

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АГРОКЛІМАТИЧНИХ РЕСУРСІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІН КЛІМАТУ

Решетченко С. І., Попович Н. В., Шуліка Б. О., Порван А. П., Черкашина Н. І.

Об'єктом дослідження є агрокліматичні ресурси на території України, що характеризуються сукупністю агрокліматичних факторів, які діють на умови росту та розвитку рослин та формують урожайність сільськогосподарських культур. Ці фактори мають кількісне значення та визначаються агрокліматичними показниками, що вказують на взаємозв'язок між факторами клімату та умовами росту, розвитку рослин, формування врожаю.

Одним з найбільш проблемних місць оцінки клімату для сільськогосподарського виробництва є процеси теплообміну та вологообміну в системі ґрунт-рослина-атмосфера, де відбуваються біофізичні та фізіологічні процеси. Крім того, треба враховувати вимоги рослин до навколишнього середовища: мінімальні та критичні температури повітря, ґрунту; суми температур, які необхідні для визрівання сільськогосподарських культур; кількість вологи.

В ході дослідження використовувалися екофізіологічні моделі, для прогнозування потенційних впливів змін клімату на продуктивність сільського господарства та вивчення варіантів адаптації до цих змін. А також, порівняння декількох систем агрокліматичної класифікації та карт рослинності.

Оцінка агрокліматичних ресурсів території проводилася за показниками теплозабезпеченості, де розраховувалися суми активних та ефективних температур. Для оцінки екологічного стану агрокліматичних ресурсів використовувався показник стійкості кліматичних умов. На основі цього очікується збільшення тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур за рахунок збільшення його теплозабезпеченості.

На прикладі Харківської області надалі визначалися основні риси сучасного температурно-вологісного режиму. Встановлено, що найбільше зростання температури повітря зафіксовано з середини 70-х років минулого століття.

Встановлено, що в річному ході температура повітря буде підвищуватися з середнім коефіцієнтом лінійного тренду 0,3–0,4 °C на 10 років. Амплітуди коливань температури повітря досить суттєві, що дестабілізує кліматичні умови на півночі. Південна та південно-західна частина регіону мають вищий показник стійкості погодних умов за рахунок усталеного температурного режиму повітря та характеру підстильної поверхні.

Завдяки цьому забезпечується можливість отримання заходів, щодо адаптації сільського господарства до сучасних змін агрокліматичних ресурсів. Запропоновані заходи адаптації сільського господарства до сучасних кліматичних змін можуть бути успішно застосовані й у країнах-сусідах, зокрема Молдові, Білорусі.

Ключові слова: агрокліматичні ресурси, гідротермічний показник, біокліматичний потенціал, адаптація до змін клімату.

1. Вступ

Застосування невідкладних заходів щодо боротьби зі змінами клімату та їх наслідками є однією з 17 глобальних Цілей сталого розвитку, затверджених на Саміті

Організації Об'єднаних Націй у 2015 році [1]. Прогнозовані зміни клімату у майбутньому призведуть не лише до економічних втрат, але й до неконтрольованої міграції людей, нових захворювань та зростання екологічного навантаження на територію [2]. На території Східної Європи, де розташована Україна, ознаки зміни клімату виявляються в [3]:

- температурних екстремумам;
- збільшенні кількості спекотних днів;
- загальному зниженні кількості атмосферних опадів (на тлі різкого її зростання у деяких районах);
- катастрофічних повенях і засухах;
- лісових пожежах і опустелюванні.

Сільське господарство є найбільш залежною від кліматичних умов галуззю господарства та однією з провідних сфер матеріального виробництва в Україні. Воно залежить від агрокліматичних ресурсів території, що формуються на основі особливостей температурних та вологісних полів повітря. Експерти наголошують, що наявні державні програми з питань сталого розвитку сільського господарства залишаються ситуативними, без цілісної довгострокової стратегічної перспективи. Це зменшує можливості пом'якшення наслідків змін клімату та пов'язаних із ними кризових явищ в агросфері [2]. Показово, що актуальна Стратегія розвитку сільського господарства та сільських територій країни була розроблена без урахування кліматичних аспектів [4].

Натомість у проекті Стратегії сталого розвитку України до 2030 року рекомендується включити заходи реагування на зміни клімату в політику, стратегії та планування на загальнонаціональному, галузевому та регіональному рівнях. Підкреслюється необхідність здійснити науково обґрунтоване коригування методів ведення сільського господарства з урахуванням зростання ризиків екстремальних погодних явищ [5], а саме:

- вирішення питань строків і способів сівби;
- обробки ґрунту;
- системи ґрунтозахисних та меліоративних заходів;
- кількості і способу внесення мінеральних та органічних добрив;
- системи агрохімічного захисту рослин.

Для коректного вирішення даної задачі необхідний поглиблений аналіз існуючих даних [6]. А також детальне та доскональне вивчення сучасних змін агрокліматичних ресурсів як на рівні всієї країни, так і в окремих її регіонах при врахуванні всебічних зв'язків елементів агроєкоценозу зі змінами стану довкілля. Під цим розуміють: кількість сонячної радіації, температуру та вологість повітря та ґрунту, швидкість вітру, повторюваність атмосферних явищ, тощо. Подібні дослідження допоможуть планувати, розробляти та реалізовувати комплексні агротехнічні заходи, враховуючи сучасні зміни основних кліматичних факторів середовища: температури повітря та кількості атмосферних опадів.

2. Об'єкт дослідження та його технологічний аудит

Об'єктом дослідження є агрокліматичні ресурси на території України, що характеризуються сукупністю агрокліматичних факторів, які діють на умови росту та розвитку рослин та формують урожайність сільськогосподарських культур. Ці фактори мають кількісне значення та визначаються агрокліматичними показниками, що вказують на взаємозв'язок між факторами клімату та умовами росту, розвитку

рослин, формування врожаю. Оцінюючи вплив клімату на сільськогосподарське виробництво, необхідно враховувати низку показників:

- термічні та світлові;
- режим зволоження території;
- умови перезимівлі озимих та багаторічних рослин, що мають вимоги до мінімальних температур повітря та ґрунту;
- висоту снігового покриву;
- несприятливі для сільськогосподарського виробництва метеорологічні явища (посухи, зливи, наводнення, заморозки, суховії, град).

Відомо, що під час росту та розвитку сільськогосподарські культури зазнають впливу різних зовнішніх факторів: освітлення, температури повітря та вологості ґрунту, фізико-механічних властивостей та хімічного складу поверхневого шару, окислювально-відновлювальних процесів. Всі ці показники навколишнього середовища впливають одночасно на фізіологічні властивості рослин, на умови проростання насіння, появи сходів та утворення врожайності. Вплив будь-якого одного показника залежить від кількісного виразу решти факторів. За умов сукупної дії середовища вагомість будь-якого агрокліматичного показника в житті рослин є нерівнозначним. Отже розрізняють головні фактори життя рослин та другорядні. До перших відносять світло, тепло, вологу та повітря, які необхідні рослинам та сприяють безпосередньо умовам росту, розвитку; інші – другорядні показники, які підсилюють (послаблюють) дію перших.

Одним з найбільш проблемних місць оцінки клімату для сільськогосподарського виробництва є процеси теплообміну та вологообміну в системі ґрунт-рослина-атмосфера, де відбуваються біофізичні та фізіологічні процеси. Крім того, треба враховувати вимоги рослин до навколишнього середовища: мінімальні та критичні температури повітря, ґрунту; суми температур, які необхідні для визрівання сільськогосподарських культур; кількість вологи. На тлі суттєвих коливань погодних умов відбуваються недобори врожаїв сільськогосподарських культур, обумовлені впливом багатьох факторів. Отже при розв'язанні практичних задач виникає необхідність оцінки впливу агрокліматичних показників на врожаї культур.

3. Мета та задачі дослідження

Метою дослідження є визначення особливостей сучасних змін агрокліматичних ресурсів на території України та Харківської області.

Виходячи з мети, необхідно вирішити наступні задачі:

1. Провести статистичний аналіз основних агрокліматичних показників на території України за періоди 1891–1935 рр. та 1935–1960 рр.
2. Розрахувати агрокліматичні показники на регіональному рівні на прикладі Харківської області за період 2001–2014 рр.
3. Здійснити оцінку екологічного стану агрокліматичних ресурсів на території Харківської області за допомогою показника стійкості кліматичних умов.
4. Визначити можливі заходи щодо адаптації сільського господарства до сучасних змін агрокліматичних ресурсів.

4. Дослідження існуючих рішень проблеми

Відомо, що агрокліматичні ресурси будь-якої території обумовлені розподілом радіаційного, теплового та водного балансів під впливом атмосферної циркуляції. Радіаційний режим та тепловий баланс рослинного покриву визначається різними

регресійними рівняннями. Моделі та сценарії динаміки глобальної та регіональної температури повітря, атмосферних опадів за різних умов потепління наведено в роботі [7]. Цим же автором розраховані можливі сценарії зміни температури повітря та кількості атмосферних опадів на території України за умов потепління.

Інтеграція інформації про кліматичні ризики у стратегічне планування наразі є глобальним пріоритетом [8]. Зокрема, сучасне потепління впливає на умови росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Нестійкість метеорологічних показників може спричиняти значні збитки виробникам сільськогосподарської продукції через мінливість валових урожаїв зернових культур, які є основними для країни [9].

Європейське сільське господарство, засноване на прогресивних методах ведення фермерства, орієнтоване на виробництво високоякісних продуктів харчування і є більш чутливим до метеорологічних небезпек [10]. Фермери в Європі у даний час пристосовуються до кліматичних змін, зокрема, шляхом корекції термінів вирощування та вибору інших видів сільськогосподарських культур. Опитування показують високу частку негативних очікувань щодо впливу змін клімату на рослинництво в усій Європі, навіть у північних країнах [11].

