

Н.В. Кирнасівська

ORCID: 0000-0002-5179-6163
nkirnasivska@gmail.com

А.В. Здекс

Z-av@ukr.net

УДК 551.586:551.583

DOI: <https://doi.org/10.15407/Meteorology2025.07.019>

АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА БІОЛОГІЧНОЇ ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕМЕЛЬ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Одеський національний
університет ім. І.І. Мечникова

У статті представлена агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області в контексті сучасних кліматичних змін. На основі фізико-статистичної моделі Д.І. Шашко визначено біокліматичний потенціал (БКП) території області для середніх багаторічних умов ("базовий період") за даними Агрокліматичного довідника по Дніпропетровській області: 1986–2005 рр. Наведено порівняльний аналіз його змін у майбутньому (2021–2050 рр.) у порівнянні з базовим за даними кліматичних сценаріїв репрезентативної траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways — RCP4.5 (середній) та RCP8.5 (жорсткий)). Із досліджень встановлено, що очікується значне зменшення суми опадів у теплий період року, та збільшення у холодний, що спричинить зменшення показника зволоження Шашко і в області на період до 2050 року очікуються посушливі та сухі умови зволоження на фоні сум температур за теплий період, наближених до "базового періоду" за умов реалізації даних сценаріїв. Отримані значення БКП в "базовому періоді" характеризують середні та помірно-високі умови біологічної продуктивності клімату. В умовах оптимального зволоження біокліматичний потенціал зростає та характеризує підвищену біологічну продуктивність клімату. За реалізації сценаріїв родини RCP в обох випадках до 2050 року очікується зниження БКП у Дніпропетровській області на 12–26% (за сценарієм RCP 4.5) та 17–34% (за сценарієм RCP 8.5) у порівнянні з "базовим періодом" та відповідатиме понижений та дуже низькій біологічній продуктивності клімату. За умов оптимального зволоження біокліматичний потенціал також знижується. Отримано оцінку балів бонітету із урахуванням виду основних сільськогосподарських культур (зернові, соняшник, цукровий буряк) в області як для "базового періоду" так і за умов реалізації родини сценаріїв RCP. В "базовому періоді" найвищий бал бонітету буде мати соняшник (145 балів), далі йдуть зернові культури (116 балів) і на третьому місці цукрові буряки — 66 балів. Встановлено, що за умови реалізації сценаріїв родини RCP до 2050 року очікується зниження кількості балів, але тенденція розподілення їх за культурами зберігається. Із-за посилення посушливості клімату області рекомендується для підвищення балу продуктивності вводити посухостійкі сорти для соняшнику та зернових культур та зрошення в критичний період вегетації, особливо для цукрових буряків.

Ключові слова: агрокліматичні умови, біокліматичний потенціал, зміни клімату, бал бонітету, агрокліматичні умови, сільськогосподарські культури.

ВСТУП

Визначення стратегії розвитку регіону, вибір галузей сільського господарства, що найбільш ефективно використовують усі фактори виробництва саме на даній території, що володіє унікальними природно-кліматичними умовами, дозволить значно підвищити конкурентні переваги регіональних агропродовольчих систем у процесі імпортозаміщення, особливо в умовах змін клімату.

Для практичного застосування в аграрному виробництві доцільніше використовувати узагальнені

оцінки кліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур ніж аналіз окремих кліматичних показників. У цьому контексті одним із найпростіших та найбільш зручних методів оцінки придатності території для вирощування сільськогосподарських культур у найближчому майбутньому є визначення її біокліматичного потенціалу (БКП).

Питання оцінки продуктивних сил землі давно займали увагу видатних вчених, які розробили наукові передумови обліку і використання біокліматичного потенціалу (В.В. Докучаєв (1948), К.А. Тимірязєв

(1957), П.І. Колосков (1962, 1971), С.А. Сапожникова (1963, 1979), Д.І. Шашко (1967, 1985), Ф.З. Баталов (1980). Так як показник БКП розроблявся для оцінки агрокліматичних умов на території колишнього СРСР, тому він отримав поширення в країнах даного регіону, а після розпаду було проведено відносно мало досліджень.

Наприклад, оцінка біокліматичного потенціалу за методом О.В. Сиротенко (1995) базуються на використанні імітаційної системи “клімат — ґрунт — урожай”. Під біокліматичним потенціалом тут розуміється величина наземної біомаси в сухій речовині. Основними показниками БКП є: радіаційно-термічний потенціал (РТП) — фундаментальна характеристика ґрунтового-кліматичних ресурсів, яка обмежена та не піддається регулюванню в умовах відкритого ґрунту надходженням ФАР і термічним режимом при оптимальному мінеральному харчуванні, а також гідротермічний потенціал (ГТП), який враховує умови природного зволоження.

У роботах Е.К. Зоїдзе (1993); Зоїдзе та Овчаренко (2000) БКП визначається як “сільськогосподарський бонітет клімату” або “сільськогосподарський потенціал клімату”. Згідно з цією концепцією, сільськогосподарський потенціал клімату (СПК) — це максимальні можливості природного середовища, визначені комплексом показників: тепло- та вологозабезпеченості, радіаційного режиму, несприятливих агрокліматичних явищ, родючості ґрунту та рельєфу. Кінцевий результат оцінюється узагальненими балами бонітету за всіма ресурсами, їхніми групами (блоками) або окремими показниками.

