

## **ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ РЕЖИМУ ЗВОЛОЖЕННЯ ТЕРИТОРІЇ СТЕПОВОЇ ЗОНИ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІНИ КЛІМАТУ**

*Ключові слова:* клімат, опади, ресурси зволоження, сумарне випаровування, випаровуваність, гідротермічний коефіцієнт

**Вступ.** Зміна клімату внаслідок глобального потепління є однією із проблем ХХІ століття. Вона характеризується різними проявами, серед яких провідними є зміна частоти та інтенсивності кліматичних аномалій та екстремальних (небезпечних) погодних явищ. За прогнозами провідних вчених та спеціалістів в найближчі десятиріччя зміни клімату за своїми розмірами та інтенсивністю будуть переважати ті тенденції, які спостерігались в останнє десятиріччя [1-7].

При зміні клімату відбувається зміна природних ресурсів. Сучасне потепління викликає вже зараз значну зміну агрокліматичних умов росту, розвитку та формування продуктивності сільськогосподарських культур. Воно супроводжується істотним підвищенням температури повітря у зимові місяці, збільшенням кількості тривалих відлиг, часового зрушення розвитку природних процесів, змінами тривалості сезонів року, подовженням беззаморозкового періоду та тривалості вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, збільшенням теплозабезпеченості вегетаційного періоду. Можливе зростання частоти екстремальних погодних явищ, загальне зниження вологості ґрунтів та зменшення їхньої родючості, виснаження ресурсів прісної води у південних регіонах країни, деградація ґрунтів. Разом з тим, основною особливістю потепління стала нерівномірність випадіння опадів за окремі періоди року, що призвело до збільшення посушливих явищ. Посухи нерідко співпадають з суховіями, спричиняючи пошкодження рослин у різних фазах розвитку та зменшують їхню продуктивність. У зв'язку з очікуваним підвищенням температури повітря у Північній півкулі продовольча безпека України в значній мірі буде залежати від того, наскільки ефективно адаптується сільське господарство до майбутніх змін клімату.

Врахованню кліматично зумовлених природних ресурсів завжди надавалось велике значення, особливо в галузі сільськогосподарського виробництва через те, що зміна клімату спричиняє зміну кліматичних ресурсів.

Кліматичні зміни на майбутнє розраховуються з використанням кліматичних моделей. Глобальні кліматичні моделі є основними інструментами, що використовуються для проектування тривалості та інтенсивності змін клімату в майбутньому. Ці моделі розраховують майбутні кліматичні режими на основі низки сценаріїв зміни антропогенних факторів. Для нових кліматичних розрахунків використовується набір сценаріїв, а саме Репрезентативні траєкторії концентрацій (Representative Concentration Pathways – RCP). Репрезентативні траєкторії концентрацій – сценарії, які включають часові ряди викидів і концентрацій всього набору парникових газів, аерозолів і хімічно активних газів [1, 2].

Сценарії RCP визначаються приблизною сумарною величиною радіаційного впливу до 2100 року порівняно з 1750 р.: 2,6 Вт·м<sup>-2</sup> для RCP2.6; 4,5 Вт·м<sup>-2</sup> для RCP4.5; 6,0 Вт·м<sup>-2</sup> для RCP6.0 і 8,5 Вт·м<sup>-2</sup> для RCP8.5. Ці чотири RCP містять один сценарій зменшення викидів, який передбачає низький рівень впливу (RCP2.6); два сценарії стабілізації (RCP4.5 і RCP6.0) і сценарій з дуже високими рівнями викидів парникових газів (RCP8.5) [1, 2].

Дане дослідження виконано в контексті реалізації задач міжнародного проекту “Адаптивне навчальне середовище для забезпечення компетенцій в галузі впливу місцевих погодних умов, якості повітря та клімату на економіку та соціум – ECOIMPACT”, 561975-EPP-1-2015-1-FI-EPPKA2-SBHE-JP, в рамках програми Європейського Союзу ERASMUS+.

**Огляд літератури.** В агрометеорологічній практиці для характеристики вологозабезпеченості території використовується кількість опадів, що випадають за певний проміжок часу (рік, сезон, вегетаційний період, між фазний період та ін.), відношення фактичного водоспоживання (сумарного випаровування) до вологопотреби рослин (випаровуваності) та різних індексів, які найчастіше спираються на критерії, що пов'язані з оцінкою аномальності кількості опадів впродовж будь-якого часу [8].

