

---

# ЗМІНА КЛІМАТУ

---

УДК 633:551.556

DOI <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.eco.6-39.27>

## АГРОКЛІМАТИЧНА ОЦІНКА ПОСУШЛИВОСТІ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ В ПРИЧОРНОМОРСЬКІЙ ЗОНІ НАДЗВИЧАЙНО НИЗЬКОЇ ВОДНОСТІ

Польовий А.М.<sup>1</sup>, Овчарук В.А.<sup>1</sup>, Вольвач О.В.<sup>1</sup>, Кущенко Л.В.<sup>1</sup>, Толмачова А.В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Одеський державний екологічний університет

вул. Львівська, 15, 65016, м. Одеса

[alla.tolmach@ukr.net](mailto:alla.tolmach@ukr.net) [rada.d.4109001@gmail.com](mailto:rada.d.4109001@gmail.com)

Посуха – це одне з найнебезпечніших природних явищ, екстремальні прояви якого спричиняють значні матеріальні збитки, насамперед у сільськогосподарському виробництві. Натепер у південних областях України, які входять до зони недостатньої водності, складається дуже напружена ситуація щодо забезпеченості водними ресурсами. Метою статті є визначення сучасних умов посушливості періоду активної вегетації сільськогосподарських культур на території окремих районів Херсонської області, а також визначення майбутніх тенденцій змін умов зволоження. Для досягнення мети було проведено комплексну оцінку сучасних умов посушливості вегетаційного періоду із застосуванням традиційних агрометеорологічних показників посух – гідротермічного коефіцієнта Селянінова, показників посушливості Шашко й Уланової. Також був проведений аналіз тенденції посушливості території за методом гармонійних вагів. Розрахунки виконувалися для двох станцій – Велика Олександрівка (північна частина області, басейн річки Інгулець) і Бехтери (південно-західна частина області, де річок немає). Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити висновок, що на території дослідження практично щорічно спостерігаються посухи різної інтенсивності. Для дослідження динаміки показника посушливості гідротермічного коефіцієнта й визначення тенденції його мінливості було використано метод гармонійних вагів. Принцип методу гармонійних вагів полягає в тому, що значення часового ряду зважують так, щоб пізніші спостереження мали більшу вагу, тобто вплив пізніших спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх. Найсприятливішим був 2010 р., найпосушливішими – 2011 і 2017 рр. З початку досліджуваного періоду лінії тренду для двох станцій практично паралельні. З 2016 р. спостерігається зменшення трендової компоненти, що свідчить про поступове зростання посушливості досліджуваної території. Можливе зменшення величин гідротермічного коефіцієнта на території Херсонської області щороку на 0,01 у порівнянні з нинішніми значеннями. *Ключові слова:* посуха, показники посушливості, вегетаційний період, гідротермічний коефіцієнт, водні ресурси.

**Agroclimate assessment of vegetation drought period in the extremely insufficient low water content in the Black sea zone. Polevoy A., Ovcharuk V., Volvach O., Kushchenko L., Tolmachova A.**

Drought is one of the most dangerous natural phenomenon, extreme manifestations of which cause significant material damage, especially in agricultural production. Now in the southern regions of Ukraine, which are part of the zone of insufficient water, is very intense the situation regarding the availability of water resources. The purpose of this article is determination of modern conditions of aridity of the period of active vegetation crops in some areas of Kherson area, as well as determining future trends in changes in humidification conditions. To achieve this goal, a comprehensive assessment of modern conditions of drought of the growing season with the use of traditional agrometeorological indicators of drought – hydrothermal Selyaninov coefficient, drought indicators Shashko and Ulanova was made. The analysis of the tendency of aridity of the territory by the method of harmonic scales was made too. Calculations were performed for two stations – Velyka Oleksandrivka (northern part of the region, Ingulets river basin) and Bekhtery (southern the western part of the region, where there are no rivers). Analysis of the obtained results allows us to conclude that the study area is almost annual droughts of various intensity are observed. To study the dynamics of the dryness index of SCC and determination tendencies of its variability the method of harmonic scales was used. The principle of the method of harmonic scales is that the value of time the number is weighed so that later observations have more weight, i.e. the impact of later observations should have a stronger effect on trends yields than the effects of earlier ones. The most favorable was 2010, the most arid – 2011 and 2017. Since the beginning of the study period, trend lines for two stations almost parallel. Since 2016, there has been a decrease in the trend components, indicating a gradual increase in drought the study area. It is possible to reduce the values of SCC on the territory Kherson region annually by 0.01 compared to current values. *Key words:* drought, drought indicators, vegetation period, hydrothermal coefficient, water resources.

