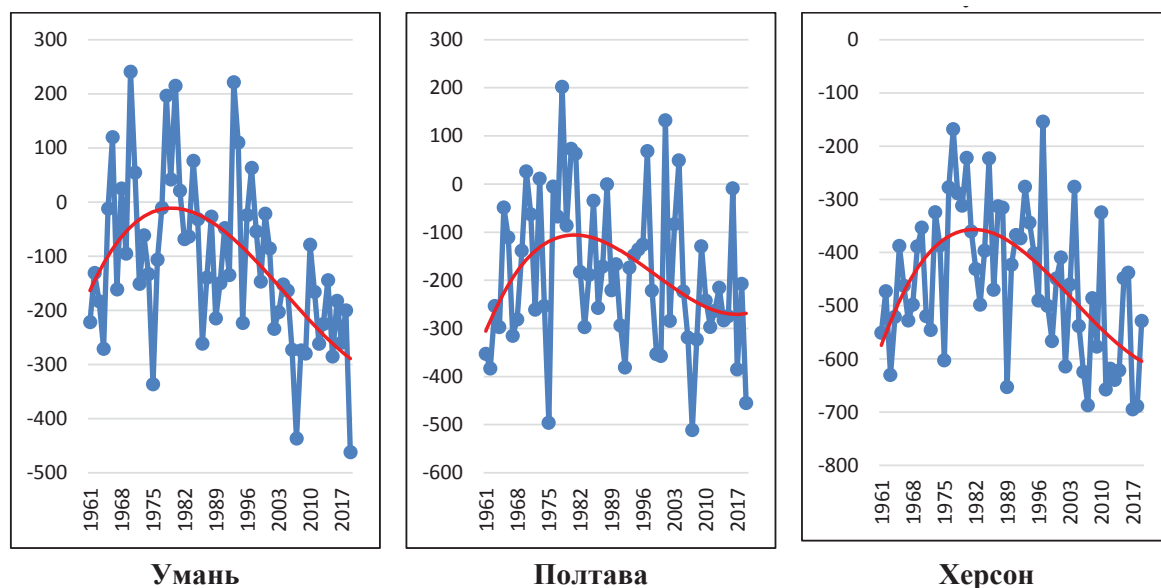


Рис. 3. Динаміка річного КВБ за 1961–2019 рр. за регіонами України (закінчення)

1991–2019 рр. позитивний водний баланс відмічається лише в деяких західних регіонах, тоді як на півночі країни його дефіцит становить 77–80 мм, в центрі – 159–222 мм, а на півдні – понад 460 мм.

За рівнем природного зволоження в Україні виділено шість основних типових зон: надмірно вологу – займає 4,5% території; вологу (30,0%); недостатньо вологу (16,0%); посушливу (20,0%); суху (22,0%); дуже суху (7,5%). У період з 1991 по 2015 рр., порівняно з 1961–1990 рр., території зі значним дефіцитом природного вологозабезпечення (суха і дуже суха зони) збільшились на 7% і охоплюють загалом понад 29,5% площ України або 11,6 млн га (37%) орних земель країни. Територія країни з надмірним та достатнім атмосферним зволоженням навпаки зменшилась на 10% і займає лише 22,5%, зокрема 7,6 млн га ріллі (табл. 1, рис. 4).

Згідно із середньостроковим прогнозом до 2050 р. за сценарієм А1В [30] очікується

збереження загальної тенденції підвищення температурного режиму на 1,24–1,48°C порівняно із сучасним періодом. За умови реалізації даного прогнозного сценарію навіть за зростання кількості опадів загалом по країні на 8% кліматичний водний баланс території України може знизитись на 45–115 мм, а його дефіцит у зоні Степу становитиме 560 мм і більше. З урахуванням цього, територія країни з недостатнім рівнем зволоження збільшиться до 56% і лише 28% території будуть відповідати вологим і надмірно вологим умовам.

В довгостроковій перспективі (до кінця 2100 р.) також очікується зростання середньорічної температури повітря порівняно із сучасною на 3,03–3,29°C з можливим збільшенням кількості опадів для всієї території України на 11%, а в північній та західній частині України навіть на 15–21%. За таких умов кліматичний водний баланс території знизиться на 100–140 мм на заході та півночі країни, на 180–190 мм – у центральних

1. Відносні площі зон України з різним рівнем вологозабезпечення

№ зони	КВБ, мм	Якісна оцінка	Відносна площа зони, % до загальної території України		
			1961-1990 рр.	1991-2015 рр.	+ до 1961-1990 рр.
I	Більше 50	Надмірно волога	12,5	4,5	- 8,0
II	-50 – (-50)	Волога	32,0	30,0	-2,0
III	-50 – (-150)	Недостатньо волога	10,0	16,0	6,0
IV	-150 – (-300)	Посушлива	23,0	20,0	-3,0
V	-300 – (-450)	Суха	18,5	22,0	3,5
VI	Менше -450	Дуже суха	4,0	7,5	3,5

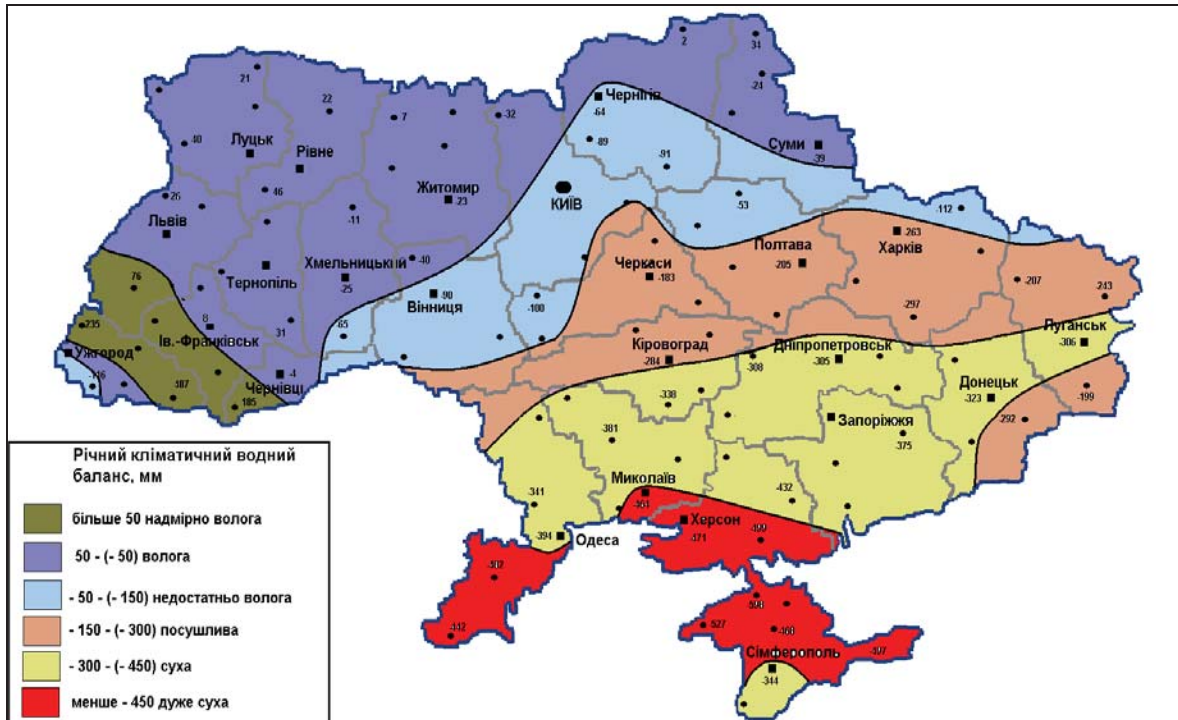


Рис. 4. Зонування території України за річним КВБ (1990–2015 рр.)