Опади є основним джерелом зволоження земної поверхні і з цієї точки зору вони

визначають стан багатьох природних ресурсів. Найбільш часто використовується стандартизований індекс опадів  $SPI$ , значенням якого є аномалія стандартизованого нормального розподілу, що відповідає визначеній не перевищеній кількості опадів.

Для характеристики умов зволоження територій, на яких вирощуються зернові культури, А. В. Мещерською та В. Г. Блажевичем запропоновано індекс, що враховує сумісний аналіз аномалій місячних значень температури повітря, кількості опадів та оцінку площі їх розповсюдження.

Однак, описані вище індекси мають статистичну природу, тобто є мірою відхилення поточних значень метеорологічних величин від їх розподілу на вибраному базовому інтервалі.

Але оцінка вологозабезпеченості території тільки за сумою опадів буде не зовсім повною через те, що опади це лише одна із характеристик прибуткової частини водного балансу. Тому для більш надійної характеристики вологозабезпеченості потрібно також використовувати показники вологопотребі рослин і фактичного водоспоживання. Співвідношення цих двох величин може бути надійним показником вологозабезпеченості території [8].

Існує декілька груп методів оцінки вологозабезпеченості рослин: 1 – емпірична; 2 – теоретична; 3 – за умовними показниками зволоження; 4 – за запасами вологи в ґрунті; 5 – за значеннями водного балансу поля.

Емпіричні методи засновані на припущенні, що водоспоживання рослин визначається біологічними особливостями та погодними умовами. При цьому головними показниками потреби рослин у воді є сонячна радіація, температура повітря, дефіцит насичення повітря вологою та ін.

До емпіричних методів відносяться методи Е. М. Ольдекопа, І. А. Шарова, Н. Н. Іванова, А. М. Алпатьяєва, Пенмана - Монтейта [8].

Так, І.А. Шаров запропонував розраховувати оптимальне водоспоживання рослин за формулою

$$E_o = e \sum T + 4b, \quad (1)$$

де  $\sum T$  – сума температур повітря за період вегетації;  $e$  – коефіцієнт водоспоживання культури;  $b$  – тривалість періоду вегетації.

Н. Н.Іванов оптимальне водоспоживання ( $E_o$ ) запропонував розраховувати за значен-

нями середньої за місяць температури повітря ( $T_n$ ), та середньої за місяць відносної вологості ( $h$ )

$$E_o = 0,0018 (T_n + 25)^2 (100 - h) \quad (2)$$

А. М. Алпатьяєв запропонував використувати дефіцит насичення повітря вологою ( $d$ ). Ще одним показником є біологічний коефіцієнт випаровування ( $K_6$ ), який враховує розвиток рослин, накопичення біомаси та особливості фітотемператури

$$E_o = K_6 \sum d \quad (3)$$

До теоретичних методів оцінки забезпечення вологою рослин відносяться: комплексний метод М. І. Будико та Л. І. Зубенко, метод С. І. Харченко, метод А. Р. Костянтинова, А. І. Будаговського та ін. [8]. Ці методи засновані на сумісному аналізі рівнянь теплового і водного балансу.

В основу розробки тепловоднобалансового методу розрахунку сумарного випаровування сільськогосподарських полів С. І. Харченко покладені рівняння теплового і водного балансу з урахуванням елементів вертикального волого обміну в зоні аерації, а також біологічних особливостей розвитку рослин.

Досить поширений метод визначення місячного випаровування за температурою і вологістю повітря, запропонований О. Р. Констянтиновим.

О. Р. Костянтинов спробував зв'язати величини з метеорологічними елементами, які вимірюються на метеорологічних станціях.

Найбільш поширеним та широко використовуваним індексом зволоження є гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянінова (ГТК), який уявляє собою відношення суми опадів ( $\sum P$ ) за будь-який інтервал календарного року до суми активних середньодобових температур, помножених на 0,1 за такий же період ( $0,1 \sum T$ ).

$$ГТК = \frac{\sum P}{0,1 \sum T} \quad (4)$$

Г. Т. Селянінов вважав засушливим період, для якого ГТК < 1,0, а сухим – коли ГТК < 0,5. До основних недоліків індексу ГТК відноситься не врахування весняних запасів вологи в ґрунті, а також використання для характеристики випаровуваності показника, який залежить тільки від температури повітря. В діючій системі агрометео-

рологічного обслуговування в Україні цей показник отримав найширше використання.