**Постановка проблеми.** Посухи є складовою частиною клімату Землі, вони зазвичай починаються без попередження, не визнають кордонів, економічних і політичних відмінностей. Посуха – це одне з найнебезпечніших природних явищ, екстремальні прояви якого спричиняють значні матеріальні збитки, загибель людей, домашніх і диких тварин, завдають шкоди навколишньому середо-

вищу, призводять до негативних соціально-економічних наслідків [1–3].

Під посухою в агрометеорологічному аспекті розуміють складне природне явище, внаслідок якого рослини потерпають від нестачі вологи, спричиненої посиленням випаровування або тривалим бездошовим періодом. У результаті порушується водний баланс рослини, вона в'яне, урожайність виявля-

ється мінімальною, а за тривалих та інтенсивних посух рослини гинуть ще до періоду формування врожаю [4].

В умовах глобального потепління необхідний моніторинг посух із метою діагностики умов їх виникнення та розвитку в кожному конкретному році, а також визначення тенденції їх змін у часі.

**Актуальність дослідження.** За оцінками фахівців Українського гідрометеорологічного центру [5], уже в сучасних умовах понад 30% кращих посівних земель щорічно відчувають дефіцит вологи. У роки сильних посух втрати зернових культур у цілому по Україні сягають 5 ц / га, а в степових областях – до 10–15 ц / га. В останні роки все частіше бувають випадки повної загибелі урожаїв.

Агрономічною наукою та практикою розроблено багато заходів боротьби проти посушливих явищ. Зокрема, це снігозатримання, лісосмуги, пари. Головним заходом у такому переліку традиційно є зрошення.

Дослідження посушливості проводилося для території Херсонської області. Херсонська область – одна з найпосушливіших в Україні, тут землеробство без перебільшення можна назвати ризикованим. Кожного року відбувається збільшення суми активних температур, а кількість середньорічних опадів зменшується, що призводить до зменшення кількості продуктивної вологи в ґрунті. Тому зрошення в Херсонській області є необхідністю. Однак за сучасних змін клімату в південних областях України, які входять до зони недостатньої водності, складається дуже напружена ситуація щодо забезпеченості водними ресурсами [6].

Агротехнічні заходи вирішують тактичні завдання боротьби з посушливістю, однак зі стратегічного, а отже, з агрономічного й агрокліматичного боку доцільніша адаптація характеру землеробства до конкретних умов посушливості з урахуванням набору сільськогосподарських культур, спеціалізації сільськогосподарського виробництва тощо.

Для вирішення задачі необхідно знання закономірностей формування посушливих явищ – де, коли, в якій формі й з якою інтенсивністю вони спостерігаються. У роботі зроблено аналіз посушливих явищ за останні роки на території Херсонської області.

**Зв'язок авторського доробку з важливими науковими й практичними завданнями.** Дослідження виконувалось у межах науково-дослідної роботи Одеського державного екологічного університету «Комплексний метод імовірно-прогностичного моделювання екстремальних гідрологічних явищ на річках Півдня України для забезпечення сталого водокористування в умовах кліматичних змін». Також тематика досліджень відповідає основним напрямкам наукової діяльності кафедри агрометеорології та агроекології та кафедри гідрології суші Одеського державного екологічного університету.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Натепер існують чисельні дослідження як україн-

ських, так і зарубіжних кліматологів, агрометеорологів, гідрологів, агрономів стосовно походження, розвитку й поширення посух, причому вони стосуються як сучасних умов, так і майбутніх, що очікуються з урахуванням змін клімату.

Представники Одеського державного екологічного університету активно досліджують питання. Серед праць слід відзначити роботи В.М. Хохлова у співавторстві з Н.С. Єрмоленко [7] і ґрунтовне дослідження, проведене І.Г. Семеновою та представлене в монографічному виданні [8]. Зокрема, наявні оцінки просторово-часового розподілу стандартизованого індексу опадів SPI для території України показали, що в період 1980–2009 рр. спостерігалася тенденція до збільшення кількості посух порівняно з періодом 1950–1979 рр., а максимум повторюваності посух спостерігався в Миколаївській, Херсонській, Одеській і Вінницькій областях [8].

У сумісній роботі І.Г. Семенової та А.М. Польового [9] представлені результати аналізу просторово-часового розподілу посух у теплі сезони періоду 2021–2050 рр. по території України, отримані з використанням даних кліматичного моделювання в рамках кліматичних сценаріїв RCP4.5 та RCP6.0. Найбільш посушливими за обома сценаріями очікуються 2044–2048 рр., коли в ряді областей сезонна посуха може досягнути екстремальної інтенсивності.