Для території України фактично оцінкою біологічної продуктивності клімату займається наукова школа, керівництво якою здійснювала професор кафедри агрометеорології та агроекології З.А. Міщенко. У монографії (Міщенко, Кирнасівська, 2011) викладені дослідження із регіональної оцінки та районування показників біокліматичного потенціалу на прикладі України, де за основу прийнято фізико-статичну модель розрахунку БКП Д.І. Шашко (1985) із подальшим удосконаленням її для регіональної оцінки біокліматичного потенціалу на обмежених територіях в умовах складного рельєфу, а також на рівнинних землях із великою плямистістю ґрунтів. Авторами запропоновано модифікаційні формули розрахунку біокліматичного потенціалу з урахуванням цих абіотичних факторів та побудовано комплексні агрокліматичні карти розподілення БКП та його супутніх показників по території України за умов природного та оптимального зволоження у середньому масштабі.

В розвиток даного напрямку досліджень науковцями опубліковано низку робіт, які стосуються

оцінки біологічної продуктивності окремих адміністративних областей України із подальшим районуванням, оцінки використання біокліматичного потенціалу рядом сільськогосподарських культур та роботи, які враховують вплив на БКП складного рельєфу, мікроклімату ґрунтів, змін клімату (Кирнасівська, 2016, 2022, 2023, Вольвач, 2011).

Якщо звернутися до зарубіжних досліджень, то в них простежується загальна оцінка продуктивності клімату в умовах його зміни. Наприклад, вчені Китаю досліджують кліматичний потенціал продуктивності наземних екосистем та їх реакцію на зміну клімату (L.I. Meng D. et al., 2010; Cao et al., 2020). В статті (Y. Qin et al., 2013) розглядається просторово-часова зміна продуктивності орних земель і кліматичного потенціалу в північному Китаї протягом 1990–2010 рр. Ряд робіт присвячений потенційній продуктивності сільськогосподарських культур та продовольчій безпеці (R.A. Brown, N.J. Rosenberg (1999), Lu Yanyu et al., 2022). Досліджується також потенційна продуктивність клімату території Північної Африки (M. Bi et al., 2023) та визначається потенційна продуктивність тихоокеанських північно-західних лісів під впливом кліматичних змін (G. Latta et al., 2009).

Опираючись на матеріали світової статистики, зміна клімату, яка сьогодні спостерігається, вже має глибокий і різносторонній вплив на глобальну продовольчу сферу, впливаючи на виробництво, розподіл і доступ до продуктів харчування. Наслідки можуть відчуватися в усіх регіонах, але особливо вразливими є країни, де сільське господарство є основою економіки. Деякі ключові аспекти впливу змін клімату на продовольчу сферу включають: зниження врожайності, загрози біорізноманіттю та хвороби рослин і тварин, вплив на водні ресурси, зростання цін на продукти харчування, регіональні нерівності (Степаненко та Польовий, 2018).

У сучасних умовах потепління клімату одним із ключових факторів підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, поряд із раціональним і ощадливим використанням природних ресурсів, є точне визначення біокліматичного потенціалу кожного району, зони, області чи регіону. Своєчасна й професійна оцінка цього показника дозволяє створити науково обґрунтовану систему землеробства й тваринництва, а також оптимально підібрати структуру та асортимент сільськогосподарських культур і видів тваринництва. Це, в свою чергу, допомагає визначити потребу в переробних підприємствах, техніці, обладнанні, а також у засобах для зберігання і транспортування продукції.

Метою дослідження є оцінка впливу змін клімату на біокліматичний потенціал земель сільсько-

господарського призначення Дніпропетровській області та використання його основними сільсько-господарськими культурами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розрахунки біокліматичного потенціалу території Дніпропетровської області проводилися за фізико-статистичною моделлю Д.І. Шашко. Алгоритм розрахунку БКП наведено в наукових роботах Наталії Кирнасівської (2011, 2016, 2023). Вихідними даними є матеріали, які наведені в Агрокліматичному довіднику Дніпропетровської області (Агрокліматичний..., 2011) за період 1986–2005 рр. (прийнятий як “базовий період”). Для вивчення зміни біокліматичного потенціалу в майбутньому проведено оцінки за період 2021–2050 рр. за кліматичними сценаріями зміни клімату RCP4.5 (середній) та RCP8.5 (жорсткий) за даними ансамблю PKM міжнародної ініціативи euro-CORDEX (Giorgi F. et al., 2009; Evans J.P., 2011) і проведено порівняльний аналіз із “базовим періодом”. Розрахунки проводилися за даними полів середньодекадних температур, декадних сум опадів, дефіцитів насичення водяної пари, отриманих за сценарними даними сімейства RCP по станціям Дніпропетровської області: Губиниха, Дніпро, Лошкарівка, Синельниково. Дані сценарії є найбільш адекватним відображенням можливої зміни концентрації парникових газів в атмосфері в найближчому майбутньому до 2050 р. (Степаненко та Польовий, 2015, 2018).

У рамках даної роботи також проведено розрахунок величини балів бонітету з урахуванням виду основних сільськогосподарських культур (Мет. реком..., 2016) у Дніпропетровській області, як для “базового періоду” так і з визначення їх зміни у майбутньому в порівнянні з базовим.