П. І. Колосков запропонував уточнений показник зволоженості  $V$ , як відношення кількості опадів  $P$  до різниці тиску насичення  $E$  за даної температури і фактичного тиску водяної пари  $e$ .

Як показник атмосферного зволоження  $Md$  Д. І. Шашко використовував відношення суми опадів  $P$  до суми середніх добових значень дефіциту тиску водяної пари  $E - e$ .

У світовій практиці для тривалих часових інтервалів використовується індекс Палмера ( $PDSI$ ). Цей показник розраховується за температурою повітря, сумою опадів та констант, які характеризують вологомісткість ґрунту. За цим індексом виділяються градації зволоження: значення індексу від  $-0,49$  до  $0,49$  відповідають нормальним умовам зволоження, значення менше  $-4$  – екстремально посушливим, а значення більше  $4$  – екстремально зволеним умовам. Проміжні значення  $PDSI$  характеризують такі значення посушливості території, як початкова, слабка, помірна та сильна. До недоліків  $PDSI$  найчастіше відноситься спрощена схема вологопереносу і розрахунку потенційної евапотранспірації, чутливість до вологомісткості ґрунту, не врахування впливу снігового покриву.

Розроблені індекси оцінки посушливості території на основі супутникової інформації. Вони засновані на зв'язку стану рослинності з її спектральними відбивними здібностями. Розрахунок таких індексів засновується на двох найбільш стабільних факторах: червоної зони спектру ( $0,62 - 0,75\text{мкм}$ ), на яку приходить максимум поглинання сонячної радіації хлорофілом та ближньої інфрачервоної зони ( $0,75 - 1,3\text{мкм}$ ), де спостерігається максимальний відбиток енергії клітинною структурою листка. Для оцінки умов посушливості найчастіше використовується  $NDVI$ , який розраховується як різниця вимірних значень інтенсивності відбивного випромінювання в червоному та ближньому інфрачервоному спектральних діапазонах, нормована до суми цих величин. Для зелених рослин індекс має значення від  $0,2$  до  $0,8$ . Слід відзначити, що чим більше фітомаса, тим вище значення індексу  $NDVI$ .

Оцінка вологозабезпеченості рослин за запасами вологи в ґрунті заснована на співставленні запасів вологи в шарі розповсюдження коріння з вологопотребою рослин. Це співставлення дає змогу встановити кількісну оцінку водних ресурсів будь-якої території.

Запаси продуктивної вологи оцінюються відповідно найменшій вологомісткості. Навесні запаси продуктивної вологи метрового шару ґрунту оцінюються наступним чином: добрі –  $180 - 160\text{мм}$ ; задовільні –  $150 - 130\text{мм}$ ; недостатні  $130 - 80\text{мм}$ ; погані і дуже погані  $80 - 50\text{мм}$ .

Для зернових культур С. О. Веріго запропонувала іншу шкалу, а саме: добрі –  $120\text{мм}$  і більше; задовільні –  $120-80\text{мм}$ ; незадовільні (менше  $40 - 50\% HB$ ) – менше  $80\text{мм}$ .

**Матеріали та методи досліджень.** Для характеристики умов зволоження аналізувались його показники за періоди: базовий 1986-2005 рр. та розрахункові за кліматичними сценаріями RCP 4,5 і RCP8,5 за період 2021 – 2050 рр.

При цьому розглядалися такі показники:

- сума опадів за періоди: зима, весна, літо, осінь, зима, рік;
- сума опадів за періоди з температурами повітря вище  $0, 5, 10, 15\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- сума опадів за період з жовтня по березень включно та з квітня по вересень включно.
- сумарне випаровування, випаровувальність, дефіцит випаровування;
- коефіцієнт зволоження – гідротермічний коефіцієнт Г.Т. Селянинова (ГТК) за період з температурами повітря вище  $10\text{ }^\circ\text{C}$ .

Середні багаторічні значення показників зволоження розраховувались за даними спостережень гідрометеорологічних станцій Степової зони України за період з 1986 по 2005 рр. За період з 2021 по 2050 рр. вони розраховувались за сценарними даними з використанням математичної моделі.