Результати дослідження впливу змін клімату на водні ресурси України [10], виконаного для сценаріїв RCP4.5 RCP8.5, свідчать про те, що за період 2021–2050 рр. зменшення водних ресурсів відбуватиметься по всій рівнинній території, на півдні й південному сході досягне 60%, а в Північно-Західному Причорномор'ї – до 50%.

Фахівці Полтавської державної аграрної академії в роботі [11] відзначають, що в останні десятиліття в Україні відзначається небезпечна тенденція збільшення повторюваності посух. Вони пропонують ряд заходів з адаптації аграрного виробництва до нових кліматичних умов.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття.** Метою статті є визначення сучасних умов посушливості періоду активної вегетації сільськогосподарських культур на території окремих районів Херсонської області, а також майбутніх тенденцій змін умов зволоження.

**Новизна** представленого дослідження полягає в тому, що вперше для аналізу тенденції посушливості території за показником гідротермічного коефіцієнта (далі – ГТК) застосовано метод гармонійних вагів, який не тільки дозволяє врахувати вплив пізніших досліджень, а й спрогнозувати кількісну зміну показника на наступні роки.

**Методологічне або загальнонаукове значення** полягає в комплексній оцінці сучасних умов посушливості вегетаційного періоду із застосуванням традиційних агрометеорологічних показників посух.

**Викладення основного матеріалу.** Натепер існує вже близько 150 індексів посухи. Цілий ряд показників посухи рекомендований Комплексною програмою боротьби з посухою Всесвітньої метеорологічної організації [12].

За інформацією Українського гідрометцентру в Україні районування та оцінка посушливості території здійснюється за гідротермічним коефіцієнтом Селянінова (ГТК), який являє собою відношення суми опадів за період із температурами повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$   $\Sigma P$  до суми температур повітря вище  $10^{\circ}\text{C}$   $\Sigma T$ , зменшеної в 10 разів, і визначається за формулою [4; 5]:

$$ГТК = \frac{\Sigma P}{0,1\Sigma T}, \quad (1)$$

де ГТК – це інтегральний показник гідротермічного режиму, що враховує тепло й вологу. Він вживається як показник вологозабезпеченості або умов сприятливості для вирощування сільськогосподарських культур.

Крім ГТК використовується ще низка показників зволоження. Серед них показник посушливості  $Md$  Д.І. Шашко [4], що являє собою відношення суми опадів  $\Sigma P$  до суми середніх добових значень дефіциту тиску водяної пари  $\Sigma d$ :

$$Md = \frac{\Sigma P}{\Sigma d}. \quad (2)$$

Для оцінки загальних посух (атмосферних і ґрунтових) Є.С. Уланова запропонувала використовувати коефіцієнт зволоження:

$$K_1 = \frac{W_g + \Sigma O_{V-VI}}{0,01\Sigma T_{V-VI}}, \quad (3)$$

де  $W_g$  – запаси продуктивної вологи в метровому шарі ґрунту під час стійкого переходу середньої добової температури повітря через  $5^{\circ}\text{C}$  навесні, мм;  $\Sigma O_{V-VI}$  – сума опадів за травень – червень, мм;  $\Sigma T_{V-VI}$  – сума середніх добових температур повітря за травень – червень [4].

Усі розглянуті критерії належать до класичних і тривалий час використовуються в агрокліматичних дослідженнях.

З урахуванням досліджень зміни клімату й використанням великої кількості вихідних даних фахівцями Українського гідрометцентру було побудовано нову карту агрокліматичного зонування території України для періоду активної вегетації всіх сільськогосподарських культур (травень – вересень) за показником ГТК5–9 (рис. 1). Період спостережень використаний для розрахунків 1961–2013 рр. [5].

Як можна бачити, на території Північного й Південного Степу України значення ГТК за період активної вегетації попадають у градацію від 0,71 до 1, що відповідає середньо посушливим умовам. Лише південні райони Херсонської області й північно-західні райони Криму, а також невелика територія півдня сучасного Мелітопольського району Запорізької області за значеннями ГТК характеризуються як сильно посушливі.

Треба відзначити, що наведена карта-схема агрокліматичного районування території України за показником посушливості ГТК добре узгоджується з наведеною на рис. 2 картою-схемою гідрологічного районування України [13].