і східних регіонах і на 265 мм на півдні. Внаслідок цього дефіцит вологозабезпечення на півдні може перевищити 700 мм, а в центральних і східних областях – 400–470 мм, що відповідатиме сучасним умовам зволоження крайніх південних регіонів, тобто аридній зоні (рис. 5). До того ж частка території країни з недостатнім рівнем зволоження може досягти 71% проти 50% в 1991–2015 рр., а з достатнім зволоженням знизиться до 12% (34% у сучасний період).

Отже, на середньострокову та довгострокову перспективи існує висока імовірність

збільшення площ ріллі з недостатнім рівнем зволоження до 20,6 млн га (67%) і 24,9 млн.га (80%) відповідно з одночасним зниженням площ орних земель із достатнім зволоженням до 5,5–1,8 млн.га. Відповідно через це слід враховувати, що даний прогноз рівня природного вологозабезпечення опрацьовано на основі досить оптимістичного кліматичного прогнозу, який передбачає можливе збільшення кількості атмосферних опадів. За висновком Міжурядової групи експертів по зміні клімату [37], підвищення температури повітря супроводжуватиметься зростанням

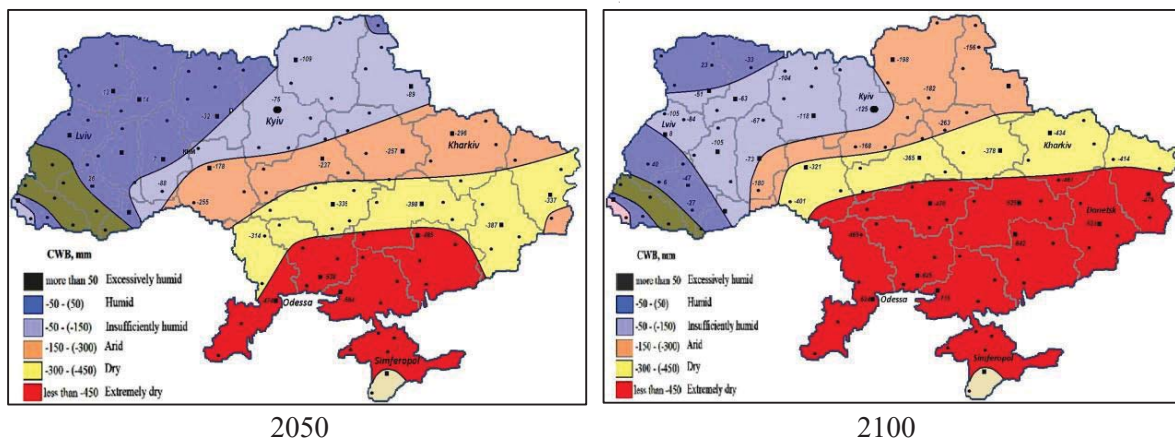


Рис. 5. Середньо- та довгостроковий прогноз умов вологозабезпечення території України за річним КВБ

дефіциту вологості повітря і лише в регіонах із достатніми ресурсами поверхневих вод може спричинити зростання фактичного сумарного випаровування і в результаті збільшення опадів. Окрім цього, більш інтенсивне випаровування над океанами призведе до збільшення опадів над ними, а над суходолом необов'язково [38]. Тому ймовірність збільшення кількості опадів для України є вкрай низькою.

Водні ресурси. Україна має один із найнижчих серед європейських країн показників забезпеченості водними ресурсами – лише одна тисяча кубометрів на одного жителя (рис. 6), тоді як, наприклад, у Канаді цей показник становить 94,3 тис. куб. м,

Росії – 31,0 тис. куб. м, США – 7,4 тис. куб. м, Німеччині – 1,9 тис. куб. м.

Забезпеченість місцевими водними ресурсами по окремих областях країни відрізняється майже в 60 разів: від 0,14 км³/рік у Херсонській області до 7,92 км³/рік – у Закарпатській.

Середньобагаторічна величина місцевого стоку України становить 52,4 км³/рік, а в різні за водністю роки змінюється з 50,9 км³/рік в середньоводні роки до 37,3 км³/рік у маловодні роки і до 26,2 км³/рік у дуже маловодні роки (табл. 2).

Доступні для використання запаси поверхневих вод досить нерівномірно розподілені по території країни.

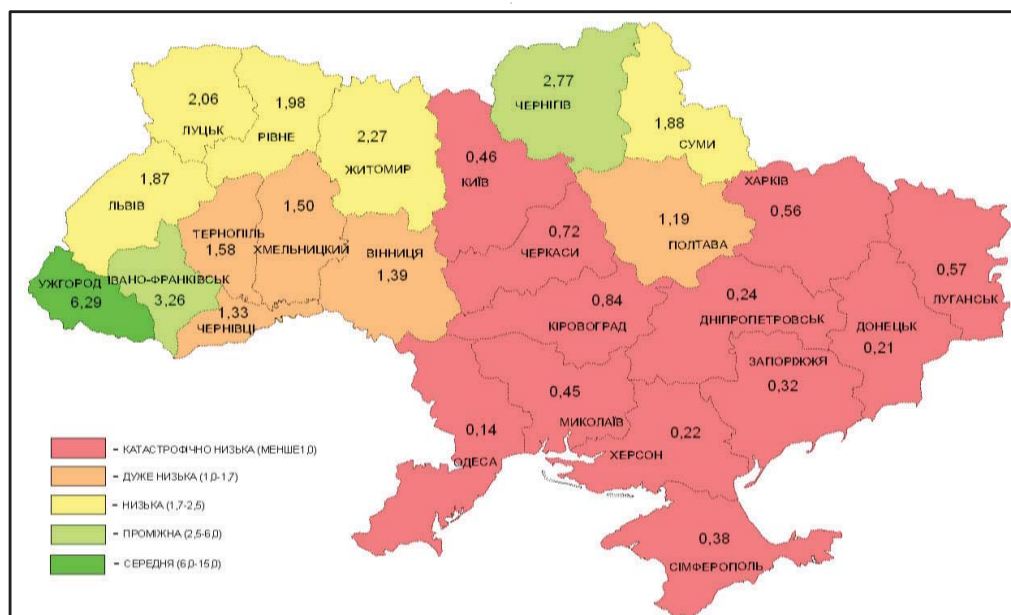


Рис. 6. Забезпеченість регіонів України місцевими водними ресурсами, тис.м³/рік на одну людину

2. Водні ресурси України

Вид ресурсів	Водні ресурси в роки за водністю, км ³	
	середній	дуже маловодний
Приток транзитного річкового стоку	157,4*/37,3**	121,7*/26,2
Місцевий річковий стік	52,4	29,7
Загальні ресурси річкового стоку	209,8/87,1	151,4/55,9
Прогнозні ресурси підземних вод	22,5	22,5
У тому числі гідравлічно незв'язані з поверхневим стоком	7,0	7,0
Загальні ресурси прісних вод	216,8/94,1	158,4/62,9

* – у тому числі 122,7 і 95,5 км³ по Кілійському гирлу р. Дунай;

** – без врахування р. Дунай.

Для поліпшення водозабезпечення вододефіцитних регіонів в Україні створено понад 1160 водосховищ загальним об'ємом близько 55 км³. Значною є також мережа магістральних каналів (понад 1,0 тис. км) і водоводів (понад 2,0 тис. км). Це дозволяє перерозподіляти по території відповідно 3 і 12 км³ води щорічно.