Бонітет в балах для кожної культури розраховувався за формулою:

$$Б = А \cdot V \cdot \frac{\sum T > 10^{\circ}\text{C} \cdot КУ}{КК + В}, \quad (1)$$

де $\sum T > 10^{\circ}\text{C}$ — середньорічний коефіцієнт температури вище 10°C ; КУ — середньорічний коефіцієнт зволоження (за Івановим І.І.); КК — показник континентальності (за Івановим І.І.); А і В — середньостатистичні емпіричні коефіцієнти, які диференціюють розрахункову залежність за видами культур:

зернові:

$$Бз = 8,0 \cdot V \cdot \frac{\sum T > 10^{\circ}\text{C} \cdot КУ}{КК + 70}; \quad (2)$$

цукровий буряк:

$$Бц.б. = 4,3 \cdot V' \cdot \frac{(\sum T > 10^{\circ}\text{C} + 200) \cdot (КУ - 0,2)}{КК}; \quad (3)$$

соняшник:

$$Бс = 6,8 \cdot V \cdot \frac{\sum T > 10^{\circ}\text{C} \cdot (КУ + 0,2)}{КК + 50}; \quad (4)$$

Тут V — щільність будови ґрунтів г/см^3 ;

$$V' = \frac{4V - 1}{3}; \quad (5)$$

$$КУ = \frac{P}{Ео}, \quad (6)$$

де P — річна сума опадів; $Ео$ — випаровуваність.

$$Ео = 0,0018(Tв + 25)^2 \cdot (100 - h); \quad (7)$$

$$КК = \frac{360 \cdot (t_{\max} - t_{\min})}{\varphi + 10} \cdot 100, \quad (8)$$

де $t_{\max}$ — середньомісячна температура повітря найтеплішого місяця; $t_{\min}$ — середньомісячна температура найхолоднішого місяця; φ — широта.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ АНАЛІЗ

Використовуючи алгоритм розрахунку біологічної продуктивності земель за моделлю Д.І. Шашко на першому етапі нами отримані значення біокліматичного потенціалу у відносних величинах і балах для території Дніпропетровської області, які характеризують “базовий період” за середньобагаторічними даними 1986–2015 рр. Значення біокліматичного потенціалу у відносних одиницях і балах (БКП, Бк, Бк(оп)) та супутніх показників (сума опадів за рік, $\sum P$; сума температур за теплий період, $\sum T > 10^{\circ}\text{C}$; показник зволоження Шашко, $Мд$; коефіцієнт росту, $Кр$) розраховані для умов відкритого рівного місця при природному і оптимальному зволоженні.

Аналізуючи отримані дані в “базовому” періоді (рис. 1) встановлено, що наприклад, на ст. Губиниха, Дніпро та Комісарівка за рік випадає 509–570 мм опадів. При цьому коефіцієнт зволоження Шашко складає 0,30–0,36, що характеризує напівзасушливі умови зволоження даних районів, а коефіцієнт росту коливається в межах 0,78–0,86. За теплий

період накопичується 3040–3124 $^{\circ}\text{C}$ сум активних температур (рис. 2). Отримані значення біокліматичного потенціалу складають 2,35–2,65 умовних одиниці, або 129 балів на ст. Комісарівка та 144 і 146 на ст. Губиниха і Дніпро відповідно. Якщо звернутися до агрокліматичного районування показника біокліматичного потенціалу, яке виконане для території України (Кирнасівська Н.В., 2011), то на ст. Комісарівка біокліматичний потенціал відповідає середнім умовам біологічної продуктивності клімату, а на ст. Губиниха та Дніпро — помірно-високим. Значну роль у підвищенні БКП зіграли річні суми опадів, які на даних станціях є більшими у порівнянні з сусідніми.

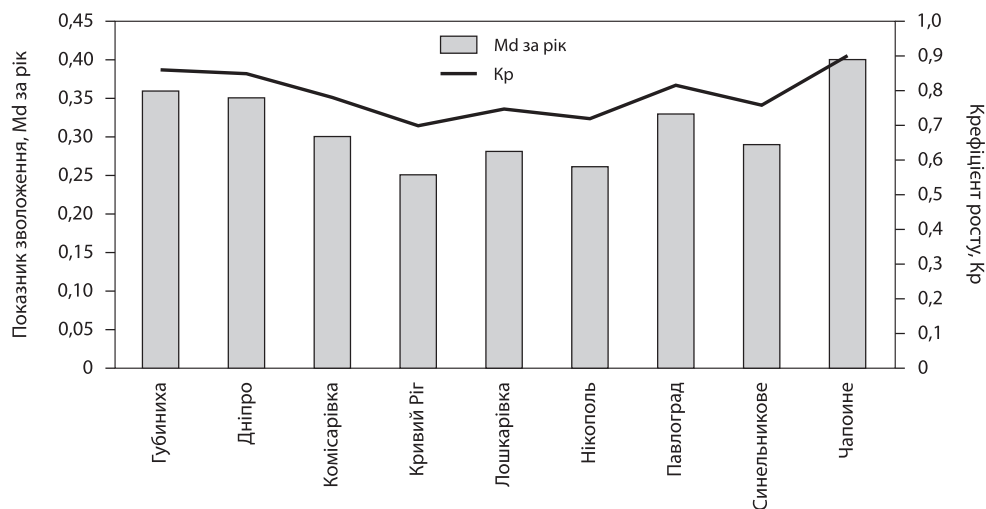


Рис. 1. Показники зволоження на території Дніпропетровської області за “базовий період” 1986–2015 рр.