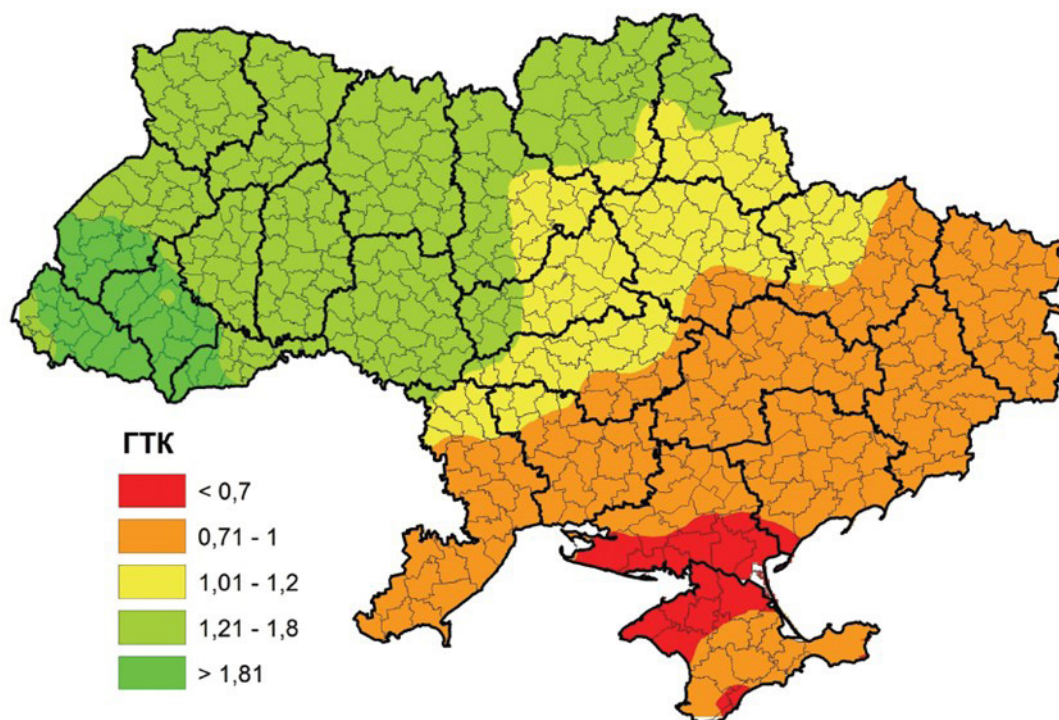


Рис. 1. Карта-схема розподілу значень ГТК<sub>5-9</sub> за період 1961–2013 рр. [5]

Відповідно до такого районування території із середньо й сильно посушливими умовами (за показником ГТК) перебувають у зоні недостатньої водності, а території, які характеризуються як сильно посушливі, належать до Причорноморської зони надзвичайно низької водності. У цілому ці території належать до басейнів Дунаю, річок Причорномор'я, Південного Бугу, Сіверського Дінця, річок Приазов'я та Криму, де нестача й майбутній дефіцит водних ресурсів є нагальною проблемою, яка стає все актуальнішою в умовах змін клімату [6].

Дослідження посушливості проводилося для території Херсонської області. Як вхідна інформація було використано дані про середньодекадну температуру повітря та декадну суму опадів за період 2004–2018 рр. Як досліджувані пункти було вибрано дві метеорологічні станції: Велика Олександрівка, яка характеризує північну частину області й знаходиться в басейні річки Інгулець, і Бехтери (південно-західна частина області). Річок у районі немає, життєдіяльність регіону забезпечує Краснознам'янський канал.

У табл. 1 представлені результати розрахунків для станції Велика Олександрівка. Тут чисельник – інтенсивність посухи за ГТК, знаменник – за  $Md$ . Як можна бачити з таблиці, перехід через  $10^{\circ}\text{C}$  навесні (початок періоду активної вегетації сільськогосподарських культур) у районі метеостанції Велика Олександрівка відбувається в середньому 11 квітня, а перехід через  $10^{\circ}\text{C}$  восени (кінець періоду активної вегетації) – 15 жовтня.

У середньому за період 2004–2018 рр. накопичується сума активних температур  $3\ 612^{\circ}\text{C}$  і сума опадів

295 мм. Оцінка рівня прояву засушливості за показником ГТК виконувалась за такими градаціями: дуже сильна (екстремальна) посуха ( $\text{ГТК} \leq 0,40$ ); сильна посуха ( $\text{ГТК} = 0,41-0,7$ ); середня посуха ( $\text{ГТК} = 0,71-1$ ); слабка посуха ( $\text{ГТК} = 1,01-1,2$ ); достатнє зволоження ( $\text{ГТК} = 1,21-1,8$ ); волого ( $\text{ГТК} \geq 1,81$ ).