Зарегулювання основних водотоків України дозволило перерозподілити стік, та забезпечити потреби водоспоживачів та водокористувачів, але перетворило річки на істотно змінні водні об'єкти з поганим екологічним станом та низьким потенціалом самоочищення. Свідченням тому є відсутність будь-якого вагомого покращення якості води в Дніпрі або інших річках попри значне скорочення забору води (більше ніж у 3 рази за останні 25 років: з 30 км³ у 1990 до <9,7 км³ у 2017 році) та скидів стічних вод (з 18 км³ у 1990-х до 5,3 км³ у 2015 р.). Зарегулювання стоку супроводжується виникненням низки екологічних проблем функціонування водних об'єктів. Зокрема, загальновідомими наслідками будівництва ГЕС зі створенням гідротехнічних споруд різного ступеня складності та призначення є гідроморфологічні зміни річок (зменшення швидкості течії, підйом рівнів води, акумулювання значних об'ємів донних відкладів, затоплення значних територій для формування ложа водосховищ), які спричиняють деградацію річкових екосистем і втрату їхньої здатності до самоочищення, суттєве забруднення поверхневих вод, впливають на якісний та кількісний стан біоресурсів, а також призводять до підтоплення прилеглих територій.

Ці та інші водно-екологічні проблеми України постійно загострюються внаслідок змін клімату. Насамперед це стосується значного зростання сумарного випаровування (табл. 3).

Сьогодні потенційне сумарне випаровування перевищує те, яке було три десятиліття тому, на 40–45 куб. км на рік. Внаслідок цього, незважаючи на зменшення водоспоживання – з 31 куб. км у 1991 р. до 9 куб. км у 2019 р., загальний обсяг води, що забирається з території України, на 20–25 км³ більше порівняно з 1990 роком. Якщо кліматичні зміни будуть відбуватись за згадуваним сценарієм, то обсяги додаткового відбору (вилучення) води з території України через зростання сумарного випаровування будуть постійно збільшуватись і їх величина у 2050 р. порівняно з 1990 р. зросте на 80 км³, а у 2100 – майже на 150 км³. Таке зменшення обсягів водонадходження спричинить подальше зневоднення території України.

Яскравим прикладом зниження водозабезпечення внаслідок кліматичних змін є умови 2019/2020 рр.: безсніжна зима, аномально високі температури, відсутність весняного водопілля – все це є наслідками глобального потепління і свідчить про те, що нас очікують серйозні випробування. Зазначимо, що вперше за 120 років Україна опинилася у ситуації, коли гідрометеорологічні умови можуть спричинити обмеження прав водокористувачів у використанні води [39].

Зараз у нас, практично, немає територій, на яких формується інфільтраційне живлення ґрунтових підземних вод (рис. 7). Тому не дивно, що «висихають» колодязі.

3. Збільшення потенційного сумарного випаровування з території України в умовах змін клімату (відносно 1961–1990 рр.), км³/%

Період	1961–1990 рр.	1991–2015 рр.	2016–2050 рр.	2051–2100 рр.	
до 1961–1990 рр.	км ³	–	21–41	46–80	98–148
	%	–	26–54	58–105	124–195

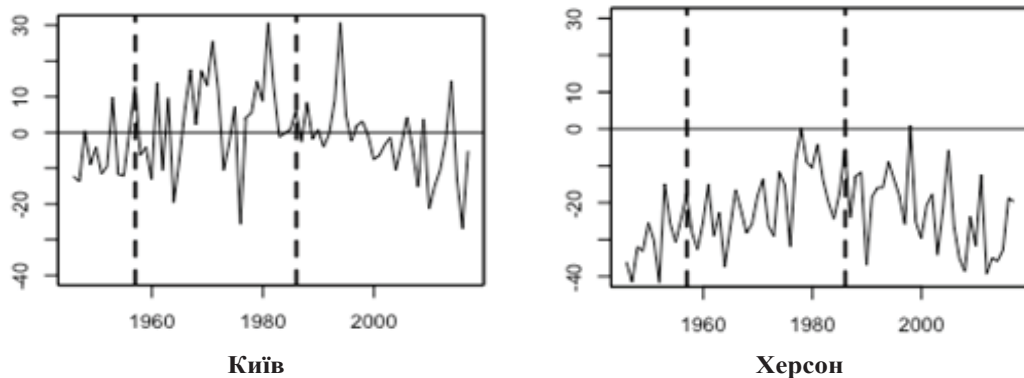


Рис. 7. Потенційна інфільтрація (-)/евапотранспірація (+), мм/рік

В маловодних регіонах України налічується 1300 сіл, мешканці яких користуються привізною водою. Лише 24% сільського населення охоплено послугами централізованого водопостачання. Крім того, значно скоротився поверхневий стік. Дослідженнями ІВПіМ [40] вже зафіксовано зменшення стоку малих і середніх річок: на півночі – на 10–20%, а на півдні – від 20 до 50%. Торік скид води через греблю Каховської ГЕС із Каховського водосховища у нижню течію Дніпра був на 11 кубокілометрів менший, ніж у середні багаторічні періоди [40].

Згідно з прогнозом Одеського державного екологічного університету [41], щодо стану водних ресурсів України на основі моделі «клімат-стік» на період 2030–2040 рр., водні ресурси степової зони можуть знизитись на 40–50%, а на решті території на 24–40%

Подальше зменшення доступних для використання запасів поверхневих і підземних вод супроводжуватиметься погіршенням їхньої якості, насамперед через підвищення мінералізації. Цей процес характеризується поступовим поширенням вод, властивих нашому півдню, на північ. На погіршення якості води впливають як зміни клімату, так і антропогенне навантаження, але останнім часом роль кліматичного чинника постійно зростає.

Зважаючи на те, що території України загрожує подальше зневоднення, зменшення кількості придатних для використання поверхневих і підземних вод, має бути якнайшвидше розроблена і прийнята «Водна стратегія України на період до 2050 року», яка закріпить нову водну політику і створить передумови для принципово іншого поводження з водою. Зокрема у промисловості потрібно терміново запроваджувати системи оборотного і замкненого водопостачання. Системи питного водопостачання населених пунктів потребують проведення заходів із модернізації станцій підготовки води. Діючі станції водопідготовки у своїй абсолютній більшості були запроектовані і побудовані для підготовки води, якість якої була значно кращою порівняно з нинішнім станом. Ці водні проблеми потребують негайного вирішення, як і проблеми зрошення та дренажу. Шляхи розв'язання останніх закріплені у «Стратегії зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року», що схвалена КМ України 14 серпня 2019 року [42].

Зокрема вона передбачає реформування сектора іригації та дренажу на сучасних засадах, його технічну і технологічну модерні-

зацію, залучення інвестицій. Нове зрошення, яке буде впроваджуватись на виконання «Стратегії...», дозволить значно ефективніше, безпечніше й економніше використовувати воду. Нарощування площ зрошення та створення умов для сталого водозабезпечення південних регіонів України, особливо Одеської та Миколаївської областей, потребуватиме залучення водних ресурсів Дунаю. Можливість реалізації цього проекту значно зросла у зв'язку з появою нових технологій виготовлення труб діаметром до 4 м з робочим тиском до 25 атм. Поєднання водних ресурсів Дніпра та Дунаю, за нашими підрахунками, дозволить зрошувати до п'яти мільйонів гектарів південного степу.

Сільськогосподарське виробництво.

Аграрний сектор – важлива галузь економіки України. Україна повністю забезпечує свою продовольчу безпеку, є найбільшим виробником та експортером соняшникової олії, третім світовим експортером кукурудзи, четвертим – ячменю, шостим – соєвих бобів, сьомим – курятини.

За оцінками ФАО Україна має можливості для значного (до 3-х і більше разів) нарощування обсягів виробництва та експорту сільськогосподарської продукції за умови кращого використання наявного агроресурсного потенціалу. Недостатній рівень його використання обмежується низкою факторів, головним з яких є дефіцит природного вологозабезпечення на більш ніж 2/3 території України.

В умовах змін клімату саме природне вологозабезпечення є визначальним чинником формування продуктивності посівів. Шляхом кореляційно-регресійного аналізу NDVI, який є одним із показників оцінки біомаси посівів,

з показниками КВБ впродовж вегетаційного періоду, встановлено, що лише за бездефіцитного водного балансу забезпечуються найвищі значення NDVI посівів (рис. 8).