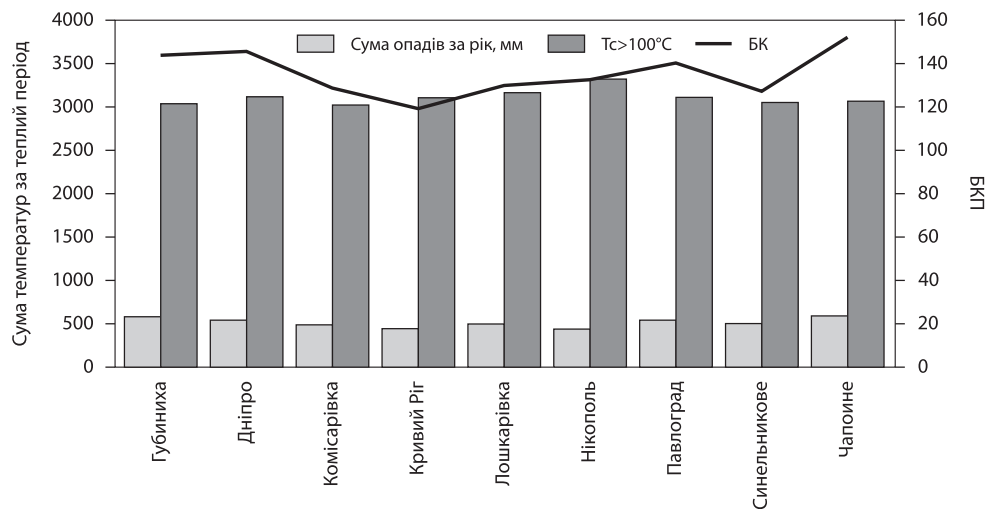


Рис. 2. Показники теплових ресурсів та біокліматичного потенціалу в Дніпропетровській області за “базовий період” 1986–2005 рр.

В умовах оптимального зволоження біокліматичний потенціал на даних станціях зростає до 166–172 балів, що характеризує підвищену біологічну продуктивність клімату (рис. 3). Різниця (Бк – Б'к) складає (–23) – (–37) балів. Для покращення кліматичних умов для сільськогосподарського виробництва в якості меліоративних заходів рекомендується періодичне зрошення.

На ст. Лошкарівка, Кривий Ріг, Нікополь, Синельникове в “базовому періоді” випадає меша кількість опадів за рік та складає 460–496 мм, показник зволоження Шашко не перевищує 0,25–0,29, що також характеризує напівзасушливі умови зволоження. При цьому коефіцієнт росту знижується в даних районах до 0,70–0,76 (рис. 1). Сума активних температур за теплий період року складає 3059–3358°C. Дані кліматичні умови в середньому багаторічному

формують підвищену біологічну продуктивність клімату, при відносному показникові БКП 2,18–2,42 та БКП рівному 120 — 133 бали (рис. 2).

Якщо ж в даних районах складуться умови оптимального зволоження, то біокліматичний потенціал зростає до 168–174 балів, що сформує підвищену та відносно високу продуктивність клімату, а на ст. Нікополь на фоні високих температур теплового періоду — помірно-високу (186 балів) (рис. 3).

Отже, в умовах природного зволоження біокліматичний потенціал зменшується на 40–52 бали в порівнянні з оптимальними, тому для покращення вирощування сільськогосподарських культур у даних районах рекомендується проводити періодичне зрошення, а на ст. Нікополь — систематичне.

На станціях Павлоград та Чаплине, у “базовий період” випадає в середньому 543–607 мм опадів,

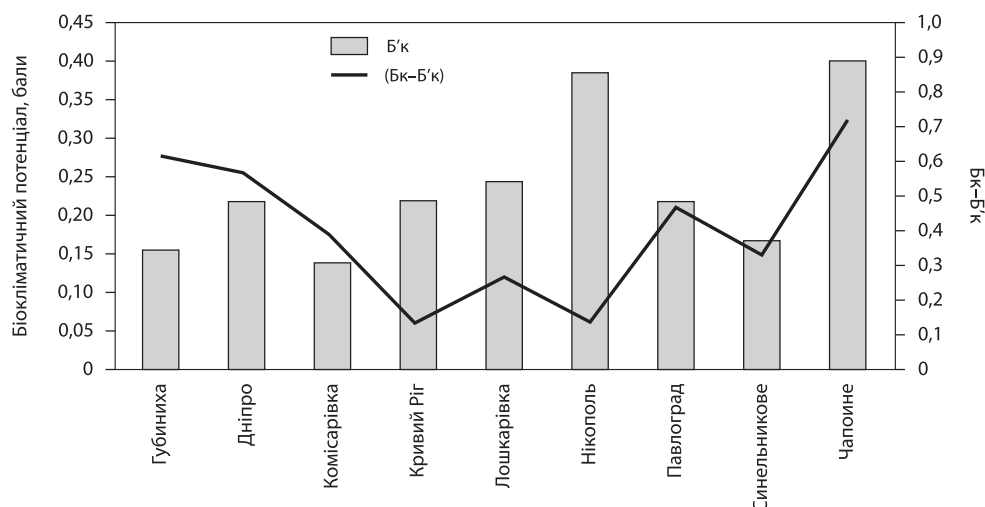


Рис. 3. Біокліматичний потенціал території Дніпропетровської області в умовах оптимального зволоження за “базовий період” 1986–2005 рр.

а показник зволоження Шашко складає 0,33–0,40, що характеризує дану територію як область недостатнього зволоження. Коефіцієнт продуктивності найвищий в області та складає 0,82–0,90 (рис. 1). Сума активних температур за теплий період коливається від 3072 до 3115°C. Дані умови тепло та вологозабезпечення, які складаються в окремі роки в середньому багаторічному формують помірно-високу та високу біологічну продуктивність клімату (БКП = 140–152 бали) (рис. 2).