Можна бачити, що середньобаторічне значення ГТК для станції Велика Олександрівка становить 0,83, що характеризується як середньопосушливі умови. Однак 8 із 15 досліджених років за величиною ГТК були із сильною посухою (53% всіх випадків), 3 роки були із середньою посухою (20% від загальної кількості досліджених років), 3 роки були зі слабкою посушливістю (20% років) і лише один рік із 15 характеризується надмірним зволоженням. Таким чином, за показником ГТК за всі досліджені роки найбільш посушливими були 2012 та 2017 рр.

Також була зроблена спроба оцінити ступінь інтенсивності посухи в період активної вегетації за показником зволоження Д.І. Шашко, критерії якого були такими: відсутність посухи (напівволого зона з  $Md \geq 0,41$ ); слабка посуха (напівпосушлива зона з  $Md = 0,40-0,31$ ); середня посуха (посушлива зона з  $Md = 0,30-0,20$ ); сильна посуха (дуже посушлива зона з  $Md = 0,19-0,10$ ); дуже сильна посуха (напівпустельна зона з  $Md \leq 0,09$ ).

Для розрахунку показника  $Md$  було визначено суму середньодекадних дефіцитів вологості ґрунту, яка в середньому для умов станції Велика Олександрівка становить 1 475 мм. Середньобаторічне значення критерію  $Md$  становить 0,22, що характеризує



Рис. 2. Карта-схема гідрологічного районування України [13]

Таблиця 1

## Розрахунок показників посушливості на станції Велика Олександрівка

Рік	Дати переходу через 10°C		Сума температур вище 10°C	Сума опадів, мм	Сума дефіцитів вологи, мм	ГТК	Md	Інтенсивність посухи
	навесні	восени						
2004	12 квітня	09 жовтня	3 134	659	894	2,1	0,74	волого / відсутня
2005	10 квітня	13 жовтня	3 561	239	1 325	0,67	0,18	сильна / сильна
2006	09 квітня	12 жовтня	3 475	211	1 232	0,61	0,17	сильна / сильна
2007	21 квітня	14 жовтня	3 661	222	1 736	0,61	0,13	сильна / сильна
2008	07 квітня	22 жовтня	3 560	340	1 302	0,96	0,26	середня / середня
2009	18 квітня	22 жовтня	3 365	245	1 490	0,73	0,16	середня / сильна
2010	03 квітня	02 жовтня	3 646	407	1 364	1,1	0,30	слабка / середня
2011	20 квітня	12 жовтня	3 487	182	1 445	0,52	0,13	сильна / сильна
2012	08 квітня	30 жовтня	4 243	200	1 894	0,47	0,11	сильна / сильна
2013	10 квітня	30 жовтня	3 738	402	1 460	1,07	0,28	слабка / середня
2014	12 квітня	17 жовтня	3 663	252	1 586	0,69	0,16	сильна / сильна
2015	14 квітня	10 жовтня	3 463	270	1 431	0,78	0,19	середня / сильна
2016	02 квітня	09 жовтня	3 416	375	1 415	1,1	0,26	слабка / середня
2017	13 квітня	20 жовтня	3 665	179	1 699	0,49	0,11	сильна / сильна
2018	02 квітня	29 жовтня	4 107	249	1 857	0,61	0,13	сильна / сильна
Середнє	11 квітня	15 жовтня	3 612	295	1 475	0,83	0,22	середня / середня

середню посушливість. Можна бачити, що в більшості випадків показники посушливості за обома критеріями збігаються, особливо це стосується сильних посух. За критерієм *Md* 10 років із 15 (67%) характеризуються сильно посушливими умовами. В одному з досліджених років посуха була відсутня, це був 2004 р., який за значенням ГТК вважається вологим. Чотири з 15 досліджених років характеризуються середньопосушливими умовами, це становить 27% усіх випадків.

Оскільки для сільськогосподарських культур найбільшу небезпеку становить загальна посуха, тобто поєднання атмосферної та ґрунтової засух, для визначення посушливості території крім показників ГТК і *Md* було визначено коефіцієнт зволоження Є.С. Уланової, який ураховує саме запаси продуктивної вологи в ґрунті. За таким показником 4 з 15 досліджених років характеризуються відсутністю посухи й нормальним зволоженням, також 4 досліджених роки були із середньою посухою. В обох випадках це становить 27% загальної кількості років. Сильні й дуже сильні посухи за критерієм Уланової спостерігалися в 7 роках, що становить 47% випадків, тобто можна сказати, що половина досліджуваних років характеризується наявністю сильних посух.