Екофізіологічні моделі широко використовуються для прогнозування потенційних впливів змін клімату на продуктивність сільського господарства та вивчення варіантів адаптації до цих змін [12]. На сьогоднішній день прогнози зміни врожаїв у країнах Європи під впливом кліматичних змін майже повністю ґрунтуються на результатах моделей зростання врожаю. Ці моделі, як правило, не охоплюють усіх важливих аспектів, пов'язаних із управлінням культурами або відповідними факторами навколишнього середовища. Крім того, дослідження в галузі моделювання врожаю часто мають серйозні обмеження щодо кількості посівних культур [13].

Серед багатьох причин глобального потепління виділяють антропогенний вплив, що характеризується підвищенням викидів в атмосферу парникових газів. Автори дослідження [14] вказують наступні екологічні наслідки від глобального потепління, які вже проявилися або можуть проявитися в найближчому майбутньому в Україні:

- підняття рівнів Чорного й Азовського морів;
- просторова трансформація структури степових фітосистем;
- зміни в північній частині Азовського моря екосистем морських кіс;
- збудження катастрофічних погодних явищ;
- розвиток опустелювання в південних і південно-східних областях;
- вплив змін клімату на сільське господарство;
- зменшення обсягів водних ресурсів.

Не звертаючи увагу на значне підвищення врожайності сільськогосподарських культур, коливання врожаїв в окремі роки описується великою кількістю факторів:

- генетичні та селекційні якості;
- кількість та якість добрив;
- строки та норми внесення добрив;
- засоби боротьби зі шкідниками та хворобами;
- види сільськогосподарської техніки;
- погодні умови, які характеризуються значною випадковістю.

На коливання погодних умов впливають великомасштабні атмосферні процеси, які формують температурно-вологісний режим підстильної поверхні. Агрокліматичні ресурси території визначають умови функціонування господарства країни, особливо продуктивність сільського. Вони здійснюють суттєвий вплив на формування урожаю,

його збір. Третина території України знаходиться в зоні стабільної врожайності, а решта – характеризується тенденцією до її зменшення [15].

Починаючи з 80-тих років ХХ століття в Україні спостерігається найбільш тривалий та майже безперервний період потепління. Зменшення річної амплітуди температури повітря та посушливі умови зафіксовані у 2005, 2007, 2010, 2012, 2014 роках. Найвищу середньорічну температуру повітря за весь період інструментальних спостережень зафіксовано у 2007 році, де перевищення від норми коливалося в межах 2–3 °С по всій території.

Посушливі явища виникають через сукупність природних процесів (тривалий бездошовий період, недостатня вологість ґрунту, значні температури поверхневого шару ґрунту тощо), що характеризуються односпрямованими діями на агроєкоєнози за певний проміжок часу. Вони створюють дефіцит зволоження повітря та ґрунту на тлі високих температур.

Розрізняють різні показники, що встановлюють співвідношення між кількістю опадів та тепловим режимом території впродовж вегетаційного періоду в будь-якому регіоні. Поширеними є:

- гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова (ГТК) [9];
- індекс атмосферної посушливості Д. А. Педея (S_a) [9];
- індекс суворості посух Палмера (PDSI);
- стандартизований індекс опадів (SPI);
- індекс опадів-євапотранспірації (SPEI) [21];
- нормалізований вегетаційний індекс (NDVI) [16].

Зазначені параметри, які використовують у різних наукових школах, мають певні обмеження, пов'язані з методикою розрахунків. Проте вони дають змогу використовувати їх у якості індикаторів кількісних зв'язків погодних умов з продуктивністю сільськогосподарських культур з метою прогнозування.

Дані показники дозволяють виявити зональні особливості агрокліматичних ресурсів території. За ними досліджувану територію можна поділити на відносно однорідні агрокліматичні райони, де можна застосовувати окремі агротехнічні заходи. Азональні ознаки, які виникають через особливості підстильної поверхні (ліси, болота, урочища, яри, балки тощо), встановлюються за допомогою картографічного методу деталізації просторових меж та поділу виділених агрокліматичних районів на мезомасштабні одиниці. Дану методику було застосовано до території Харківської області, що характеризується значною неоднорідністю рельєфу та різними типами діяльної поверхні.

У дослідженні [17] виконане порівняння декількох систем агрокліматичної класифікації та карт рослинності. Регіон ЕРРО (Європейська і Середземноморська організація захисту рослин) поділено на чотири агрокліматичні зони (Середземну, Морську, Північно-Східну, Центральну), в яких агрокліматичні умови можна вважати ідентичними.

Сьогоднішні зміни в структурі сільськогосподарського виробництва України (застосування нових сортів культур, зміна посівних площ, залучення новітніх агротехнологій) сприяють розробленню достовірних методів оцінки агрокліматичних ресурсів і агрокліматичного районування. Лише комплексний підхід допоможе встановити значущі та надійні зв'язки між цими факторами та продуктивністю культур. Цей підхід базується на дослідженні фізико-географічних закономірностей території, агроєкоєлогічних об'єктів, особливостей агротехнологій із визначенням їх

впливу на врожайність сільськогосподарських культур на різних рівнях організації виробництва.

Ресурсний підхід до кліматичних умов орієнтований на вирішення практичних задач та встановлення ризиків за умов утворення стихійних гідрометеорологічних явищ. Цей підхід може сприяти розробці адаптаційних заходів щодо пом'якшення змін клімату в окремих регіонах, тож є перспективним.

Аналіз літератури показує, що територія України в цілому має сприятливі агрокліматичні ресурси, що характеризуються оптимальним співвідношенням тепла та вологи. Проте очікувані зміни клімату можуть мати для досліджуваної території незворотні наслідки, одним із яких є зниження рівня харчової безпеки, особливо в посушливих регіонах [3]. Тож, необхідно встановити можливі екологічні ризики та перспективи розвитку аграрного сектору господарства в країні.

5. Методи дослідження

Статистичний аналіз часових рядів метеорологічних показників температури повітря та атмосферних опадів виконувався за результатами спостережень на метеорологічних станціях України (табл. 1, 2).

Для виявлення тенденції змін агрокліматичних умов були використані дані кліматичних довідників та результати спостережень за декілька періодів: 1891–1935 рр., 1935–1960 рр., 1961–1990 рр., 2001–2014 рр. Обраний інтервал часу у 30–50 років характеризує стан клімату за допомогою середньомісячних значень температури повітря та кількості опадів.

Аналіз тенденції зміни агрокліматичних умов виконувався шляхом порівняння середніх багаторічних характеристик метеорологічних та агрометеорологічних показників. Опорними значеннями є метеорологічні показники за період 1961–1990 рр., що відповідають кліматичній нормі.

Таблиця 1

Середньомісячна температура повітря (1891–1935 рр.)

Метеостанція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Чернігів	-6,9	-6,2	-2,0	6,8	14,4	17,8	19,7	18,4	13,5	7,1	1,1	-3,7
Суми	-7,5	-6,7	-2,3	6,7	14,0	18,1	19,6	18,4	13,3	6,4	0,2	-5,0
Київ	-6,0	-5,0	-0,4	6,7	14,7	17,9	19,6	18,7	14,0	7,6	1,4	-3,3
Львів	-4,1	-3,3	1,1	7,9	14,8	16,7	18,5	17,3	13,6	8,1	7,4	-1,9
Тернопіль	-5,9	-4,4	-0,2	7,1	13,5	16,7	18,2	17,5	13,1	7,6	1,9	-2,8
Вінниця	-5,8	-4,8	-0,6	7,2	13,6	17,1	18,7	17,8	13,5	7,3	1,8	-2,8
Умань	-5,9	-4,8	-0,3	7,5	14,4	17,6	19,5	18,7	13,9	7,7	1,5	-3,1
Полтава	-6,3	-6,2	-0,3	7,6	15,0	18,4	20,6	19,6	14,3	7,5	0,9	-4,3
Харків	-7,1	-6,5	-1,2	7,7	15,0	18,6	20,6	19,6	14,3	7,5	0,9	-4,6
Ужгород	-3,1	-1,0	-3,9	10,8	15,5	18,8	20,4	19,7	15,9	9,8	5,5	0,1
Кропивницький	-5,5	-4,6	0,3	8,3	15,2	18,7	20,8	19,9	14,7	8,4	2,1	-2,8

Оцінка агрокліматичних ресурсів території проводилася за показниками теплозабезпеченості, де розраховувалися суми активних та ефективних температур. Ресурси вологості характеризують місячна кількість атмосферних опадів та гідротермічний коефіцієнт Т. Г. Селянінова [18]. Ці величини розраховувалися за середніми місячними значеннями температури повітря та кількості атмосферних опадів.

Таблиця 2

Середньомісячна температура повітря (1935–1960 рр.)

