

АНОТАЦІЯ
на кваліфікаційну роботу магістра
Здеха Андрія Валентиновича на тему:
«Оцінка біокліматичного потенціалу території Дніпропетровської
області в умовах змін клімату»

Головна умова успішного вирощування тієї чи іншої культури - наявність агрокліматичних ресурсів, що забезпечують в природних умовах її ріст, розвиток і формування продукції. У зв'язку з цим оцінка біокліматичного потенціалу територій (БКП), представляє як теоретичний, так і практичний інтерес. Біокліматичний потенціал клімату належить до числа тих не багатьох видів практично невичерпних природних ресурсів, що постійно відновлюються, доступні людині для використання і в процесі експлуатації не погіршують екологічну обстановку.

На основі результатів Всесвітньої програми досліджень клімату (World Climate Research Programme) було використано набір сценаріїв зміни клімату, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP). Це дозволило оцінити зміну агрокліматичних ресурсів (теплозабезпеченості, вологозабезпечення) орних земель Дніпропетровської області в умовах зміни клімату та провести порівняння з багаторічними агрокліматичними даними, що опубліковані в Агрокліматичному довіднику Дніпропетровської області (1986 – 2015р.р.).

Мета дослідження полягає в оцінці впливу кліматичних змін на біокліматичний потенціал орних земель на прикладі Дніпропетровської області

Об'єкт дослідження – територія Дніпропетровської області.

Предмет дослідження – закономірності впливу змін клімату на біокліматичний потенціал території.

В кваліфікаційній роботі магістра використані класичні методи агрокліматичних розрахунків і узагальнень та сучасні сценарії зміни клімату родини RCP.

В роботі наведені результати аналізу змін температурного режиму та оцінка теплозабезпеченості рослин, а також аналіз змін опадів та оцінка вологозабезпеченості території як за базовий період так і за сценарними даними RCP 4.5 та RCP 8.5. На основі одержаних результатів виконана порівняльна агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу території Дніпропетровської області в умовах змін клімату. Виконана кількісна оцінка балів бонітету з урахуванням виду основних культур в Дніпропетровській області

Робота містить 85 сторінок; 20 таблиць; 13 рисунків; 18 літературних джерел

Ключові слова: агрокліматичні ресурси, теплозабезпеченість, теплові ресурси, ресурси вологи, показники зволоження, біокліматичний потенціал, зміна клімату, бал бонітету, зернові, соняшник, цукрові буряки.

SUMMARY

for a master's degree

Andrii Zdekh on the topic:

" Assessment of the bioclimatic potential of the territory of the Dnipropetrovsk oblast region under conditions of climate change "

The main condition for the successful cultivation of this or that crop is the availability of agroclimatic resources that ensure its growth, development and formation of products under natural conditions. In this regard, the assessment of the bioclimatic potential of territories (BKP) is of both theoretical and practical interest. The bioclimatic potential of the climate belongs to the number of those not many types of practically inexhaustible natural resources that are constantly renewed, available for human use and in the process of exploitation do not worsen the ecological situation.

Based on the results of the World Climate Research Programme, a set of climate change scenarios, namely Representative Concentration Pathways (RCP), was used. This allowed us to assess the change in agroclimatic resources (heat supply, moisture supply) of arable lands of the Dnipropetrovsk region under climate change and to compare them with long-term agroclimatic data published in the Agroclimatic Handbook of the Dnipropetrovsk region (1986-2015). The object of the study is the territory of Odesa region.

The purpose of the study is to assess the impact of climate change on the bioclimatic potential of arable lands using the example of the Dnipropetrovsk region

The object of the study is the territory of the Dnipropetrovsk region.

The subject of the study is the regularities of the impact of climate change on the bioclimatic potential of the territory.

The master's qualification work uses classical methods of agroclimatic calculations and generalizations and modern climate change scenarios of the RCP family.

The work presents the results of the analysis of temperature regime changes and assessment of plant heat supply, as well as analysis of precipitation changes and assessment of moisture supply of the territory both for the base period and according to the RCP 4.5 and RCP 8.5 scenario data. Based on the results obtained, a comparative agroclimatic assessment of the bioclimatic potential of the territory of the Dnipropetrovsk region under climate change conditions was performed. A quantitative assessment of the quality scores was performed taking into account the type of main crops in the Dnipropetrovsk region/

The work contains 85 pages; 20 tables; 13 drawings; 18 literary sources

Key words: agroclimatic resources, heat supply, heat resources, moisture resources, moisture indicators, bioclimatic potential, climate change, quality score, cereals, sunflower, sugar beets.

	ЗМІСТ	Стр.
	ВСТУП.....	5
1	ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	7
1.1	Рельєф, ґрунт, рослинність та агрокліматичні ресурси в теплий період року.....	7
2	МЕТОДИ ОЦІНКИ БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА	16
2.1	Біокліматичний потенціал території: поняття, методи, визначення.....	16
2.2	Алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу за Д.І. Шашко та С.А. Сапожниковою.....	21
2.3	Сільськогосподарська продуктивність клімату за Ф.З. Баталловим.....	25
2.4	Модифікований алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу за З.А. Міщенко та Н.В. Кирнасівською.....	28
3	ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ	31
3.1	Оцінка кліматичних складових біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області в умовах змін клімату.....	31
3.1.1	Оцінка теплозабезпеченості сільськогосподарських культур.....	31
3.1.2	Оцінка вологозабезпеченості рослин.....	48
3.2	Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу території Дніпропетровської області в умовах змін клімату.....	59
3.3	Оцінка балів бонітету з урахуванням виду основних культур в Дніпропетровській області.....	68
	ВИСНОВКИ.....	74
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	78
	ДОДАТКИ.....	81

ВСТУП

Актуальність магістерської роботи. 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.

Необхідність збереження і примноження основних природних ресурсів нашої країни – землі, води та повітря – вимагає серйозного наукового підходу. Разом із зростаючою інтенсифікацією їх використання перед науковою спільнотою постають нові завдання, спрямовані на ефективну реалізацію пріоритетного національного проєкту розвитку агропромислового комплексу країни.

В сучасних умовах 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.

Мета дослідження полягає в оцінці впливу кліматичних змін на біокліматичний потенціал орних земель на прикладі Дніпропетровської області

Поставлена мета передбачає вирішення таких **завдань**:

- ознайомитися з фізико-географічними особливостями Дніпропетровської області та агрокліматичними ресурсами, які там формуються;
- вивчити поняття, визначення та алгоритми розрахунку щодо біокліматичного потенціалу
- кількісно оцінити складові біокліматичного потенціалу території Дніпропетровської області, а саме умов тепло- та вологозабезпеченості;
- виконати оцінку впливу змін клімату на біокліматичний потенціал орних земель Дніпропетровської області;
- провести порівняння біокліматичного потенціалу в умовах зміни клімату з середнім багаторічним його значенням;

Об'єкт дослідження - біокліматичний потенціал орних земель Дніпропетровської області.

Предмет дослідження - закономірності впливу змін клімату на біокліматичний потенціал земель сільськогосподарського призначення, та використання його основними сільськогосподарськими культурами, які вирощуються в Дніпропетровській області.

В кваліфікаційній роботі використані класичні методи агрокліматичних розрахунків і узагальнень, а саме фізико-статистичне моделювання.

В якості вихідної інформації використовувалися середньобагаторічні дані спостережень на мережі метеорологічних та агрометеорологічних станцій Дніпропетровської області: відомості з «Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області: (1986-2005 рр.)» [3] за сумами середніх добових температур повітря, дефіциту вологості повітря, кількості опадів, а також по фенології культури соняшник, кукурудза, горох.

1 ФІЗИКО-ГЕОГРАФІЧНИЙ ОПИС ТА АГРОКЛІМАТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.2 Рельєф, ґрунт, рослинність та агрокліматичні ресурси в теплий період року

Дніпропетровська область розташована в степовій зоні південно-східної України. Вона межує з Донецькою областю на сході, із Запорізькою та Херсонською областями на півдні, з Миколаївською та Кіровоградською на заході, а на півночі – з Полтавською та Харківською областями.

В найбільш широкій центральній частині відстань між північним та південним кордонами сягає 183 км, а між східним і західним – 273,6 км, тобто витягнутість області з заходу на схід на 90,6 км більша, ніж з півночі на південь. Територія 31,9 тис. км² (5,3 % від площі України). Загальна протяжність кордонів області становить 1465 км [1].

Дніпропетровська область, як і більшість території України, розташована на південному заході Східноєвропейської платформи і являє собою хвилясту рівнину з висотами від 100 до 210 метрів над рівнем моря. Придніпровська височина охоплює майже все правобережжя області, заходячи на її територію південно-східною частиною. Висоти рельєфу тут коливаються від 150 до 210 метрів (рис. 1.1).

На крайньому південному заході області ця височина переходить у Причорноморську низовину. Поверхня Причорноморської низовини відрізняється хвилястістю і рівномірністю, з висотами близько 50 метрів та незначним загальним розчленуванням (50–75 м). Для цієї території характерні широкі, плоскі межиріччя з відлогими балками та слабо вираженими замкненими зниженнями, так званими “подами”, глибиною 2–5 м і діаметром 300–500 м.

Лівобережна частина області представлена Придніпровською низовиною — древньою долиною Дніпра, де розташовані численні надзаплавні тераси. Середня висота над рівнем моря становить близько 130 м, а на півночі ця поверхня поступово переходить у Полтавську рівнину, звідки починаються відроги Середньоруської височини [1].

На південному сході області поверхня поступово підвищується - починаються відроги Приазовської височини на півдні та Донецького кряжу на сході. Найвища точка території області з позначкою 211 м міститься на півночі Покровського району.



Рисунок 1.1 – Фізична карта Дніпропетровської області

Джерело: на основі [2]

Земельний фонд області здебільшого представлений чорноземними ґрунтами, що сформувалися на лесових породах і відзначаються високою родючістю. Чорноземи звичайного типу охоплюють приблизно 69% сільськогосподарських угідь області, тоді як чорноземи південного типу становлять 13% та переважають на Інгулецько-Нікопольській низовині. Чорноземи, що утворилися на щільних глинах, зосереджені на південному сході області і займають 1,3% її території.

Лучно-чорноземні ґрунти складають 12% території, лучні — 4,7%, і розташовані переважно в понижених ділянках рельєфу. Серед інших ґрунтів варто відзначити дернові, лучно-болотні, болотні, а також солонці та солончаки [1].

В області сформувалися 277 різновидів ґрунтів, які відрізняються фізичними, хімічними та біологічними характеристиками, що зумовлено складними природними умовами. Основні ґрунти мають високу цінність для сільського господарства, зокрема, за рахунок вмісту гумусу на рівні 3,8%, що перевищує середній показник по Україні (3,2%). Агрохімічні характеристики ґрунтів області є сприятливими для вирощування сільськогосподарських культур.

Область розташована в двох підзонах степу: різнотравно-типчакково-ковиловій, яка охоплює лівобережні території, та типчакково-ковиловій на крайньому південному заході. Через інтенсивне розорювання, різнотравно-ковилово-типчакова рослинність зберіглася переважно вздовж балок, біля перелісків та на окремих вододілах, де ґрунти мало придатні для орного використання [1].

Серед характерних рослин цієї підзони виділяються: горицвіт весняний, гадючник, півонія тонколиста, гвоздика головчаста, шавлія поникла, подорожник, волошка, крупка весняна, вероніка весняна, кермек та інші.

Серед злакових переважають ковила пірчаста, ковила волосиста, типчак (костриця), тонконіг вузьколистий, стоколос прямий і безостий, пирій

повзучий. З бобових найбільш поширені: конюшина альпійська і гірська, вика вузьколиста, люцерна серповидна і хмелевидна, рокитник.

Чагарникова рослинність представлена мигдалем степовим, дерезою, шипшиною, тереном та іншими видами.

Ліси в області зосереджені переважно вздовж річок, на схилах річкових долин, у балках і ярах, а також на піщаних ґрунтах. Серед них вирізняються заплавні ліси вздовж Дніпра, Орелі, Вовчої, де ростуть зарості лози тритичинкової, верби, дуба черешчатого, в'яза, липи, ясена, береста, клена гостролистого та польового, ліщини, бруслини європейської, бузини, глоду, жостеру, шипшини .

До лісових насаджень належать також лісосмуги для захисту полів та посадки вздовж залізниць, у складі яких можна зустріти дуб, берест, ясен, клен, білу акацію, гледичію, лох, липу. Проте за останні роки стан природної рослинності помітно погіршився, оскільки залишки степової рослинності та інших видів фітоценозів активно знищуються через розорювання схилів, балок і захисних зон біля водойм [1].

Річкова система області належить до басейну Дніпра, який є головною водною артерією регіону. Дніпро перетинає область з північного заходу на південний схід на відстані 261 км, поділяючи її на правобережну і лівобережну частини. Серед основних приток Дніпра виділяються праві: Інгулець із Саксаганню, Базавлук, Мокра Сура; та ліві: Оріль, Самара з Вовчою і Кільчень.

Річки правобережжя течуть переважно у меридіональному напрямі, тоді як на лівобережжі — у широтному, що впливає на їх гідрологічний режим. Найбільша густота річкової мережі спостерігається на Придніпровській височині, а найменша — на Причорноморській низовині. У межах області протікають 940 малих річок, струмків і водотоків, загальна довжина яких складає 5955,8 км. Лише 12 річок мають довжину понад 100 км, 45 річок — більше 25 км, і 271 річка — понад 10 км [1].

Дніпропетровська область знаходиться в атлантико-кліматичній зоні помірних широт, де активна атмосферна циркуляція з Атлантичного океану найбільше впливає на її клімат. Через рівнинний рельєф територія області також піддається вільному впливу спекотних азійських, трансформованих тропічних і холодних арктичних повітряних мас [1].

Клімат Дніпропетровської області є помірно-континентальним. Середньорічний розподіл температур має переважно широтну спрямованість. Континентальність збільшується з південного заходу на північний схід, що підтверджується збільшенням амплітуди добових і річних температур повітря. У зимовий період температура змінюється з півночі на південь від $-6,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-4,0\text{ }^{\circ}\text{C}$, а влітку – від $20,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $22,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Абсолютний максимум температури в області досягав $41\text{ }^{\circ}\text{C}$, а мінімум опускався до $-38\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура на поверхні ґрунту перетинає $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ в середньому 10-15 разів на рік. Безморозний період, триває від 150-185 днів на півночі області до 228 на півдні (рис. 1.2).

Веgetаційний період (із середніми добовими температурами повітря $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище) триває 215–227 днів, починається 26 – 31 березня і закінчується 1 – 8 листопада. Сума позитивних температур повітря вище $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ за цей період змінюється від $3345\text{ }^{\circ}\text{C}$ на заході області до $3650\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні [3].

Період активної вегетації с.-г. культур (із середніми добовими температурами повітря $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище) триває 174–183 дні, змінюючись в окремі роки від 147 до 199 днів, починається 14–16 квітня і закінчується 6–14 жовтня. Сума позитивних температур повітря вище $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ за цей період змінюється від $3020\text{ }^{\circ}\text{C}$ на заході області до $3360\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні. В окремі роки ця сума коливається від 2590 до $3650\text{ }^{\circ}\text{C}$ [3].

Літній період (із середніми добовими температурами повітря $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище), триває в області 121–136 днів – з 12–17 травня до 15–25 вересня. Середня сума позитивних температур повітря вище $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ за цей період змінюється від $2320\text{ }^{\circ}\text{C}$ на заході області до $2725\text{ }^{\circ}\text{C}$ на півдні [3].

Як зазначено в [4], сумарна сонячна радіація варіюється з півночі на південь від 4200 до 4400 МДж/м², а радіаційний баланс становить від 1800 до



Рисунок 1.2 – Кліматичні умови Дніпропетровської області
Джерело: на основі [2]

1950 МДж/м². Тривалість сонячного сйва коливається від 2050 до 2150 годин на рік, а сума активних температур вище 10°C – від 2700 до 3400 .

Атмосферний тиск взимку складає близько 1021 гПа, а влітку знижується до 1012-1013 гПа.

Клімат області характеризується значними щорічними коливаннями погодних умов: помірно вологі роки чергуються з різко посушливими, причому посушливість часто посилюється впливом суховіїв.

Середньорічна кількість опадів в області досягає максимального значення на північному сході (550 мм) і поступово зменшується у напрямку на

південний захід до 450-500 мм. Найбільше опадів випадає в липні, а найменше – в березні. Влітку спостерігається до 80% річної норми опадів, тоді як взимку сніг випадає частіше на сході регіону, ніж на заході.

Відносна вологість повітря в липні знижується на південний схід від 66 % до 62 %, а в січні коливається між 84 % та 81 %. Влітку вітри переважно західні та північно-західні, тоді як узимку переважають східні та північно-східні напрямки. Для Дніпровської долини характерна долинна циркуляція, посилена бризовою циркуляцією біля берегів водосховищ [4].

Серед характерних погодних явищ для області є тумани (від 50 днів на рік на височинах до 70 днів у низинах), хуртовини (10–20 днів), грози (до 25–30 днів) та град (4–5 днів). Для регіону також типові посушливі періоди навесні та на початку літа, які часто посилюються суховійними вітрами.

Згідно з агрокліматичним районуванням України, Дніпропетровська область належить до посушливої, дуже теплої зони. Кліматичні умови сприяють вирощуванню озимої пшениці, ячменю (озимого та ярого), кукурудзи, проса, рису, зернобобових культур, а також цукрових буряків, соняшнику, баштанних культур, овочів. Крім того, вони створюють сприятливі умови для м'ясо-молочного тваринництва, свинарства тощо.

Погодні та кліматичні особливості Дніпропетровщини є сприятливими не лише для розвитку сільського господарства, а й для розбудови промислових об'єктів [4].

Як зазначено в «Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області» [3] за сукупністю показників агрокліматичних ресурсів у період активної вегетації сільськогосподарських культур (суми позитивних температур повітря, кількості опадів та гідротермічного коефіцієнта) територію Дніпропетровської області поділено на три агрокліматичних райони:

1. Північно-східний – високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження;

2. Центральний – високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження;
3. Південний – високого рівня теплозабезпечення, посушливий (табл. 1.1).

I. До північно-східного району відносяться Васильківський, Магдалинівський, Межівський, Новомосковський, Павлоградський, Петропавлівський, Покровський, Царичанський та Юр'ївський адміністративні райони.

Агрокліматичні ресурси даного району характеризуються такими показниками: гідротермічний коефіцієнт (ГТК) – 1,0–1,1, сумарна кількість опадів за вегетаційний період складає 350–380 мм, а за рік тут випадає 545–605 мм. Сума активних температур за період із температурою повітря вище 10 °С становить 3000–3050 °С. Стійкий сніговий покрив відмічається не кожний рік.