Розбіжність у чутливості всіх застосованих критеріїв дуже несуттєва, і за усіма критеріями посухи, що спостерігалися в районі Великої Олександрівки протягом вегетаційного періоду 2012 й 2017 рр., характеризуються як найбільш інтенсивні.

Станція Бехтери знаходиться в другому дуже посушливому агрокліматичному районі Херсонської області, де знаходяться найбільші зрошувані площі. Представляє інтерес визначення кількості й інтенсивності посух протягом вегетаційного періоду

й у районі станції. Результати розрахунків критеріїв ГТК і *Md* надаються в табл. 2.

Період активної вегетації в середньому починається в районі Бехтер 12 квітня, а закінчується 18 жовтня. У середньому за цей період накопичується сума активних температур, що становить 3 677°C, а середньобагаторічна сума опадів становить 241 мм. Середньобагаторічне значення ГТК 0,66 дозволяє характеризувати досліджувану територію як сильно посушливу, але протягом 15 років величини ГТК коливалися від 0,34–0,37 (екстремальна посуха) у 2015 та 2011 рр. до 1,16–1,17 (слабка посушливість) у 2004 та 2010 рр.

З 15 досліджених років за величиною ГТК були 2 роки зі слабкою посухою (13% всіх випадків), 7 років були із сильною посухою (47% від загальної кількості досліджених років), 4 роки були із середньою посушливістю (27% років) і два роки з 15 характеризуються екстремальною посушливими умовами (також 13%).

Аналіз показника посушливості *Md* Шашко дозволяє зробити висновок, що середньобагаторічне значення такого критерію становить 0,19, що відповідає сильній посушливості. За таким показником територія дослідження характеризується як і за показником ГТК. Вісім із 15 років характеризуються як сильно посушливі, це становить понад половину випадків, 4 роки були середньопосушливими, по одному року було із сильною посухою, слабкою посухою та взагалі з нормальним зволоженням (без посух).

Порівняння посушливих умов за обома показниками свідчить про те, що вони досить чітко визначають сильні й дуже сильні посухи. Так, у дев'яти роках із 15 за обома показниками умови характеризуються як сильно й екстремально сильно посушливі.

Розрахунок показників посушливості на станції Бехтери

Рік	Дати переходу через 10°C		Сума температур вище 10°C	Сума опадів, мм	Сума дефіцитів вологи, мм	ГТК	Md	Інтенсивність посухи
	навесні	восени						
2004	13 квітня	14 жовтня	3 278	381	936	1,16	0,41	слабка / відсутня
2005	11 квітня	14 жовтня	3 596	183	1 241	0,51	0,15	сильна / сильна
2006	14 квітня	14 жовтня	3 484	141	1 202	0,41	0,12	сильна / сильна
2007	20 квітня	25 жовтня	3 756	155	1 466	0,41	0,11	сильна / сильна
2008	10 квітня	27 жовтня	3 669	315	1 244	0,86	0,25	середня / середня
2009	19 квітня	26 жовтня	3 613	177	1 304	0,49	0,14	сильна / сильна
2010	03 квітня	03 жовтня	3 694	431	1 118	1,17	0,39	слабка / слабка
2011	19 квітня	13 жовтня	3 490	128	1 251	0,37	0,10	дуже сильна / сильна
2012	13 квітня	30 жовтня	4 080	269	1 446	0,66	0,19	сильна / сильна
2013	10 квітня	30 жовтня	3 738	267	1 313	0,71	0,20	середня / середня
2014	11 квітня	20 жовтня	3 723	322	1 403	0,87	0,23	середня / середня
2015	14 квітня	13 жовтня	3 587	121	1 358	0,34	0,09	дуже сильна / дуже сильна
2016	02 квітня	11 жовтня	3 700	335	1 265	0,91	0,26	середня / середня
2017	26 квітня	25 жовтня	3 558	201	1 332	0,56	0,15	сильна / сильна
2018	02 квітня	31 жовтня	4 191	195	1 684	0,46	0,12	сильна / сильна
Середнє	12 квітня	18 жовтня	3 677	241	1 304	0,66	0,19	сильна / сильна

Середньобогаторічне значення критерію  $K_u$ , що становить 16, також характеризує досліджувану територію як сильно посушливу територію, як і за попередніми показниками. Дуже посушливі умови за таким показником відзначалися в 6 роках (40% випадків), сильні посухи – у 7 роках (47% випадків), по одному року були із середньою посушливістю та з нормальним зволоженням. Для станції Бехтери також слід відзначити дуже добре збігання ступеня посушливості території за різними критеріями.