**Аналіз досліджень.** В цілому в Степовій зоні України спостерігатиметься зменшення кількості опадів в період 2021-2050 рр. за різними сценаріями клімату до  $80-88\%$  від річної суми опадів за базовий період. Причому в Північному Степу за обома сценаріями змін клімату зменшення річних сум опадів буде менше відчутним ніж в Південному Степу та становитиме  $87-85\%$  опадів базового періоду.

У Південному Степу за сценарієм RCP4,5 сума опадів очікуватиметься на рівні  $370 - 380\text{мм}$ , що становитиме  $81\%$  від суми опадів базового періоду. В разі реалізації сценарію RCP8,5 очікувана сума опадів за рік становитиме близько  $420\text{мм}$ , тобто  $88\%$  від середньої багаторічної величини базового періоду.

Розглянемо як змінюватимуться суми опадів, розрахованими за обома сценаріями

по сезонах року. Як видно із табл. 1 очікувані суми опадів в Північному Степу в зимові місяці зростуть до 124 та 130 мм відповідно і становитимуть 130 та 137 % базової суми. В

цей же період у Південному Степу опади за сценарієм RCP4,5 очікуватимуться майже на рівні середніх багаторічних значень, а за RCP8,5 становитимуть 125% базової норми.

Таблиця 1 - Порівняльна характеристика режиму зволоження в Степовій зоні України по сезонах року

| За сценаріями зміни клімату в період 2021–2050 рр. |                                |     |             |                        |      |             |                        |      |
|--|--------------------------------|-----|-------------|------------------------|------|-------------|------------------------|------|
| Сезон  | Базовий період (1986-2005 рр.) |     | RCP4,5      |                        |      | RCP8,5      |                        |      |
|  | Сума опадів                    | ГТК | Сума опадів | % від базового періоду | ГТК  | Сума опадів | % від базового періоду | ГТК  |
| Північний Степ                                     |                                |     |             |                        |      |             |                        |      |
| Зима   | 95                             |     | 124         | 130                    |      | 130         | 137                    |      |
| Весна  | 118                            |     | 134         | 114                    |      | 138         | 117                    |      |
| Літо   | 195                            | 1,0 | 86          | 44                     | 0,81 | 75          | 38                     | 0,85 |
| Осінь  | 137                            |     | 131         | 96                     |      | 121         | 88                     |      |
| РІК  | 521                            |     | 475         | 87                     |      | 454         | 85                     |      |
| Південний Степ                                     |                                |     |             |                        |      |             |                        |      |
| Зима   | 91                             |     | 95          | 104                    |      | 114         | 125                    |      |
| Весна  | 102                            |     | 108         | 105                    |      | 122         | 120                    |      |
| Літо   | 155                            | 0,9 | 59          | 45                     | 0,68 | 60          | 39                     | 0,70 |
| Осінь  | 116                            |     | 103         | 89                     |      | 110         | 95                     |      |
| РІК  | 443                            |     | 374         | 81                     |      | 406         | 88                     |      |

У весняні місяці теж очікується збільшення сум опадів до 2050 рр. за обома сценаріями майже однаково до 134-138 мм, що становитиме 114 та 117 % від сум опадів за базовий період. В зоні Південного Степу за сценарієм RCP4,5 сума опадів становитиме 105 % базової суми, а за сценарієм RCP8,5 – 120 % від суми опадів за базовий період.

В літній період в усій Степовій зоні за обома сценаріями очікуватиметься різке зменшення суми опадів більше ніж на 50% за сценарієм RCP4,5 та більше як на 60% за сценарієм RCP8,5.

Восени суми опадів за розрахунками за сценарієм RCP4,5 у Північному Степу очікувана сума опадів становитиме 96%, за сценарієм RCP 8,5-88% від суми опадів за

базовий період. У Південному Степу опади очікуються 89 і 95 % від базової суми.

Для сільськогосподарського виробництва важлива характеристика умов вологозабезпечення сільськогосподарських культур в період їх вегетації. Оскільки періоди вегетації сільськогосподарських культур починаються з дати переходу температури повітря через 5°C навесні (для холодостійких культур) і через 10°C (для теплолюбних), є сенс розглянути умови вологозабезпеченості періодів з температурами вище вказаних меж.