II. До центрального відносяться Верхньодніпровський, Дніпропетровський, Криворізький, Криничанський, Петриківський, П'ятихатський, Синельниківський, Солонянський та Софіївський адміністративні райони.

Цей район менш зволожений в порівнянні з північним. Величина ГТК становить 0,8–0,9, сумарна кількість опадів за вегетаційний період складає 310–340 мм, а за рік випадає в межах 470–540 мм. За теплий період сума температур становить 3060–3160 °С. Стійкий сніговий покрив у 20–40 % зим відсутній.

III. У південний район входять Апостолівський, Нікопольський, Томаківський та Широківський адміністративні райони. Він відмічається найменшим, порівняно з іншими районами області, зволоженням. Величина ГТК становить 0,7; за вегетаційний період випадає 280 – 300 мм опадів, а за рік в межах 450 – 460 мм. Сума температур за період із температурою повітря вище 10 °С становить 3190–3360 °С. Стійкий сніговий покрив у 65 % зим у цьому районі відсутній.

Таблиця 1.1 – Агрокліматичні ресурси Дніпропетровської області за агрокліматичними районами

Агрокліматичний район	Сума активних температур за період з температурою вище 10 °С	Сума опадів за вегетаційний період (мм)	Сума опадів за рік (мм)	ГТК	Наявність снігового покриву
I. Північно-східний недостатньо зволожений теплий район	3000–3050	350–380	545–605	1,0–1,1	відмічається не кожний рік
II. Центральний помірно посушливий, дуже теплий район	3060-3160	310–340	470–540	0,8–0,9	у 20-40 % зим відсутній
III. Південний посушливий район	3190–3360	280 – 300	450 – 460	0,7	у 65 % зим відсутній

Джерело: складено автором на основі [3]

2 ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА

2.1 Біокліматичний потенціал території: поняття, методи, визначення

Підвищення рівня використання біокліматичного потенціалу (БКП) будь-якої території є нині найактуальнішим завданням, що стоїть перед аграріями. Визначення стратегії розвитку сільського господарства 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.

З погляду наукового забезпечення рішення даної проблеми на перший план виходить потреба у розробці методичних рекомендацій щодо формування регіональних агропродовольчих систем, які максимально використовують біокліматичний потенціал.

Питання оцінки продуктивних сил землі давно займали увагу видатних вчених, які розробили наукові передумови обліку і використання біокліматичного потенціалу.

Вперше таку оцінку дав Тимірязєв К.А. (1957), який доволі обґрунтовано розглянув потенціал природних ресурсів території, яке пов'язано, за представленнями вченого, з кількістю сонячної енергії, яка надходить. За Тимірязєвим межа використання сонячної радіації приблизно 10%, хоча ми знаємо, що найінтенсивніші культур використовують не більше 2% сонячної енергії. Тимірязєв відмічав, що якщо збільшити урожайність самих продуктивних культур в п'ять раз, то імовірно, можна буде стверджувати, що людина зможе отримати всі фізичні можливості, що дає їй Сонце. Пізніше були отримані докази того, що багато традиційних сільськогосподарських

культур в середньому за вегетацію можуть використовувати тільки 5% сонячної енергії.

Докучаєв В.В. (1948), який займався питаннями ґрунтознавства, для оцінки біологічної продуктивності земель ввів показник, який характеризує співвідношення тепла і вологи. Ним же сформульовано поняття про середні умови сільськогосподарського виробництва, яке, за пізнішою думкою Шашко Д.І., може бути використано для порівняльної міжрегіональної оцінки біологічної продуктивності земель. При чому це ґрунтується на біокліматичному потенціалі, який відображає не тільки ґрунтову родючість, але і економічну цінність землі.

Вперше поняття про БКП в наукову теорію і практику було введено П.І. Колосковим (1962, 1971). Він вважав, що цей комплексний показник характеризує загальну потенціальну продуктивність землі і вплив таких важливих кліматичних факторів, як температура, вологість і інсоляція.

В роботах С.А. Сапожникової (1963, 1979) для визначення БКП використані такі терміни, як «сільськогосподарський бонітет клімату» або «сільськогосподарська продуктивність клімату». Автор вперше ввела їх в практику для визначення ступеню благоприємності клімату сільськогосподарському виробництву і перш за все рослинництву, при чому в якості критерію благоприємності запропоновано використовувати урожайність зернових культур.

Перевага використання зернових для оцінки сільськогосподарського бонітету клімату, за С.А. Сапожниковою, полягає в наступному:

- вони вирощуються практично у всіх помірних поясах і при різних умовах зволоження. При цьому сільськогосподарський бонітет, який виражений в урожайності зернових, близький до фактичної урожайності вказаних культур майже для всієї території колишнього СРСР в тому числі, якщо їх розвиток триває під час всього вегетаційного періоду;

- зернові є основою сільськогосподарського виробництва;

– урожайність різних зернових при розрахунках можна співставляти без застосування будь-яких перехідних коефіцієнтів.

Оцінка продуктивності природних умов, яка виражена в кількісних показниках (балах), за думкою Д.І. Шашко (1967), складає предмет їх бонітування. Розроблений ним спосіб бонітування за кліматичними факторами (в балах фактичної і потенціальної продуктивності) вельми схожа з визначенням БКП, яке запропонував П.І. Колосков (1962, 1971). Різниця між ними тільки в визначені показників оцінки. Так Д.І. Шашко рахує, що максимальна біологічна продуктивність визначається сумами активних температур. При цьому відносний показник (коефіцієнт) біологічної продуктивності він розраховує за даними фактичної урожайності зернових в умовах різного зволоження, і вважає, що урожай сільськогосподарських культур визначається комплексом фізико-географічних умов, рівнем агротехніки, які максимально сприяють використанню рослинами умов навколишнього середовища, біологічними особливостями культур, які вирощуються, а також тривалістю вегетаційного періоду, видовими і сортовими відмінностями рослин.

Для порівняльної міжрегіональної оцінки земель Д.І. Шашко (1985) рахує за необхідне встановити їх потенціальну біологічну продуктивність. В якості такого критерію може служити відносне значення біокліматичного потенціалу, яке характеризує вплив на біологічну продуктивність основних факторів клімату – тепла і вологи. В своїх роботах (Шашко, 1967, 1985) він провів порівняльну оцінку продуктивності земель на основі відносних значень біокліматичного потенціалу. Опираючись на досвід інших авторів Д.І. Шашко сформулював наступні положення:

1. Продуктивність земель за інших рівних умов визначається кількістю сонячної енергії, яка надходить. Вони повністю залежать від географічного місцеположення і співвідношення тепла і вологи.

2. У сільськогосподарському виробництві все більше значення в міжрегіональному розрізі набуває порівняльна оцінка земель за факторами

росту. Вона повинна проводитися з урахуванням комплексу природних умов, так само як і родючість ґрунтів.

3. Необхідно розрізняти порівняльну оцінку земель за природними факторами (біологічної продуктивності) з їх господарською оцінкою, оскільки перша характеризує її біокліматичний потенціал, а друга враховує рівень урожайності, економічну родючість ґрунтів, ступінь використання біокліматичного потенціалу. Оцінка господарського використання земель базується на оцінці їх за природними факторами.

При цьому порівняльна оцінка біологічної продуктивності земель проводиться за порівняльними показниками визначеного (зазвичай середнього) рівня сільськогосподарського виробництва; оцінка сільськогосподарського використання земель проводиться з урахуванням показників, які відображають фактичний стан виробництва, тобто при різних його рівнях.

4. При характеристиці продуктивності землеробства потрібно враховувати також неблагоприємні кліматичні і погодні умови (низькі і високі температури, заморозки, суховії та ін.), механічний склад, кислотність і засоленість ґрунтів, особливості рельєфу.

5. Значення біокліматичного потенціалу, яке розраховується за надходженням і співвідношенням тепла і вологи, використовуються для загальної оцінки біокліматичної продуктивності і для приватної оцінки продуктивності екологічних типів сільськогосподарських культур.

Існують і інші точки зору, наприклад Ф.З. Баталов (1980) під сільськогосподарською продуктивністю клімату розуміє комплекс метеорологічних факторів, які благоприємно впливають на ріст і розвиток рослин. За його думкою, це серйозний агрометеорологічний ресурс, при чому сільськогосподарська продуктивність клімату може бути оцінена для окремих культур або групи культур. Він рахує, що використання врожаю в якості умовного критерію при розрахунках сільськогосподарської продуктивності клімату є неприпустимим, так як урожай залежить не тільки від кліматичних умов, а і від родючості ґрунту.

В роботах Е.К. Зоїдзе (1993); Зоїдзе та Овчаренко (2000) БКП визначається як «сільськогосподарський бонітет клімату» або «сільськогосподарський потенціал клімату». Згідно цієї концепції, під сільськогосподарським потенціалом клімату (СПК) потрібно розуміти максимальні сільськогосподарські можливості природного середовища, які комплексно визначаються на основі загальних показників тепло і вологозабезпеченості, радіаційного режиму, небагатоприємних агрокліматичних явищ, родючості ґрунту і рельєфу. При цьому кінцевий результат може бути представлений у вигляді узагальнюючих балів бонітету за всіма видами ресурсу, за їх окремими групами (блоками) і бонітувальними показниками. Повна блок-схема оцінка СПК наведена на рис. 2.1.

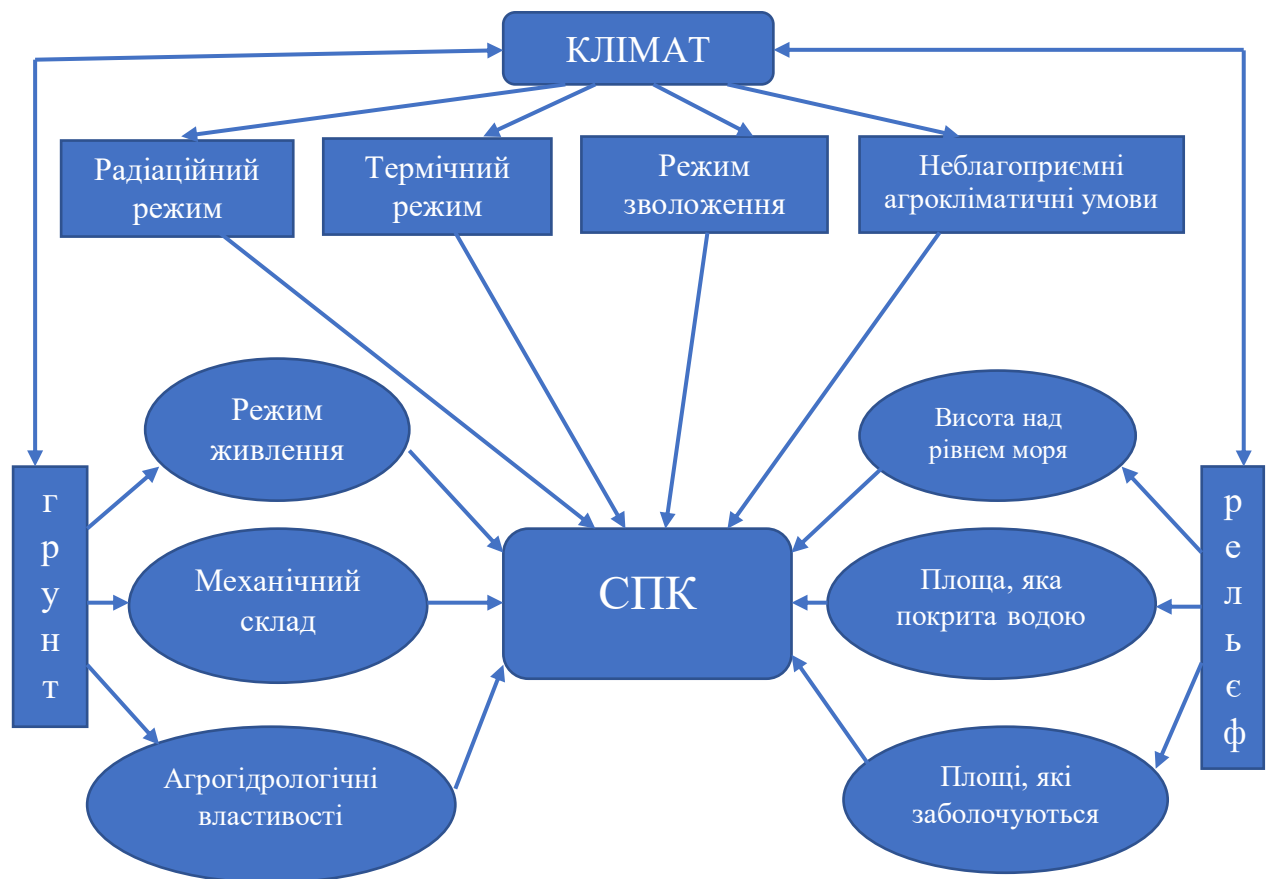


Рисунок 2.1 – Блок-схема оцінки сільськогосподарського потенціалу клімату (за Зоїдзе, 1993; Зоїдзе, Овчаренко, 2000)

Джерело: складено автором на основі В.А. Гордєєва (2006)

Як видно зі схеми, ведучим фактором природного середовища є клімат. Тому характер впливу різних факторів середовища на рослин в значній мірі визначається агрокліматичним режимом, а також родючістю ґрунтів, яка, в свою чергу є продуктом клімату. Слід при цьому відмітити роль рельєфу, який особливо на мікро- і мезорівні може коректувати навіть загальноциркуляційні процеси. З переходом до оцінки СПК на більш мілкі суб'єкти (адміністративні область, район), роль факторів ґрунту і мікроклімату буде збільшуватися. Принцип пріоритетності в даній методиці здійснюється за допомогою більш широкого і повного уявлення того або іншого компонента природного середовища, а також за допомогою більш високих вагових коефіцієнтів при них.

2.2 Алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу за Д.І. Шашко та С.А. Сапожниковою

Алгоритм розрахунків біокліматичного потенціалу за моделлю Д.І. Шашко (1985), полягає в наступному.

Для порівняльної оцінки біокліматичної продуктивності великої території із різним поєднанням тепла і вологи в міжзональних розрізах застосовується формула для визначення відносних значень біокліматичного потенціалу (*БКП*):

$$БКП = K_p(KЗ) = \frac{\sum T_{ак}}{\sum T_{ак(баз)}}, \quad (2.1)$$

де *Бк* – відносне значення біокліматичного потенціалу; *Kp(kз)* – коефіцієнт росту за річним показником атмосферного зволоження; $\sum T_{ак}$ – сума активних середніх добових температур повітря за період активної вегетації, щодо якої проводиться порівняльна оцінка; $\sum T_{ак(баз)}$ – базисна сума середніх добових температур повітря за період активної вегетації, тобто сума відносно якої проводиться порівняльна оцінка.

В якості базисних можуть бути взяті суми температур повітря: 1000 °С – для порівняння з продуктивністю клімату на межі масового польового землеробства; 1900 °С – для порівняння з середньою на землі продуктивністю, характерною для південно-тайгової зони; 3100 °С – для порівняння з продуктивністю в оптимальних умовах зростання в помірній зоні, характерною для передгірних районів Краснодарського краю.

У приведеній формулі коефіцієнт росту $K_p(kz)$ є відношення врожайності в даних умовах вологозабезпеченості до максимальної врожайності в умовах оптимальної вологозабезпеченості. Його значення визначаються по формулі:

$$K_p(kz) = 1,5 \lg(20Md) - 0,21 + 0,63Md - Md^2, \quad (2.2)$$

де Md – показник атмосферного зволоження.

Його значення також можна апроксимувати виразом

$$K_p(ky) = \lg(20 \cdot Md) \quad (2.3)$$

Коефіцієнт річного атмосферного зволоження розраховується по формулі:

$$Md = \frac{\sum P}{\sum (E - e)}, \quad (2.4)$$

де P – кількість опадів за рік (мм); $(E - e)$ – сума дефіцитів вологості повітря за рік (мм).

Для порівняльної оцінки (у балах) біологічної продуктивності (B_k) відносно середньої для країни продуктивності застосовується формула:

$$B_k = K_p \cdot \frac{\sum T_c \cdot 100}{1900^0 C} = 55 \cdot BKП, \quad (2.5)$$

де 1900°C – базисна сума середніх добових температур повітря для порівняння із середньою по країні продуктивністю клімату; 55 – коефіцієнт пропорційності, розрахований по співвідношенню базисних сум температур повітря 1000°C та 1900°C і виражений у відсотках.

Для умов оптимального зволоження на території яка розглядається, біокліматичний потенціал у вигляді БКП' і B_{κ}' розраховується по формулі:

$$BKП' = K'_p \cdot \frac{\sum T_{c > 10^{\circ}\text{C}}}{1000^{\circ}\text{C}}, \quad (2.6)$$

$$B_{\kappa}' = 55 \cdot BKП'. \quad (2.7)$$

С.А. Сапожникова (1979) запропонувала бонітет клімату за умов природного зволоження розраховувати за формулою:

$$B_{\kappa} = \varepsilon \sum T > 10^{\circ}\text{C}, \quad (2.8)$$

де B_{κ} – бонітувальний бал клімату, який кількісно дорівнює умовному врожаю ярових зернових культур за даного співвідношення тепла і вологи; ε – бонітувальний бал зволоження, який кількісно дорівнює осередненій врожайності тих же культур (в ц/га), яка припадає на одиницю забезпеченого теплом періоду ($\sum T = 100^{\circ}$) за даного зволоження; $\sum T > 10^{\circ}\text{C}$ – сума температур в сотнях градусів за період із середньою добовою температурою вище 10°C .

Основний показник умов зволоження (K_{ε}) розраховується за формулою:

$$K_{\varepsilon} = \frac{0,5P_x + P_T}{0,18\sum T > 10^{\circ}\text{C}}, \quad (2.9)$$

де K_{ε} – коефіцієнт зволоження; 0,5 – коефіцієнт, який характеризує питомий вплив опадів за холодний період на формування врожаю; P_x – сума опадів (мм) за холодний період (жовтень-березень); P_T – те ж за теплий період (квітень-вересень); $0,18\sum T > 10^{\circ}\text{C}$ – випаровуваність за рік за Будико (1956).

В формулі (2.9) зберігається принцип розрахунку показника вологозабезпеченості як відношення опадів, які використовують рослини (ефективні) до їх можливої витрати (випаровуваності). В той же час на думку С.А. Сапожникової (1979), K_ε має деякі переваги перед показником зволоження Селянинова – гідротермічним коефіцієнтом за червень-серпень ($ГТК_{VI-VIII}$) і Шашко – сумою дефіцитів вологості повітря за рік ($M_{d\text{ рік}}$).

Так, K_ε враховує опади як теплого так і холодного періодів, але останні входять з меншою питомою вагою, що більше відповідає фактичному режимові вологозабезпеченості.