В умовах оптимального зволоження в районі даних станцій сформується підвищена та відносно-висока біологічна продуктивність клімату. Біокліматичний потенціал складає 172–169 балів. Різниця

(Бк – Б'к) від'ємна і складає (–32) – (–17) балів (рис. 3). Тобто спостерігається недобір біокліматичного потенціалу в умовах природного зволоження. Для покращення кліматичних умов при вирощуванні сільськогосподарських культур рекомендується періодичне та систематичне зрошення.

Для оцінки змін біокліматичного потенціалу в майбутньому проведено порівняльний аналіз показників БКП, які розраховані за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 за період 2021–2050 рр. (табл. 1) з показниками “базового періоду” в умовах природного зволоження (рис. 1 та 2).

Встановлено, що за реалізації сценаріїв родини RCP в обох випадках буде спостерігатися зниження

Таблиця 1. Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області за умов реалізації сценаріїв родини RCP

Показники	ΣP за рік, мм	$\Sigma T_{c>10^{\circ}C}$	Md, за рік	Kp	БКП	Бк	БКП'	Б'к	(Бк – Б'к)
Губиниха									
3a RCP 4.5	505	2882	0,30	0,77	2,22	122	2,88	159	–36
3a RCP 8.5	487	2994	0,28	0,74	2,23	122	2,99	165	–42
Дніпро									
3a RCP 4.5	560	2999	0,26	0,72	2,16	119	3,00	165	–45
3a RCP 8.5	461	3091	0,25	0,70	2,17	119	3,09	170	–51
Лошкарівка									
3a RCP 4.5	440	3026	0,23	0,66	2,01	110	3,03	166	–56
3a RCP 8.5	441	3124	0,23	0,66	2,08	114	3,12	172	–58
Синельникове									
3a RCP 4.5	471	2916	0,26	0,72	2,09	115	2,92	160	–43
3a RCP 8.5	389	3041	0,18	0,55	1,68	93	3,04	167	–75

біокліматичного потенціалу в Дніпропетровській області. Аналіз складових біокліматичного потенціалу (теплозабезпеченості та вологозабезпеченості) чітко показує тенденцію до зменшення у порівнянні з “базовим періодом” кількості опадів особливо в теплий період на фоні сум температур, які залишаються наближеними до “базового періоду”. Так, за умови реалізації сценарію RCP 4.5 суми опадів за рік складатимуть на досліджуваних станціях 440–505 мм, показник зволоження Md зменшиться на 0,03–0,09% від норми і становитиме 0,23–0,30, при цьому коефіцієнт росту зменшиться до 0,66–0,77. Сума температур за теплий період коливатиметься у межах 2916–3026°C, та є наближеною до сум температур “базового періоду”. За таких агрокліматичних умов біокліматичний потенціал в умовах природного зволоження становитиме 2,01–2,22 відн. од. або 110–122 бали, що на 12–26% менше за БКП “базового періоду” та відповідатиме пониженої біологічній продуктивності клімату (табл. 3).

За умов оптимального зволоження БКП складатиме 159–166 балів, що відповідає умовам середньої та підвищеної біологічної продуктивності клімату. Якщо порівнювати з базовим періодом, то зменшення складатиме 8 балів. У даних умовах для покращення ведення сільськогосподарського виробництва рекомендується періодичне зрошення. Різниця (Бк – Б’к) складає 36–56 балів (табл. 1).

За умов реалізації сценарію RCP 8.5 до 2050 р. на досліджуваних станціях буде випадати 389–487 мм, що на 11–22% менше за суму опадів періоду 1986–2015 рр. на фоні сум температур за теплий період, наближених до “базового періоду”, які коливатимуться у межах 2994–3124°C. Показник зволоження Md знизиться на 0,05–0,11% в порівнянні з періодом 1986–2005 рр. та становитиме 0,18–0,28, що характеризує засушливу та дуже суху зону зволоження. Як наслідок, за умов природного зволоження біокліматичний потенціал даних станцій зменшиться на 17–34% від БКП базового періоду і становитиме 93–122 бали, що характеризує умови від пониженої до дуже низької біологічної продуктивності клімату (табл. 2).

В отриманих даних також помітно, що за умов реалізації сценаріїв RCP 4.5 та RCP 8.5 на ст. Губиниха та Дніпро очікуються однакові значення біокліматичного потенціалу. Це пояснюється тим, що значення БКП залежить від поєднання теплових ресурсів та ресурсів вологозабезпеченості території. У даному випадку на ст. Губиниха за умов реалізації сценарію RCP 4.5 ключову роль зіграють суми опадів за рік, які очікуються більшими на фоні менших сум кліматичних температур у порівнянні з надходженням меншої кількості опадів на фоні навпаки більших сум кліматичних температур за сценарієм RCP 8.5. Аналогічна ситуація прослідковується і на ст. Дніпро.

Таблиця 2. Порівняльна оцінка показників біокліматичного потенціалу за умови реалізації сценаріїв родини RCP

Станція	Біокліматичний потенціал				
	базовий період	за RCP 4.5	відх. в % від базового	за RCP 8.5	відх. в % від базового
Губиниха	143	122	–21	122	–21
Дніпро	145	119	–26	119	–26
Лошкарівка	131	110	–21	114	–17
Синельниково	127	115	–12	93	–34

Таблиця 3. Бал бонітету основних сільськогосподарських культур в Дніпропетровській області в умовах змін клімату

Показник	КК	КУ	Бз, бали	Бц.б., бали	Бс, бали
Базовий період	157	0.77	116	66	145
RCP 4.5	153	0,73	93	60	108
Різниця	–4	–0,04	–23	–6	–37
RCP 8.5	154	0,76	100	65	118
Різниця	–3	–0,01	–16	–1	–27

На ст. Лошкарівка за умов реалізації сценарію RCP 8.5 очікується підвищення БКП в порівнянні зі значеннями, отриманими за сценарієм RCP 4.5. У даному випадку ключову роль відіграє сума температур за теплий період, яка в сценарії RCP 8.5 очікується вищою на фоні однакових сум опадів за рік.