Як видно із табл. 2, у базовий період в Північному Степу середня багаторічна сума опадів становила за періоди з температурами вище 5°C та 10°C 387 мм та 325 мм відповідно.

Таблиця 2 – Режим зволоження у Північному Степу України за різними сценаріями зміни клімату за період з температурою вище 5 °C та 10 °C

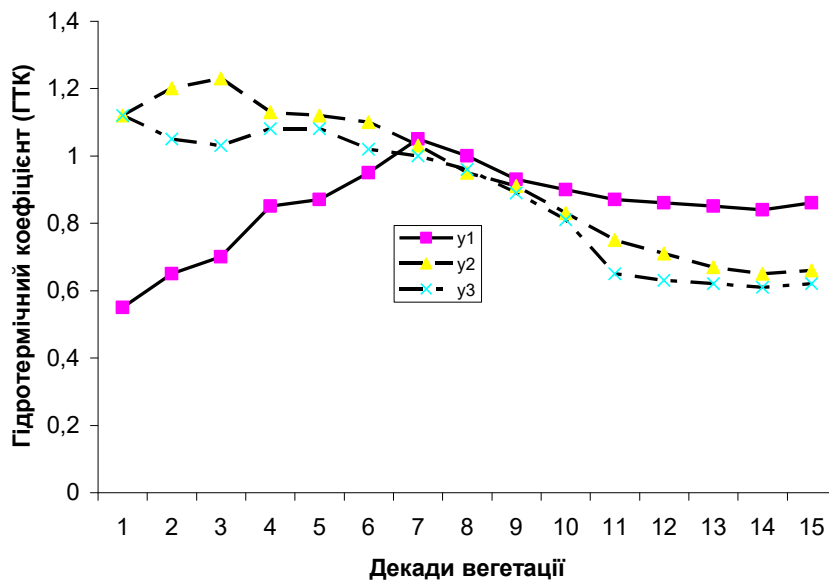
| Сценарії                                 | Сума опадів (мм) за періоди з температурою вище 5°C, 10 °C | Сумарне випаровування, мм | Випаровуваність, мм | Дефіцит випаровування, мм | ГТК  |
|--|--|---------------------------|---------------------|---------------------------|------|
| Період з температурою повітря вище 5 °C  |  |                           |                     |                           |      |
| 1986-2005 рр.                            | 387  | 432                       | 1334                | 902                       | -    |
| RCP 4,5                                  | 247-63%  | 347                       | 976                 | 629                       | -    |
| Різниця                                  | 140  | 85                        | 358                 | 273                       | -    |
| RCP 8,5                                  | 303- 78%   | 348                       | 990                 | 642                       | -    |
| Різниця                                  | 84   | 84                        | 344                 | 260                       | -    |
| Період з температурою повітря вище 10 °C |  |                           |                     |                           |      |
| 1986-2005 рр.                            | 325  | 493                       | 1334                | 902                       | 1,1  |
| RCP 4,5                                  | 201- 62%   | 397                       | 861                 | 560                       | 0,87 |
| Різниця                                  | 124  | 96                        | 473                 | 342                       | 0,23 |
| RCP 8,5                                  | 190- 58%   | 348                       | 875                 | 527                       | 0,85 |
| Різниця                                  | 135  | 84                        | 459                 | 375                       | 0,25 |

Як відзначалось вище за сценаріями RCP4,5 та RCP8,5 в Степовій зоні України сума опадів за рік різко зменшиться, що в свою чергу спричинить зменшення опадів за періоди з температурами вище 5 та вище 10°C. В Північному Степу за обома сценаріями суми опадів очікуються за період з температурами вище 5 °C відповідно 247 та 303 мм, що становитиме тільки 63 % базової суми за сценарієм RCP4,5 та 78% - за сценарієм RCP8,5. Із табл. 2 видно, що в період з температурами вище 10 °C динаміка зменшення суми опадів за обома сценаріями збережеться і очікувані суми опадів становитимуть відповідно 62 та 58 % базової суми, тобто 201 та 190 мм відповідно.

За період з температурою повітря вище 10°C зменшення сум опадів спричинить зменшення як сумарного випаровування, так і

випаровуваності а також дефіциту випаровування та ГТК. Сумарне випаровування буде меншим від базового відповідно на 96 та 84 мм, випаровуваність зменшиться на 473-459 мм, а дефіцит випаровування зменшиться відповідно на 342 та 375 мм. Значення ГТК зменшиться за обома сценаріями на 0,23 – 0,25 відн. од.