При характеристиці випаровуваності за методом Будико, який зв'язав річну суму радіаційного балансу R (ккал/см²) з $\Sigma T > 10^\circ\text{C}$ (відповідно до його рівняння регресії $R = 0,18\Sigma T > 10^\circ\text{C}$), в даному випадку розширюється об'єм вихідної інформації, але допускається наступне співставлення з компонентами теплового балансу і тим самим розкривається енергетична сторона процесу випаровування. Подібно до того, як нестача вологи визначає межу землеробства за природнього зволоження в напівпустині, так і нестача теплової енергії, пер за все на транспірацію, обмежує його на півночі.

Все що викладено, дозволяє рахувати безрозмірний показник K_ε більш обґрунтованим для вирішення поставленої задачі в порівнянні з показниками Селянинова і Шашко.

Для встановлення залежності бонітувального балу зволоження ε від K_ε в робота Сапожникової (1979) були співставленні осереднені за адміністративними областями, краями і республіками значення K_ε і середня багаторічна врожайність зернових, яка перерахована на одиницю тепла ($\Sigma T = 100^\circ$) за період їх вегетації.

Проведений кореляційний і регресійний аналіз свідчить про те, що залежність ε від K_ε (в межах K_ε від 0,4 до 1,6) може бути приблизно апроксимована параболою:

$$\varepsilon = -1,7 + 3,7K_\varepsilon - 0,28 \quad (2.10)$$

де ε - бонітувальний бал зволоження; K_ε - коефіцієнт зволоження.

Для того, щоб оцінити агрокліматичну сутність K_ε , його значення наведені в табл. 2.1 в поєднанні зі значеннями ε , а також якісною характеристикою інтервалів K_ε за ступенем зволоження.

Таблиця 2.1 – Диференціація зволоження території відповідно до значень коефіцієнта зволоження K_ε за Сапожниковою (1979)

K_ε ,	ε	Ступінь зволоження
<0,4	<0,92	Сухо
0,4-0,6	0,92-1,33	Дуже засушливо
0,6-0,8	1,33-1,59	Засушливо
0,8-1,0	1,59-1,72	Слабко засушливо
1,0-1,2	1,73	Оптимально зволожено
1,2-1,4	1,71-1,75	Рясно зволожено
1,4-1,6	1,57-2,26	Надмірно зволожено
>1,6	>2,26	Перезволожено

Джерело: згідно Гордєєва А.В. (2006)

2.3 Сільськогосподарська продуктивність клімату за Ф. З. Баталловим

Батталов Ф. З. (1980) у своїй роботі зазначив, що для визначення сільськогосподарської продуктивності клімату немає простого й універсального методу, який дозволяв би кількісно оцінити цей показник. Він підкреслив важливість уточнення показників тепло- та вологозабезпеченості, виключаючи ті чинники, що негативно впливають на продуктивність зернових культур. Учений справедливо зауважив, що кожна культура потребує оптимального поєднання сонячної радіації, температури та вологості, причому

ці умови мають змінюватися відповідно до фаз її розвитку. Відхилення від цих оптимальних значень неминуче призводять до зниження врожайності.

При визначенні продуктивності клімату до основних факторів вводяться поправки, а саме: ступінь використання ґрунтової вологи, зливи, перезволоження ґрунту, період випадання опадів, низькі і високі температури, нестача тепла і засушливі явища. В рамках даної концепції Баталовим (1980) запропонована формула для визначення сільськогосподарської продуктивності клімату:

$$\begin{aligned}
 \Pi_k = & \left[\left(\frac{\sum T > 10^\circ \text{C} - n_1 10 - n_2 5 - n_3 10}{1500 \mp t_{\text{ш}}} \right) k_t \right] + \\
 & + \left[\frac{K_W W + (Q_1 - q_1 K_{\text{л}}) + (1,5 \div 2,0)(Q_{\text{II}} - q_{\text{II}} K_{\text{л}}) + 0,5(Q_{\text{III}} - q_{\text{III}} K_{\text{л}})}{0,75 K \sum D_{\text{I-III}}} \right] \cdot 100, \quad (2.11)
 \end{aligned}$$

де Π_k – продуктивність клімату (бал) ранніх ярових зернових культур; $\sum T > 10^\circ \text{C}$ – сума активних температур, рівних і більше 10°C ; n_1 – число днів з мінімальною температурою, яка рівна і менше $4,9^\circ \text{C}$; n_2 – число днів з максимальною температурою, яка рівна і вище 30°C (от 30 до $34,9^\circ \text{C}$); n_3 – число днів з максимальною температурою, яка рівна і вище 35°C ; $t_{\text{ш}}$ – поправка на широту; k_1 – поправка на недостатнє зволоження; k_w – поправка на вологість ґрунту по табл. 2.2; W – зволоження ґрунту до дати стійкого переходу середньобової температури середньобової температури через 10°C в шарі ґрунту 0-100 см; $Q_1, Q_{\text{II}}, Q_{\text{III}}$ – сума опадів в мм за I, II, III місяці після початку вегетації (перехід через 10°C на весні); $q_1, q_{\text{II}}, q_{\text{III}}$ – кількість злив за I, II, III місяці після початку вегетації, мм; $k_{\text{л}}$ – поправка на зливи по табл. 2.3; $0,75$ – число для переведу вологості із мб в мм; k – біологічний коефіцієнт випаровування в формулі Алпатьєва ($k=0,65 \div 0,40$); $D_{\text{I-III}}$ – сума середніх добових дефіцитів вологості повітря за розглянутий період.

За думкою автора при розрахунках по формулі (2.3) потрібно мати на увазі наступні положення:

- 1) Якщо значення $Q - qk_n$ менше, чим кількість потрібної вологи для рослин, то підрахунок сум опадів проводиться звичайним способом. Якщо $Q - qk_n$ перевищує кількість потрібної вологи, то надлишкова кількість опадів до уваги не приймається;
- 2) Для спрощення розрахунків не слід вводити поправку на зливи, так як у цьому випадку буде допущена погрішність на 15-20%.

Таблиця 2.2 – Коефіцієнт стоку для злив за Баталовим (1980)

Кількість злив	Коефіцієнт стоку
10-20	0,4
21-30	0,5
31-40	0,6
41-50	0,7
51-70	0,8

Джерело: згідно Гордєєва А.В. (2006)

Таблиця 2.3 – Кількість вологи, яка потрібна для рослин і частина ґрунтової вологи, яка використовується рослинами за Баталовим (1980)

Випаровуваність за А.М. Алпатьєвим	Частина ґрунтової вологи, яка використовується рослинами (від вологості ґрунту на початок вегетації)
100	0,2
200	0,3
300	0,4
400	0,5
500	0,6
600	0,7
700	0,8
800	0,9

Джерело: згідно Гордєєва А.В. (2006)

2.4 Модифікований алгоритм розрахунку біокліматичного потенціалу за З.А. Міщенко та Н.В. Кирнасівською

В монографії З.А. Міщенко та Н.В. Кирнасівської (2011) викладені дослідження з регіональної оцінки та районування показників біокліматичного потенціалу на прикладі України, де за основу прийнято фізико-статичну модель розрахунку БКП та Бк Д.І. Шашко (1985) з подальшим удосконаленням її для регіональної оцінки біокліматичного потенціалу на обмежених територіях в умовах складного рельєфу, а також на рівнинних землях з великою плямистістю ґрунтів.

Авторами запропоновано модифікаційні формули розрахунку біокліматичного потенціалу з урахуванням цих абіотичних факторів.

Для територій з горбистим та низько-гірським рельєфом розрахунки біокліматичного потенціалу виконуються за такими формулами:

$$БКП_c = K_p \cdot \frac{\sum T_c > 10^0}{1000^0} \cdot \bar{K}_Q \quad (2.12)$$

$$B_{kc} = 55 \cdot БКП \cdot \bar{K}_Q \quad (2.13)$$

$БКП_c$ і B_{kc} – біокліматичний потенціал у відносних значеннях та в балах на схилі конкретної експозиції та крутості;

\bar{K}_Q - перехідні коефіцієнти для розрахунку сумарної сонячної радіації на північних, південних, західних та східних схилах крутістю 5°, 10°, 15°, 20° щодо горизонтальної поверхні (відкрите рівне місце).

Перехідні коефіцієнти, розроблені З.А. Міщенко [5] є відношенням приходу сумарної радіації за теплий період з T_c вище 10 °С на неповний схил заданої крутості ($\sum Q_c$) до приходу сумарної радіації на горизонтальну поверхню ($\sum Q$), тобто $\bar{K}_Q = \frac{\sum Q_c}{\sum Q}$. Тоді $\sum Q_c$ можна розраховувати за формулою $\sum Q_c = \sum Q \cdot K_Q$.

Майже повсюдно на території України має місце велика плямистість ґрунтів, що розрізняються на малих площах за механічним складом.

Для низки регіонів СНД виконано дослідження з клімату ґрунтів, що дозволили отримати кількісну оцінку мікрокліматичної мінливості показників тепло та вологозабезпеченості на ґрунтах різного механічного складу. Аналогічні розробки були виконані Н.В. Кирнасівською (2002) стосовно території України. Фонові значення БКП та Бк придатні для оцінки біологічної продуктивності клімату на рівнинних землях із середньосуглинистими ґрунтами.

Для перерахунку БКП та Бк на ґрунти піщані, супіщані, важкосуглинисті та глинисті авторами введено перехідні коефіцієнти (K_{Γ}) у вигляді:

$$K_{\Gamma} = \frac{\Sigma T_{\text{пг}}}{\Sigma T_{\text{cc}}}; \quad K_{\Gamma} = \frac{\Sigma T_{\text{сп}}}{\Sigma T_{\text{cc}}}; \quad K_{\Gamma} = \frac{\Sigma T_{\text{вс}}}{\Sigma T_{\text{cc}}}; \quad (2.14)$$

де ΣT_{cc} - сума температури ґрунту на глибині 10 см (середній суглинок, прийнятий за нормальне місце розташування) за теплий період з вище 10 °С; $\Sigma T_{\text{пг}}$, $\Sigma T_{\text{сп}}$, $\Sigma T_{\text{вс}}$, – ті ж суми температур на глибині 10 см відповідно на піщаних, супіщаних, важкосуглинистих та глинистих ґрунтах.

Тоді формули для регіональної оцінки біокліматичного потенціалу при природному зволоженні з урахуванням механічного складу ґрунтів мають наступний вигляд:

$$BKП_2 = K_p \cdot \frac{\Sigma T_{c>10^0}}{1000^0} \cdot K_2 \quad (2.15)$$

$$B_{к2} = K_p \cdot BKП_2 \cdot K_2 \quad (2.16)$$

Розвиваючи даний напрям досліджень Н.В. Кирнасівською опубліковано ряд статей, які стосуються оцінки біологічної продуктивності окремих адміністративних областей України з подальшим районуванням, оцінки використання біокліматичного потенціалу рядом

сільськогосподарських культу та роботи, які враховують складний рельєф, або мікроклімат ґрунтів [6-9].

3 ОЦІНКА БІОКЛІМАТИЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

3.1 Оцінка кліматичних складових біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області в умовах змін клімату

3.1.1 Оцінка теплозабезпеченості сільськогосподарських культур

Теплозабезпеченість територій та вегетаційного періоду культурних рослин визначається за багатьма показниками, а саме: термофізіологічними індексами Лівінгстона, температурними еквівалентами (клімоскопами) за Дж. Ацци, середніми місячними температурами, фотометричним індексом Давітая, сумами температур, середніми денними та нічними температурами і їх сумами. Але ж головними є, без сумніву, суми температур за визначений період, вище меж 0, 5, 10, 15 °С.

Суми температур справді є важливим показником для оцінки росту та розвитку рослин. Однак покладатися лише на них не варто. Наприклад, навіть за недостатнього значення температур можна накопичити значну суму, але розвиток рослин при цьому може сповільнюватися через брак необхідного рівня тепла. Два адміністративні райони можуть мати однакові суми температур, але їх агрокліматичне значення може суттєво різнитися залежно від розподілу та рівня температур. Тому в агрокліматичних розрахунках слід обов'язково враховувати середню температуру найтеплішого місяця.

Весняні та осінні заморозки також можуть лімітувати використання ресурсів тепла, тому в розрахунках також слід враховувати середню тривалість беззаморозкового періоду, так і його забезпеченість.

На думку Д.І. Шашко «термічні умови росту і розвитку культурних рослин на тій чи іншій території не є лімітуючими, якщо сума активних

температур, яка потрібна для даної культури не перевищує суму активних температур, яка спостерігається на цій території».

Зазвичай виділяють кліматичні, біологічні та біокліматичні суми температур. *Кліматичні суми температур* виражають загальні ресурси тепла в даній місцевості, тобто суми середніх добових температур за період можливої вегетації сільськогосподарських культур. *Біологічні суми температур* виражають потребу рослин у теплі і розраховуються безпосередньо за період вегетації даного виду і сорту. Біокліматичні суми температур вказують на кількість тепла, яке спостерігається на даній території і забезпечують щорічне, або доволі часте дозрівання сільськогосподарських культур. В цілому біокліматична сума температур дорівнює біологічній сумі плюс визначена добавка для забезпечення гарантованого дозрівання рослин.

В роботі Д.І. Шашко (1985) запропоновано суми біокліматичних температур вище 10 °С визначати за формулою:

$$\sum T_{бк,>10^{\circ}\text{C}} = \sum T_{б} + P_{к} + П_{ш} + П_{м} + П_{к} + 200(250, 300), \quad (3.1)$$

де $\sum T_{б}$ - сума біологічних температур; $P_{к}$ - різниця сум кліматичних температур за період з середньою добовою температурою вище 10 °С і температур на межі розвитку рослин; $П_{ш}$ - поправка на широту місцевості; $П_{м}$ - поправка на мікрокліматичні особливості місцеположення; $П_{к}$ - поправка на континентальність; 200(250, 300) - відхилення сум кліматичних температур, які відповідають забезпеченості 90%, °С.

Поправка на широту місцевості $П_{ш}$ складає за емпіричними даними приблизно 0-15 °С на 1° широти. Поправку $П_{м}$ на мікрокліматичну особливість місцевості можна в середньому прийняти рівною $\pm 200-300$ °С для середніх широт (45-55 °).

В табл. 3.1 наведені розрахункові біологічні і біокліматичні суми температур вище 10 °С для де-яких видів і сортів основних

сільськогосподарських культур, які вирощуються наразі в Дніпропетровській області. Група скоростиглості від середньої до пізньостиглої. Для визначення даних температур враховувалася середня різниця сум кліматичних температур (P_k), поправка на широту місцевості $\Pi_{ш}$ (48° пш) і поправка на мікрокліматичні особливості місцевості для середніх широт ($45-55^\circ$), яка дорівнює $\pm 200 \dots 300$ °С. В даних розрахунках застосоване відхилення 250 °С.

Таблиця 3.1 – Біологічні та біокліматичні суми температур за вегетаційний період основних культур у Дніпропетровській області для широти 48° С

Культура	Група скоростиглості	Біологічний мінімум Початок росту/дозрівання	$\sum T_b$ для 55° пш	P_k	Поправка на 1° С широти	$\sum T_{бкл}$ для 48° пш
Озима пшениця	Пізньостигла	5/10	1700	-150	-25	1625
Ярий ячмінь	Пізньостиглий	5/10	1300	-150	-15	1295
Кукурудза	Середньостигла	10/10	2100	-50	0	2300
	Середньопізня	10/10	2200		0	2400
	Пізня	10/10	2300		0	2500
Горох	Пізньостиглий	5/10	1550	-150	-6	1608
Соняшник	Середньостиглий	8/10	2000	-150	0	2100
Цукровий буряк	середні	8/8	2200	-150	0	2300
Огірки	середньостиглі	12/15	1300	-200	0	1350

Джерело: розробка автора

Встановлено, що біокліматичні температури для озимої пшениці і ярого ячменю в Дніпропетровській області, яка розташована на 48° пш незначно зменшуються в порівнянні з біологічними для 55° пш. Кукурудза в районі вирощування потребує на 200 °С; соняшник, цукровий буряк на 100 °С, а

огірки на 50 °С більше сум біокліматичних температур в порівнянні з біологічними для 55 °пш.

В агрокліматології за початок вегетаційного періоду прийнята дата стійкого переходу середньодобової температури повітря через 5 °С на весні, а за кінець – аналогічна дата восени в бік зменшення температур. Це положення засновано на тому факті, що більшість культурних і дикорослих рослин починають вегетацію саме за температури 5 °С. За сумами температур вище 5 °С можна судити про теплові ресурси вегетаційного періоду.

За початок теплого періоду прийнята дата стійкого переходу середньодобової температури повітря через 10 °С на весні, а за кінець – через 10 °С восени. За сумами температур вище 10 °С судять про теплозабезпеченість періоду активного розвитку рослин.

Для успішного вирощування культур необхідно, щоб 8-9 роках із 10 (80-90% імовірності) в даній місцевості спостерігалися потрібні суми біологічних температур.

Тому інформація про кількість тепла, яка виражена сумами температур вище 5 °С ($\Sigma T_{>5} > 5$ °С) та сумами вище 10 °С ($\Sigma T_{>10} > 10$ °С) має важливе значення для оцінки біокліматичного потенціалу в природних умовах.

В табл. 3.2 наведені середньобагаторічні дати переходу температури повітря через 5 °С та 10 °С по районах Дніпропетровської області та дати, які забезпечені на 90%. З таблиці видно, що по області середньобагаторічний перехід через 5 °С на весні найраніший спостерігається на півдні 26 березня (ст. Нікополь), а найпізній в більшості районах 31 березня. По розрахунках дат з 90% забезпеченістю встановлено, що сама рання дата переходу припадає на 8 квітня (ст. Чапліне), в інших районах перехід буде спостерігатися 10 - 16 квітня при середній даті відновлення вегетації озимої пшениці 22 березня.

Середньобагаторічна дата переходу температури через 5 °С восени в більшості районів відмічається 1-4 листопада, виключення складає ст. Нікополь, де перехід зсувається на 8 листопада. Дев'ять раз в 10 років (90%

Таблиця 3.2 – Дати стійкого переходу температури повітря через 5 °С та 10 °С у Дніпропетровській області

Станція	Д _{в>5 °С}	Д _{в>5 °С, 90%}	Д _{о>5 °С}	Д _{о>5 °С 90%}	Д _{в>10 °С}	Д _{в>10 °С 90%}	Д _{о>10 °С}	Д _{о>10 °С, 90%}
Губиниха	31.03	14.04	01.11	16.11	15.04	29.04	06.10	18.10
Дніпро	28.03	13.04	01.11	11.11	15.04	29.04	08.10	22.10
Комісарівка	31.03	14.04	02.11	18.11	16.04	29.04	07.10	20.10
Кривий Ріг	30.03	12.04	04.11	23.11	15.04	29.04	09.10	21.10
Лошкарівка	27.03	12.04	04.11	24.11	16.04	29.04	11.10	23.10
Нікополь	26.03	10.04	08.11	20.11	14.04	28.04	14.10	23.10
Павлоград	27.03	10.04	03.11	19.11	15.04	29.04	09.10	22.10
Синельниково	29.03	16.04	01.11	16.11	15.04	29.04	07.10	21.10
Чаплине	31.03	08.04	02.11	16.11	15.04	30.04	09.10	20.10

Джерело: розробка автора

забезпеченості) перехід температури через 10 °С відзначається в діапазоні 16-24 листопада, сама рання настає в Дніпрі – 11 листопада при середній даті припинення вегетації озимої пшениці в Дніпропетровській області 8 листопада.