Внаслідок інтенсивного прогресуючого потепління значно змінились структура сільськогосподарського виробництва, площі посівів польових культур і рівень їх врожайності, особливо територіально. Якщо загальна площа зернових і зернобобових культур у середньому за останні п'ять років (порівняно з 1990 р.) майже не змінилась, то суттєво змінилась частка їх виробництва по природно-кліматичних зонах. Зона Степу, де зосереджено 46% посівів зернових, зараз забезпечує лише 35% загального виробництва зерна, тоді як у 1990 р. – 45% (рис. 9).

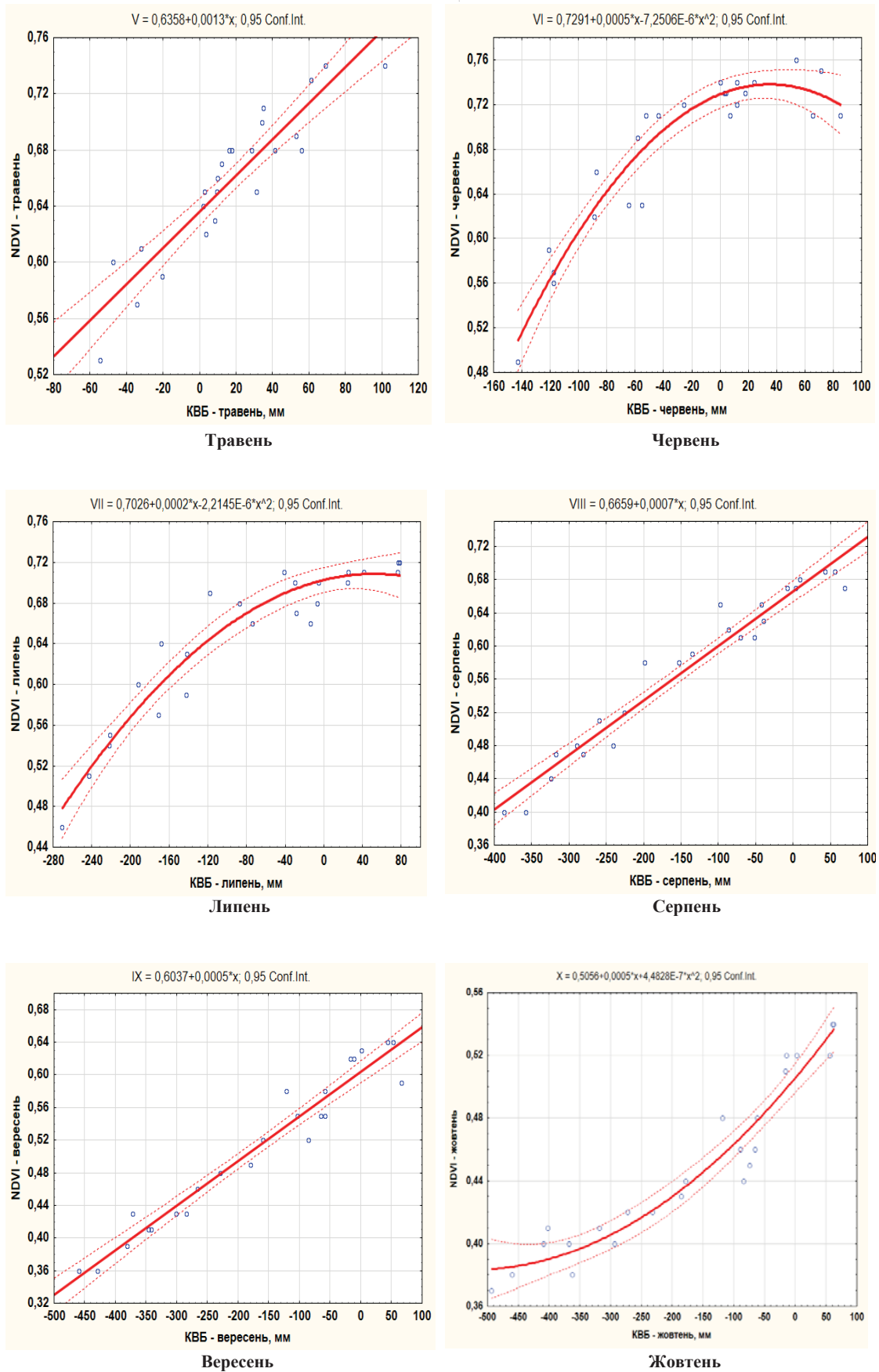


Рис. 8. Залежності NDVI впродовж вегетаційного періоду від КВБ

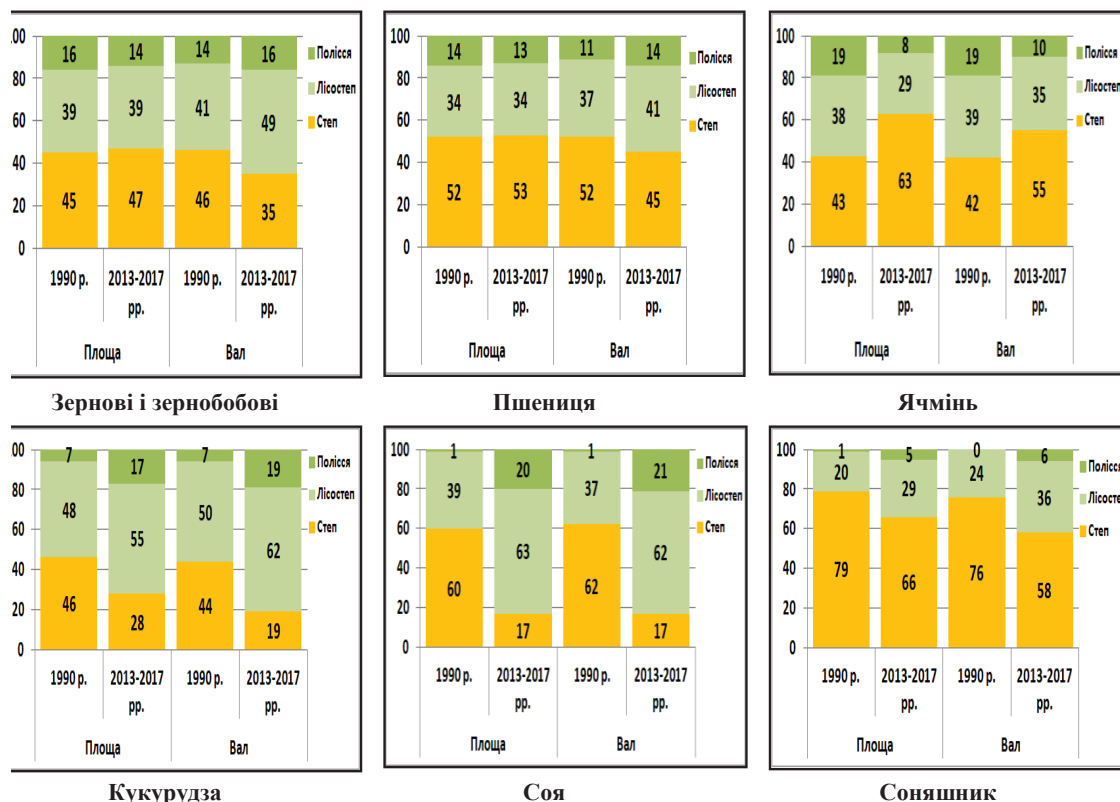


Рис. 9. Зміна структури посівів і виробництва основних сільськогосподарських культур, % до загального по країні

Середня врожайність зернових у цій зоні за останні п'ять років, незважаючи на її зростання на 21% у загальнодержавному масштабі, знизилась від 35,8 ц/га в 1990 р. до 32,2 ц/га в 2013–2017 рр. На Поліссі і в Лісостепу навпаки відмічено зростання врожайності з 30–37 ц/га до 48–53 ц/га. Завдяки цьому в цих зонах виробляється 65% зерна, хоча частка посівів даної групи культур тут становить лише 53%.