Метеостанція	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Чернігів	-6,5	-6,4	-1,5	6,5	14,3	17,2	19,2	17,8	12,8	6,8	0,5	-4,2
Суми	-7,8	-7,6	-2,3	6,2	14,4	17,4	19,6	18,2	13,0	6,6	-0,1	-5,6
Київ	-5,9	-5,3	-0,5	7,1	14,7	17,4	19,3	18,2	13,6	7,7	1,1	-3,7
Львів	-3,8	-2,8	1,8	7,6	13,8	16,6	18,3	17,5	13,6	8,8	2,7	-1,4
Тернопіль	-5,5	-4,4	0,3	6,9	13,7	16,6	18,3	17,2	12,9	7,5	1,5	-3,0
Вінниця	-5,7	-4,8	0,2	7,1	14,1	16,8	18,8	17,6	13,3	7,9	1,5	-3,2
Херсон	-3,0	-2,5	2,8	9,6	16,6	20,4	23,2	22,0	16,8	11,2	4,2	-0,7
Полтава	-7,1	-6,6	-1,2	7,1	14,9	17,9	20,4	19,3	14,2	7,6	0,5	-4,8
Харків	-7,4	-7,0	-1,6	7,1	15,0	18,1	20,3	18,9	13,5	7,2	0,4	-5,2
Ужгород	-2,9	-1,4	4,3	10,0	15,4	17,9	19,9	19,0	15,1	10,1	4,3	-0,2
Кропивницький	-5,5	-4,9	0,4	7,9	15,2	18,3	20,9	19,7	14,5	8,6	1,9	-3,2
Миколаїв	-3,6	-3,0	2,3	9,2	16,3	19,9	22,9	22,0	16,8	10,8	3,8	-1,3
Одеса	-2,8	-2,2	2,4	8,5	15,8	19,8	22,6	21,7	16,9	11,5	4,9	-0,1
Чернівці	-4,8	-3,4	1,8	8,3	14,5	17,4	19,2	18,6	14,2	8,8	2,3	1,9
Дніпро	-5,7	-5,1	0,5	8,5	16,2	19,3	22,2	21,0	15,6	9,1	-2,4	-3,3
Запоріжжя	-5,3	-4,9	0,8	8,5	16,0	19,4	22,6	21,2	15,6	9,2	2,1	-3,0

За даними табл. 1, 2 були розраховані суми активних та ефективних температур на території України (табл. 3). Під сумою активних температур розуміють наявні ресурси тепла, які визначають можливість досягання сільськогосподарських культур. Під сумою ефективних температур розуміють різницю між середньодобовою температурою повітря і біологічним нулем сільськогосподарської рослини (табл. 4) за період квітень–жовтень. У роботі розраховувалися суми ефективних температур для зернових культур (5 °C).

Показником зволоженості території є гідротермічний коефіцієнт Т. Г. Селянінова [18], що характеризується відношенням суми опадів ($\sum u$) за період з середньодобовими температурами повітря вище 10 °C до суми активних температур ($\sum T_{>10\text{ }^\circ\text{C}}$).

Біокліматичний потенціал (БКП) дозволяє провести районування території за схожими агрокліматичними умовами. Він враховує вплив тепла та вологи на продуктивність культур [19].

Таблиця 3

Суми активних та ефективних температур на території України за періоди: 1891–1935 рр., 1935–1960 рр.

Метеостанція	1891–1935 рр.		1935–1960 рр.	
	Сума активних температур	Сума ефективних температур	Сума активних температур	Сума ефективних температур
Чернігів	2490,3	960,3	2566,5	1036,5
Суми	2530,2	1000,2	2554,0	1024,0
Київ	2548,2	1018,2	2600,0	1070,0
Львів	2443,6	913,6	2477,6	947,6
Тернопіль	2410,2	880,2	2419,2	889,2
Вінниця	2468,5	938,5	2471,1	941,1

Херсон	3379,0	1539,0	2575,6	1045,6
Полтава	2655,6	1125,6	2692,2	1162,2
Харків	2628,2	1098,2	2698,2	1168,2
Ужгород	3286,4	1146,4	3088,6	1258,6
Кропивницький	2713,8	1183,8	2734,9	1204,9

Таблиця 4

Культура	Біологічний мінімум температури, °С	
	на початку росту	дозрівання
<i>Зернові</i>		
Озима пшениця	5	10
Ярова пшениця	5	12
Ячмінь	5	10
Гречка	7	10
Кукурудза	10	10
<i>Бобові</i>		
Горох	5	10
Квасоля	12	12
Соя	10	10
<i>Просанні</i>		
Соняшник	8	10

Для оцінки екологічного стану агрокліматичних ресурсів використовувався показник стійкості кліматичних умов (X) [20]. Цей показник розраховується як різниця середнього і мінімального значень в ряду показників у початкових величинах, поділена на амплітуду величини, помножену на 10. Пропонується використовувати характеристики оцінки стійкості кліматичних умов, представлені у табл. 5.

Таблиця 5

Характеристика оцінки кліматичних умов території	
Значення показника стійкості (бали)	Якісна оцінка кліматичних умов
0,0–3,0	Низька
3,1–6,0	Задовільна
6,1–8,0	Добра
8,1–10,0	Висока

На екологічний стан агрокліматичних ресурсів території (процеси випаровування, температурний режим, режим зволоження) впливають основні кліматичні показники – температура повітря, швидкість вітру та кількість опадів. Для загальної оцінки на регіональному рівні був розрахований комплексний коефіцієнт стійкості за період 2001–2015 рр. для території Харківської області.

6. Результати дослідження

На основі отриманих результатів розрахунків (табл. 4) були побудовані карти просторового розподілу ресурсів тепла, представлені сумами активних та ефективних температур (рис. 1, 2).

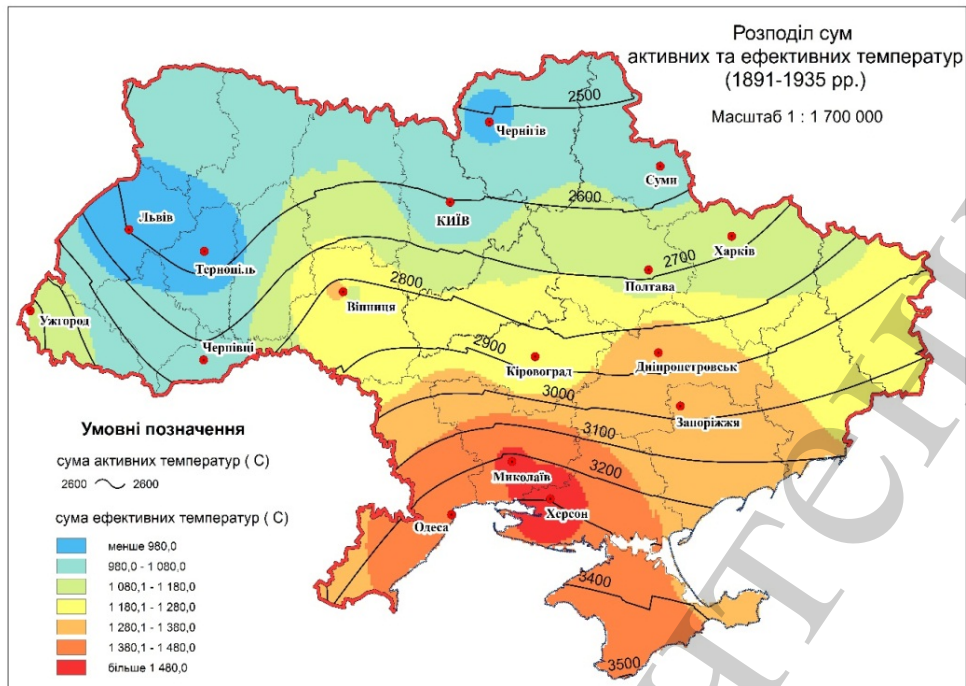


Рис. 1. Розподіл сум активних та ефективних температур (1891–1935 рр.)

Ізотерми для періоду 1891–1935 рр. мають переважно широтний розподіл, що характеризує стійкі погодні умови, які склалися під дією регіональної циркуляції атмосфери (рис. 1). Починаючи з другої половини 20-го століття, відбуваються суттєві зміни атмосферної циркуляції, ізотерми наближаються до меридіонального розподілу (рис. 2). Показники сум активних температур більших 10 °C за період 1891–1935 рр. коливаються від 2500 °C до 3500 °C на півдні країни (рис. 1). Відокремлюється частина території, де сума активних температур зафіксована в межах 2100–2500 °C. На південному сході зростає теплозабезпеченість території, це ж поширюється і на центральну частину країни.

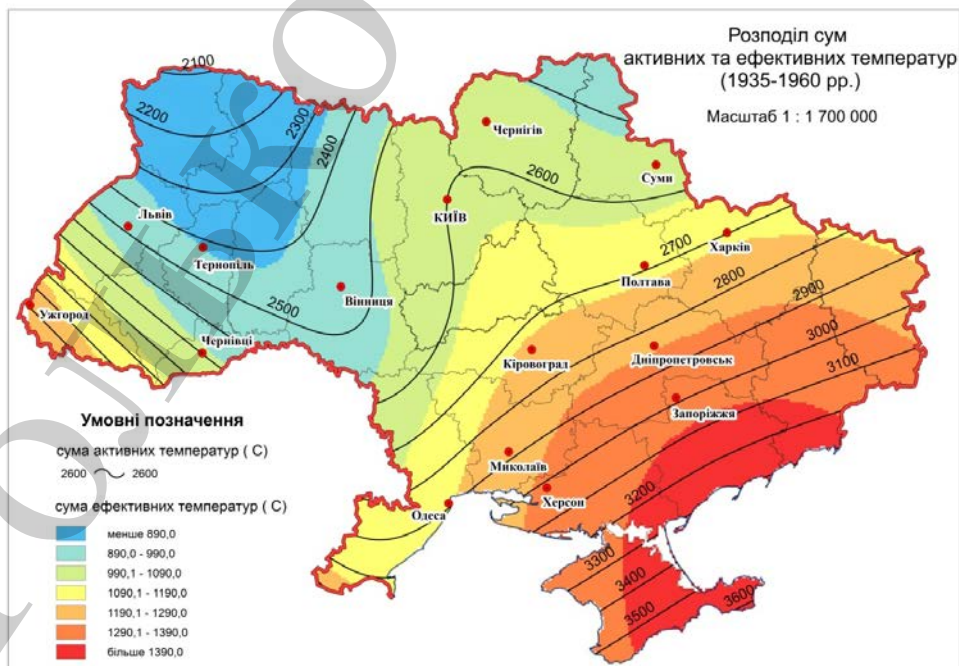


Рис. 2. Розподіл сум активних та ефективних температур (1935–1960 рр.)