Аналогічна закономірність зберігається і в датах переходу температури через 10 °С. Так, середньобогаторічний весняний перехід фіксується 14-16 квітня, а на 90% забезпечена дата 28-30 квітня, що на 14 днів пізніше середньобогаторічної при середній по області даті сівби ярого ячменю 7 квітня; кукурудзи 7 травня; гороху 7 квітня; соняшнику 30 квітня; цукрових буряків 22 квітня; огірків – 4 травня.

Осінній перехід температури через 10 °С по області приходить на 6-9 жовтня, найпізніший 11-14 жовтня. За розрахунками дат з 90% забезпеченістю осінній перехід через 10 °С має місце 20-23 жовтня на більшій території області, виключення складає ст. Губиниха, де перехід зсувається на 18 жовтня.

Теплолюбна група культур, які вирощуються в області закінчує вегетацію значно раніше.

На рис. 3.1 представлено розподілення сум температур повітря вище 5 °С для середньобагаторічних умов та з 90% забезпеченістю по районах Дніпропетровської області, на рис. 3.2 – відповідно вище 10 °С. Найменші суми температур вище 5 °С (менше 3400 °С) накопичуються в районі трьох станцій (ст. Губиниха, Комісарівка, Синельниково); в діапазоні 3400-3500 °С в районі чотирьох станцій (ст. Дніпро, Кривий Ріг, Павлоград, Чапліне). Найбільші (вище 3500-3600 °С) – на двох станціях (Лошкарівка, Нікополь).

Виходячи з розрахунку для 90% забезпеченості дані суми температур знижуються до 3100-3500 °С на даних станціях.

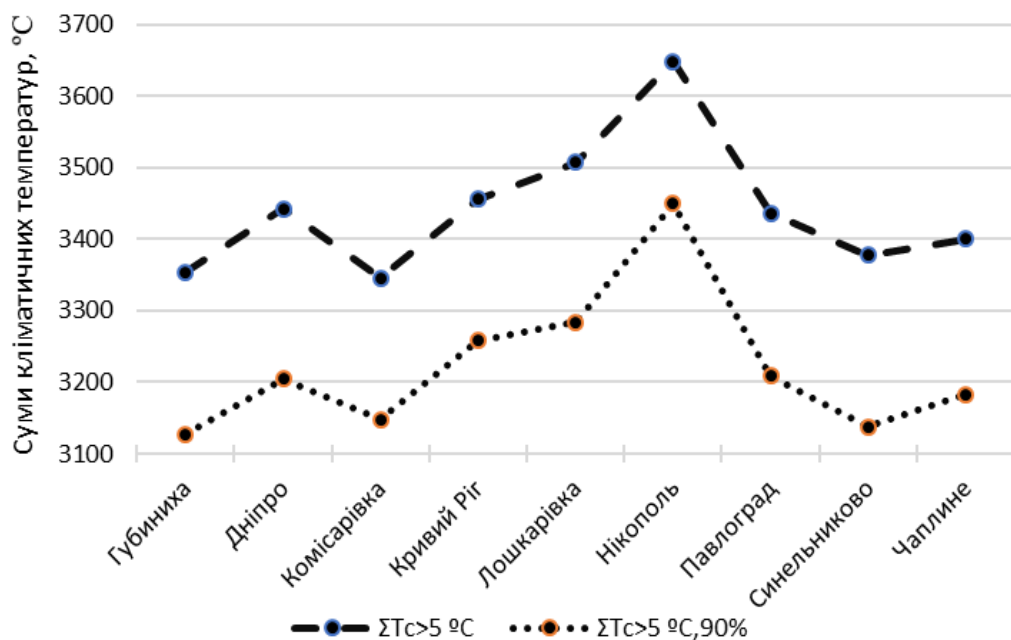


Рисунок 3.1 – Суми кліматичних температур повітря вище 5 °С у Дніпропетровській області

Джерело: розробка автора

Найменші ресурси тепла в межах температур вище 10 °С (менше 3100 °С) мають ст. Губиниха, Комісарівка, Синельниково, Чапліне; вище 3100 °С ст. Дніпро, Кривий Ріг, Лошкарівка, Павлоград; найвищі температури

(вище 3500 °С) – тільки одна ст. Нікополь. Дещо зменшуються температури, якщо проаналізувати отримані дані для 90% забезпеченості. Для першої групи станцій температура складає >2800 °С; для другої групи - >2900 °С; на ст. Нікополь - >3200 °С при сумі біокліматичних температур основних сільськогосподарських культур Дніпропетровської області, яка не перевищує 2500 °С

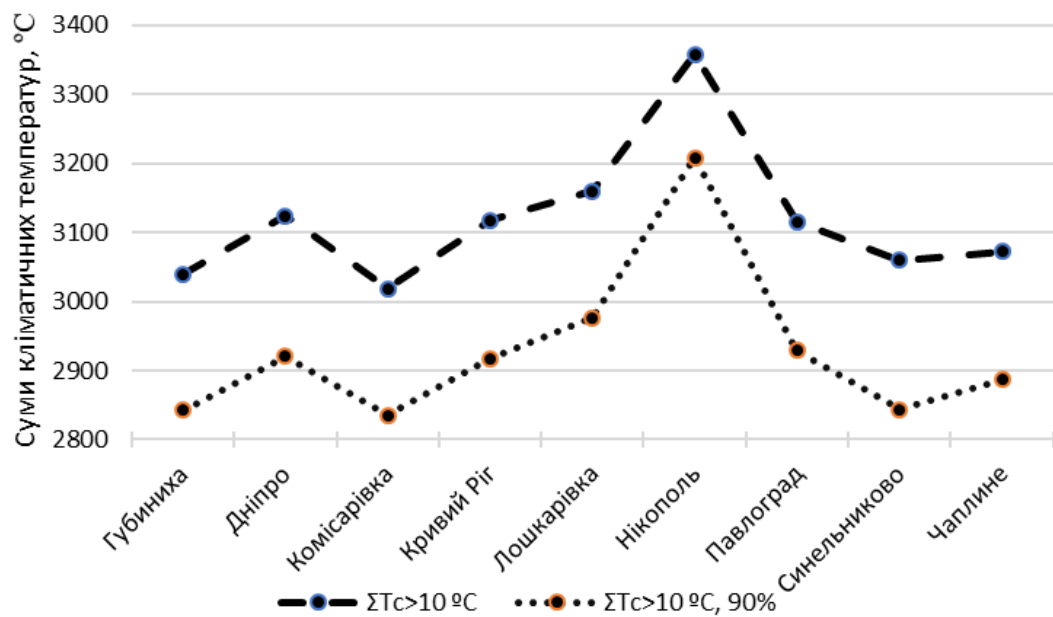


Рисунок 3.2 – Суми кліматичних температур повітря вище 10 °С у Дніпропетровській області

Джерело: розроблено автором

Важливим показником теплозабезпеченості для оцінки біокліматичного потенціалу є тривалість періоду з температурою вище 0, 5, 10, 15 °С, оскільки чим більша тривалість вказаних періодів за інших рівних умов, тим вище БКП в природних умовах.

На рис. 3.3 – 3.4 представлені розподілення даного показника за період з температурою вище 5 та 10 °С. Тривалість періоду з температурою вище 5 °С по станціях Дніпропетровської області коливається в межах 215-227 днів. Найбільш благоприємні умови для вирощування культур складаються в

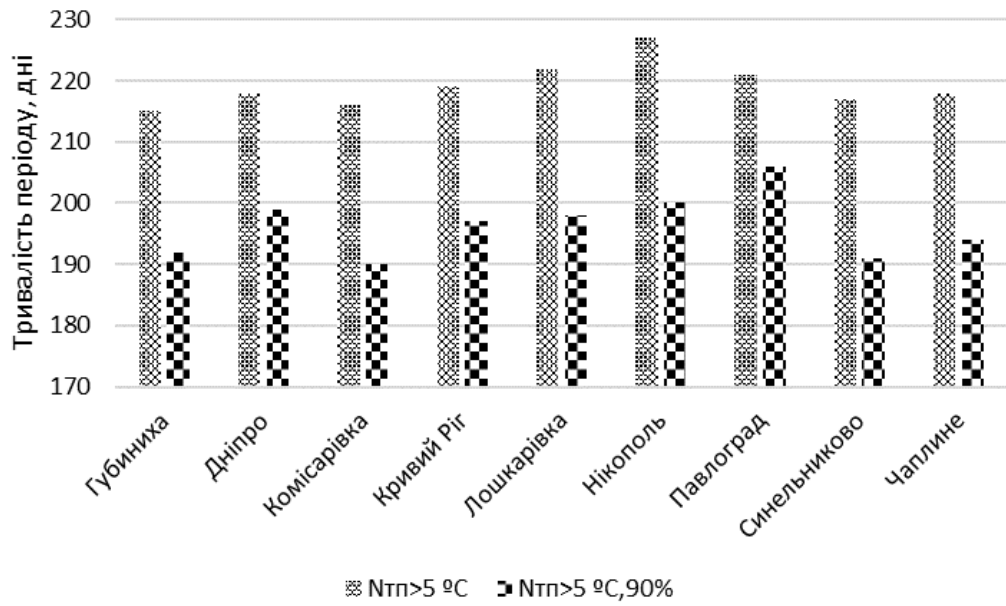


Рисунок 3.3 – Тривалість періоду з температурою вище 5 °C у Дніпропетровській області

Джерело: розроблено автором

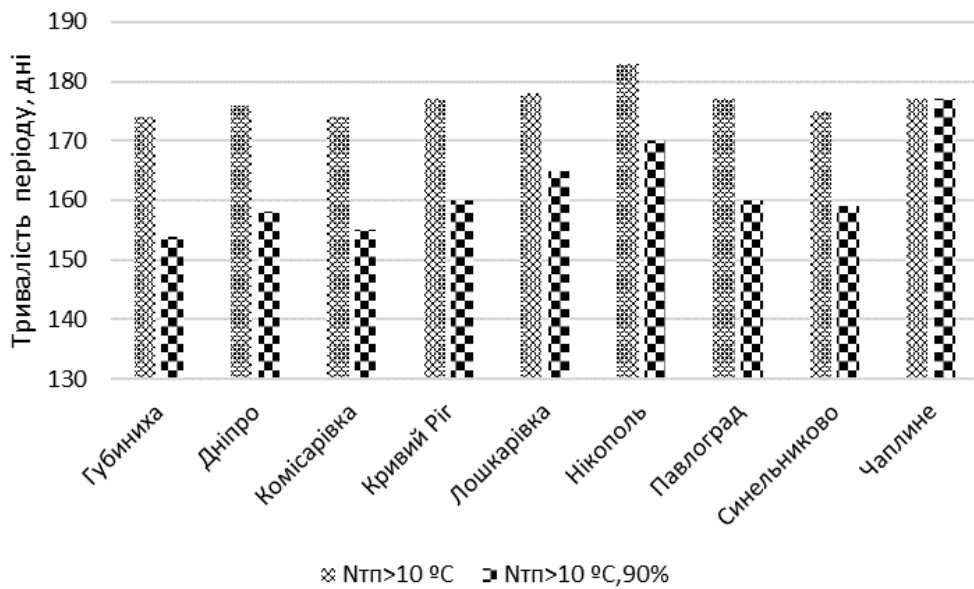


Рисунок 3.4 – Тривалість періоду з температурою вище 10 °C у Дніпропетровській області

Джерело: розроблено автором

періоди, коли їх тривалість не менше 180 днів. В області це всі станції, що розглядаються. Дана тривалість періоду є середньобагаторічною і забезпечена на 50 %. На графіку наведена оцінка тривалості періоду з температурою вище 5 °С з забезпеченістю 90%. Так, наглядно видно, що для всіх станцій цей період скорочується до 191-206 днів, але навіть така його тривалість є благоприємною.

Тривалість періоду з температурою повітря вище 10 °С по станціям також змінюється. Найменша його тривалість (174 дні) спостерігається на ст. Губиниха, Комісарівка. На інших станціях тривалість періоду зростає до 178 днів, виключення складає ст. Нікополь, де тривалість періоду найвища – 183 днів. За цим показником найбільш благоприємні умови формування високого БКП складаються в тих районах, де тривалість даного показника забезпечує за інших рівних умов дозрівання основних сільськогосподарських культур.

Дана тривалість періоду є середньобагаторічною і забезпечена на 50 %. При проведенні розрахунків з 90 % забезпеченістю тривалість даного періоду скорочується в першій групі станцій до 154-160 днів; в другій – до 155-165 днів; на ст. Нікополь та Чапліно до 170-177 днів.

Ще одним важливим показником теплозабезпеченості, який характеризує стан біокліматичного потенціалу є тривалість безморозного періоду (табл. 3.3). Від неї в багатьох випадках залежить ефективність використання агрокліматичних ресурсів сільськогосподарськими культурами.

В Дніпропетровській області даний показник значно коливається по території і помітно розрізняється в повітрі і на поверхні ґрунту. Так, тривалість безморозного періоду в повітрі найменша на ст. Комісарівка і складає 162 дні; на ст. Лошкарівка, Павлоград, Синельниково тривалість безморозного періоду в повітрі збільшується до 170 днів; на ст. Чапліне, Губиниха, Дніпро складає більше 176 днів. Найбільша тривалість безморозного періоду на ст. Нікополь – 183 дні.

На ґрунті тривалість періоду менша. Розподілення даного показника має іншу картину. Так, найменша тривалість безморозного періоду на поверхні

грунту в середньобагаторічному спостерігається на ст. Синельниково – 140 днів, найбільша на ст. Нікополь – 166 днів.

Зміна клімату збігається з наростанням продовольчого дефіциту у світі. В Україні важливим є науково обґрунтоване розміщення посівних площ, адаптація рослинництва до кліматичних змін. Це дозволяє ефективно використовувати ресурси, підвищувати якість і кількість урожаю, а також покращувати віддачу сировинних, енергетичних і трудових ресурсів.

Таблиця 3.3 – Тривалість безморозного періоду у Дніпропетровській області

Станція	Дата останнього заморозку на весні		Дата першого заморозку восени		Тривалість безморозного періоду на висоті 2 м	Тривалість безморозного періоду на поверхні ґрунту
	на висоті 2 м	на поверхні ґрунту	на висоті 2 м	на поверхні ґрунту		
Губиниха	16.04	05.05	11.10	28.09	178	146
Дніпро	15.04	28.04	10.10	01.10	178	156
Комісарівка	26.04	07.05	05.10	29.09	162	145
Кривий Ріг	19.04	28.04	13.10	03.10	177	158
Лошкарівка	20.04	07.05	08.10	01.10	171	147
Нікополь	15.04	23.04	15.10	06.10	183	166
Павлоград	20.04	29.04	07.10	06.10	170	160
Синельниково	21.04	11.05	08.10	28.09	170	140
Чаплине	18.04	05.05	11.10	30.09	176	148

Джерело: розроблено автором

Моніторинг температури й опадів свідчить про прискорення глобального потепління. Продовольча безпека України буде залежати від

здатності сільського господарства адаптуватися до змін клімату й нових агрокліматичних умов.

Фахівці УкрНДГМІ зробили значний внесок у вивчення теплових ресурсів території України в умовах сучасного та очікуваного клімату. На початку ХХІ століття проведено дослідження змін клімату, які показали, що у 2001–2005 рр. кількість тепла значно перевищувала норму (1961–1990 рр.), з відхиленням від 96 °С на півночі до 187°С на півдні. Зростання активних температур створює потребу у нових засухостійких культурах і формах землеробства [10].

На основі моделей загальної циркуляції атмосфери та океану отримано оцінки змін приземної температури для України за трьома сценаріями: оптимістичним (В1), песимістичним (А2) та збалансованим (А1В). Проаналізовано тенденції середньомісячних і сезонних температур для періодів 2011–2030, 2031–2050 та 2081–2100 рр. за даними європейського проєкту ENSEMBLES [11].

Незважаючи на широкий спектр досліджень УкрНДГМІ, першість у вивченні агрокліматичних ресурсів належить фахівцям кафедри агрометеорології та агроекології ОДЕКУ. Вони опублікували численні статті, колективні монографії й матеріали конференцій, зокрема під керівництвом професора А.М. Польового [12].

Наведений вище аналіз змін температурного режиму виконувався за період 1986-2015 рр. (прийнятий як базовий період) за матеріалами, наведеними в Агрокліматичному довіднику Дніпропетровської області [3]. Далі приведемо результати оцінки теплових ресурсів за період 2021-2050 рр. за кліматичними сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5.

На рис. 3.6 та рис. 3.7 представлено динаміку річного ходу середньомісячної температури повітря для всіх трьох досліджуваних варіантів на прикладі ст. Губиниха (північ області) та ст. Лошкарівка (південний захід області).