Подібна ситуація відмічається і щодо регіональних змін обсягів виробництва більшості основних польових культур, особливо більш вимогливих до тепла. Так, частка площ зернової кукурудзи в Степу зменшилась з 46 до 28%, соняшнику – з 79 до 66%, а сої – з 60 до 17%. При цьому площі соняшнику і кукурудзи загалом по Україні порівняно з 1990 р. зросли в 4–5 рази, а сої – в 20 разів, із них 42–83% розміщені в Лісостепу та на Поліссі. Зараз у цих зонах виробляється основна частка раніше традиційних для Степу культур: 83% сої, 81% кукурудзи і 43% соняшнику.

Окрім суттєвого територіального перерозподілу структури посівів сільськогосподарських культур нині, відмічається значна строкатість динаміки і темпів зростання їх продуктивності. Наприклад, середня врожай-

ність зернових і зернобобових культур у Лісостепу і на Поліссі порівняно з 1990 р. зросла на 46–61%, а у Степу знизилась на 10%. Аналогічна динаміка спостерігається і відносно зміни рівня продуктивності решти основних зернових культур, за винятком кукурудзи на зерно, врожайність якої підвищилась у всіх зонах, проте в Лісостепу і на Поліссі на 71–82%, а у Степу – лише на 9%.

До того ж, зона Степу внаслідок дуже низького рівня природного вологозабезпечення, окрім найнижчих темпів зростання продуктивності, відзначається найнижчою сталістю врожайності. Наприклад, аналіз динаміки врожайності зерна кукурудзи за 1999–2018 рр. засвідчив, що на півдні країни (Миколаївська область) вона зросла на 19 ц/га (80%) (рис. 10). На півночі України (Сумська область) врожайність цієї культури підвищилась на 64 ц/га, що в 4 рази перевищує рівень 1999 р. До того ж, коефіцієнт варіації врожайності кукурудзи за рахунок кліматичних умов в Сумській області на 40% нижчий ніж в Миколаївській і становить 0,15 проти 0,25. Проте на зрошенні рівень сталості врожайності кукурудзи значно підвищується і становить 0,12, що відповідає умовам Полісся (табл. 4).

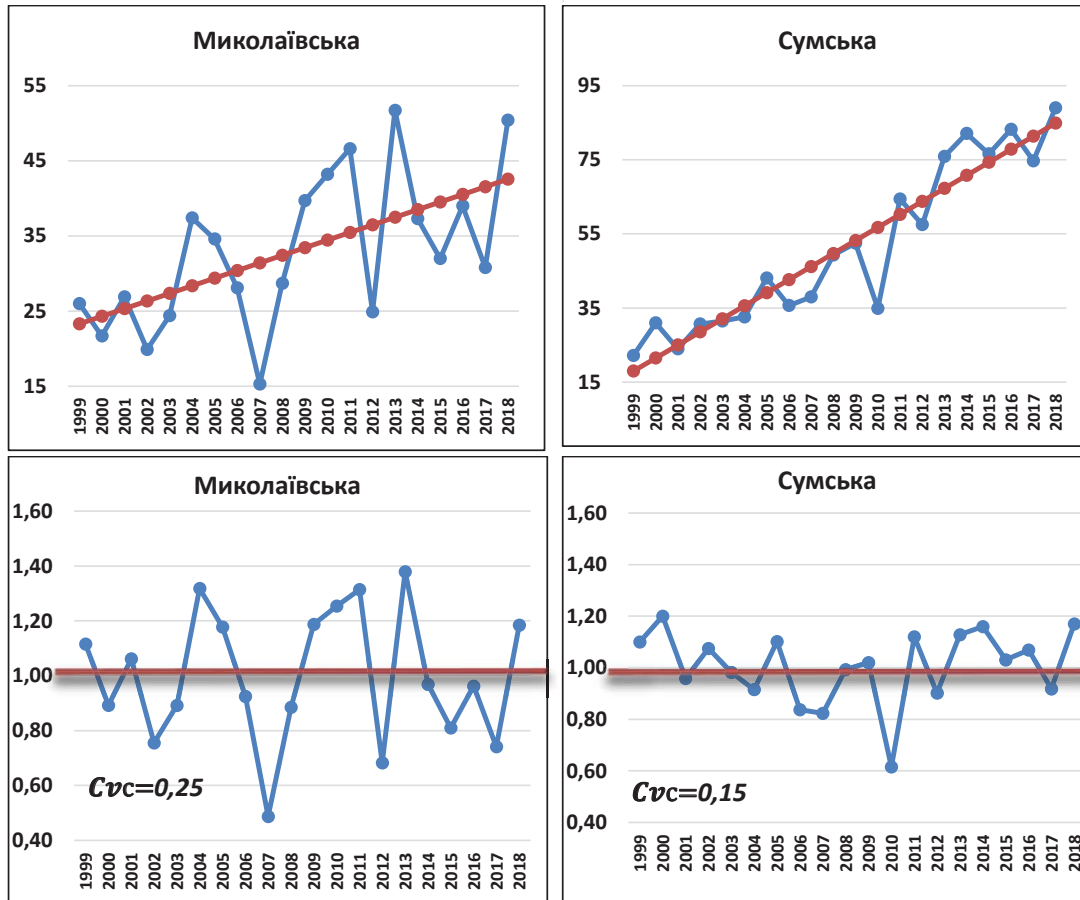


Рис. 10. Динаміка та варіабельність врожайності зерна кукурудзи

4. Коефіцієнти варіації врожайності основних зернових культур за рахунок кліматичних умов

Зони	Пшениця озима	Ячмінь ярий	Кукурудза
Степ	0,25	0,26	0,22/0,12 зрошення
Лісостеп	0,20	0,18	0,17
Полісся	0,14	0,13	0,13

Отже, загальне по Україні зростання врожайності зернових і зернобобових культур у сучасний період відбулось лише за рахунок Лісостепу і особливо Полісся, тобто за рахунок більш вологозабезпечених регіонів.

Висновки. Дослідженнями та експертними і прогнозними розрахунками підтверджено наявність змін клімату, які для умов України проявляються найвищими серед країн Європи темпами зростання середньорічної температури повітря та прогресуючим погіршенням умов природного вологозабезпечення.

Кліматичні зміни зумовили значне підвищення сумарного випаровування, внаслідок чого з території України вилучається на 20–25 м³ км води більше порівняно з 1990 роком. Подальше зростання сумарного випаровування спричинить прогресуюче

зневоднення України, зменшення доступних до використання запасів поверхневих та підземних вод за одночасного погіршення їх якості.

Територіальні закономірності результатів оцінки продуктивності основних сільсько-господарських культур як за рівнем фактичної господарської врожайності, так і за результатами супутникового моніторингу біомаси посівів свідчать, що внаслідок змін клімату зона максимальної потенційної продуктивності польових культур змістилась від центральних регіонів країни на захід і північ, тобто в зону порівняно найвищого рівня вологозабезпечення.

Зона Степу, внаслідок дуже низького та нестійкого рівня природного вологозабезпечення, окрім найнижчих темпів зростання

продуктивності, відзначається найнижчою сталістю врожайності з коефіцієнтом варіації 0,22–0,26.

Тісний позитивний статистичний зв'язок стану посівів упродовж вегетаційного періоду (*NDVI*) з кліматичним водним балансом, який становить від $r = 0,82$ у травні до $r = 0,98$ у вересні, свідчить, що лімітуючим чинником формування врожайності сільськогосподарських культур нині є рівень природного зволоження.