Закономірності просторового розподілу сум ефективних температур аналогічні до сум активних температур, наявна тенденція зростання. Проведене дослідження підтвердило, що на досліджуваній території внаслідок особливостей атмосферних циркуляційних процесів відбувається перебудова ресурсів тепла в бік їх зростання.

Аналіз показників теплозабезпеченості вказує на те, що переважно рівнинна територія країни поділяється на три основні зони:

- 1) сума активних температур вище 3000 °С;
- 2) сума активних температур 2600–3000 °С;
- 3) сума активних температур – до 2500 °С (рис. 1).

На основі цього очікується збільшення тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур за рахунок збільшення його теплозабезпеченості.

Через суттєві коливання температурних показників холодного періоду весняні процеси розпочинаються на 2–3 тижні раніше. Зафіксовано продовження періоду активної вегетації рослин на 7–10 днів. Теплозабезпечення вегетаційного періоду в середньому збільшилося на 70–100 °С. Треба взяти до уваги, що такі температурні коливання супроводжуються зменшенням кількості опадів взимку, що негативно позначається на формуванні весняного зволоження. На думку експертів, на території України очікується подальше підвищення температури повітря. У майбутньому вплив зміни клімату на сільськогосподарське виробництво буде посилюватися.

На прикладі території Харківської області надалі визначалися основні риси сучасного температурно-вологісного режиму. Встановлено, що найбільше зростання температури повітря зафіксовано з середини 70-х років минулого століття, яке відмічається у зимовий та літній періоди. Середньомісячна температура повітря збільшилася в зимовий період на 1,3 °С, весняний – на 1,1 °С, літній – на 1,7 °С та осінній – на 1,2 °С. Серед весняних місяців найбільше потепління відбулося у березні (на 1,7 °С). Більш спекотливими порівняно з кліматичною нормою стали липень (на 2,4 °С) та серпень (на 2,0 °С). Восени найбільше зростання температури повітря зафіксовано у листопаді (на 1,4 °С). Отже, зменшилися стійкість снігового покриву та тривалість зимового періоду (до 20 діб проти 120–140), спостерігаються різкі коливання температури повітря між місяцями та сезонами (від -15 °С до +7 °С), зросла тривалість безморозного періоду (180–226 діб) по території Харківської області. Найінтенсивніше потепління характерне для останнього десятиріччя, а саме 2001–2010 рр.

Встановлено, що в річному ході температура повітря буде підвищуватися з середнім коефіцієнтом лінійного тренду 0,3–0,4 °С на 10 років. Підвищення температури очікується за рахунок збільшення її мінімальних та середніх значень упродовж року. Суттєві коливання у бік потепління спостерігаються у зимовий період (коефіцієнт лінійного тренду 0,2–0,5 °С на 10 років).

Висока температура повітря, що описується значеннями 25,0 °С і більше, при тривалій низькій відносній вологості повітря та суховіях призводить до значних втрат урожаїв. Наприклад, у 2007 р. посухи в центральних і південних регіонах держави на площі майже 10 млн. га зруйнували близько 1,1 млн. га. озимих та ярових культур. Втрати врожаю через посухи можна істотно знизити шляхом зміни режимів зрошування, вибору оптимального часу посіву, заходів щодо догляду рослин.

Для Харківщини характерною стала найбільша повторюваність високих температур (більше 25,0 °С) у липні (116 випадків), червні (43), серпні (56). Загалом

це 248 випадків з температурою вище 25,0 °С та дуже високою температурою (більше 30,0 °С). Найменша кількість їх (15) зафіксована у травні (рис. 3).

Просторовий розподіл кількості опадів для умов росту і розвитку зернових культур є важливим показником. Посушливі умови встановлюються при невеликих значеннях показника ГТК (менше 0,5). Останні дослідження [21, 22] вказують на зменшення річної кількості опадів в Україні [23, 24]. У 2007 році вони становили недобір від норми 25–40 % в південно-східній частині і центральних областях. Внаслідок зростання посушливості відбувається зменшення зони достатнього зволоження ґрунту. Виникає загроза ймовірності опустелювання південної частини території через комплекс чинників, серед яких зменшення кількості опадів є одним із найважливіших. Ігнорувати такі процеси не можна, особливо в районах, де відбувається порушення екологічної рівноваги, наприклад, вирубка зелених насаджень.

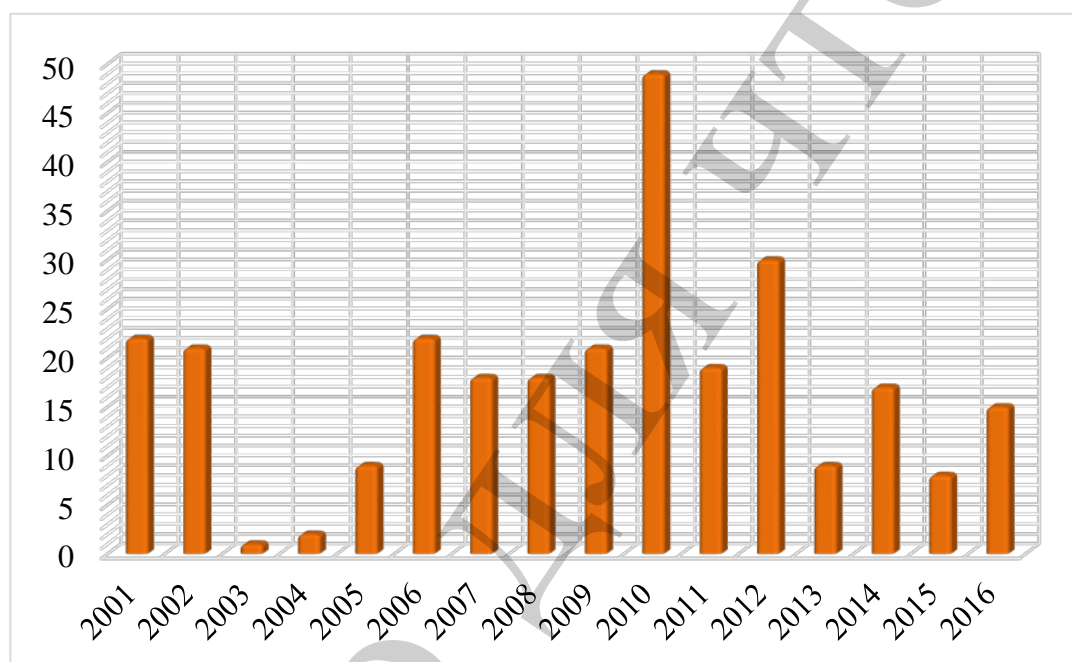


Рис. 3. Повторюваність високих температур повітря (25 °С і вище) на станції Харків

Було досліджено агрокліматичні ресурси на північному сході країни, на прикладі Харківської області, де значну частку господарства складає агросектор (табл. 6).

Таблиця 6

Агрокліматичні ресурси Харківської області

Адміністративні райони	Тривалість безморозного періоду (дні)	Сума активних температур вище 10 °С	Сума опадів, мм		Сума випарованості за період з температурою вище 10 °С	Гідротермічний коефіцієнт
			за рік	за період з температурою вище 10 °С		
Балаклійський	160	2800	500	260	600	0.93
Барвінківський	165	2900	490	280	630	0.93
Близнюківський	165	2900	490	270	640	0.93
Богодухівський	155	2650	543	280	560	1.06
Борівський	160	2700	510	280	570	1.04

Валківський	160	2700	573	280	570	1.04
Вел. Бурлуцький	155	2650	549	250	580	0.94
Вовчанський	150	2700	520	280	570	1.04
Дворічанський	155	2700	500	250	620	0.93
Дергачівський	145	2720	530	280	560	1.04
Зачепилівський	170	2850	564	280	610	0.8
Зміївський	160	2750	557	270	570	1.00
Золочівський	155	2650	537	280	560	1.06
Ізюмський	165	2900	575	290	640	1.00
Кегичівський	165	2750	500	280	610	0.98
Коломацький	160	2700	573	280	570	1.04
Красноградський	170	2800	564	290	600	1.03
Краснокутський	160	2700	510	280	560	1.04
Куп'янський	160	2750	502	280	620	1.02
Лозівський	165	2850	558	270	620	0.93
Нововодолазький	160	2700	500	270	570	1.00
Первомайський	160	2750	561	270	570	0.98
Печенізький	155	2700	520	280	590	1.04
Сахновщинський	165	2800	470	270	610	0.93
Харківський	155	2700	559	270	570	1.00
Чугуївський	155	2750	520	280	570	1.02
Шевченківський	155	2700	520	280	610	1.04

Аналіз зміни кількості опадів за період 1951–2010 рр. вказує на коливальний механізм з інтервалом 20–30 років (рис. 4, 5). Кількість опадів зменшується влітку та восени (коефіцієнт лінійного тренду становить 1 мм на кожні 10 років), незначні збільшення кількості опадів зафіксовані взимку та навесні.