Динаміка ходу значень ГТК у Північному Степу впродовж періоду представлена на рис. 1. Падіння ГТК з першої до сьомої декади періоду за сценаріями відбувається більш інтенсивно, ніж за середніми багаторічними величинами, і вже з сьомої декади періоду очікувані значення ГТК за сценаріями будуть нижчими ніж в базовий період, особливо наприкінці періоду з температурами повітря вище 10 °C.



**Рис. 1 - Динаміка середніх значень ГТК за період з температурою повітря вище 10 °C в Північному Степу (1 – середні значення ГТК за період 1986 – 2005 рр.; 2 - ГТК за сценарієм RCP4,5; 3 – ГТК за сценарієм RCP8,5)**

В Південному Степу тенденція зменшення суми опадів за періоди з температурами вище 5 та вище 10 °C за обома сценаріями буде така ж, як і в Північному Степу. Особливо помітне зменшення суми опадів буде спостерігатись в Південному Степу в період з температурами вище 10 °C (табл. 3) за сценарієм RCP 8,5.

Зменшення сум опадів, яке буде очікуватись до 2050 року спричинить зменшення сумарного випаровування, випаровуваності, дефіциту випаровування та коефіцієнту зволоження ГТК (рис. 2).

За обома сценаріями зміни клімату очікуватиметься однакове зменшення ГТК до 0,68-0,70 відн. од. Тобто посушливість клімату в Південному Степу зросте.

Для динаміки формування запасів продуктивної вологи на полях із сільсько-господарськими культурами значну роль відіграють суми опадів за холодний (X–III) та теплий (IV–IX) (табл. 4) періоди року, тому що опади є основним постачальником запасів продуктивної вологи.

Таблиця 3 – Режим зволоження у Південному Степу України за різними сценаріями зміни клімату за період з температурою вище 5 °С та 10 °С

| Сценарії                                 | Сума опадів (мм) за періоди з температурою повітря вище 5 °С, 10 °С | Сумарне випаровування, мм | Випаровуваність, мм | Дефіцит випаровування, мм | ГТК  |
|--|---|---------------------------|---------------------|---------------------------|------|
| Період з температурою повітря вище 5 °С  |   |                           |                     |                           |      |
| 1986-2005                                | 340   | 394                       | 1327                | 1033                      | -    |
| RCP 4,5                                  | 202- 59%  | 297                       | 1010                | 713                       | -    |
| Різниця                                  | 138   | 97                        | 317                 | 320                       | -    |
| RCP 8,5                                  | 243- 71%  | 348                       | 1091                | 743                       | -    |
| Різниця                                  | 97  | 46                        | 236                 | 290                       | -    |
| Період з температурою повітря вище 10 °С |   |                           |                     |                           |      |
| 1986-2005                                | 284   | 394                       | 1396                | 1023                      | 0,8  |
| RCP 4,5                                  | 186-65%   | 294                       | 1010                | 734                       | 0,68 |
| Різниця                                  | 98  | 100                       | 366                 | 299                       | 0,12 |
| RCP 8,5                                  | 172 – 61 %  | 286                       | 940                 | 654                       | 0,7  |
| Різниця                                  | 112   | 108                       | 487                 | 379                       | 0,10 |

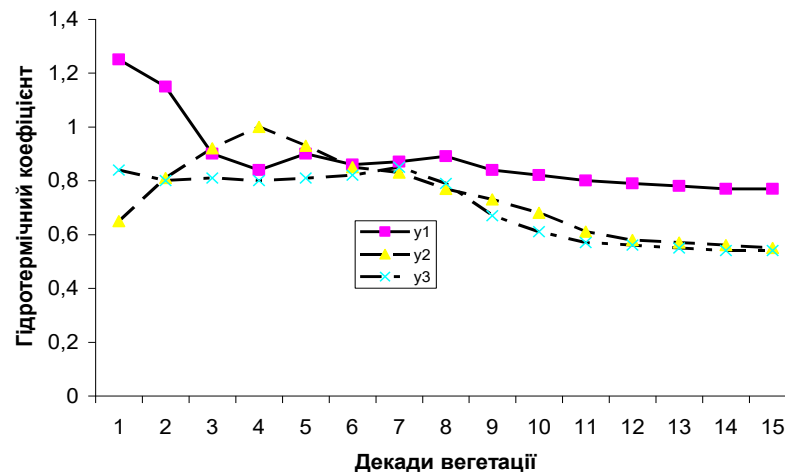


Рис. 2 – Динаміка середніх значень ГТК за період з температурою повітря вище 10 °С в Південному Степу (1 – середні значення ГТК за період з 1986 по 2005 рр.; 2 – ГТК за сценарієм RCP4,5; 3 – ГТК за сценарієм RCP8,5)