Як вже зазначалося, ступінь зволоження вегетаційного періоду, особливо в умовах Півдня України, суттєво впливає на ріст, розвиток і формування врожаїв сільськогосподарських культур. Також ступінь зволоження впливає на інтенсивність емісії парникових газів із ґрунту. Визначено, що найбільш інтенсивна емісія  $N_2O$  спостерігалась у періоди високого рівня зволоження ґрунту, коли створювались анаеробні умови в ґрунті [14]. Тому питання дослідження умов посушливості й зволоження актуальне в багатьох аспектах.

Для дослідження динаміки показника посушливості ГТК і визначення тенденції його мінливості нами було використано метод гармонійних вагів. Такий метод широко використовується для аналізу часових рядів, а в агрометеорології його першим запропонував А.М. Польовий [15].

У методах прогнозу за таким часовим рядом робиться припущення щодо виду тренду. Форма тренду та його параметри визначаються в результаті найкращої (за будь-яким зі статистичних критеріїв) функції із числа тих, що є. У порівнянні з такими методами метод гармонійних вагів має ту перевагу, що тут необхідності в таких припущеннях немає.

Принцип методу гармонійних вагів полягає в тому, що значення часового ряду зважують так, щоб пізніші спостереження мали більшу вагу, тобто вплив пізніших спостережень повинен сильніше відбиватися на тенденції врожайності, ніж вплив більш ранніх.

На рис. 3 представлена динаміка величин ГТК для станцій Велика Олександрівка й Бехтери, а також лінії тренду. Можна бачити, що криві ходу значень ГТК для обох станцій протягом досліджуваного періоду дуже схожі, а максимальні й мінімальні значення ГТК спостерігаються в одні й ті ж роки. Так, найсприятливішими були для обох станцій умови 2010 р., коли величини ГТК наближались до значення 1,21, що характеризує умови достатнього зволоження. Також досить сприятливим у районі Бехтер був 2004 р., але водночас у районі Великої Олександрівки спостерігалися умови надмірного зволоження, які могли бути несприятливими для вирощування деяких сільськогосподарських культур. Найбільш посушливими для обох станцій виявилися 2011 та 2017 рр., коли значення ГТК не перевищували 0,5.

Також можна бачити, що з початку досліджуваного періоду лінії тренду для двох станцій практично паралельні. З 2016 р. спостерігається зменшення трендової компоненти, що свідчить про поступове зростання посушливості досліджуваної території.

За допомогою методу гармонійних вагів можна визначити тенденцію досліджуваної величини на наступний рік, виходячи з різної ваги перших та останніх величин досліджуваного часового ряду. Нами було визначено величини тенденцій. Для обох територій вони від'ємні й становлять -0,01. Це означає, що можливе зменшення величин ГТК на території Херсонської області щороку на 0,01 у порівнянні

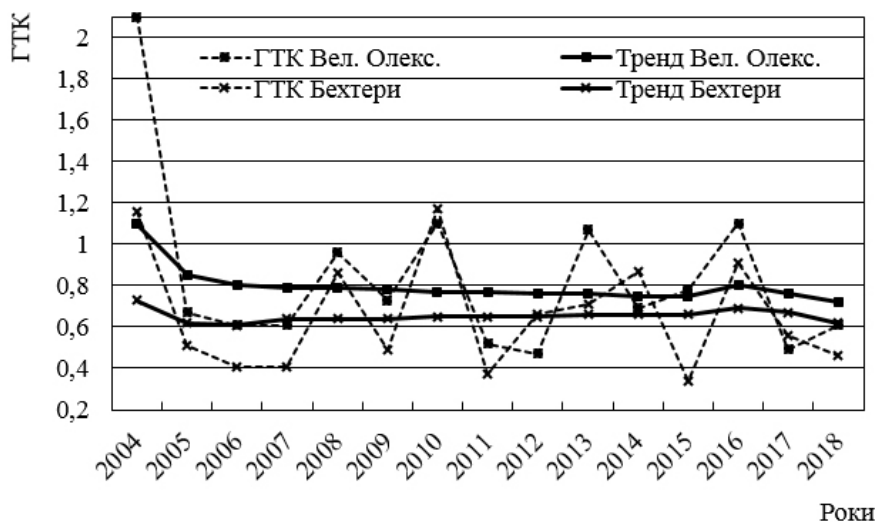


Рис. 3. Динаміка щорічних значень ГТК і лінії тренду на станціях Велика Олександрівка й Бехтери

з нинішніми значеннями. Це досить суттєве зменшення (наприклад, 0,01 – це різниця між показником середньої (ГТК = 0,71) і сильної (ГТК = 0,70) посухи.