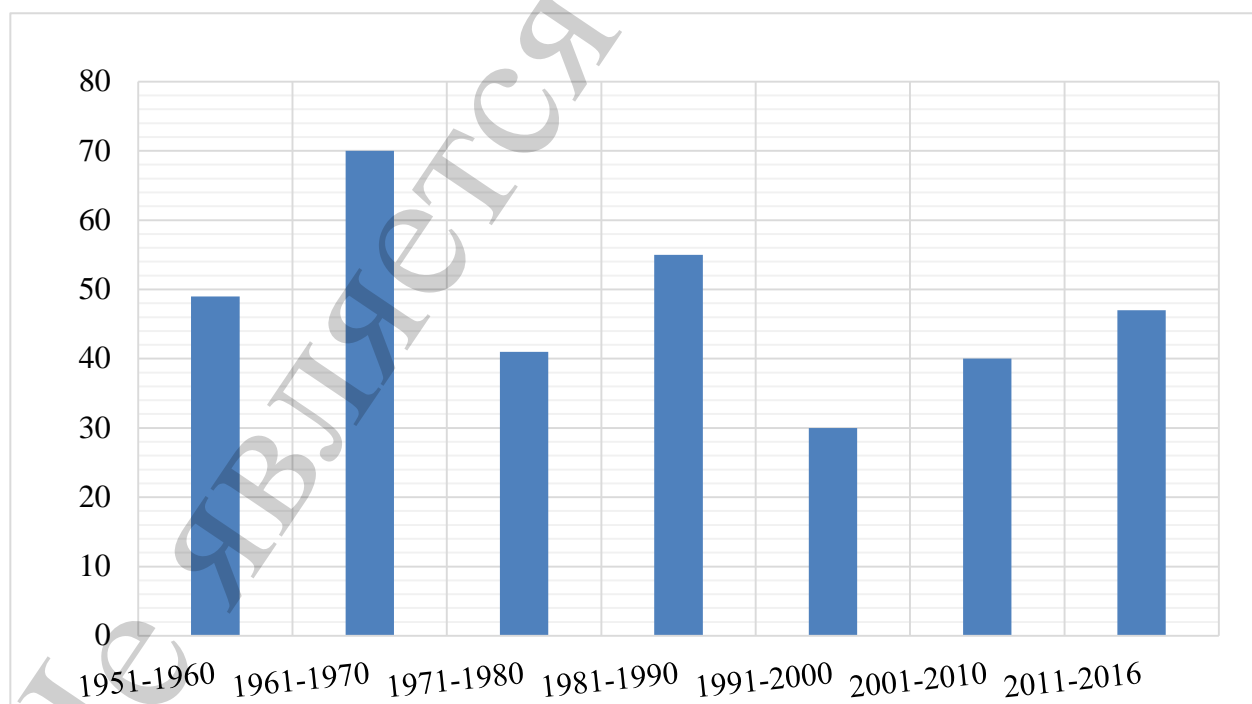


Рис. 4. Динаміка місячної кількості опадів на метеорологічній станції Харків (січень)



Рис. 5. Динаміка місячної кількості опадів на метеорологічній станції Харків (липень)

Кількість атмосферних опадів по території змінюється нерівномірно впродовж року та сезонів. У весняний період існує тенденція до незначного зростання, а восени їх кількість практично не змінилася. Відомо, що за умов слабких посух урожайність може зменшуватися на 20 %, при сильних – на 20–40 %, при дуже сильних, які рідкісні, але охоплюють значні площі – більше ніж на 50 %. Посухи нерідко посилюються суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшуючи їхню продуктивність. Крім того, кількість опадів не так важлива, як їхній розподіл, у характері якого спостерігається тенденція до збільшення кількості малоефективних дощів, злив, особливо на тлі високих температур повітря. Якщо місячна норма опадів випадає за 1–2 дні, або за півдобу, то вони можуть завдати значної шкоди сільськогосподарському виробництву.

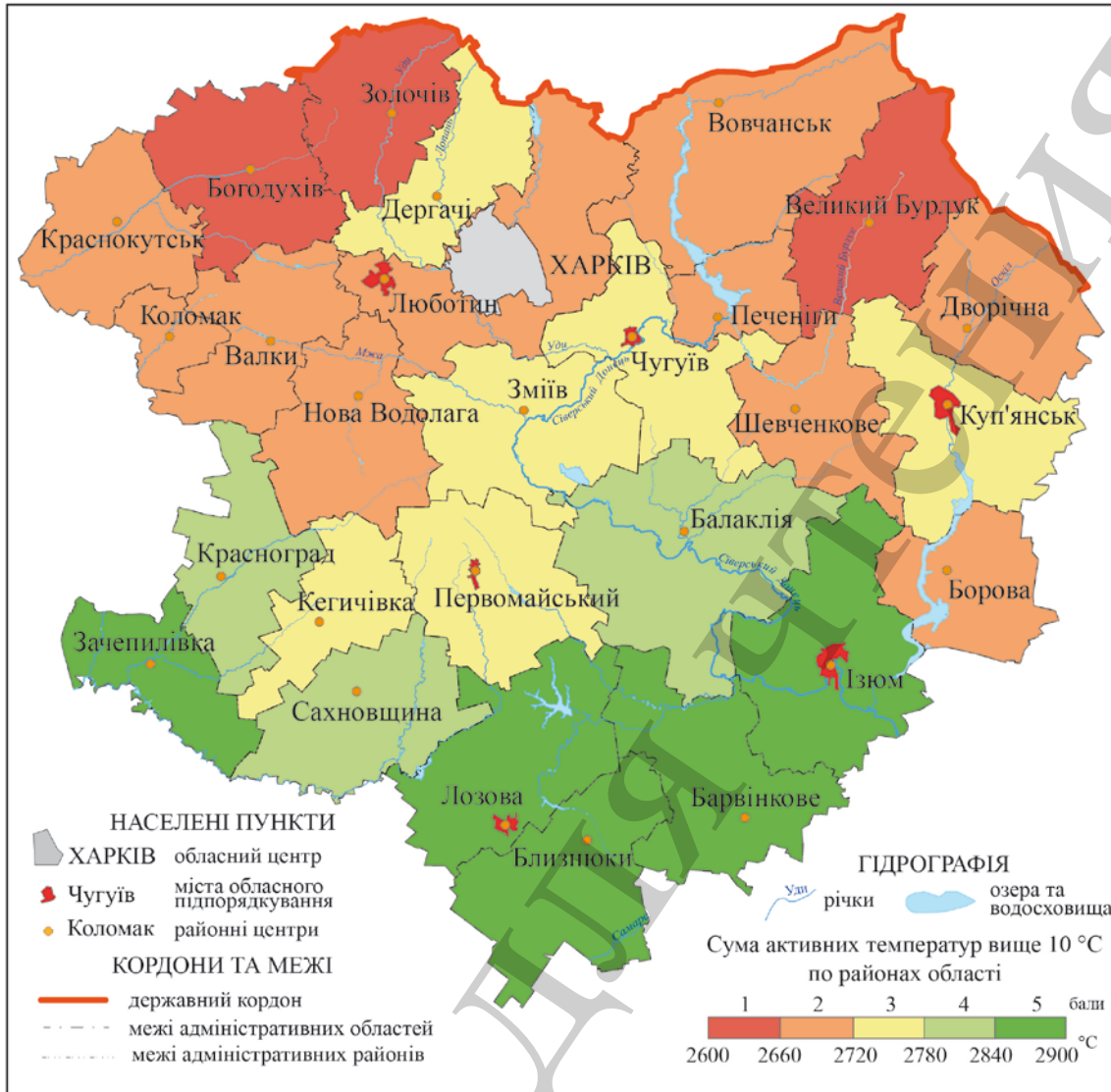
Аналіз просторового розподілу ГТК на території Харківської області вказує на те, що режим зволоження має тенденцію на посилення посушливості на сході та півдні області (рис. 6). Найбільш сприятливі умови зволоження зафіксовані на півночі Харківської області. Натомість середнє значення ГТК по території Харківщини складає 0,97. Найвищі значення ГТК спостерігаються у північно-західних районах області (більше 1,02), найнижчі – у східних та південних (менше 0,93). Значення ГТК у травні збільшилося (з 0,90 до 0,94), а в липні та серпні – зменшилося. За величиною ГТК у липні-серпні можна очікувати періоди з помірною посухою. Тривале недостатнє зволоження викликає пригнічення росту сільськогосподарських культур, зменшення продуктивності та недобір урожаю.



Рис. 6. Гідротермічний коефіцієнт на території Харківської області

Розрахований біокліматичний потенціал для досліджуваної області може розглядатися як критерій районування території за схожими агрокліматичними умовами. Він враховує вплив тепла та вологи на продуктивність культур. Аналіз суми активних температур на території Харківської області за вегетаційний період дозволяє встановити можливість дозрівання сільськогосподарських культур (табл. 6). На рис. 7 представлений просторовий розподіл суми активних температур повітря, який характеризується збільшенням на півдні та південному сході до 3000 °С і вище, що прискорює протікання фенологічних фаз рослин.