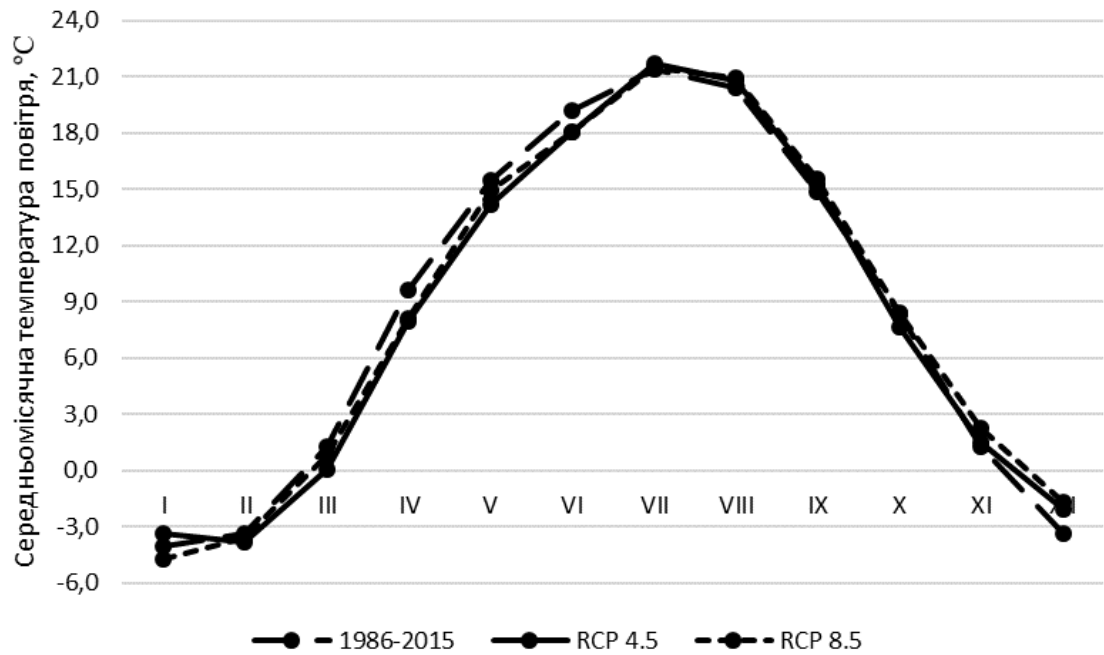


Рисунок 3.6 – Річний хід середньомісячної температури повітря на ст. Губиниха Дніпропетровської області

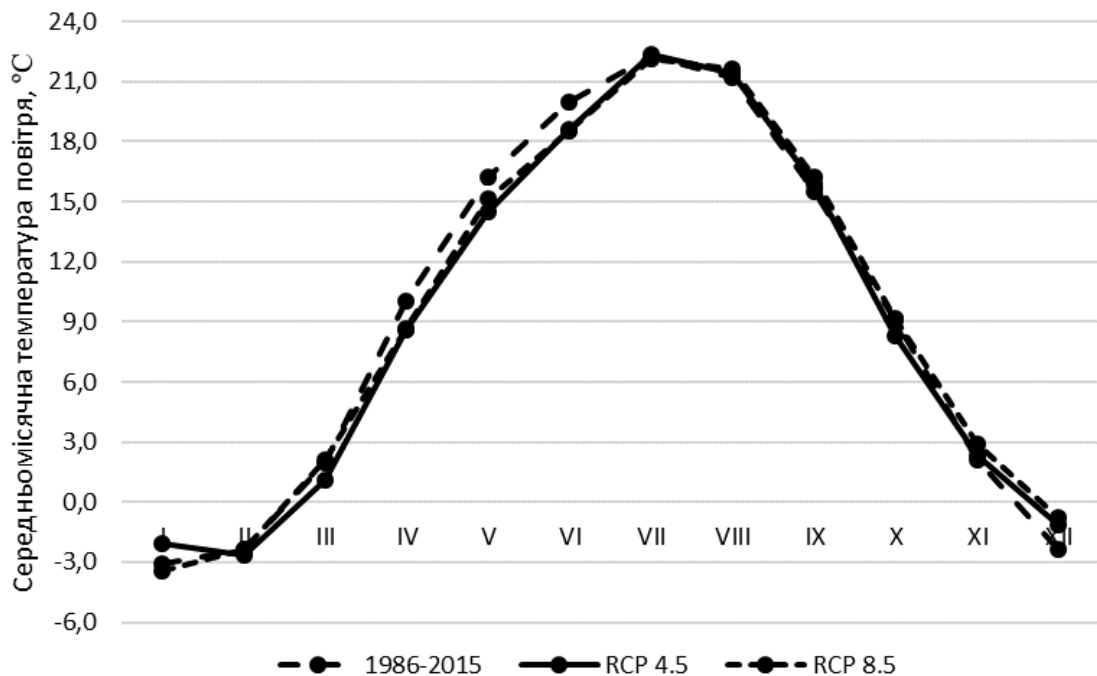


Рисунок 3.7 – Річний хід середньомісячної температури повітря на ст. Лошкарівка Дніпропетровської області

Джерело: розроблено автором

Так на ст. Губиниха хід кривих повторюють одна одну, з де-якою різницею в середньомісячних температурах. У січні найнижча температура буде спостерігатися за сценарієм RCP8.5 ($-4,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) в порівнянні з базовим періодом, з березня по червень місяць середньомісячні температури базового періоду перевищують температури за сценаріями, у липні найвища температура буде спостерігатися за сценарієм RCP4.5 ($21,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) в порівнянні з базовим періодом ($21,4\text{ }^{\circ}\text{C}$). Дана тенденція буде спостерігатися до жовтня. У жовтні-листопаді найвищі температури будуть спостерігатися за сценарієм RCP8.5. В грудні сценарні температури зменшуються в порівнянні з базовим періодом.

На ст. Лошкарівка спостерігається аналогічна динаміка річного ходу середньомісячних температур повітря, але з підвищенням їх на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ в порівнянні з ст. Губиниха. У січні найнижча температура фіксується за сценарієм RCP8.5 ($-3,4\text{ }^{\circ}\text{C}$); у лютому найнижча фіксується за сценарієм RCP4.5 ($-2,7\text{ }^{\circ}\text{C}$) в порівнянні з базовим періодом. З березня по червень сценарні температури нижче температур базового періоду. У липні середньомісячна температура найвища і досягає $22,3\text{-}22,2\text{ }^{\circ}\text{C}$. У другій половині року температури за всіма досліджуваними варіантами протягом середини серпня – кінця грудня практично не відрізняються. Найбільша різниця не перевищує 1°C . Тобто при порівнянні сценарних даних з кліматичною нормою враховуються сучасні кліматичні зміни, що вже відбулися на досліджуваній території.

Розглянемо, як зміняться показники температурного режиму Дніпропетровської області (на прикладі ст. Губиниха, Дніпро, Лошкарівка, Синельниково) за умов реалізації сценаріїв змін клімату родини RCP на період 2021-2050 рр. Порівняльні величини наведені в табл. 3.4.

Базовий вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ і вище) триває по області 215 -232 днів та починається 27-31 березня і закінчується 1-4 листопада. Перехід температури через 5°C навесні за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 очікується пізніше на 1-8 днів. Прогнозована

Таблиця 3.4 – Порівняння дат стійкого переходу середньої добової температури повітря через 5, 10 °С та тривалість періодів з даними температурами у Дніпропетровській області

Станція	Дати переходу температури повітря через				Тривалість періоду у днях з температурою повітря вище	
	навесні		восени			
	5 °С	10 °С	10°С	5 °С	5 °С	10 °С
Базовий період						
Губиниха	31.03	15.04	06.10	01.11	215	174
Дніпро	28.03	15.04	08.10	01.11	218	176
Лошкарівка	27.03	16.04	11.10	04.11	222	178
Синельниково	29.03	15.04	07.10	01.11	217	175
RCP4.5						
Губиниха	02.04	23.04	05.10	30.10	211	165
Дніпро	05.04	21.04	07.10	26.10	204	169
Лошкарівка	03.04	21.04	08.10	27.10	207	170
Синельниково	03.04	22.04	04.10	27.10	207	165
Різниця						
Губиниха	2	8	-1	-2	-4	-9
Дніпро	8	6	-1	-6	-14	-7
Лошкарівка	7	5	-3	-8	-15	-8
Синельниково	5	7	-3	-5	-10	-10
RCP8.5						
Губиниха	01.04	02.04	30.10	02.11	215	171
Дніпро	05.04	05.04	26.10	30.10	208	173
Лошкарівка	03.04	03.04	27.10	31.10	211	175
Синельниково	05.04	03.04	27.10	31.10	209	172
Різниця						
Губиниха	1	6	3	1	0	-3
Дніпро	8	5	2	-2	-10	-3
Лошкарівка	7	4	1	-4	-10	-3
Синельниково	7	5	2	-1	2	-3

дата переходу температури через 5 °C навесні по території області 1-5 квітня. Осінній перехід температури через 5 °C за сценарієм RCP4.5 відбудеться на 2-8 днів раніше – 26-30 жовтня. За сценарієм RCP8.5 осінній перехід буде спостерігатися на 1-4 дні раніше – 30 жовтня – 2 листопада в порівнянні з базовим. Таким чином тривалість вегетаційного періоду до 2050 р. за обома сценаріями скоротиться на 4-15 днів і становитиме 204-211 днів за сценарієм RCP4.5 та 208-215 днів за сценарієм RCP8.5. Період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) триває в базовому періоді по Дніпропетровській області 174-178 днів. Весняний перехід температури повітря через 10 °C розпочинається 15-16 квітня і закінчується 6-11 жовтня.

Дати початку і кінця цього періоду за умов реалізації обох сценаріїв зсуваються вбік більш пізніх дат. За сценарніми даними RCP4.5 весняний перехід відбуватиметься 21-23 квітня, що на 5-8 днів пізніше за базовий варіант, а за даними сценарію RCP8.5 перехід фіксуватиметься по області 20-26 квітня, що на 4-6 днів пізніше за «базовий» період. Восени перехід через 10 °C відбудеться практично в той же період, що і в базовому. При реалізації сценарію RCP4.5 перехід на 1-3 дні раніше (4-8.10), а в RCP8.5 на 1-3 дні пізніше (9-12.10) за базовий – 6-11 жовтня. Таким чином період активної вегетації за умов реалізації сценарію RCP4.5 до 2050 р. скоротиться на 7-10 днів і становитиме 165-170 днів. При реалізації сценарію RCP8.5 тривалість теплового періоду скоротиться на 3 дні і становитиме 171-175 днів в порівнянні з базовим.

У зв'язку зі зміною дат переходу та тривалості періодів з температурами повітря вище та нижче різних порогів зміняться і відповідні суми температур в разі реалізації обох сценаріїв (табл. 3.5).

Як вже зазначалося вище за умов реалізації сценаріїв родини RCP період з температурою вище 5 °C скорочується, внаслідок чого і буде зменшуватися і відповідна сума температур. Базова сума активних температур повітря вище

5 °С по області становить 3354 - 3507 °С. Зменшення температур за сценарієм RCP4.5 очікується на 136-172 °С, а за сценарієм RCP8.5 – на 71-121 °С по відношенню до «базового» періоду.

Таблиця 3.5 – Характеристика температурного режиму Дніпропетровської області за різними сценаріями

Станція	Суми температур		Температура повітря, °С		
	Вище 5 °С	Вище 10 °С	січень	липень	амплітуда
Базовий період					
Губиниха	3354	3040	-4,0	19,2	23,2
Дніпро	3442	3124	-3,1	22,3	25,4
Лошкарівка	3507	3160	-3,1	22,3	25,4
Синельниково	3377	3059	-3,7	21,7	25,4
RCP4.5					
Губиниха	3182	2882	-3,3	21,7	25,0
Дніпро	3288	2999	-2,8	22,2	25,0
Лошкарівка	3338	3026	-2,1	22,3	24,4
Синельниково	3241	2916	-2,8	21,9	24,7
Різниця					
Губиниха	-172	-158	0,7	2,5	3,2
Дніпро	-154	-125	0,3	-0,1	0,2
Лошкарівка	-169	-134	1,0	0	1,0
Синельниково	-136	-136	0,9	0,2	1,1
RCP8.5					
Губиниха	3259	2994	-2,1	21,7	23,8
Дніпро	3364	3091	-2,8	22,2	25,0
Лошкарівка	3386	3124	-3,3	22,3	25,6
Синельниково	3306	3041	-2,8	21,9	24,7
Різниця					
Губиниха	-95	-46	1,9	2,5	4,4
Дніпро	-78	-33	0,3	-0,1	0,2
Лошкарівка	-121	-36	-0,2	0	-0,2
Синельниково	-71	-18	0,9	0,2	1,1

Зменшення сценарних температур очікується і стосовно кліматичного періоду основних сільськогосподарських культур, тобто з температурами вище 10 °С. Базова сума активних температур повітря вище 10 °С становить 3040 - 3160 °С. Даний період також скорочується при реалізації родини RCP, як слідство і знизиться сума активних температур. За сценарієм RCP4.5 вона

становитиме 2882-3026 °С, що на 125-158 °С менше за базову. У випадку реалізації сценарію RCP8.5 тривалість періоду також зменшиться, тому зменшиться і сума активних температур вище 10 °С, яка становитиме 2994 – 3124 °С, але різниця у порівнянні з базовим періодом значно менша – 18-46 днів.

Середня температура січня за умов реалізації обох сценаріїв зміниться в сторону підвищення температур. За сценарієм RCP4.5 січень буде дещо тепліше за базовий. За базовим варіантом значення середньої температури січня становить (-3,1) – (-4,0) °С, а до 2050 р. за сценарієм RCP4.5 очікується незначне (на 0,3-1,0 °С) збільшення температури до значення, що становитиме (-2,1) – (-3,3) °С. За сценарієм RCP8.5 температура січня також збільшиться на 0,3-1,0 °С, виключення складає ст. Лошкарівка, де температура січня понизиться на 0,2 °С. Отже в січні місяці за реалізації сценаріїв родини RCP в Дніпропетровській області січень буде тепліший за базовий.

Температура липня за базовим варіантом по області змінюється в межах 19,2 – 22,3 °С. За реалізації обох сценаріїв вона збільшиться несуттєво в центральному та південному районі на 0,2 °С, а на півночі значно - на 2,5 °С. Виключення складає ст. Дніпро, де спостерігатиметься незначне зниження в обох сценаріях на 0,1 °С в порівнянні з «базовим» періодом.

Що стосується амплітуди температур, тобто різниці між температурами січня і липня, то за «базовий» період вона становить 23,2 – 25,4 °С, а за реалізації першого сценарія амплітуда температур збільшиться на 0,2-3,2 °С по області і становитиме 24,4-25,0 °С. А за другим сценарієм очікується збільшення амплітуди температури – на 0,2 – 4,4 °С, тобто можна сказати, що різниця між найтеплішим та найхолоднішим місяцями в обох сценаріях більша на півночі області, в порівнянні з центральними та південними районами.

3.1.2 Оцінка вологозабезпеченості рослин

До нашого часу розроблена велика кількість показників для агрокліматичної оцінки вологозабезпеченості, як території так і вегетаційного періоду окремих сільськогосподарських культур. Всі методи описані в підручнику «Агрокліматологія» за авторством З.А. Міщенко (2009).

В наукових розробках З.А. Міщенко (2011), які присвячені вологозабезпеченості вся територія України розділена на дев'ять макрорайонів від сильноперезволоженого в низьогірському рельєфі Карпат, де вологозабезпеченість складає 95 % до дуже засушливого на півдні, де вологозабезпеченість менше 32%. Виконане комплексне районування України за показниками зволоження включає наступні показники: сумарна кількість опадів (Σr), вологозабезпеченість E/E_o , дефіцит вологості повітря (Σd), випаровуваності (E_o), сумарного випаровування (E), дефіциту випаровування ($E - E_o$), а також умовний показників зволоження – $ГТК$ і Md .

Для землеробства важливе значення має річний хід зволоження. На рис. 3.5 представлено річний хід опадів на території Дніпропетровської області за період 1986-2015 рр., показником якого служить відношення опадів теплого півріччя (P_T , мм квітень-вересень) до опадів холодного (P_x , мм жовтень-березень). Встановлено, що на території Дніпропетровської області опади теплого періоду перевищують опади холодного, але не більше чим в 1,5 рази. Коефіцієнт річного ходу зволоження (P_T/P_x) найнижчий (1,18) на ст. Дніпро, Нікополь, а найвищий на ст. Кривий Ріг (1,58).

Розподілення кількості опадів за квітень-вересень за період 1986-2015 рр. по території Дніпропетровської області показує, що найменша їх кількість випадає на півдні (ст. Нікополь) – 251 мм, а найбільше на ст. Чапліне – 348 мм. На даному рисунку представлено і розподілення сум опадів за холодний період вересень-березень. Умови зволоження даного періоду важливі для вологозабезпеченості культурних рослин, особливо на весні і восени. Найбільша кількість опадів у Дніпропетровській області за даний

період випадає на ст. Дніпро та Чапліне (257 та 259 мм), а найменша – на ст. Лошкарівка (207мм).

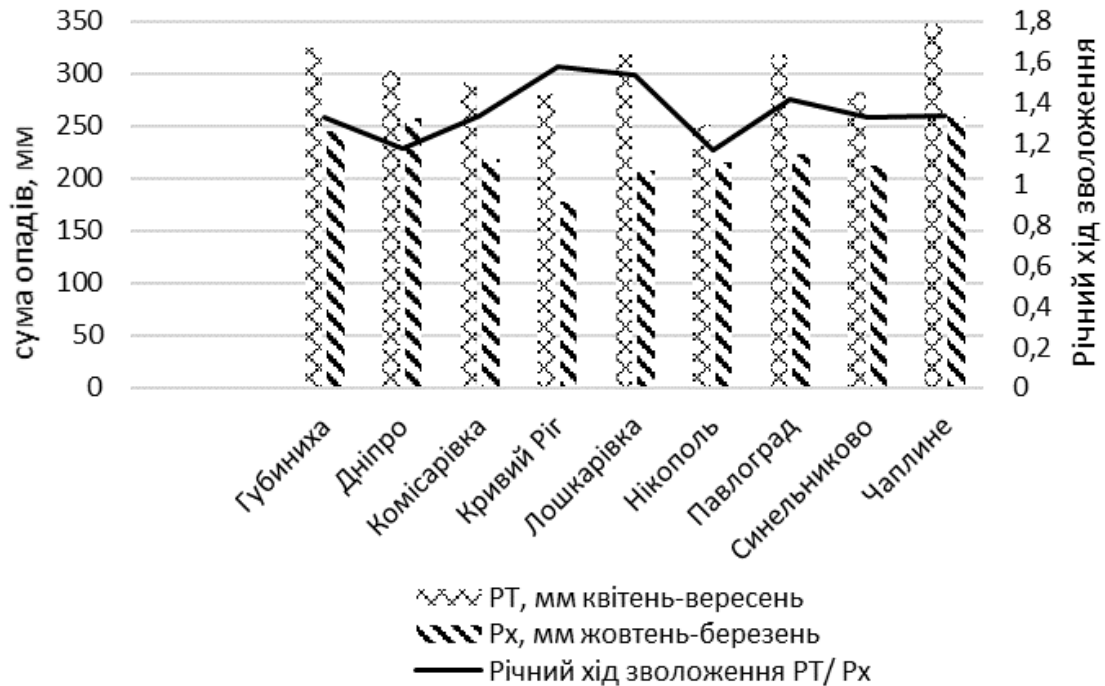


Рисунок 3.5 Річний хід зволоження за сумою опадів в Дніпропетровській області за період 1986-2015 рр.

Джерело: розробка автора

Період з температурою повітря вище 10 °С є важливим в агрокліматичних дослідженнях, так як умови зволоження даного періоду визначають ріст культурних рослин і формування врожаю в цілому. В Дніпропетровській області за період 1986-2015 рр. можна виділити ряд станцій з сумою опадів в діапазоні 240-270 мм (ст. Нікополь, Синельниково); з діапазоном 270-300 мм (ст. Дніпро, Комісарівка, Кривий Ріг, Лошкарівка) та з сумами опадів більше 300 мм – ст. Губиниха, Павлоград, Чапліне. (див. табл. А.1 додатку А).