Кліматичні зміни, що вже відбулися, тепер виявились сприятливими для поширення площ вирощування найбільш ліквідних культур на північ країни, одночасно обмежили їх виробництво на півдні. Внаслідок цього виникає крайня потреба перегляду традиційних зональних систем землеробства відповідно до сьогоденних реалій в напрямі підвищення рівня використання агресурсного потенціалу з одночасним його збереженням.

Бібліографія

1. Кислов А.В. Климатология с основами метеорологии. Москва: Академия, 2016. 224 с.
2. Макаров И.А. Глобальное изменение климата как вызов мировой экономике и экономической науке // Экономический журнал ВШЭ. 2013. №3. С. 479–494.
3. Порфирьев Б.Н. Экономика климатических изменений. Москва: Анкил. 2008. 168 с.
4. Sustainable Water Use in Agriculture: A Review of Worldwide Research / Velasco-Muñoz J. et al // Sustainability. 2018. №.10(4). P. 1084. doi:10.3390/su10041084.
5. Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming / Cook J. et al. // Environmental Research Letters. 2016. Vol. 11. 4. P. 1–7. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
6. Expert credibility in climate change / Anderegg W.R., Prall J.W., Harold J., Schneider S.H. // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. 2010. 107(27). P 12107–12109. <https://doi.org/10.1073/pnas.1003187107>.
7. WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019. WMO. 2020. 1248. 40 p. Retrieved from https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=10211.
8. Глобальна температура. NASA report. [Електронний ресурс]: [Інтернет портал]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/> (дата звернення 30.04.2020).
9. Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (IPCC) [Електронний ресурс]: [Інтернет портал]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.ipcc.ch/reports/> (дата звернення 29.04.2020).
10. United Nations framework convention on climate change/ United Nations 1992. FCCC/INFORMAL/84 GE.05-62220 (E) 200705. Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
11. United Nations Convention to Combat Desertification. [Електронний ресурс]: [Інтернет портал]. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.unccd.int/official-documents> (дата звернення 30.04.2020).
12. United Nations framework convention on climate change. Kyoto Protocol, Kyoto, 1998 [Електронний ресурс]: [Інтернет портал] – Електронні дані. – Режим доступу: <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf> (дата звернення 30.04.2020).
13. Paris Agreement/ United Nations. New York. 2016. P. 1-30 Retrieved from: https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf
14. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року: Розпорядження Кабінету Міністрів № 932-р від 7 грудня 2016 р. <https://www.kmu.gov.ua/ua/npras/249573705> (дата звернення 29.04.2020)
15. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В. Вплив змін клімату на водні ресурси України в сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В) // Український гідрометеорологічний журнал. 2014. №15. С. 149–159.
16. Оцінка можливих змін водних ресурсів місцевого стоку в Україні в XXI столітті / Сніжко С. та ін. // Водне господарство України. 2012. № 6(102). С. 8–16.
17. Вишневецький В.І. Зміни клімату і річкового стоку на території України і Білорусі // Наук. праці УкрНДГМІ. 2001. Вип. 249. С. 89–105.
18. Arnell N.W. Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios// Global Environmental Change-Human And Policy Dimensions. 2004. Vol. 14. Issue 1. P. 31–52. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.006>

19. Taikan Oki, Shinjiro Kanae. Global Hydrological Cycles and World Water Resources. Science. 2006: Vol. 313. Issue 5790. P. 1068–1072 DOI: 10.1126/science.1128845
20. Freshwater resources under success and failure of the Paris climate agreement / Heinke, J., Mueller C., Lannerstad M. et al. // Earth System Dynamics. 2019. Vol. 10, Issue 2. P. 205–217. DOI: 10.5194/esd-10-205-2019
21. Synchronous crop failures and climate-forced production variability / Anderson, W.B.; Seager, R.; Baethgen, W.; et al. // Science Advances. 2019. Vol. 5 Issue 7. DOI:10.1126/sciadv.aaw1976
22. A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation / Challinor, A. J.; Watson, J.; Lobell, D. B.; et al // Nature Climate Change. 2014. Vol. 4. Issue 4. P. 287–291. DOI:10.1038/NCLIMATE2153
23. Climatic-Change and future agroclimatic potential in Europe. Carter T.R., Parry M.L., Porter J.H. / International Journal Of Climatology. 1991. Vol. 11. Issue 3. P. 251–269.
24. Adapting agriculture to climate change/ S. Mark Howden, Jean-François Soussana, Francesco N. Tubiello, et. Al // PNAS. 2007. № 104 (50). P. 19691–19696; doi.org/10.1073/pnas.0701890104
25. Romashchenko M.I., Saydak R.V., Matyash T.V. Development of irrigation and drainage as the basis of sustainable agriculture in Ukraine in climate change/IX International scientific and technical conference «Modern problems of water management, environmental protection, architecture and construction», 22–27 July. 2019. Georgia. P. 243–250.
26. Оскольський В.В. Економічні аспекти управління водними ресурсами та водокористування / Раціональне використання водних ресурсів як фактор забезпечення національної безпеки України // Матеріали VII Пленуму Співки економістів України та Всеукраїнської науково-практичної конференції, 21 вересня 2012. Київ: 2012. С. 2–13. Режим доступу <http://seu.org.ua/wp-content/uploads/2013/12/voda.pdf>
27. Районування території України за рівнем забезпеченості гідротермічними ресурсами та обсягами використання сільськогосподарських меліорацій / Ю.О. Тараріко та ін. // Київ: Інститут водних проблем і меліорації НААН України. 2016. 61 с.
28. Національні рахунки України за 2018 рік. Статистичний збірник//Державна служба статистики України. Київ, 2020. 255 с.
29. Georgeta B., Remus P. Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. J. Geogr. Sci. 2015. № 25(11). P. 1307–1327
30. Розроблення сценаріїв зміни кліматичних умов в Україні на середньо- та довгострокову перспективу з використанням даних глобальних та регіональних моделей: звіт про НДР (заключний, 2013) / УкрГМІ. Київ, 2013. 135 с. Режим доступу: <https://uhmi.org.ua/project/rvndr/climate.pdf> (дата звернення 29.04.2020).
31. Пасов В.М. Изменчивость урожаев и оценка ожидаемой продуктивности зерновых культур / Ленинград: Гидрометеиздат. 1986. 152 с.
32. Міністерство енергетики та охорони довкілля. [Електронний ресурс]: [Інтернет портал]. – Електронні дані. – Як змінюється клімат в Україні. Матеріали Українського Гідрометцентру та АПД (Німецько-український агрополітичний діалог). Режим доступу : <https://menr.gov.ua/news/34871.html> (дата звернення 30.04.2020).
33. Северо-Евразийский Климатический Центр. [Електронний ресурс]: [Інтернет портал]. – Електронні дані. – Обзор состояния и тенденций изменения климата 2019 г. Режим доступу : <http://seakc.meteoinfo.ru/images/seakc/monitoring/seakc-2019v.pdf> (дата звернення 29.04.2020).
34. Water quantity, river floods and droughts in impacts of Europe's changing climate – 2008 indicator-based assessment. Joint EEA-JRC-WHO report, EEA Report No 4. 2008, European Environmental Agency. Copenhagen: European Communities.
35. Baumgartner A., Liebsche H.-J. Lehrbuch der Hydrologie I / Allgemeine Hydrologie – Quantitative Hydrologie. Berlin / Stuttgart: Gebrüder Borntraeger. 1990.
36. Effects of Climate Change on the Hydrological Cycle in Central and Eastern Europe. Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change / Judith, S., Elisabeth, M., Hagen, K., et.al. Springer, Dordrecht. 2014, Vol. 58. P. 31–43. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7960-0_3
37. Climate Change and Water. Technical Paper of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Bates B.C. et al. 2008 IPCC Secretariat, Geneva, 210 p.
38. UCAR Center for Science Education Climate change affects evaporation and precipitation (2011) The Water Cycle and Climate Change. <https://scied.ucar.edu/longcontent/water-cycle-climate-change>
39. Державне агентство водних ресурсів України [Електронний ресурс]: [Інтернет портал]. – Електронні дані. – Держводагентство вперше може обмежити права водокористувачів. –

Режим доступу: <https://www.davr.gov.ua/news/derzhvodagentstvo-vpershe-mozhe-obmezhati-prava-vodokoristuvachiv> (дата звернення 29.04.2020).