РЕСУРСИ ТЕПЛА

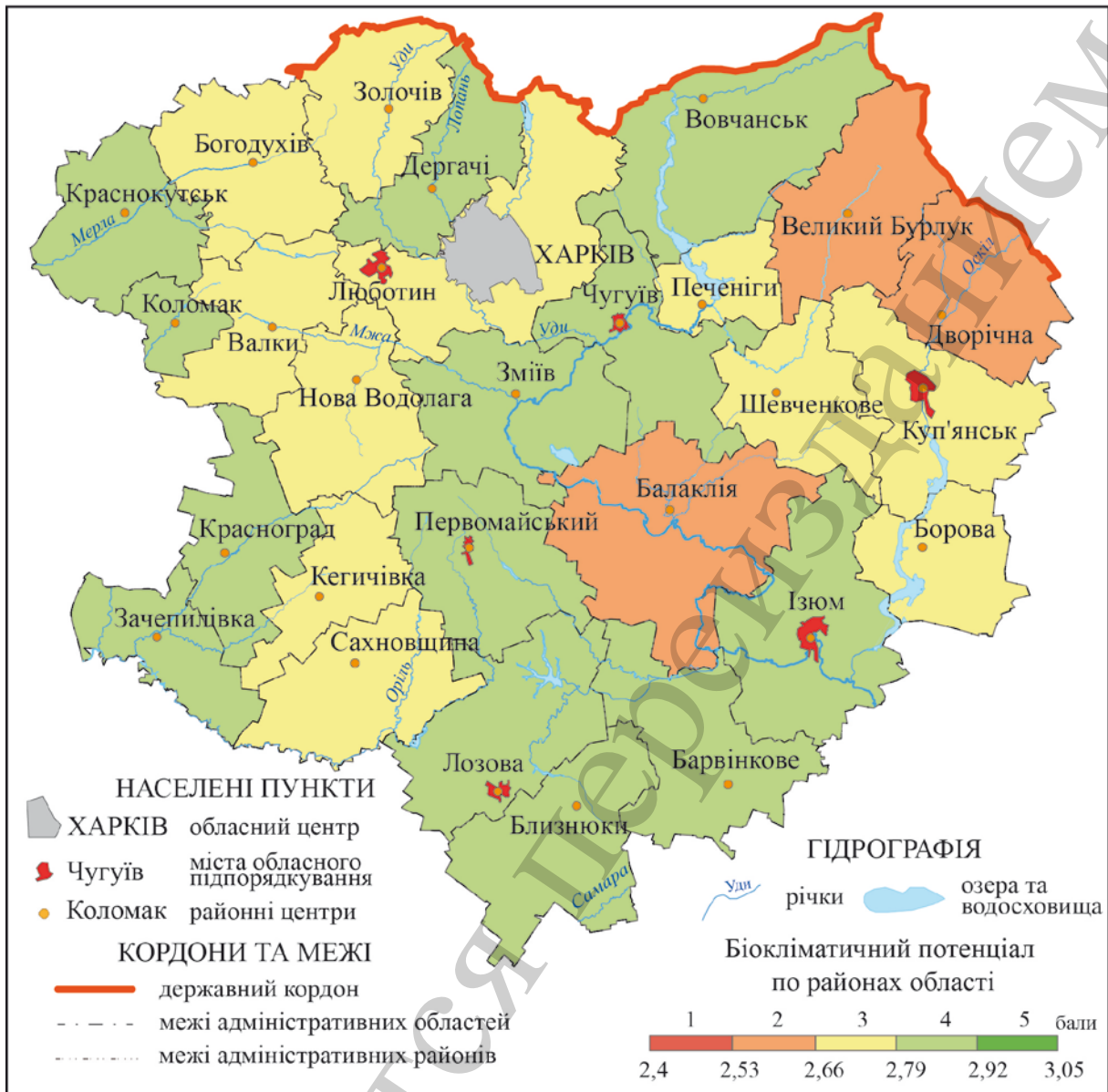


1:1 500 000

Рис. 7. Ресурси тепла на території Харківської області

Для Харківської області БКП характеризується в цілому високими показниками і за рахунок збільшення ресурсів тепла зростає з півночі на південь. У південних, більш посушливих районах необхідно проводити додаткове зрошування. Більш оптимальні умови зволоження зафіксовані на півночі області (рис. 8).

БІОКЛІМАТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ



1:1 500 000

Рис. 8. Біокліматичний потенціал Харківської області

Розподіл кліматичних умов за період 2001–2015 рр. на території Харківської області був оцінений за центральні місяці року (січень, квітень, липень, жовтень). Узимку (січень) він змінюється переважно у меридіональному напрямку – найвищі значення показника стійкості кліматичних умов були зафіксовані у східній частині області, найменші – в південно-західній (рис. 9). Такий розподіл кліматичних показників зумовлюється особливостями фізико-географічних умов території, а також коливаннями атмосферної циркуляції в зимовий період. Східна частина області характеризується досить низькими показниками температури повітря та кількості опадів, але за рахунок високих показників вітрового режиму є більш сприятливою для господарської діяльності. Загалом, територія області у зимовий період характеризується задовільною оцінкою погодних умов (4,4–5,6 балів).

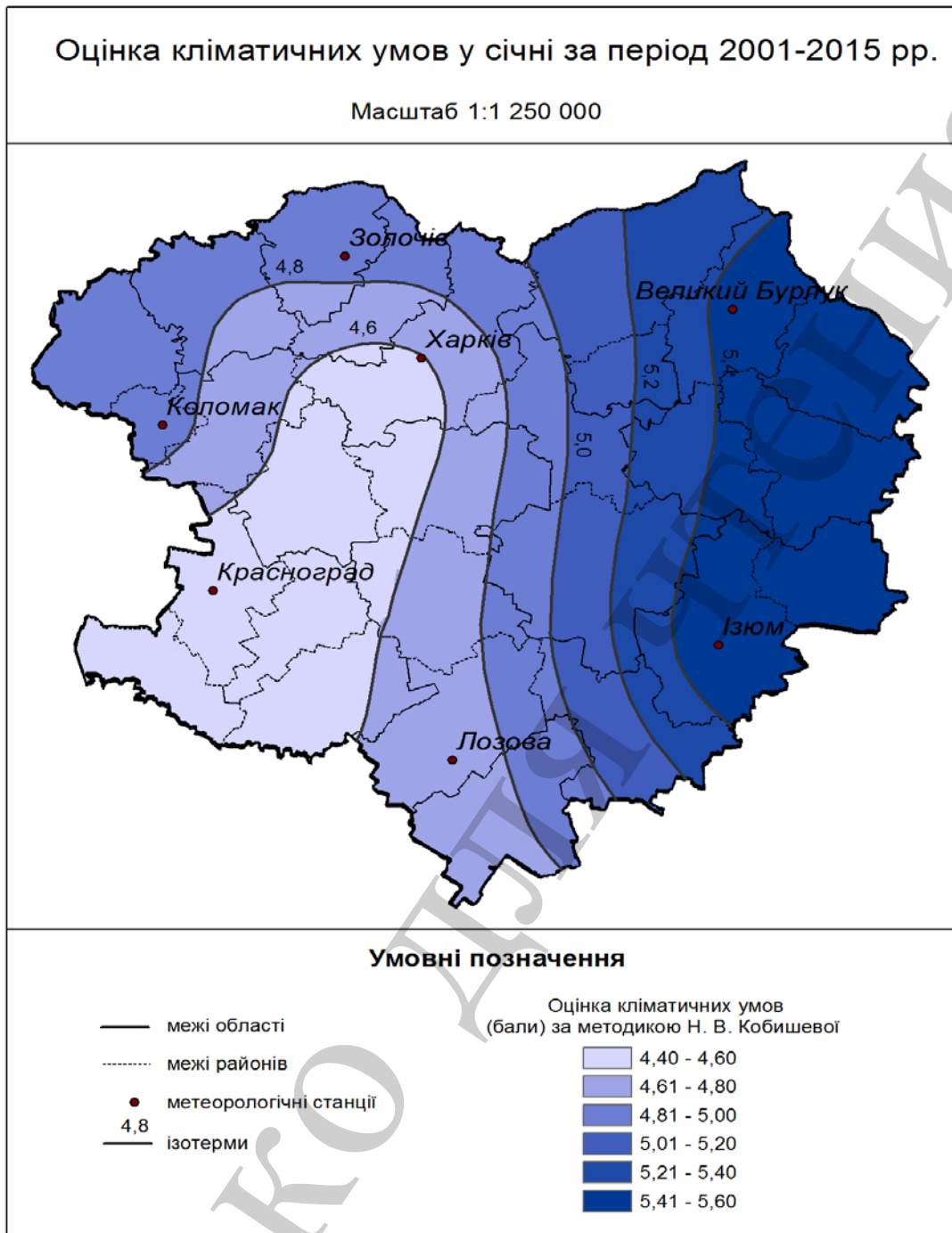


Рис. 9. Оцінка стійкості кліматичних умов у січні

Навесні (квітень) коефіцієнт стійкості кліматичних умов змінюється в широтному напрямку – значення збільшуються з південного сходу на північний захід. Найвищі показники зафіксовані в північній та східній частині області, що характеризуються більш сталим температурним режимом. Враховуючи, що навесні атмосферна циркуляція є досить мінливою (відбувається чергування холодних та теплих повітряних мас), спостерігаються досить значні коливання показників температури повітря та швидкостей вітру. Оскільки південно-західна частина області є відкритою, показник нестійкості погодних умов є найвищим по території. В цілому, Харківська область у весняний період характеризується задовільними показниками погодних умов (3,4–4,7 балів).

У літній період (рис. 10) на території області показник змінюється широтно – зменшується від центральної частини в північному та південному напрямках.