Однак, як зазначено в підручнику «Агрокліматологія (2011): «оцінка умов вологозабезпеченості території тільки по кількості опадів, що випали не

завжди задовольняє агрокліматологів, адже опади є тільки однією з характеристик водного балансу, що надходить. Цим пояснюється і той факт, що в різних районах країни може випадати однакова кількість опадів, але забезпеченість рослин вологою буде різна. Тому для більш правильної оцінки вологозабезпеченості необхідно знати потребу рослин у волозі і фактичну вологопотребу. Тому ряд вчених запропонували умовні показники зволоження, як називаються коефіцієнтами, або індексами. Більшість з них являють собою відношення ресурсів вологи (опади, вологозапаси в ґрунті) до потреби у волозі, яка розраховується через випаровуваність. Остання визначається по температурі або її сумах, дефіциту зволоження повітря або інших параметрах».

Для території Дніпропетровської області за період 1986-2015 рр. розраховані наступні показники зволоження: гідротермічний коефіцієнт Селянинова за період з $T_c > 10$ °С, за період травень-червень та період липень-серпень та наведені в табл. 3.4.

Аналіз показує, що за гідротермічним коефіцієнтом Селянинова в досліджуваних районах за період травень-червень спостерігаються благоприємні умови вологозабезпечення ($1,1 < ГТК < 1,5$); за період липень – серпень на більшості станціях в середньому спостерігаються умови нестійкого зволоження ($ГТК < 0,8$), а в деяких районах посушливі ($ГТК = 0,5$). В період з температурою вище 10 °С мають місце умови недостатнього зволоження по всій території Дніпропетровської області ($0,7 < ГТК < 1,1$).

За коефіцієнтом зволоження Шашко по території Дніпропетровської області на більшості станціях складаються засушливі умови ($M_d = 0,25-0,35$), на трьох станціях складаються слабозасушливі умови ($M_d = 0,35-0,45$) зволоження. Отже в цілому за даним показником Дніпропетровська область має недостатні умови зволоження (табл. 3.4).

Коефіцієнт зволоження за Сапожниковою по Дніпропетровській області міняється в значному діапазоні.

Таблиця 3.4 – Оцінка вологозабезпеченості території Дніпропетровської області за умовними показниками зволоження за період 1986-2015 рр.

Станція	Коефіцієнт зволоження за Сапожниковою (K_e)	Коефіцієнт зволоження за Шашко (M_d)	Коефіцієнт зволоження за Селяниновим (ГТК) за період з $T_c > 10^\circ\text{C}$	ГТК за V-VI	ГТК за VII-VIII
Губиниха	0,82	0,36	1,0	1,3	0,8
Дніпро	0,77	0,35	0,9	1,1	0,7
Комісарівка	0,74	0,30	0,9	1,2	0,7
Кривий Ріг	0,66	0,25	0,9	1,2	0,7
Лошкарівка	0,74	0,28	0,9	1,1	0,7
Нікополь	0,59	0,26	0,7	0,9	0,5
Павлоград	0,77	0,33	1,0	1,3	0,7
Синельниково	0,71	0,29	0,9	1,1	0,7
Чаплине	0,86	0,40	1,1	1,4	0,8

Джерело: розробка автора

Так, на ст. Нікополь складаються дуже засушливі умови зволоження - $K_e < 0,6$; на більшості станціях ($0,6 < K_e < 0,8$) складаються засушливі умови зволоження і тільки на двох станціях (ст. Губиниха, Чапліно) складаються слабозасушливі умови зволоження - $K_e > 0,8$. Отже, за даним коефіцієнтом в середньобагаторічному по території Дніпропетровської області складаються засушливі умови зволоження.

Для характеристики умов зволоження під впливом змін клімату нами аналізувались такі ж періоди, як і для теплозабезпеченості: базовий 1986 – 2015 рр. та розрахункові за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 за період 2021 – 2050 рр.

Розглядалися такі показники:

- сума опадів за рік;
- сума опадів за період з температурою повітря вище 10 °С;
- сума опадів за період з квітня по вересень (P_T , мм) та з жовтня по березень включно (P_x , мм).
- коефіцієнти зволоження: гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК) за період з температурами повітря вище 10 °С, показник зволоження Шашко (Md) та коефіцієнт зволоження за Сапожниковою.

Аналізуючи отримані дані сум опадів за рік за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 і порівнюючи їх з «базовим» періодом, встановлено, що в розрахунковий прогностичний період 2021 – 2050 рр. за різними сценаріями зміни клімату очікується повсюдно зменшення кількості опадів, при чому за «жорстким» сценарієм RCP8.5 це зменшення значніше (Рис. 3.6).

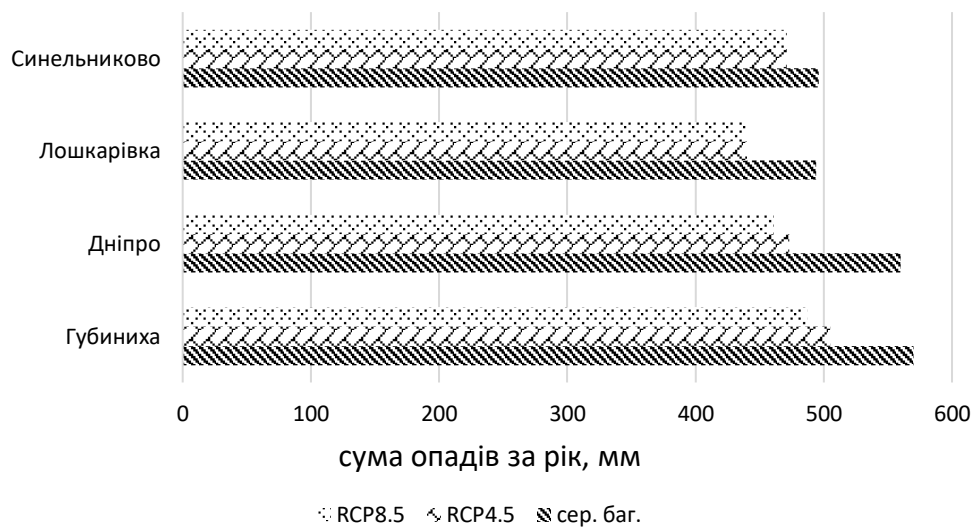


Рисунок 3.6 – Річна сума опадів в районах Дніпропетровської області в умовах змін клімату

Джерело: розробка автора

Так на станції Губиниха, яка розташована на півночі Дніпропетровської області при середньобазаторічній сумі опадів за рік 570 мм, за сценарієм

RCP 4.5 очікується зменшення на 11% та складатиме 505 мм. За більш «жорсткого» сценарію RCP 8.5 очікується зниження на 15%. На південному заході (ст. Лошкарівка) очікується зниження сум опадів за рік на 11% за обома сценаріями. Найбільше зниження опадів очікується на ст. Дніпро, так за розвитку «м'якого» сценарію RCP 4.5 сума опадів знизиться на 16%, а при розвитку «жорсткого» сценарію RCP 8.5 очікується зниження суми опадів на 18% в порівнянні з «базовим» періодом, де випадає за рік 560 мм.

В табл. 3.5 представлено річних хід опадів на території Дніпропетровської області за сценарієм RCP 4.5, який виражено показником через відношення опадів теплого півріччя (P_T , мм квітень-вересень) до опадів холодного (P_X , мм жовтень-березень). Встановлено, що на території області опади в теплий період (квітень-вересень) при реалізації даного сценарію зменшують на 20-30% по відношенню до «базового» періоду. В холодний період (жовтень-березень) за реалізації сценарію RCP 4.5 опади в більшості районів будуть перевищувати суму опадів «базового» періоду на 10-15%.

Таблиця 3.5 – Порівняльний аналіз річного ходу зволоження за сценарієм RCP 4.5

Станція	P_T , мм квітень-вересень			P_X , мм жовтень-березень			Річний хід зволоження P_T/P_X		
	«база»	RCP 4.5	відх. в %	«база»	RCP 4.5	відх. в %	«база»	RCP 4.5	відх. в %
Губиниха	325	235	-28	245	270	+10	1,33	0.87	-35
Дніпро	303	217	-28	257	243	-5	1,18	0.89	-25
Лошкарівка	319	198	-38	207	232	+12	1,54	0.85	-45
Синельниково	283	226	-20	213	245	+15	1,33	0.92	-31

Джерело: розробка автора

Виключення складає район ст. Дніпро, де все ж таки буде спостерігатися зниження на 5% суми опадів за реалізації сценарію RCP 4.5. В цілому за реалізації даного сценарію навпаки, суми холодного періоду перевищують суми опадів теплого, в порівнянні з «базовим» періодом. Коефіцієнт річного ходу зволоження (P_T/P_x) зменшується по області на 25-45% в порівнянні з періодом 1986-2015 рр.

В табл. 3.6 представлено порівняльний аналіз річного ходу опадів за реалізації більш «жорсткого» сценарію RCP 8.5. Встановлено також, що в теплий період (квітень-вересень) буде мати місце зниження сум опадів в порівнянні з періодом 1986-2015 рр. на 30-39 %. В холодний період (жовтень-березень), навпаки, буде спостерігатися підвищення суми опадів в порівнянні з «базовим» періодом на 2-16 %. Виключення складає ст. Дніпро, де спостерігається зниження сум опадів в порівнянні з базовим періодом на 4%.

Таблиця 3.6 – Порівняльний аналіз річного ходу зволоження за сценарієм RCP 8.5

Станція	P_T , мм квітень-вересень			P_x , мм жовтень-березень			Річний хід зволоження P_T/P_x		
	«база»	RCP 8.5	відх. в %	«база»	RCP 8.5	відх. в %	«база»	RCP 8.5	відх. в %
Губиниха	325	224	-31	245	263	+7	1,33	0,85	-36
Дніпро	303	213	-30	257	248	-4	1,18	0,86	-27
Лошкарівка	319	202	-37	207	240	+16	1,54	0,84	-45
Синельниково	283	172	-39	213	217	+2	1,33	0,79	-41

Джерело: розробка автора

В цілому річний хід зволоження, який представлений відношенням сум опадів теплого періоду до сум опадів холодного (P_T/P_x) за коефіцієнтом складає

0,85-0,99, що також наочно демонструє перевищення сум опадів холодного періоду над теплим і його значення зменшується на 25-31% в порівнянні з базовим періодом, де сума опадів теплого періоду, перевищувала суму опадів холодного.

Як вже зазначалося вище, умови зволоження періоду з температурою повітря вище 10 °С є важливими в агрокліматичній оцінці, так як вони визначають ріст культурних рослин і формування врожаю в цілому. В табл. 3.7 представлено порівняльний аналіз сум опадів даного періоду при реалізації ряду сценаріїв RCP в Дніпропетровській області. Із отриманих розрахункових даних бачимо, що при реалізації обох сценаріїв сума опадів за теплий період в цілому зменшується. Так, при реалізації «м'якого» сценарію RCP 4.5 очікується зменшення суми опадів на 11-38 %, а при реалізації «жорсткого» сценарію RCP 8.5 очікується значне зниження – 30-41% в порівнянні з періодом 1986-2015 рр.

Таблиця 3.7 – Порівняльний аналіз річного ходу сум опадів за період з температурою вище 10 °С в умовах змін клімату

Станція	ΣР, мм за період з T _c >10°C					
	Базовий період	за RCP 4.5	відх. в %	Базовий період	за RCP 8.5	відх. в %
Губиниха	349	215	-38	349	210	-40
Дніпро	289	205	-29	289	202	-30
Лошкарівка	280	176	-37	280	191	-32
Синельниково	270	241	-11	270	158	-41

Джерело: розробка автора

Вологозабезпеченість території доволі добре описується показниками зволоження. В табл. 3.8 надана порівняльна кількісна оцінка зволоження теплового періоду за гідротермічним коефіцієнтом Г.Т. Селянинова на території Дніпропетровської області за реалізації родини сценаріїв RCP.

Таблиця 3.8 – Оцінка зволоження території Дніпропетровської області в умовах змін клімату за коефіцієнтом ГТК

Станція	Коефіцієнт зволоження за Селяниновим (ГТК) за період з $T_c > 10^\circ\text{C}$				
	«базовий» період	за RCP4.5	відх. в %	За RCP8.5	відх. в %
Губиниха	1,0	0,75	-25	0,70	-30
Дніпро	0,9	0,68	-24	0,65	-27
Лошкарівка	0,9	0,58	-36	0,61	-32
Синельниково	0,9	0,83	-7	0,52	-42

Встановлено, що в обох випадках, як при реалізації «м'якого» сценарію RCP 4.5, так і «жорсткого» RCP 8.5, буде спостерігатися посилення посушливості теплового періоду. Так, при реалізації сценарію RCP 4.5 очікується зниження по області значення показника ГТК на 7-36 % в порівнянні з періодом 1986-2015 рр., по території області сформується умови нестійкого землеробства (ГТК – 0,58-0,83). При реалізації сценарію RCP 8.5 значення коефіцієнта зволоження зменшиться на більший відсоток – 27-42%. В області на півночі та в центральних районах сформується умови нестійкого землеробства, в районі ст. Синельниково – сформується зона сухих умов, де необхідно зрошення в критичний період вегетації культур.

Зміна величини показника зволоження за Шашко (Md), який характеризую річні умови зволоження території, при реалізації родини

сценаріїв RCP наведена в табл. 3.9. Аналізуючи отримані дані зазначимо, що показник зволоження Шашко також, як і ГТК, зменшується в обох випадках вбік засушливих умов. Так за реалізації «м'якого» сценарію RCP 4.5 відмічається зниження даного показника на 0,03-0,09% в порівнянні з «базовим» періодом 1986-2015 р. і складатиме по районах області 0,23-0,30,

Таблиця 3.9 – Оцінка зволоження території Дніпропетровської області в умовах змін клімату за коефіцієнтом Шашко Md

Станція	Коефіцієнт зволоження за Шашко Md				
	«базовий» період	за RCP4.5	відх. в %	За RCP8.5	відх. в %
Губиниха	0,28	0,30	-0,06	0,28	-0,08
Дніпро	0,35	0,26	-0,09	0,25	-0,1
Лошкарівка	0,28	0,23	-0,05	0,23	-0,05
Синельниково	0,29	0,26	-0,03	0,18	-0,11

що є показником недостатнього зволоження та характеризує напівзасушливу зону зволоження, яка характерна для типового степу на звичайних чорноземах.

При реалізації більш «жорсткого» сценарію RCP 8.5 спостерігається зниження річного показника зволоження Md на 0,05-0,11 в порівнянні з «базою» та складатиме 0,18-0,28, що є показником також недостатнього зволоження, але в даному сценарії це вже буде засушлива та дуже засушлива зона зволоження, яка характерна для степу з південними чорноземами.

В таблиці 3.10 наведено оцінку умов зволоження за коефіцієнтом зволоження Сапожникової в умовах змін клімату для території Дніпропетровської області. Даний показник має де-які переваги перед вже зазначеними показниками ГТК і Md, так як враховує опади теплого і холодного періодів, що більше відповідає фактичному режиму

Таблиця 3.10 – Оцінка зволоження території Дніпропетровської області в умовах змін клімату за коефіцієнтом зволоження Сапожниковою

Станція	Коефіцієнт зволоження за Сапожниковою				
	«базовий» період	за RCP4.5	відх. в %	За RCP8.5	відх. в %
Губиниха	0,82	0,71	-13	0,66	-20
Дніпро	0,77	0,63	-18	0,61	-21
Лошкарівка	0,74	0,58	-21	0,57	-23
Синельниково	0,71	0,66	-7	0,51	-28

вологозабезпеченості та випаровуваності за Будико, що добре розкриває енергетичну сторону процесу випаровування.

З отриманих розрахункових даних бачимо, що за реалізації обох сценаріїв буде спостерігатися зменшення коефіцієнту зволоження. Так при реалізації сценарію RCP 4.5 коефіцієнт зменшиться на 7-21 % в порівнянні з «базою» 1986-2015 року по території області і складатиме 0,58-0,71, що характеризує засушливі умови періоду. За реалізації «жорсткого» сценарію RCP 8.5 буде спостерігатися зниження показника зволоження Сапожникової на 20-28% в порівнянні з базовим періодом 1986-2015 рр. В даному випадку K_e складатиме 0,51-0,66, що характеризує умови дуже засушливі та засушливі умови періоду.

Отже, встановлено, що по території Дніпропетровської області річна сума опадів очікуватиметься менше ніж в базовий період. Значно зменшиться сума опадів в теплий період року, та збільшиться в холодний, що спричинить зменшення показників зволоження і в області на період до 2050 року спостерігатимуться посушливі та сухі умови зволоження на фоні падіння сум температур при реалізації даних сценаріїв.

3.2 Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу території Дніпропетровської області в умовах змін клімату

Використовуючи алгоритм розрахунку біологічної продуктивності земель за моделлю Д.І. Шашко (1985), який наданий в п. 2.2, на першому етапі виконані розрахунки біокліматичного потенціалу у відносних величинах і балах для території Дніпропетровської області, які характеризують «базовий» період за середньобагаторічними даними 1986-2015 рр. Розрахунки проведені для дев'яти станцій, які наведені в табл. А.2 додатку А.

Для цього були використанні середні багаторічні данні по сумах активних температур повітря за період з T_c вище $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, а також за річним дефіцитом вологи повітря і опадів. Значення BKP , Bk , $Bk(on)$, Md і Kp розраховані для умов відкритого рівного місця при природному і оптимальному зволоженні.

Аналізуючи отримані дані (рис. 3.7), встановлено, що на ст. Губиниха, Дніпро та Комісарівка за рік в «базовому» періоді випадає 509-570 мм опадів. При цьому коефіцієнт зволоження Шашко складає 0,30-0,36, що характеризує напівзасушливі умови зволоження даних районів. Як слідство, коефіцієнт росту коливається в межах 0,78-0,86.

За теплий період накопичується 3040-3124 $^{\circ}\text{C}$ сум активних температур (Рис. 3.8). 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 в підвищенні БКП зіграли річні суми опадів, які на даних станціях є більшими.