На ст. Синельниково за умов реалізації сценарію RCP 8.5 за рахунок значного зменшення сум опадів за рік у порівнянні із опадами, які очікуються за умов реалізації сценарію RCP 4.5 очікується зниження БКП на фоні майже однакових сум температур за теплий період.

На останньому етапі даної роботи отримано оцінку балів бонітету з урахуванням виду основних культур у Дніпропетровській області (табл. 3).

Визначення балу бонітету основних сільськогосподарських культур проводилося для “базового періоду” 1986–2005 рр. за середніми обласними показниками Дніпропетровської області та за умов реалізації родини сценаріїв RCP. При цьому щільність будови ґрунтів (г/см³) прийнята рівною 1,2, як середнє значення показника для орних земель (Назаренко І. І та ін, 2004).

Встановлено, що при сумі температур за теплий період по Дніпропетровській області 3112°C та сумі опадів за рік 523 мм при коефіцієнті зволоження за І.І. Івановим 0,77 найвищий бал бонітету буде мати соняшник (145 балів), далі йдуть зернові культури (116 балів) і на третьому місці цукрові буряки — 66 балів.

За умови реалізації сценарію RCP 4.5 за теплий період сума температур складатиме 2956°C, за рік випадатиме 472 мм опадів, а коефіцієнт зволоження зменшиться на 0,04 в порівнянні з базовим періодом. Встановлено, що величина бальної оцінки основних культур розподіляється аналогічно до величин “базового періоду”, але з меншими балами. Так за реалізації даного сценарію до 2050 року біокліматичний потенціал зернових зменшиться на 23 бали, цукрових буряків на 6 балів, а соняшнику на 37 балів. Таке зниження у першу чергу лімітується посиленням посушливих умов у Дніпропетровській області в порівнянні з базовим періодом.

За умов реалізації сценарію RCP 8.5 за теплий період сума температур складатиме 3062°C, за рік випадатиме 444 мм опадів, а коефіцієнт зволоження складатиме 0,76. Із отриманих даних бачимо, що при реалізації сценарію RCP 8.5 величина бальної оцінки для соняшнику зменшиться на 27 балів, для зернових культур на 16 балів, а для цукрових буряків залишиться на рівні “базового періоду”. Дана бальова оцінка є вищою, ніж при умовах реалізації сценарію RCP 4.5, а поміж тим нижчою за бальову

оцінку для середньорічних умов за період 1986–2005 рр.

ВИСНОВКИ

Отримані значення біокліматичного потенціалу за Шашко в середньому багаторічному (“базовий період”) характеризують середні та помірно-високі умови біологічної продуктивності клімату в Дніпропетровській області. В умовах оптимального зволоження біокліматичний потенціал зростає та характеризує підвищену біологічну продуктивність клімату. Для покращення кліматичних умов для сільськогосподарського виробництва в якості меліоративних заходів рекомендується періодичне зрошення. За умов реалізації сценаріїв родини RCP буде спостерігатися зниження біокліматичного потенціалу в області. За умови реалізації сценарію RCP 4.5 БКП становитиме 110–122 бали, що на 12–26% менше за БКП “базового періоду” та відповідатиме понижений біологічній продуктивності клімату. За умов оптимального зволоження БКП зменшиться на 8 балів.

За умов реалізації сценарію RCP 8.5 до 2050 р. біокліматичний потенціал зменшиться на 17–34% у порівнянні з базовим періодом і становитиме 93–122 бали, що характеризує умови від пониженої до дуже низької біологічної продуктивності клімату. За умов оптимального зволоження біокліматичний потенціал також знижується.

Розраховані величини балів бонітету з урахуванням виду основних сільськогосподарських культур у Дніпропетровській області показують, що в “базовому періоді” найвищий бал бонітету буде мати соняшник (145 балів), далі йдуть зернові культури (116 балів), далі цукрові буряки — 66 балів. За умов реалізації родини сценаріїв RCP до 2050 року очікується зниження кількості балів, але тенденція розподілення їх за культурами зберігається. Отримані результати вказують на погіршення агрокліматичних умов на території Дніпропетровської області, що призведе у майбутньому до зниження у кожному з двох варіантів балу бонітету для основних сільськогосподарських культур. Отже в області із-за посилення посушливості клімату рекомендується розширювати площі під соняшник та зернові культури, з веденням посухостійких сортів, так як для даних культур відмічається значне зниження балу бонітету. Для підвищення балу продуктивності цукрових буряків рекомендується вводити зрошення в критичний період області.

Дані результати доцільно активно впроваджувати у практику при використанні землі як товару в умовах ринкової економіки, під час планування сільськогосподарського виробництва, а також у

процесі розробки систем ведення господарства у сучасних кліматичних умовах Дніпропетровської області. Дані щодо біокліматичного потенціалу та

рівня його використання мають бути невід'ємною складовою земельного та агрокліматичного кадастрів.