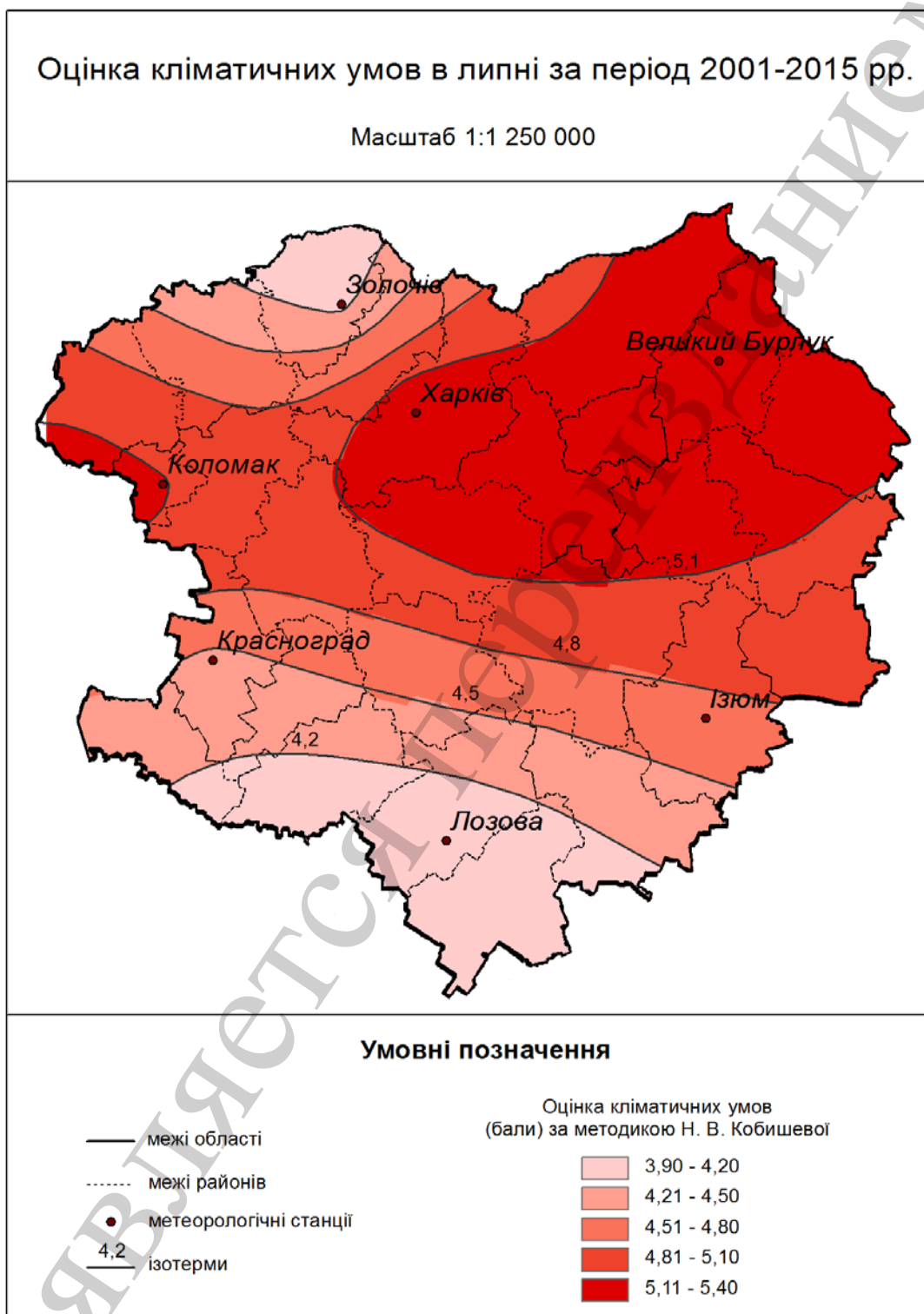


Рис. 10. Оцінка стійкості кліматичних умов у липні

Температурний та вітровий режим переважно характеризується сталістю, оскільки в теплий період року амплітуда коливань є низькою. Це можна пояснити переважанням радіаційного фактору у формуванні кліматичних умов на території Харківської області влітку. Найнижчі показники оцінки кліматичних умов

спостерігаються в північній та південній частинах області через надходження південно-західних циклонів, які приносять велику кількість опадів. Відбувається зменшення температури та посилення швидкості вітру, опади випадають у вигляді дощів, гроз. Значну роль грає й підстильна поверхня: оскільки територія на півдні області є відкритою та менш заселеною (переважають невисокі сільські забудови), для пересування атмосферних повітряних мас відсутні природні та антропогенні перешкоди. Відповідно, амплітуда коливань швидкостей вітру є значною, що знижує стійкість погодних умов на даній території. Визначено, що територія Харківської області в літній період характеризується задовільною оцінкою кліматичних умов (3,9–5,4 балів).

Восени значення коефіцієнту стійкості кліматичних умов змінюються переважно в широтному напрямку. Північна та північно-східна частина області характеризуються найнижчими показниками, що пояснюється відхиленням в бік збільшення температурних показників, хоча іноді спостерігаються різкі похолодання на початку жовтня (пов'язані з надходженням холодного повітря Арктичного або Сибірського максимумів). Таким чином, амплітуди коливань температури повітря досить суттєві, що дестабілізує кліматичні умови на півночі. Південна та південно-західна частина досліджуваної території мають вищий показник стійкості погодних умов за рахунок усталеного температурного режиму повітря та характеру підстильної поверхні. Встановлено, що у жовтні територія Харківської області має задовільну оцінку погодних умов (4,0–5,2 балів).

7. SWOT-аналіз результатів дослідження

Strengths. Проведене дослідження дає комплексну оцінку сільськогосподарському потенціалу досліджуваної території за ресурсами тепла та вологи та характеризується високим сільськогосподарським потенціалом, який створює продовольчу безпеку країни. Так, аналіз основних характеристик температурного режиму Харківської області показав, що очікується більш ранній перехід температури повітря через 0 °C на 7–15 днів. Восени перехід температури через 0 °C буде відбуватися пізніше на 13–18 днів. Відбувається суттєве збільшення тривалості періоду з активними температурами повітря. Суми активних температур повітря збільшилися з 2400 до 3900 °C, що відповідає зростанню теплозабезпеченості рослин та дозріванню пізньостиглих сортів культур. У цілому, збільшилася теплозабезпеченість на півдні області. Оцінка агрокліматичних ресурсів Харківської області дає змогу стверджувати, що впродовж літнього та осіннього періодів територія має досить комфортні та сприятливі умови для життєдіяльності агроєкоценозу. Натомість, значні коливання кліматичних показників можна очікувати у зимово-весняний період, який характеризується досить м'якими, але нестійкими погодними умовами за рахунок вітрового режиму.

Сучасні коливання кліматичних показників покращать умови культивування основних зернових культур (озимих, літніх, ранніх та пізніх сортів), що можуть стати чинником отримання високих урожаїв. Вони підвищать продовольчу безпеку країни та її експортну складову. Такі зміни спровокують розвиток суміжних галузей виробництва: мінеральних добрив та сільськогосподарської техніки.

Weaknesses. Зростання сум активних температур на території України змінить розподіл агрокліматичних зон, які змістяться на північ. Так, кліматичні умови південної частини степу можуть відповідати помірно-жаркому підпоясові субтропічного поясу. Такі зміни сприятимуть значним замінам сільськогосподарських

культур. Але подібний прогноз тільки за сумами активних температур є недостатньо коректним, оскільки теперішні агрокліматичні зони в Україні виділені з урахуванням умов, необхідних для вирощування сучасних сільськогосподарських культур, які адаптовані до певного рівня зволоження, типу ґрунтів та методів агротехніки. Тому необхідно розглянути зміну умов зволоження в Україні на тлі глобальних змін клімату [25].

Недостатній режим зволоження сприяє зростанню ймовірності посух, суховіїв, що збільшить повторюваність пожеж та спустелювання території. Натомість у південних областях, які є сьогодні основними постачальниками зерна, внаслідок підвищення середньорічної температури повітря на 1–2 °С повторюваність посушливих явищ може посилитися, а зона нестійкого та недостатнього зволоження ґрунту пошириться в центральні та північні райони. Можливе також зниження рівня ґрунтових вод, розповсюдження нових хвороб та шкідників рослин через збільшення теплої періоду, засолення ґрунтів, їх заболочування через теплі зими, що в цілому зменшить продуктивність сільськогосподарського виробництва.

Opportunities. Такий характер змін агрокліматичних умов призведе до впровадження нових агротехнічних заходів щодо обробки ґрунтів та вирощування сільськогосподарських культур. Можна припустити, що збільшення тривалості вегетаційного періоду буде ефективним для сільського господарства північної, центральної частини України. Збільшення тривалості вегетаційного періоду дозволить збільшити виробництво культур. Можна прогнозувати, що збільшення ресурсів тепла дозволить збільшити сільськогосподарські сезони та отримувати два урожаї. Країна зможе вирощувати більше озимої пшениці за умов зміни строків посіву та збору врожаю, використання морозостійких сортів культур скоротиться. Отже відповідно до міжнародних угод необхідно впроваджувати заходи щодо адаптації до кліматичних змін економіки України, зокрема сільського господарства.

Надалі планується розглянути сільськогосподарський потенціал України та Харківської області відповідно до окремих сільськогосподарських культур, які мають свої вимоги до кліматичних показників, та визначити раціональне їх розміщення з виявленням найбільш сприятливих умов вирощування.

Подальший порівняльний аналіз розподілу нормалізованого вегетаційного індексу NDVI з показниками врожайності сільськогосподарських культур (озимої пшениці, ярої пшениці, соняшника, кукурудзи) на території Харківської області допоможе встановити тенденцію врожайності сільськогосподарських культур та метеорологічну складову її мінливості. Враховуючи, що встановлені тенденції зміни агрокліматичних ресурсів поширюються на територію усєї Східної Європи [26, 27], отримані результати є цінними не лише в національному, а й в загальноєвропейському контексті. Запропоновані заходи адаптації сільського господарства до сучасних кліматичних змін можуть бути успішно застосовані й у країнах-сусідах, зокрема Молдові, Білорусі.