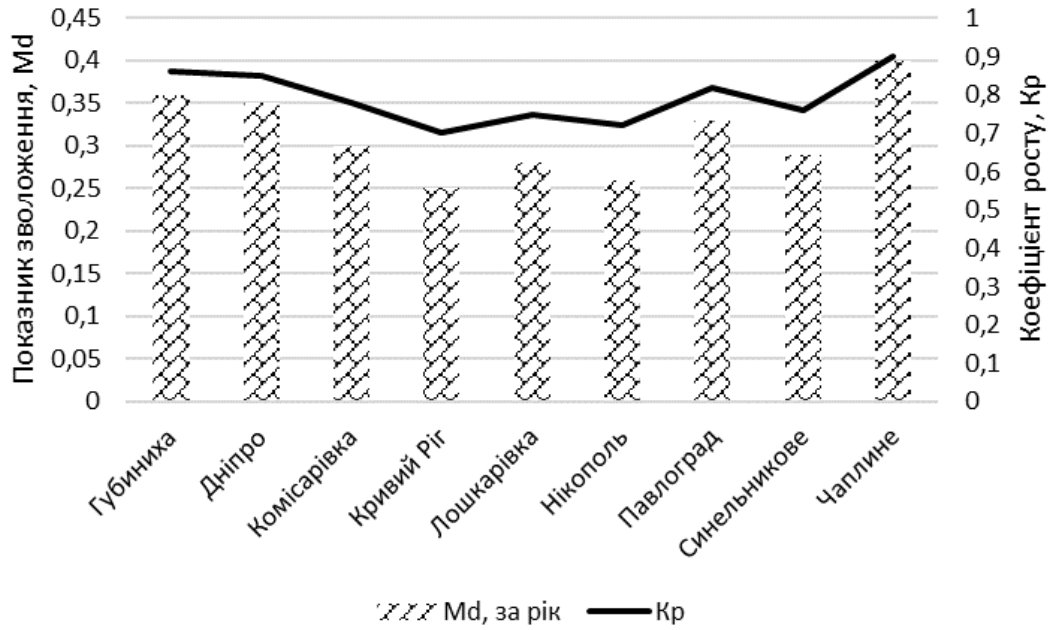


Рисунок 3.7 – Показники зволоження на території Дніпропетровської області за «базовий» період 1986-2015 рр.

Джерело: розробка автора

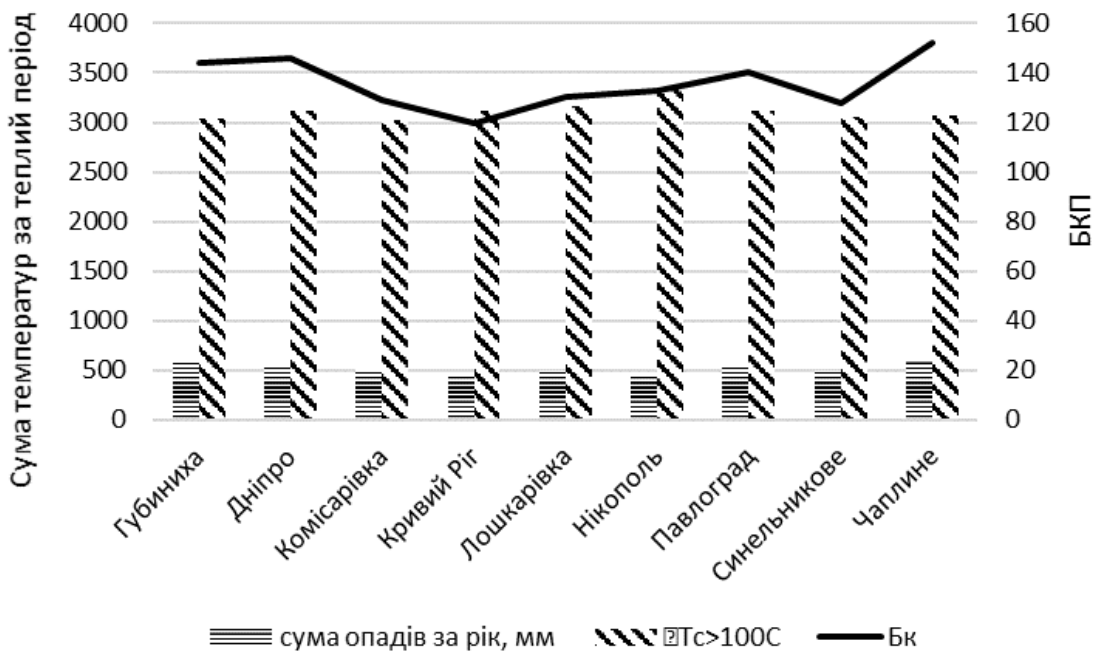


Рисунок 3.8 – Показники теплових ресурсів та біокліматичного потенціалу в Дніпропетровській області за «базовий» період 1986-2015 рр.

Джерело: розробка автора

В умовах оптимального зволоження біокліматичний потенціал на даних станціях зростає до 166 – 172 балів, що характеризує підвищену біологічну продуктивність клімату (рис. 3.9). Різниця ($B_k - B'_k$) складає (-23) – (-37) балів. Для покращення кліматичних умов для сільськогосподарського виробництва в якості меліоративних заходів рекомендується періодичне зрошення.

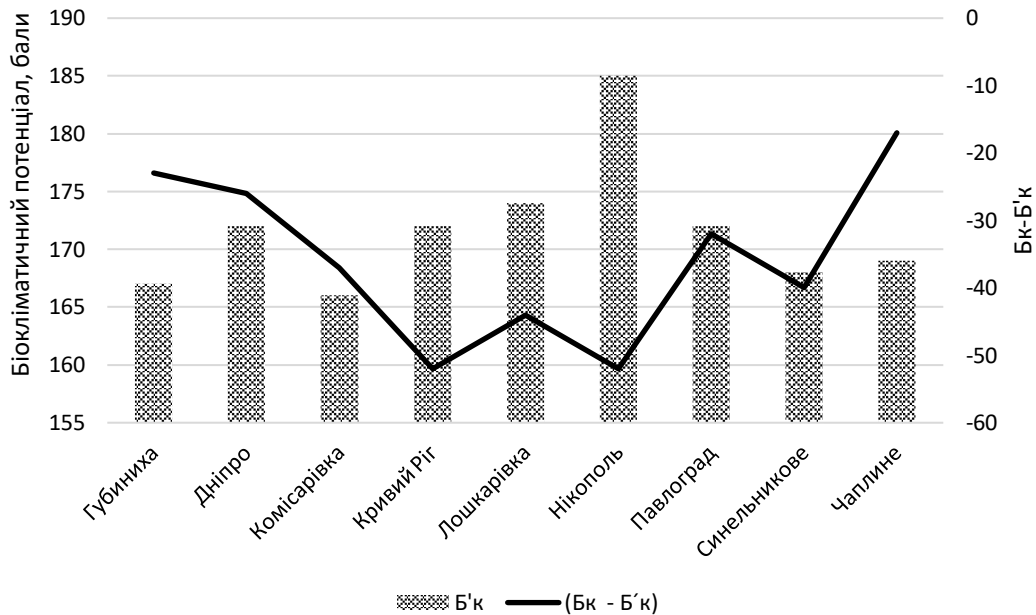


Рисунок 3.9 – Біокліматичний потенціал території Дніпропетровської області в умовах оптимального зволоження за «базовий» період 1986-2015 рр.

На ст. Лошкарівка, Кривий Ріг, Нікополь, Синельниково в «базовому» періоді випадає меча кількість опадів за рік та складає 460-496 мм, показник зволоження Шашко не перевищує 0,25-0,29, що також характеризує напівзасушливі умови зволоження. Як слідство, коефіцієнт росту знижується в даних районах 0,70-0,76 (Рис. 3.7). Сума активних температур за теплий період року складає 3059-3358 °С. Дані кліматичні умови в середньобагаторічному формують підвищену біологічну продуктивність клімату, при відносному показникові БКП 2,18-2,42 та БКП рівному 120 - 133 бали (рис. 3.8).

Якщо ж в даних районах сформуються умови оптимального зволоження, то біокліматичний потенціал зросте до 168-174 балів, що сформує підвищену та відносно високу продуктивність клімату, а на ст. Нікополь на фоні високих температур теплого періоду – помірно-високу (186 балів) (рис. 3.9).

Недобір біокліматичного потенціалу в умовах природного зволоження в порівнянні з оптимальними складає 40-52 бали, тому для покращення вирощування сільськогосподарських культур в даних районах рекомендується проводити періодичне зрошення, а на ст. Нікополь – системне.

На станціях Павлоград та Чаплине, в «базовий» період випадає в середньому 543-607 мм опадів. Як слідство, показник зволоження Шашко складає 0,33 – 0,40, що характеризує дану територію як область недостатнього зволоження, слабкозасушливу. Коефіцієнт продуктивності найвищий в області та складає 0,82-0,90 (рис. 3.7). Сума активних температур за теплий період коливається від 3072 до 3115 °С. Дані умови тепло та вологозабезпечення, які складаються в окремі роки в середньобогаторічному формують помірно-високу та високу біологічну продуктивність клімату (БКП = 140-152 бали) (рис. 3.8).

В умовах оптимального зволоження в районі даних станцій сформується підвищена та відносно-висока біологічна продуктивність клімату. Біокліматичний потенціал складає 172-169 балів. Різниця ($B_k - B'_k$) від'ємна і складає (-32) – (-17) балів (рис. 3.9). Тобто спостерігається недобір біокліматичного потенціалу в умовах природного зволоження. Для покращення кліматичних умов при вирощуванні сільськогосподарських культур рекомендується періодичне та системне зрошення.

В табл. 3.11 представлені результати розрахунків бонітувального балу клімату за Сапожниковою С.А. Встановлено, що найвищий бал має станція Дніпро, де гармонійно поєдналися теплові ресурси і ресурси зволоження. Так B_k рівний тут 45 балів.

Таблиця 3.11 – Розрахунок біокліматичного потенціалу за С.А. Сапожниковою

Станція	Коефіцієнт зволоження за Сапожниковою (K_{ϵ})	$\Sigma T_{c>10^{\circ}\text{C}}$	Бонітувальний бал зволоження (ϵ)	Бонітувальний бал клімату B_k
Губиниха	0,82	3040	1.05	32
Дніпро	0,77	3124	1.43	45
Комісарівка	0,74	3018	0.76	23
Кривий Ріг	0,66	3117	0.46	14
Лошкарівка	0,74	3160	0.76	24
Нікополь	0,59	3358	0.20	8
Павлоград	0,77	3115	0.87	27
Синельниково	0,71	3059	0.65	20
Чаплине	0,86	3072	1.2	37

Джерело: розроблено автором

На ст. Губиниха та Чаплине значення B_k дещо знижується і складає 32 – 37 балів відповідно. Тут бонітувальний бал зволоження (ϵ) складає 1,05 та 1,2, що характеризує дуже засушливі умови.

Більшість станцій області лежить в діапазоні бонітувального балу клімату 20-32 бали. Такі значення біокліматичної продуктивності даних станцій обумовлені зниженням бонітувального балу зволоження на фоні високих сум температур за теплий період.

Найменші значення бонітувального балу клімату на станції Кривий Ріг та Нікополь, відповідно 14 та 8 балів. Тут бонітувальний бал зволоження найменший – 0,76 – 0,20, що характеризує сухі умови зволоження на фоні високих температур.

Одержані дані розрахунку біокліматичного потенціалу за С.А. Сапожниковою повністю співпадають з результатами, які отримані за Д.І. Шашко, але мають балову оцінку в іншому діапазоні.

Ненавмисні зміни клімату, які є побічним результатом діяльності людини, на відміну від впливів, що направлені на покращення місцевого клімату, можуть суттєво впливати на клімат Землі і як слідство на пов'язані з ним агрокліматичні ресурси та біокліматичний потенціал.

У зарубіжних дослідженнях приділяється значна увага оцінці продуктивності клімату в умовах його змін. Зокрема, китайські вчені досліджують кліматичний потенціал продуктивності наземних екосистем і їх реакцію на зміну клімату [13, 14]. У роботі [15] аналізується просторово-часова динаміка продуктивності орних земель і кліматичного потенціалу в північному Китаї за період 1990–2010 років. Численні дослідження присвячені потенційній продуктивності сільськогосподарських культур і питанням продовольчої безпеки [16, 19]. Окрему увагу приділено вивченню кліматичного потенціалу продуктивності територій Північної Африки [18] та оцінці продуктивності північно-західних лісів Тихоокеанського регіону під впливом змін клімату [17].

Для характеристики змін біокліматичного потенціалу аналізувались такі ж періоди як і для його складових: базовий 1986 – 2015 рр. та розрахункові за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP85 за період 2021 – 2050 рр. Розрахунки виконані на прикладі чотирьох станцій Дніпропетровської області: ст. Губиниха, Лошкарівка, Дніпро, Синельниково. Результати представлені в табл. 3.12 та 3.13.

Із отриманих даних встановлено, що за реалізації сценаріїв родини RCP в обох випадках буде спостерігатися зниження біокліматичного потенціалу в Дніпропетровській області. Як вже зазначалося в попередніх пунктах, де наведено аналіз складових біокліматичного потенціалу (теплозабезпеченості та вологозабезпеченості) чітко просліджується тенденція до зменшення в порівнянні з «базовим» періодом кількості опадів по всім станціям, особливо

Таблиця 3.12 – Оцінка біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області за реалізації сценарію RCP 4.5

Станція	Σr за рік, мм	$\Sigma T_{c>10}$ °C	M_d , за рік	K_p	БКП	B_k	БКП'	B'_k	$(B_k - B'_k)$
Губиниха	505	2882	0,30	0,77	2,22	122	2,88	159	-36
Дніпро	473	2999	0,26	0,72	2,16	119	3,00	165	-45
Лошкарівка	440	3026	0,23	0,66	2,01	110	3,03	166	-56
Синельниково	471	2916	0,26	0,72	2,09	115	2,92	160	-43

Таблиця 3.13 – Оцінка біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області за реалізації сценарію RCP 8.5

Станція	Σr за рік, мм	$\Sigma T_{c>10}$ °C	M_d , за рік	K_p	БКП	B_k	БКП'	B'_k	$(B_k - B'_k)$
Губиниха	487	2994	0,28	0,74	2,23	122	2,99	165	-42
Дніпро	461	3091	0,25	0,70	2,17	119	3,09	170	-51
Лошкарівка	441	3124	0,23	0,66	2,08	114	3,12	172	-58
Синельниково	389	3041	0,18	0,55	1,68	93	3,04	167	-75

в теплий період року (див. табл. 3.6).

Зменшення складає 30-40% від норми (період 1986-2015 рр.). Як слідство зменшуються показники зволоження (ГТК, Мд, К_ε, що призведе до посилення посушливих умов зволоження на даній території. Зміняться і дати початку і кінця тепло періоду, що призведе до скорочення його тривалості. Відповідно сума температур за теплий період зменшиться при реалізації сценарію RCP 4.5 на 4-5%, а при реалізації сценарію RCP 8.5 на 1-1,5% в порівнянні з базовим періодом 1986-2015 рр.

Так, за умови реалізації сценарію RCP 4.5 суми опадів за рік складатимуть на досліджуваних станціях 440-505 мм, показник зволоження Мд зменшиться на 0,03-0,09% від норми і складатиме 0,23-0,30, як слідство, коефіцієнт росту зменшиться до 0,66-0,77. Сума температур за теплий період коливатиметься в межах 2916-3026 °С, що на 4-6% менше 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 9-18% менше за БКП базового періоду та відповідатиме пониженій біологічній продуктивності клімату (табл. 3.12; 3.14)

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. В даних умовах для покращення ведення сільськогосподарського виробництва рекомендується періодичне зрошення. Різниця (Б_к - Б'_к) складає 36-56 балів (табл. 3.13).

За умов реалізації сценарію RCP 8.5 до 2050 р. суми температур за теплий період зменшуються на досить невеликий відсоток (1-1,5%) та коливатимуться в межах 2994-3124 °С в порівнянні з «базовим» періодом. За рік на досліджуваних станціях буде випадати 389-487 мм, що на 11-22 % менше за суму опадів періоду 1986-2015 рр. Показник зволоження Мд знизиться на 0,05-0,11% в порівнянні з періодом 1986 – 2015 рр. та складатиме 0,18-0,28, що характеризує засушливу та дуже суху зону зволоження. Як слідство за умов

природного зволоження біокліматичний потенціал даних станцій зменшиться на 17-34% від БКП базового періоду і складатиме 93-122 бали, що характеризує умови від пониженої до дуже низької біологічної продуктивності клімату (табл. 3.12; 3.13).

Таблиця 3.14 – Порівняльна оцінка показників біокліматичного потенціалу за реалізації родини сценаріїв RCP

Станція	Біокліматичний потенціал			Біокліматичний потенціал		
	«базовий» період	за RCP 4/5	відх. в %	«базовий» період	за RCP 8.5	відх. в %
Губиниха	143	122	-21	143	122	-21
Дніпро	145	119	-26	145	119	-26
Лощкарівка	131	110	-21	131	114	-17
Синельниково	127	115	-12	127	93	-34

За умов оптимального зволоження біокліматичний потенціал також знижується незначно – на 1-2 бали та складатиме 165 – 172 бали і характеризує умови підвищеної біологічної продуктивності клімату та є наближеним до умов «базового» періоду. Для покращення ведення сільського виробництва рекомендується періодичне зрошення. Різниця ($B_k - B'_k$) складає 42-75 балів (табл. 3.12).

3.3 Оцінка балів бонітету з урахуванням виду основних культур в Дніпропетровській області

Як зазначив А.В. Гордеєв (2008) «кліматичні зміни також впливають і на продуктивність і структуру агроценозів, і на трансформацію ґрунтового покриву, особливо кореневмісного шару ґрунту.

Нагадаємо, що під продуктивністю земель розуміють не родючість ґрунтів, а ґрунтово-екологічний фактор продуктивності агроекологічної системи «ґрунт-посів-атмосфера». В такій постановці питання доцільно використати оцінку земель за їх бонітетом, що широко використовується в агрономічній практиці».

Семенова В.А. (1970) в своїх дослідження дійшла висновку, що «методика якісної оцінки земель повинна бути зональною/регіональною. Разом з тим регіональний принцип розробки методики бальної оцінки за результатами багаторічних спостережень за врожайністю на фоні змін погодних умов і агрокліматичних показників ґрунтів не може забезпечити повсюдне проведення оціночних показників на всій території зони».

Послідовність виконання розрахунків за ґрунтово-екологічним бонітуванням включає три основних етапи:

- підготовка ґрунтово-агрохімічних і агрокліматичних даних по території, що оцінюється;
- виконання розрахунків ґрунтово-екологічного бонітету;
- бонітування ґрунтів відносно польових культур сівозміни.

В рамках нашої кваліфікаційної роботи нас цікавить третій етап, а саме розрахунок величини балів бонітету з урахуванням виду основних сільськогосподарських культур в Дніпропетровській області.