ЛІТЕРАТУРА

- Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області: (1986–2005 рр.) (2011) / за ред. О.Т. Прохоренко, Т.І. Адаменко. Дніпропетровськ: "Поліграф – Медіа".
- Вольвач О. В. (2011). Оценка биоклиматического потенциала лесостепных областей Украины применительно к возделыванию кукурузы. *Український гідрометеорологічний журнал*, **8**, 162–169.
- Кирнасівська, Н. В. (2022). Оцінка біокліматичного потенціалу земель в складному рельєфі у Львівській області. Modern research in world science. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". (2022, Lviv, Ukraine). 379–385. URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modernresearch-in-world-science-10-12-07-2022-lviv-ukrayina-arhiv/>.
- Кирнасівська, Н.В. (2016). Агрокліматична оцінка та районування біокліматичного потенціалу території Одеської області. *Наукові праці українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту*, **269**, 158–166.
- Кирнасівська, Н.В., Шелестюк, О.Г. (2023). Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу Вінницької області в умовах змін клімату. *Екологічні науки: науково-практичний журнал*, **3**(48), 71–77. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.11>
- Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: колективна монографія (2015) / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеса: Вид-во "ТЕС".
- Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: колективна монографія (2018) / за ред. С.М. Степаненка, А.М. Польового. Одеський державний екологічний університет. Одеса: Вид-во "ТЕС".
- Методичні рекомендації для організації практичних робіт за темою "Бонітування ґрунтів і якісна оцінка земель" (2016). Упорядник: Я. Г. Цицюра. Вінниця: ВНАУ.
- Мищенко, З.А., Кирнасовская, Н.В. Агроклиматические ресурсы Украины и урожай: монография (2011). Одесса: "Экология".
- Назаренко, І.І., Польчина, С.М. Нікорич, В.А. Ґрунтознавство: підручник. Чернівці: Книги XXI, 2004. 400 с.
- Bi, M., Wan, L., Zhang, Z., Zhang, X. (2023). Spatio-temporal variation characteristics of North Africa's climate potential productivity, **12**(9), 1710. <https://doi.org/10.3390/land12091710>
- Brown, R.A., Rosenberg, N.J. (1999). Climate change impacts on the potential productivity of corn and winter wheat in their primary United States growing regions. *Climatic Change*, **41**, 73–107.
- Dan Cao, Jiahua Zhang, Hao Yan, Lanan Xun. (2020). Regional Assessment of Climate Potential Productivity of Terrestrial Ecosystems and Its Responses to Climate Change Over China From 1980–2018. D. Cao et al.: *Regional Assessment of CPP of Terrestrial Ecosystems and Its Responses to Climate Change*, **8**, 11138–11151.
- Giorgi, F., Colin Jones and Ghassem, R. Asrar (2009). Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *WMO Bulletin*, **58**(3). 175–183.
- Evans, J.P. (2011). CORDEX — An international climate downscaling initiative. *19th International Congress on Modelling and Simulation*. Perth (Australia), 2705–2711.
- Latta, G., Temesgen, H., Barrett, T.M. (2009). Mapping and imputing potential productivity of Pacific Northwest forests using climate variables. *Canadian Journal of Forest Research*, 17 June, <https://doi.org/10.1139/X09-046>
- Lu Yanyu, Sun Wei, F. Yanqiu, T. Weian (2022). Estimating the climatic potential productivity and the climatic capacity of food security based on the cropping structure in Anhui Province. *Ecology and Environment*, **31**(7), 1293–1305. DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2022.07.002
- Meng, L.I.; Yong, Zhu; Wei, Huang. (2010). Influence of Climate Change on Climate Potential Productivity in Yunnan[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, **31**(3), 442–446.
- Qin, Y., Liu, J., Shi, W., Tao, F., Yan, H. (2013). Spatial-temporal changes of cropland and climate potential productivity in northern China during 1990–2010. *Food Security*, **5**, 499–512.
- Ecosystems and Its Responses to Climate Change Over China From 1980–2018. D. Cao et al.: *Regional Assessment of CPP of Terrestrial Ecosystems and Its Responses to Climate Change*, **8**, 11138–11151.
- Giorgi F., Colin Jones and Ghassem, R. Asrar (2009). Addressing climate information needs at the regional level: the CORDEX framework. *WMO Bulletin*, **58**(3), 175–183.
- Evans J.P. (2011). CORDEX — An international climate downscaling initiative. *19th International Congress on Modelling and Simulation*. Perth (Australia), 2705–2711.
- Kyrnasivska N. V. (2022). Assessment of the bioclimatic potential of lands in complex terrain in the Lviv region. Modern research in world science. Proceedings of the 4th International scientific and practical conference. SPC "Sci-conf.com.ua". (2022, Lviv, Ukraine). (pp. 379–385). URL: <https://sci-conf.com.ua/iv-mizhnarodna-naukovo-praktichna-konferentsiya-modernresearch-in-world-science-10-12-07-2022-lviv-ukrayina-arhiv/>.
- Kyrnasivska N.V. (2016). Agroclimatic assessment and zoning of