40. Шевчук С.А., Вишневецький В.І. Зміни зволоженості Українського Полісся та їх наслідки // Екологія і виробництво. 2019. Вип. 26. С. 35–39.

41. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / Під ред. Степаненко С.М., Польового А.М. 2011. Одеса: Екологія. 605 с.

42. Стратегія зрошення та дренажу в Україні на період до 2030 року. Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 14.08.2019 р. № 688-р URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> (дата звернення: 23.04.2020)

References

1. Kislov, A.V. (2016). *Klimatologiya s osnovami meteorologii* [Climatology with the basics of meteorology]. Moskva: Akademiya. [in Russian].
2. Makarov, I.A. (2013). *Globalnoe izmenenie klimata kak vyizov mirovoy ekonomike i ekonomicheskoy nauke* [Global climate change as a challenge to the global economy and economic science]. *Ekonomicheskij zhurnal VShE*, 3, 479–494. [in Russian].
3. Porfirev, B.N. (2008). *Ekonomika klimaticheskikh izmeneniy* [The economy of climate change]. Moskva: Ankil. [in Russian].
4. Velasco-Muñoz, J., Aznar-Sánchez, J., Belmonte-Ureña, L., & Román-Sánchez, I. (2018). Sustainable Water Use in Agriculture: A Review of Worldwide Research. *Sustainability*, 10(4), 1084. doi:10.3390/su10041084
5. Cook, J., et al, (2016). Consensus on consensus: a synthesis of consensus estimates on human-caused global warming. *Environmental Research Letters*, Vol. 11, 4. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/11/4/048002>
6. Anderegg, W.R., Prall, J.W., Harold, J., & Schneider, S.H. (2010). Expert credibility in climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(27), 12107–12109. <https://doi.org/10.1073/pnas.1003187107>
7. WMO. (2020). WMO Statement on the State of the Global Climate in 2019.
8. NASA. (2020). Global Temperature. Retrieved from <https://climate.nasa.gov/vital-signs/global-temperature/>
9. IPCC. (2020). *Climate Change and Land. An IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems* Retrieved from https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/4/2020/02/SPM_Updated-Jan20.pdf
10. United Nations Framework Convention on Climate Change, United Nations 1992, FCCC/INFORMAL/84, GE.05-62220 (E) 200705. Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>
11. Unep. (1994). United Nations convention to combat desertification. Retrieved from <https://www.unccd.int/official-documents>
12. Protocol, K. (1998). United Nations framework convention on climate change. Kyoto Protocol, Kyoto, 19. Retrieved from <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>
13. Agreement, P. (2015). United nations. United Nations Treaty Collect, 1–27. Retrieved from: https://treaties.un.org/doc/Treaties/2016/02/20160215%2006-03%20PM/Ch_XXVII-7-d.pdf
14. Pro skhvalennia Kontseptsii realizatsii derzhavnoi polityky u sferi zminy klimatu na period do 2030 roku [About the concept of realizing state power politics in the sphere of climate for the period up to 2030]. (2016, december 7). № 932-p. Kyiv: Kabinet Mynistriv Ukrainu. Retrieved from: <https://www.kmu.gov.ua/ua/npas/249573705>. [in Ukrainian].
15. Loboda, N.S., Serbova, Z.F., & Bozhok, Yu.V. (2014). Vplyv zmin klimatu na vodni resursy Ukrainy u suchasnykh ta maibutnykh umovakh (za stsenariiem hlobalnoho poteplynnia A1V) [Impact of climate change on Ukraine's water resources in current and future conditions (according to the scenario of global warming A1B)]. *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, (15), 149–159. [in Ukrainian].
16. Snizhko, S., Yatsiuk, M., Kuprikov, I., Shevchenko, O., Strutynska, V., Krakovska, S., & Shedemenko, I. (2012). Otsinka mozhlyvykh zmin vodnykh resursiv mistsevoho stoku v Ukraini v KhKhI stolitti [Assessment of possible changes in water resources of local runoff in Ukraine in the XXI century]. *Vodne hospodarstvo Ukrainy*, 6, 102. [in Ukrainian].
17. Vyshnevskiy, V.I. (2001). Zminy klimatu i richkovoho stoku na terytorii Ukrainy i Bilorusi [Climate change and river runoff in Ukraine and Belarus]. *Nauk. pratsi UkrNDHMI*, 249, 89–105. [in Ukrainian].

18. Arnell, N.W. (2004). Climate change and global water resources: SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global environmental change*, 14(1), 31–52. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2003.10.006>
19. Oki, T., & Kanae, S. (2006). Global hydrological cycles and world water resources. *science*, 313(5790), 1068–1072.
20. Heinke, J., Müller, C., Lannerstad, M., Gerten, D., & Lucht, W. (2019). Freshwater resources under success and failure of the Paris climate agreement. *Earth System Dynamics*, 10(2).
21. Anderson, W. B., Seager, R., Baethgen, W., Cane, M., & You, L. (2019). Synchronous crop failures and climate-forced production variability. *Science advances*, 5(7). doi:10.1126/sciadv.aaw1976
22. Challinor, A.J., Watson, J., Lobell, D.B., Howden, S.M., Smith, D.R., & Chhetri, N. (2014). A meta-analysis of crop yield under climate change and adaptation. *Nature Climate Change*, 4(4), 287–291.
23. Carter, T.R., Parry, M.L., & Porter, J.H. (1991). Climatic change and future agroclimatic potential in Europe. *International Journal of Climatology*, 11(3), 251–269.
24. Howden, S.M., Soussana, J.F., Tubiello, F.N., Chhetri, N., Dunlop, M., & Meinke, H. (2007). Adapting agriculture to climate change. *Proceedings of the national academy of sciences*, 104(50), 19691–19696.
25. Romashchenko, M.I., Saydak, R.V. & Matyash, T.V. (2019) Development of irrigation and drainage as the basis of sustainable agriculture in Ukraine in climate change. *Modern problems of water management, environmental protection, architecture and construction: IX International scientific and technical conference. Georgia*, 243–250.
26. Oskolsky, V.V. (2012) *Ekonomichni aspekty upravlinnya vodnymy resursamy ta vodokorystyvannya*. [Economic aspect of water management and water using]. *Ratsionalne vykorystannya vodnykh resursiv yak faktor zabezpechennia natsionalnoi bezpeky Ukrainy: Materialy VII Plenumu Spilky ekonomistiv Ukrainy ta Vseukrainskoi naukovo-praktychnoi konferentsii*. Kyiv. [in Ukrainian].
27. Tarariko Y.O., Saydak, R.V., Soroka, Y.V., & Vitvits'kiy S.V. (2016). *Rayonuvannya territoriy Ukrainy za rivnem zabezpechenosti hidrotermichnymi resursamy ta obsyahami ispol'zovanye sil's'-kohospodars'kykh melioratsiy* [Raionuvannya terytorii Ukrainy za rivnem zabezpechenosti hidrotermichnymi resursamy ta obsyahami vykorystannya silskohospodarskykh melioratsii]. Kyiv: Instytut vodnykh problem i melioratsiyi NAAN Ukrainy. [in Ukrainian].
28. *Natsionalni rakhunky Ukrainy za 2018 rik*. [National accounts of Ukraine for 2018. Statistical collection]. (2020). *Statystychnyi zbirnyk*. Kyiv: Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. [in Ukrainian].
29. Bandoc, G., & Prăvălie, R. (2015). Climatic water balance dynamics over the last five decades in Romania's most arid region, Dobrogea. *Journal of Geographical Sciences*, 25(11), 1307–1327.
30. UkrHMI. (2013). *Rozroblennia stsenariiv zminy klimatychnykh umov v Ukraini na serednota dovhostrokovu perspektyvu z vykorystanniam danykh hlobalnykh ta rehionalnykh modelei* [Development of scenarios for climate change in Ukraine in the medium and long term using data from global and regional models]. *Zvit pro NDR (zakliuchni, 2013)*. Kyiv: UkrHMI. [in Ukrainian].
31. Pasov, V.M. (1986). *Izmenchivost urozhav i otsenka ozhidaemoy produktivnosti zernovyih kultur* [Yield variability and estimation of expected grain productivity.]. L.: Gidrometeoizdat. [in Russian].
32. *Yak zminiuietsia klimat v Ukraini*. [How the climate in Ukraine is changing]. Retrieved from <https://menr.gov.ua/news/34871.html> [in Ukrainian].
33. *Obzor sostoyaniya i tendentsiy izmeneniya klimata v 2019* [Overview of the status and trends of climate change in 2019.]. Retrieved from <http://seakc.meteoinfo.ru/images/seakc/monitoring/seakc-2019v.pdf> [in Russian].
34. European Environment Agency. (2008). *Impacts of Europe's changing climate: 2008 indicator-based assessment (No. 4)*. European Communities.
35. Baumgartner, A., & Liebscher, H.J. (1990). *Lehrbuch der Hydrologie. Allgemeine Hydrologie, quantitative Hydrologie*. Berlin, Stuttgart.
36. Stagl, J., Mayr, E., Koch, H., Hattermann, F.F., & Huang, S. (2014). Effects of climate change on the hydrological cycle in central and eastern Europe. In *Managing Protected Areas in Central and Eastern Europe Under Climate Change* (pp. 31–43). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-007-7960-0_3
37. Bates, B., Kundzewicz, Z., & Wu, S. (2008). *Climate change and water*. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat.