Бонітет в балах для кожної культури розраховується за формулою:

$$B = A \cdot V \cdot \frac{\sum T > 10 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot KU}{KK + V}, \quad (3.1)$$

де $\sum T > 10 \text{ }^\circ\text{C}$ - середньорічний коефіцієнт температури вище $10 \text{ }^\circ\text{C}$; 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:

$$Бз = 8,0 \cdot V \cdot \frac{\sum T > 10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot КУ}{КК + 70} \quad (3.2)$$

цукровий буряк:

$$Бц. б. = 4,3 \cdot V' \cdot \frac{(\sum T > 10 \text{ }^\circ\text{C} + 200) \cdot (КУ - 0,2)}{КК} \quad (3.3)$$

соняшник:

$$Бс = 6,8 \cdot V \cdot \frac{\sum T > 10 \text{ }^\circ\text{C} \cdot (КУ + 0,2)}{КК + 50} \quad (3.4)$$

Тут V- щільність будови ґрунтів г/см³;

$$V' = \frac{4V - 1}{3}. \quad (3.5)$$

$$КУ = \frac{P}{E_0} \quad (3.5)$$

де P – річна сума опадів; E₀ – випаровуваність.

$$E_0 = 0,0018(T_{в} + 25)^2 \cdot (100 - h). \quad (3.6)$$

$$КК = \frac{360 \cdot (t_{max} - t_{min})}{\varphi + 10} \cdot 100 \quad (3.7)$$

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

Визначення балу бонітету основних сільськогосподарських культур проводилося за даними «базового» періоду 1986-2015 рр. за середньообласними показниками Дніпропетровської області

$$KK = \frac{360 \cdot (22 - (-3.3))}{48 + 10} = 157$$

$$КУ = \frac{523}{680} = 0,77$$

зернові:

$$Бз = 8,0 \cdot 1,2 \cdot \frac{3112 \cdot 0,77}{157 + 70} = 116 \text{ балів} \quad (3.2)$$

цукровий буряк:

$$Бц. б. = 4,3 \cdot 1,27 \cdot \frac{(3112 + 200) \cdot (0,77 - 0,2)}{157} = 66 \text{ балів} \quad (3.3)$$

соняшник:

$$Бс = 6,8 \cdot 1,2 \cdot \frac{3112 \cdot (0,7 + 0,2)}{157 + 50} = 145 \text{ балів} \quad (3.4)$$

При цьому щільність будови ґрунтів (г/см^3) прийнята рівною 1,2, як середнє значення показника для орних земель.

З одержаний розрахунків бачимо, що при сумі температур за теплий період по Дніпропетровській області $3112 \text{ }^\circ\text{C}$ 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.

При умові реалізації сценарію RCP 4.5 за теплий період сума температур складатиме 2956 °С, за рік випадатиме 472 мм опадів, а коефіцієнт зволоження складатиме 0,73.

$$KK = \frac{360 \cdot 24,7}{48 + 10} = 153$$

$$KY = \frac{472}{645} = 0,73$$

зернові:

$$B_z = 8,0 \cdot 1,2 \cdot \frac{2956 \cdot 0,73}{153 + 70} = 93 \text{ бали} \quad (3.2)$$

цукровий буряк:

$$B_{ц. б.} = 4,3 \cdot 1,27 \cdot \frac{(2956 + 200) \cdot (0,73 - 0,2)}{153} = 60 \text{ балів} \quad (3.3)$$

соняшник:

$$B_c = 6,8 \cdot 1,2 \cdot \frac{2956 \cdot (0,73 + 0,2)}{157 + 50} = 108 \text{ балів} \quad (3.4)$$

Як бачимо з отриманих розрахунків величина балової оцінки основних культур розподіляється аналогічно до величин «базового» періоду, але з меншими балами, т. як за реалізації даного сценарію до 2050 року зменшиться сума температур за теплий період та кількість опадів, яка випадає за рік, при майже однаковому коефіцієнті зволоження.

За умов реалізації сценарію RCP 8.5 за теплий період сума температур складатиме 3062 °С, за рік випадатиме 444 мм опадів, а коефіцієнт зволоження

складатиме 0,76.

$$KK = \frac{360 \cdot 24,8}{48 + 10} = 154$$

$$KY = \frac{444}{588} = 0,76$$

зернові:

$$Bz = 8,0 \cdot 1,2 \cdot \frac{3062 \cdot 0,76}{154 + 70} = 100 \text{ бали} \quad (3.2)$$

цукровий буряк:

$$Bц. б. = 4,3 \cdot 1,27 \cdot \frac{(3062 + 200) \cdot (0,76 - 0,2)}{154} = 65 \text{ балів} \quad (3.3)$$

соняшник:

$$Bs = 6,8 \cdot 1,2 \cdot \frac{3062 \cdot (0,76 + 0,2)}{154 + 50} = 118 \text{ балів} \quad (3.4)$$

З отриманих даних при реалізації сценарію RCP 8.5 величина балової оцінки для соняшнику складає 118 балів, для зернових культур 100 балів, а для цукрових буряків 65 балів. Дана балова оцінка є вищою, ніж при умовах реалізації сценарію RCP 4.5, а поміж тим нижчою за балову оцінку для середньорічних умов за період 1986-2015 рр.

Отже в Дніпропетровській області наразі рекомендується розширювати площі під соняшник та зернові культури, а для підвищення балу продуктивності цукрових буряків вводити зрошення в критичний період із-за засушливості клімату області. Балова оцінка, яка отримана для родини сценаріїв RCP вказує на погіршення агрокліматичних умов на території

Дніпропетровської області, що призводить до зниження в обох варіантах балу бонітету для основних сільськогосподарських культур.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи можна зробити наступні висновки:

1. Згідно з агрокліматичним районуванням України, Дніпропетровська область належить до посушливої, дуже теплої зони та поділена на три агрокліматичних райони: північно-східний – високого рівня теплозабезпечення, нестійкого зволоження; центральний – високого рівня теплозабезпечення, недостатнього зволоження; південний – високого рівня теплозабезпечення, посушливий.

2. Підвищення рівня використання біокліматичного потенціалу (БКП) будь-якої території є нині найактуальнішим завданням, що стоїть перед аграріями. В зв'язку з цим в роботі розглянуті алгоритми розрахунку біокліматичного потенціалу земель Д.І. Шашко, С.А. Сапожникової, Ф.З. Баталова, Н.В. Кирнасівської та виконана порівняльна оцінка біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області в умовах змін клімату.

3. Проведена оцінка кліматичних складових біокліматичного потенціалу Дніпропетровської області в умовах змін клімату, а саме теплозабезпеченості і вологозабезпеченості сільськогосподарських культур. Для оцінки теплозабезпеченості сільськогосподарських культур визначені наступні показники теплових ресурсів: тривалість періоду з температурою вище 0, 5, 10, 15 °С; суми температур за вегетаційний період культур вище 5 °С; суми кліматичних температур за період з T_c вище 10 °С; тривалість безморозного періоду. Дані показники визначені для періоду 1986-2015 рр. (прийнятий як базовий період) та за період 2021-2050 рр. за кліматичними сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5.

4. Встановлено, що базовий вегетаційний період (із середніми добовими температурами повітря 5 °С і вище триває по області 215 -232 днів та починається 27-31 березня і закінчується 1-4 листопада. Перехід температури

через 5°C навесні за сценаріями RCP4.5 та RCP8.5 очікується пізніше, а осінній перехід температури через 5 °C раніше. Таким чином тривалість вегетаційного періоду до 2050 р. за обома сценаріями скоротиться на 4-15 днів.

Відповідно і період активної вегетації сільськогосподарських культур (із середніми добовими температурами повітря 10°C і вище) зменшується за умов реалізації родини сценаріїв RCP. Наприклад, за умов сценарію RCP4.5 до 2050 р. даний період скоротиться на 7-10 днів, а при реалізації сценарію RCP8.5 тривалість теплого періоду скоротиться на 3 дні.

У зв'язку зі зміною дат переходу та тривалості періодів з температурами повітря вище та нижче різних порогів зміняться і відповідні суми температур в разі реалізації обох сценаріїв. Базова сума активних температур повітря вище 5 °C по області становить 3354 - 3507 °C. Зменшення температур за сценарієм RCP4.5 очікується на 136-172 °C, а за сценарієм RCP8.5 – на 71-121 °C по відношенню до «базового» періоду.

Що стосується амплітуди температур, тобто різниці між температурами січня і липня, то за «базовий» період вона становить 23,2 – 25,4 °C, а за реалізації першого сценарію амплітуда температур збільшиться на 0,2-3,2 °C, а за другим сценарієм очікується збільшення амплітуди температури – на 0,2 – 4,4 °C.

5. Для землеробства важливе значення має річний хід зволоження. Встановлено, що на території Дніпропетровської області опади теплого періоду перевищують опади холодного, але не більше чим в 1,5 рази. За гідротермічним коефіцієнтом Селянинова в досліджуваних районах в період з температурою вище 10 °C мають місце умови недостатнього зволоження по всій території Дніпропетровської області ($0,7 < ГТК < 1,1$). За коефіцієнтом зволоження Шашко територія має недостатні умови зволоження. За коефіцієнтом зволоження Сапожникової в середньобогаторічному по області складаються засушливі умови зволоження.

Встановлено, що за умов реалізації сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 очікується повсюдно зменшення кількості опадів, при чому за «жорстким» сценарієм RCP8.5 це зменшення значніше.

Опади в теплий період (квітень-вересень) при реалізації сценарію RCP4.5 зменшують на 20-30% по відношенню до «базового» періоду, а в холодний період (жовтень-березень) - перевищувати суму опадів «базового» періоду на 10-15%. За реалізації більш «жорсткого» сценарію RCP 8.5. в теплий період (квітень-вересень) буде мати місце зниження сум опадів в порівнянні з «базою» на 30-39 %, а в холодний період (жовтень-березень), навпаки - підвищення суми опадів в порівнянні з «базою» на 2-16 %.

Також значно зменшиться сума опадів в теплий період року, та збільшиться в холодний, що спричинить зменшення показників зволоження і в області на період до 2050 року спостерігатимуться посушливі та сухі умови зволоження на фоні падіння сум температур при реалізації даних сценаріїв.

б. Використовуючи алгоритм розрахунку біологічної продуктивності земель за моделлю Д.І. Шашко та С.А. Сапожникової визначені BKP , B_k , $B_k(on)$, Md і Kp для умов відкритого рівного місця при природному і оптимальному зволоженні. Отримані значення біокліматичного потенціалу за Шашко в середньобагаторічному характеризують середні та помірно-високі умови біологічної продуктивності клімату. 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.

Одержані дані розрахунку біокліматичного потенціалу за С.А. Сапожниковою повністю співпадають з результатами, які отримані за Д.І. Шашко, але мають балову оцінку в іншому діапазоні.

Для характеристики змін біокліматичного потенціалу аналізувались такі ж періоди як і для його складових: базовий 1986 – 2015 рр. та розрахункові за кліматичними сценаріями RCP4.5 та RCP85 за період 2021 – 2050 рр.

Розрахунки виконані на прикладі чотирьох станцій Дніпропетровської області: ст. Губиниха, Лошкарівка, Дніпро, Синельниково.

Із отриманих даних встановлено, що за реалізації сценаріїв родини RCP в обох випадках буде спостерігатися зниження біокліматичного потенціалу в Дніпропетровській області. За умови реалізації сценарію RCP 4.5 (Бк=110-122 бали), що на 9-18% менше за БКП базового періоду та відповідатиме пониженій біологічній продуктивності клімату. За умов оптимального зволоження БКП зменшиться на 8 балів.

За умов реалізації сценарію RCP 8.5 до 2050 р. зменшиться на 17-34% від БКП базового періоду і складатиме 93-122 бали, що характеризує умови від пониженої до дуже низької біологічної продуктивності клімату. За умов оптимального зволоження біокліматичний потенціал також знижується.

7. Розраховані величини балів бонітету з урахуванням виду основних сільськогосподарських культур в Дніпропетровській області. Встановлено, що 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. За умов реалізації родини сценаріїв RCP спостерігається зниження кількості балів, але тенденція розподілення їх за культурами зберігається. Отримані результати вказує на погіршення агрокліматичних умов на території Дніпропетровської області, що призводить до зниження в обох варіантах балу бонітету для основних сільськогосподарських культур. В цілому все ж таки потрібно надавати переваги вирощуванню соняшника та зернових культур, а для полів з цукровим буряком запроваджувати зрошення.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дніпропетровська область. Схема планування території. Том II Природно-ресурсний потенціал, стан та охорона навколишнього середовища, транспорт, інженерна підготовка та захист території, інженерна інфраструктура, основні техніко-економічні показники, документи. URL: http://mbk.dp.gov.ua/wp-content/uploads/2019/SPTO/Plan_territ_tom2.pdf (дата звернення 04.11.2024 р.)
2. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Дніпропетровській області за 2022 рік. URL: <https://adm.dp.gov.ua/storage/app/media/Pro%20oblast/Ekologhiia/Rehionalna%20dopovid%20ta%20Ekologhichni%20pasport/Rehionalna%20dopovid%20pro%20stan%20navkolysnogo%20pryrodnogo%20seredovyscha%20v%20Dnopr.obl./Rehionalna%20dopovid%20pro%20stan%20navkolysnogo%20pryrodnogo%20seredovyscha%20v%20Dnopr.obl.%202022.pdf> (дата звернення 04.11.2024 р.)
3. Агрокліматичний довідник по Дніпропетровській області: (1986-2005 рр.) / М-во надзвичайних ситуацій України; Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів; за ред.. В.М. Ситова, Т.І. Адаменко. Одеса: Астропрінт, 2011. С. 204 с.
4. Характеристика природних умов та ресурсів Дніпропетровської області. URL:<http://www.geograf.com.ua/library/geoinfocentre/21-physical-geography-ukraine-world/282-natural-resources-dniepropetrovsk> (дата звернення 04.11.2024 р.)
5. Міщенко З.А., Ляшенко Г.В. Мікрокліматологія. Київ:КНТ, 2007. С.336.
6. Кирнасівська Н. В. 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”. Lviv, Ukraine. 2022. 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/>.
7. Кирнасівська Н.В. Агрокліматична оцінка та районування біокліматичного потенціалу території Одеської // Наукові праці українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту. Вип. 269. Київ. 2019, С. 158-166.
 8. Кирнасівська Н.В. Оцінка біологічної продуктивності земель Закарпатської області стосовно вирощування зернових культур // Розвиток сільських територій на засадах екологічності, енергонезалежності й енергоефективності : матеріали I Міжнар. наук.-практ. конф. (Полтава, 5 травн. 2021). Полтава: РВВ ПДАА, 2021. С. 87-89.
 9. Кирнасівська Н.В., Шелестюк О.Г. Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу Вінницької області в умовах змін клімату // Екологічні науки: науково-практичний журнал. К.: Видавничий дім «Гельветика», 2023. № 3(48). С. 71-77.
 10. Барабаш М.Б., Гребенюк Н.П., Татарчук О.Г. Особливості зміни ресурсів тепла та вологи в Україні при сучасному потеплінні клімату. *Наук. Праці Укр НДГМІ*. 2007. Вип. 256. С.174-186.
 11. Краковська С.В., Гнатюк Н.В., Шпиталь Т.М., Паламарчук Л.В. Проекції змін приземної температури повітря за даними ансамблю регіональних кліматичних моделей у регіонах України ХХІ столітті. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2016. Вип. 268. С. 33-44.
 12. Степаненко С.М., Польовий А.М. Кліматичні ризики функціонування галузей економіки України в умовах зміни клімату: монографія. Одеса: «ТЭС», 2018. 548 с.
 13. DAN CAO, JIANHUA ZHANG, HAO YAN, LAN XUN. 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. VOLUME 8, 2020. pp. 11138-11151
- 14.L.I. Meng, ZHU Yong, HUANG Wei. Influence of Climate Change on Climate Potential Productivity in Yunnan[J] // Chinese Journal of Agrometeorology, 2010. 31(3). Pp. 442-446.
 - 15.Y. Qin, J. Liu, W. Shi, F. Tao, H. Yan. Spatial-temporal changes of cropland and climate potential productivity in northern China during 1990–2010 // Food Security volume 5, 2013. Pages 499–512.
 - 16.R.A. Brown, N.J. Rosenberg. Climate change impacts on the potential productivity of corn and winter wheat in their primary United States growing regions // Climatic Change volume 41, 1999. pages73–107.
 - 17.G. Latta, H. Temesgen, T.M .Barrett. Mapping and imputing potential productivity of Pacific Northwest forests using climate variables // Canadian Journal of Forest Research, 17 June, 2009. URL: <https://doi.org/10.1139/X09-046>
 - 18.M. Bi, L. Wan, Z. Zhang, X. Zhang. Spatio-Temporal Variation Characteristics of North Africa's Climate Potential Productivity // Land 2023, 12(9), 1710; <https://doi.org/10.3390/land12091710>

ДОДАТКИ

Таблиця А.1 - Оцінка вологозабезпеченості Дніпропетровської області за період 1986-2015 рр.

Станція	P_T , мм квітень- вересень	P_x , мм жовтень- березень	Річний хід зволоження P_T/P_x	ΣP , мм за період з $T_c > 10^\circ\text{C}$	ΣP , мм за рік	Коефіцієнт зволоження за Сапожниковою (K_ϵ)	Коефіцієнт зволоження за Шашко (M_d)	Коефіцієнт зволоження за Селяниновим (ГТК) за період з $T_c > 10^\circ\text{C}$	ГТК за V- VI	ГТК за VII- VIII
Губиниха	325	245	1,33	349	570	0,82	0,36	1,0	1,3	0,8
Дніпро	303	257	1,18	289	560	0,77	0,35	0,9	1,1	0,7
Комісарівка	292	218	1,34	286	509	0,74	0,30	0,9	1,2	0,7
Кривий Ріг	281	178	1,58	274	460	0,66	0,25	0,9	1,2	0,7
Лошкарівка	319	207	1,54	280	494	0,74	0,28	0,9	1,1	0,7
Нікополь	251	215	1,17	245	467	0,59	0,26	0,7	0,9	0,5
Павлоград	319	224	1,42	308	543	0,77	0,33	1,0	1,3	0,7
Синельниково	283	213	1,33	270	496	0,71	0,29	0,9	1,1	0,7
Чаплине	348	259	1,34	336	607	0,86	0,40	1,1	1,4	0,8

Таблиця А.2 – Агрокліматична оцінка біокліматичного потенціалу при природному та оптимальному зволоженні у Дніпропетровській області по Шашко Д.І.

№ п/п	Станція	Нм	Σr за рік, мм	$\Sigma T_{c>10^{\circ}\text{C}}$	Md, за рік	K_p	БКП	B_k	БКП'	B'_k	$(B_k - B'_k)$
1	Губиниха		570	3040	0,36	0,86	2,61	144	3,04	167	-23
2	Дніпро		560	3124	0,35	0,85	2,65	146	3,12	172	-26
3	Комісарівка		509	3018	0,30	0,78	2,35	129	3,02	166	-37
4	Кривий Ріг		460	3117	0,25	0,70	2,18	120	3,12	172	-52
5	Лошкарівка		494	3160	0,28	0,75	2,37	130	3,16	174	-44
6	Нікополь		467	3358	0,26	0,72	2,42	133	3,36	185	-52
7	Павлоград		543	3115	0,33	0,82	2,55	140	3,12	172	-32
8	Синельникове		496	3059	0,29	0,76	2,32	128	3,06	168	-40
9	Чаплине		607	3072	0,40	0,90	2,76	152	3,07	169	-17