REFERENCES

- Agroclimatic Handbook for the Dnipropetrovsk Region: (1986–2005) (2011) / edited by O.T. Prokhorenko, T.I. Adamenko. Dnipropetrovsk: "Polygraph – Media".
- Bi, M., Wan, L., Zhang, Z., Zhang, X. (2023). Spatio-temporal variation characteristics of North Africa's climate potential productivity, **12**(9), 1710. <https://doi.org/10.3390/land12091710>
- Brown R.A., N.J. Rosenberg (1999). Climate change impacts on the potential productivity of corn and winter wheat in their primary United States growing regions. *Climatic Change*, **41**, 73–107.
- Climate change and its impact on the Ukrainian economy: collective monograph (2015) / edited by CM. Stepanenko, A.M. Polovoy. Odessa: Publishing House "TES".
- Climatic risks of the functioning of Ukrainian economic sectors in the context of climate change: a collective monograph (2018) / edited by S.M. Stepanenko, A.M. Polyovoy. Odessa State Ecological University. Odessa: Publishing House "TES".
- Dan Cao, Jiahua Zhang, Hao Yan, Lanan Xun. (2020). Regional Assessment of Climate Potential Productivity of Terrestrial

- the bioclimatic potential of the territory of Odessa region. *Scientific works of the Ukrainian Research Hydrometeorological Institute*, **269**, 158–166.
- Kyrnasivska N.V., Shelestyuk O.G. (2023). Agroclimatic assessment of the bioclimatic potential of Vinnytsia region under climate change conditions. *Ecological Sciences: Scientific and Practical Journal*, **3**(48), 71–77. DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2023.eco.3-48.11>
- Latta G., H. Temesgen, T.M.Barrett (2009). Mapping and imputing potential productivity of Pacific Northwest forests using climate variables. *Canadian Journal of Forest Research*, 17 June, <https://doi.org/10.1139/X09-046>
- Lu Yanyu, Sun Wei, F. Yanqiu, T Weian (2022). Estimating the climatic potential productivity and the climatic capacity of food security based on the cropping structure in Anhui Province. *Ecology and Environment*, **31**(7), 1293–1305. DOI: 10.16258/j.cnki.1674-5906.2022.07.002
- Meng, L.I., ZHU Yong, HUANG Wei (2010). Influence of Climate Change on Climate Potential Productivity in Yunnan[J]. *Chinese Journal of Agrometeorology*, **31**(3), 442–446.
- Methodological recommendations for organizing practical work on the topic "Soil grading and qualitative assessment of lands" (2016). Compiled by: Ya. G. Tsytsyura. Vinnytsia: VNAU.
- Myshchenko Z.A., Kirnasovskaya N.V. (2011). Agroclimatic resources of Ukraine and harvest: monograph Odessa: "Ecology".
- Nazarenko I. I., Polchyna S. M. Nikorych V. A. (2004). Soil Science: Textbook. Chernivtsi: Knygy XXI, 400.
- Qin Y., J. Liu, W. Shi, F. Tao, H. Yan. (2013). Spatial-temporal changes of cropland and climate potential productivity in northern China during 1990–2010. *Food Security*, **5**, 499–512.
- Volvach, O. V. (2011). Assessment of the bioclimatic potential of forest-steppe regions of Ukraine in relation to corn cultivation. *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, **8**, 162–169.

Nataliia KYRNASIVSKA*

ORCID: 0000-0002-5179-6163

nkirnasivska@gmail.com

Andriy ZDEKX

Z-av@ukr.net

Odessa I.I. Mechnikov National University

AGROCLIMATIC ASSESSMENT OF LAND BIOLOGICAL PRODUCTIVITY OF THE DNIPROPETROVSK REGION IN THE CONDITIONS OF CLIMATE CHANGE

The article considers the bioclimatic potential of the Dnipropetrovsk region in the context of modern climate change. Based on the physical and statistical model of D.I. Shashko, the bioclimatic potential (BCP) of the region for average long-term conditions ("base period") is determined according to the Agroclimatic Handbook for the Dnipropetrovsk region: 1986–2005. A comparative analysis of its changes in the future (2021–2050) is presented in comparison with the baseline according to the climate scenarios of the representative concentration trajectory (Representative Concentration Pathways — RCP4.5 (medium) and RCP8.5 (hard)). The studies have established that a significant decrease in the amount of precipitation in the warm period of the year and an increase in the cold period are expected, which will cause a decrease in the moisture index of Shashko and in the region for the period until 2050, arid and dry moisture conditions are expected against the background of the

sums of temperatures for the warm period, close to the "base period" under the conditions of the implementation of these scenarios. The obtained BCP values in the "base period" characterize the average and moderately high conditions of the biological productivity of the climate. Under conditions of optimal moisture, the bioclimatic potential increases and characterizes the increased biological productivity of the climate. Under the implementation of the scenarios of the RSP family in both cases, a decrease in BCP is expected by 2050 Dnipropetrovsk region by 12–26% (under the RCP 4.5 scenario) and 17–34% (under the RCP 8.5 scenario) compared to the "base period" and will correspond to a reduced and very low biological productivity of the climate. Under conditions of optimal moisture, the bioclimatic potential also decreases. An assessment of the quality scores was obtained taking into account the type of main agricultural crops (cereals, sunflower, sugar beet) in the region both for the "base period" and under the conditions of the implementation of the RCP family of scenarios. In the "base period", the highest quality score will be sunflower (145 points), followed by cereals (116 points) and in third place sugar beet — 66 points. It was established that under the conditions of the implementation of the RCP family of scenarios, a decrease in the number of points is expected by 2050, but the trend of their distribution by crops remains. Due to the increasing aridity of the region's climate, it is recommended to introduce drought-resistant varieties for sunflower and grain crops and irrigation during the critical growing season, especially for sugar beets, to increase productivity.

Keywords: bioclimatic potential, climate change, bonitet score, agroclimatic conditions, agricultural crops.