38. UCAR Center for Science Education Climate change affects evaporation and precipitation (2011) The Water Cycle and Climate Change. Retrieved from <https://scied.ucar.edu/longcontent/water-cycle-climate-change>

39. SAWR. (2020). Derzhvodahentstvo vpershe mozhe obmezhyty prava vodokorystuvachiv [For the first time, the State Water Agency may restrict the rights of water users]. Retrieved from <https://www.davr.gov.ua/news/derzhvodahentstvo-vpershe-mozhe-obmezhyty-prava-vodokorystuvachiv> [in Ukrainian].

40. Shevchuk, S.A., & Vyshnevskiy, V.I. (2019). Zminy zvolozhenosti Ukrainського Polissya ta yikh naslidky [Changes in humidity of the Ukrainian Polissya and their consequences]. *Ekologia i vyrobnytstvo*, 5, 35. [in Ukrainian].

41. Stepanenko, S.M., Polovyi, A.M. (Ed.). (2011). Otsinka vplyvu klimatychnykh zmin na haluzi ekonomiky Ukrainy: monohrafiia. [Estimation of influence of climatic changes on branch of economy of Ukraine: monograph]. Odessa: Ekologia. [in Ukrainian].

42. Stratehiia zroshennia ta drenazhu v Ukraini na period do 2030 roku [Irrigation and drainage strategy in Ukraine until 2030]: Skhvaleno rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy № 688-p. (2019, August 14). *Uriadovyi kurier*, 170. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/688-2019-%D1%80> [in Ukrainian].

**М.И. Ромащенко, Ю.В. Гусев, А.П. Шатковский, Р.В. Сайдак,
М.В. Яцюк, А.Н. Шевченко, Т.В. Матяш**

Влияние современных климатических изменений на водные ресурсы и сельскохозяйственное производство

Аннотация. Представлены результаты исследований оценки влагообеспеченности территории Украины, состояния водных ресурсов и аграрного производства в современных условиях изменения климата и с учетом прогноза на средне- и долгосрочную перспективы. Установлено, что скорость повышения среднегодовой температуры воздуха в Украине значительно выше по сравнению с соседними постсоветскими странами, глобальными и европейскими масштабами. Установлено, что вследствие устойчивого повышения температурного режима, площадь территории Украины со значительным дефицитом природной влагообеспеченности за период 1990–2015 гг. увеличилась на 7%, а с чрезмерным и достаточным увлажнением наоборот – уменьшилась на 10%. При условии сохранения существующих темпов потепления к 2050 и 2100 годам территория страны с недостаточным уровнем увлажнения увеличится до 56 и 71% соответственно. Вследствие таких изменений существует высокая вероятность в средне- и долгосрочной перспективе увеличения площадей пашни с недостаточным уровнем увлажнения до 20,6 млн.га (67%) и 24,9 млн.га (80%) с одновременным снижением площадей пахотных земель с достаточным увлажнением до 5,5–1,8 млн.га. В современный период потенциальное суммарное испарение на 40–45 км³/год превышает показатель 1990 года, вследствие этого, несмотря на уменьшение водопотребления, общий объем воды, который отбирается с территории Украины, на 20–25 км³ больше. Дальнейшие климатические изменения будут только способствовать увеличению объемов дополнительного изъятия воды к 2050 г. на 80 км³, а к 2100 г. – почти на 150 км³ в сравнении с 1990 годом. Современные климатические изменения уже имеют значительное влияние на региональные изменения структуры посевов сельскохозяйственных культур и их производительность. Общее по стране увеличение производства зерновых и зернобобовых культур в современный период состоялось лишь за счет более влагообеспеченных регионов – Полесья и Лесостепи. Климатические изменения, которые уже произошли, в настоящее время оказались благоприятными для распространения площадей выращивания наиболее ликвидных культур на север страны, одновременно ограничили их производство на юге страны.

Ключевые слова: водные ресурсы, сельскохозяйственное производство, изменения климата, влагообеспеченность, зонирование, водный баланс, продуктивность.

**M.I. Romashchenko, Yu.V. Husyev, A.P. Shatkovskiy, R.V. Saidak,
M.V. Yatsyuk, A.M. Shevchenko, T.V. Matiash**

Impact of climate change on water resources and agricultural production

Abstract. The research results on the assessment of water supply in the territory of Ukraine, the state of water resources and agricultural production in the current climate change taking into account the forecast for the medium and long-term prospects are highlighted. It was established that the rate of average annual air temperature increase in Ukraine is much higher compared to the neighboring post-Soviet countries and the entire world as well. Due to the steady increase in temperature, the area of Ukraine with a signif-

icant deficit of natural moisture supply for the period 1990–2015 increased by 7%, and with excessive and sufficient moisture, on the contrary – decreased by 10%. If the current rate of warming is kept until 2050 and 2100, the territory of the country with insufficient humidity will increase up to 56 and 71%, respectively. As a result of such changes, there is a high probability for medium- and long-term prospects of increasing arable land with insufficient moisture up to 20.6 million hectares (67%) and 24.9 million hectares (80%) with a simultaneous decrease in arable land with sufficient moisture up to 5.5–1.8 million hectares. Currently, the potential total evaporation by 40–45 km³/year higher than in 1990, so as a result, despite the decrease in water consumption, the total volume of water taken from the territory of Ukraine is 20–25 km³ higher. Further climate change will increase the volume of additional water abstraction by 80 km³ till 2050, and by almost 150 km³ till 2100 compared to 1990. Modern climate change has significantly affected the cropping systems and their productivity at regional level. The general increase in the production of cereals and legumes in the country was only due to more humid regions – Polissya and Forest-Steppe. Climate change, which has already taken place, has been favorable for the spread of the most liquid crops in the north of the country, while limiting their production in the south.

Key words: water resources, agricultural production, climate change, moisture supply, zoning, water balance, productivity.