**Головні висновки.** Ураховуючи означене, можна зробити висновок, що умови періоду активної вегетації на території Скадовського й Бериславського районів Херсонської області, що належать до Причорноморської зони надзвичайно низької водності, за теперішнього часу є середньо й сильно посушливими. Крім того, спостерігається тенденція до зростання посушливості досліджуваної території. Оскільки сільськогосподарське виробництво на території традиційно орієнтоване на використання

зрошення, необхідно вживати заходи щодо запобігання за нинішніх умов і за умов, що очікуються у зв'язку зі змінами клімату, втрат майбутніх урожаїв.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Отримані результати будуть використані під час подальшого виконання науково-дослідної роботи кафедр гідрології суші й агрометеорології та агроєкології Одеського державного екологічного університету. Перспективні аналогічні дослідження в умовах реалізації відомих кліматичних сценаріїв змін клімату, а також визначення можливостей майбутнього зрошення за умов, коли водні ресурси зазнають негативного впливу змін клімату.

### Література

1. Dynamics of Socioeconomic Exposure, Vulnerability and Impacts of Recent Droughts in Argentina / G. Naumann, W.M. Vargas, P. Barbosa, V. Blauhut, J. Spinoni, J.V. Vogt. *Geosciences*. 2019. Vol. 9 (1). P. 39. DOI: 10.3390/Geosciences 9010039.
2. Edwards B., Gray M., Hunter B. The social and economic impacts of drought. *Australian Journal of Social Issues*. 2019. Vol. 54. Issue 1. P. 22–31. DOI: <https://doi.org/10.1002/ajs4.52>.
3. Chen X., Su Y., Fang X. Social impacts of extreme drought event in Guanzhong area, Shaanxi Province, during 1928–1931. *Climatic Change*. 2021. No. 164. P. 27. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10584-021-02978-5>.
4. Польовий А.М. Сільськогосподарська метеорологія : підручник. Одеса : «ТЕС», 2012. 629 с.
5. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Київ : ТОВ «РІА» БЛПЦ, 2014. 18 с.
6. Мінімальний та екологічний стік річок у зоні недостатньої водності України / Л.В. Кущенко, В.А. Овчарук, О.М. Прокоф'єв, М.В. Гопцій, Г.М. Андреевська. *Екологічні науки*. 2021. № 2 (35). С. 30–36. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2021.есо.2-35.5>.
7. Хохлов В.М., Ермоленко Н.С. Просторово-часова мінливість посух в Східноєвропейському секторі в умовах глобальних змін клімату. *Український гідрометеорологічний журнал*. 2012. № 11. С. 128–134.
8. Семенова І.Г. Синоптичні та кліматичні умови формування посух в Україні : монографія. Харків : ФОП Панов А.М., 2017. 236 с.
9. Семенова І.Г., Польовий А.М. Прогностичний розподіл посух теплого сезону по території України у 2021–2050 рр. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2020. Вип. 53. С. 169–179.
10. Лобода Н.С., Божок Ю.В. Шляхи визначення можливої гідрологічної посухи за метеорологічними даними в умовах змін клімату для річок північно-західного Причорномор'я. *Геополітика та екогеодинаміка регіонів*. 2014. Т. 10. Вип. 1. С. 281–289.
11. Посухи в контексті змін клімату України / В.М. Писаренко, П.В. Писаренко, В.В. Писаренко, О.О. Горб, Т.О. Чайка. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2019. Вип. 1. С. 134–146. DOI: 10.31210/visnyk2019.01.15.
12. Керівництво для підготовки Планів управління посухами. Розробка і впровадження в контексті Водної Рамкової Директиви ЄС. Глобальне водне партнерство Центральної та Східної Європи, 2015. 48 с. [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-see\\_files/idmp-cee/idmp-guidelines-ukrainian-web.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-see_files/idmp-cee/idmp-guidelines-ukrainian-web.pdf).

13. Руденко Л.Г., Чабанюк В.С., Бочковська А.І. Національний атлас України. Київ : Інститут географії Національної академії наук України і Товариство з обмеженою відповідальністю «Інтелектуальні системи ГЕО», 1999–2000. URL: [https://atlas.igu.org.ua/elektr\\_versiya.html](https://atlas.igu.org.ua/elektr_versiya.html).
14. Польовий А.М., Божко Л.Ю. Моделювання динаміки емісії парникових газів (CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O) із ґрунтів агроєко-систем. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія»*. 2021. Вип. 54. С. 329–344. DOI: <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2021-54-25>.
15. Полевой А.М. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов. Ленинград : Гидрометеоздат, 1988. 319 с.