Threats. Серед загроз для сільського господарства можна зазначити:

- нерівномірність випадіння атмосферних опадів за окремі періоди року;
- різкі температурні коливання між сезонами та впродовж окремих місяців;
- відсутність стійкого снігового покриву;
- зростання кількості днів з високими температурами;
- збільшення повторюваності екстремальних погодних явищ, зокрема зростання кількості суховіїв.

Режим зволоження є важливим кліматичним фактором для отримання стабільних урожаїв. За дослідженнями, урожайність пшениці та ячменю на 35–80 % залежить від опадів, які можуть формувати нестабільне виробництво сільськогосподарської продукції. Треба звернути увагу на те, що зміщення природних зон запустить механізм руйнування ґрунтів та їх деградацію. Оскільки українські чорноземи характеризуються високим вмістом органічних речовин за умов змін клімату він може як збільшуватися, так і зменшуватися.

Об'єктивні складнощі виникають при визначенні надійності різних індексів щодо стану агроєкоценозів, які вразливі до мінливості метеорологічних показників у просторі та часі. Багатогранність взаємозв'язків між даними складовими ускладнює методику їх розрахунків. Але вони можуть використовуватися для проведення моніторингу посух, загального стану рослинного покриву.

8. Висновки

1. Проведено статистичний аналіз основних агрокліматичних показників та виявлено особливості їх просторового розподілу на території України за періоди 1891–1935 рр. та 1935–1960 рр. На основі даних середньомісячних температур повітря та кількості опадів були отримані агрокліматичні показники, які характеризують ресурси тепла. Збільшення сум активних та ефективних температур повітря вказують на зростання теплозабезпеченості території країни.

2. Розраховано агрокліматичні показники на регіональному рівні на прикладі території Харківської області за період 2001–2014 рр. Сучасні зміни кліматичних умов характеризуються:

- збільшенням середньомісячної температури повітря та більшою повторюваністю високих температур;
- зменшенням стійкості снігового покриву та тривалості зимового періоду;
- зменшенням кількості опадів влітку та восени;
- посиленням посушливості на сході та півдні області. Загалом у південних районах Харківщини збільшується теплозабезпеченість, через що вони володіють дещо більшим біокліматичним потенціалом.

3. Проведено оцінку екологічного стану агрокліматичних ресурсів території Харківської області, яка показала зміни коефіцієнту стійкості кліматичних умов за сезонами в середньому від 3 до 5 балів, де найбільш сприятливими для агроєкоценозів є літо та осінь.

4. Визначено можливі заходи щодо адаптації сільського господарства до сучасних змін агрокліматичних ресурсів. Виходячи з отриманих результатів, Харківська область має наступні можливості:

- достатня кількість тепла дозволяє вирощувати теплолюбні рослини, пізньостиглі сорти;
- поряд з озимими культурами, можна збільшувати посіви ярих культур; доцільно впроваджувати сорти, не вибагливі до вологості та «терпимі» до різких коливань та високих температур. Через зростання ресурсів тепла для України в цілому раціонально вирощувати пізньостиглі сільськогосподарські культури.

Література

1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development // UN General Assembly, 2015. URL: <http://www.refworld.org/docid/57b6e3e44.html> (Last accessed: 11.06.2017).

2. Tarariko O. H. SWOT-analiz i analiz prohalyn (GAP-analiz) polityk, proham, planiv i zakonodavchykh aktiv u haluzi silskoho hospodarstva ta pidhotovka rekomendatsii shchodo yikh udoskonalennia vidpovidno do polozhen Konventsii Rio. Kherson: FOP Hrin D. S., 2016. 102 p.
3. Climate Change in Eastern Europe. Belarus, Moldova, Ukraine. ENVSEC, Zoi environment network, 2012. 59 p.
4. Iedyna kompleksna stratehiia ta plan dii rozvytku silskoho hospodarstva ta silskykh terytorii v Ukraini na 2015–2020 roky: proekt vid 26 zhovtnia 2015 roku. Ministerstvo ahrarynoyi polityky ta prodovolstva Ukrainy, 2015. 94 p.
5. Stratehiia staloho rozvytku Ukrainy na period do 2030 roku: proekt vid 29.12.2016. Versiia 3.4. 2016. URL: <http://bit.ly/2t8QY6V> (Last accessed: 11.06.2017).
6. Klimatychnyy kadastr Ukrayiny / ed. by Kosovets O. O. et al. Kyiv: Derzhavna Hidrometeorolohichna sluzhba, UkrNDHMI, TS·HO, 2006. 1 elektron. opt. dysk (CD-R).
7. Boichenko S. H. Napivempirychni modeli ta stsenarii hlobalnykh i rehionalnykh zmin klimatu. Kyiv: Naukova dumka, 2008. 309 p.
8. A review of climate risk information for adaptation and development planning / Wilby R. L. et al. // International Journal of Climatology. 2009. Vol. 29, No. 9. P. 1193–1215. doi: <http://doi.org/10.1002/joc.1839>
9. Vplyv zmin klimatu na silske hospodarstvo pivdnia Ukrainy / Polovyi A. M. et al. // Meteorolohiia, klimatolohiia i hidrolohiia. 2005. No. 49. P. 252–260.
10. Impacts of Climate Change and Variability on European Agriculture / Orlandini S. et al. // Annals of the New York Academy of Sciences. 2008. Vol. 1146, No. 1. P. 338–353. doi: <http://doi.org/10.1196/annals.1446.013>
11. Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change / Olesen J. E. et al. // European Journal of Agronomy. 2011. Vol. 34, No. 2. P. 96–112. doi: <http://doi.org/10.1016/j.eja.2010.11.003>
12. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production / White J. W. et al. // Field Crops Research. 2011. Vol. 124, No. 3. P. 357–368. doi: <http://doi.org/10.1016/j.fcr.2011.07.001>
13. Agroclimatic conditions in Europe under climate change / Trnka M. et al. // Global Change Biology. 2011. Vol. 17, No. 7. P. 2298–2318. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02396.x>
14. Features of climate change on ukraine: scenarios, consequences for nature and agroecosystems / Boychenko S. et al. // Proceedings of the National Aviation University. 2016. Vol. 69, No. 4. P. 96–113. doi: <http://doi.org/10.18372/2306-1472.69.11061>
15. Mishhenko Z. A., Kirnasovskaya N. V. Agroklimaticheskie resursy Ukrainy i urozhay. Odessa: Ekologiya, 2011. 296 p.
16. Use of NDVI and Land Surface Temperature for Drought Assessment: Merits and Limitations / Karnieli A. et al. // Journal of Climate. 2010. Vol. 23, No. 3. P. 618–633. doi: <http://doi.org/10.1175/2009jcli2900.1>
17. Bouma E. Development of comparable agro-climatic zones for the international exchange of data on the efficacy and crop safety of plant protection products // EPPO Bulletin. 2005. Vol. 35, No. 2. P. 233–238. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2338.2005.00830.x>
18. Bozhko L. Yu. Otsinka vplyvu ekstremalnykh yavlyshch na produktyvnist silskohospodarskykh kultur. Odessa, 2013. 240 p.
19. Trofymova I. V. Adaptaciya do zmin klimatu: naslidky, vrazlyvist, ryzyky // Environmental Safety and Natural Resources. 2011. No. 7. P. 128–135.

20. Osadchij V., Babichenko V. Dynamics of adverse meteorological phenomena in Ukraine // Ukrainian Geographical Journal. 2012. No. 4. P. 8–14. URL: <https://ukrgeojournal.org.ua/en/node/345>
21. Shkolnyi Ye. P., Popovych P. P. Doslidzhennia statystychnoi struktury polia serednomisiachnoi kilkosti opadiv dlia raioniv Ukrainy u kholodnyi period // Meteorolohiia, klimatolohiia ta hidrolohiia. 2004. No. 48. P. 5–12.
22. Otsinka vplyvu zmin klimatu na vodni resursy Ukrainy na osnovi modeli «klimat-stik» za stsenariem hlobalnoho poteplinnia A2 / Loboda N. S., Serbova Z. F., Bozhok Yu. V. // Hidrolohiia, hidrokimiia i hidroekolohiia. 2015. Vol. 1. P. 8–17.
23. Otsinka mozhlyvykh zmin vodnykh resursiv mistsevoho stoku v Ukraini v XXI stolitti / Snizhko S. et al. // Vodne hospodarstvo Ukrainy. 2012. No. 6. P. 8–16.
24. Ispol'zovanie vodno-balansovoy modeli turka i chislennoy regional'noy modeli Remo dlya otsenki vodnykh resursov mestnogo stoka v Ukraine v XXI veke / Snezhko S. I. et al. // Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo universiteta. 2014. P. 191–201.
25. Pluntke T. et al. Hydrologic Effects of Climate Change in the Western Bug Basin // Proceedings of the Global and Regional Climate Change. Kyiv, 2010. URL: https://www.ufz.de/export/data/14/40637_Konf_beitrag_Kiev_2010_Pluntke.pdf
26. Williams J. W., Jackson S. T. Novel climates, no-analog communities, and ecological surprises // Frontiers in Ecology and the Environment. 2007. Vol. 5, No. 9. P. 475–482. doi: <http://doi.org/10.1890/070037>
27. VanDerWal J., Shoo L. P., Williams S. E. New approaches to understanding late Quaternary climate fluctuations and refugial dynamics in Australian wet tropical rain forests // Journal of Biogeography. 2009. Vol. 36, No. 2. P. 291–301. doi: <http://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2008.01993.x>