Таблиця 4 – Режим зволоження в теплий та холодний період року

| Періоди, сценарії      | Сума опадів з жовтня по березень включно, мм |                    | Сума опадів з квітня по вересень включно, мм |                    | Сума опадів за рік, мм |                    |
|------------------------|--|--------------------|--|--------------------|------------------------|--------------------|
|                        | мм   | % від базової суми | мм   | % від базової суми | мм                     | % від базової суми |
| Північний Степ         |  |                    |  |                    |                        |                    |
| 1986-2005 рр.          | 224  | -                  | 297  | -                  | 521                    | -                  |
| Період 2021 – 2050 рр. |  |                    |  |                    |                        |                    |
| Сценарій RCP4,5        | 253  | 113                | 213  | 72                 | 476                    | 91                 |
| Сценарій RCP8,5        | 251  | 112                | 213  | 72                 | 464                    | 89                 |
| Південний Степ         |  |                    |  |                    |                        |                    |
| 1986-2005 рр.          | 185  | -                  | 256  | -                  | 443                    | -                  |
| Період 2021 – 2050 рр. |  |                    |  |                    |                        |                    |
| Сценарій RCP4,5        | 207  | 112                | 176  | 69                 | 383                    | 86                 |
| Сценарій RCP8,5        | 225  | 127                | 182  | 71                 | 406                    | 91                 |

Розраховані величини очікуваних сум опадів на період до 2050 року показують, що за обома сценаріями змін клімату в холодний період року очікується збільшення сум опадів. Це збільшення становитиме в зоні Північного Степу 113% від базової суми за сценарієм RCP4,5 та 112% від базової суми за сценарієм RCP8,5.

У Південному Степу це збільшення становитиме 112 % від базової суми за сценарієм RCP4,5 та 127% від базової суми за RCP8,5.

У теплий період року за обома сценаріями на період до 2050 року очікується зменшення сум опадів по всій території Степу України. Очікувані суми опадів у Північному степу за обома сценаріями становитимуть 72% від суми опадів за базовий період. В Південному Степу суми опадів становити-

муть 69% від базової суми опадів за сценарієм RCP4,5 та 71% від базової суми опадів за сценарієм RCP8,5.

**Висновки.** Дослідження показали, що у Степу України за розрахунками за даними кліматичної моделі згідно зі сценаріями змін клімату Репрезентативної траєкторії концентрацій RCP4,5 та RCP 8,5 показники режиму зволоження в період з 2021 по 2050 р. будуть значно відрізнятися від середніх багаторічних величин базового періоду. Річна сума опадів очікуватиметься менше ніж в базовий період, особливо в районі Південного Степу. Значні зменшення сум опадів очікуються влітку та восени. Зменшиться сума опадів і в теплий період року, що спричинить зменшення ГТК і збільшення частоти виникнення посушливих явищ.

#### Список літератури

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / за ред. С. М. Степаненка та А. М. Польового. – Одеса : Екологія, 2011. – 694 с.
2. Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України / за ред. С. М. Степаненка, А. М. Польового. – Одеса : ТЕС, 2015. – 520 с.
3. Антропогенные изменения климата / под ред. М. И. Будыко, Ю. А. Израэля. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 405 с.
4. Волощук В. М. Глобальний парниковий ефект і кліматичні умови України / В. М. Волощук, М. П. Скрипник. // Вісник АН України. – 1993. – №3. – С. 38-44.
5. Гребенюк Н. Нове про зміну глобального та регіонального клімату в Україні на початку ХХІ ст. / Гребенюк Н., Корж Т., Яценко А. // Водне господарство України. – 2002. – № 5-6. – С. 56-62.
6. Глобальные и региональные изменения климата и их природные и социально-экономические последствия / под ред. В. М. Котлякова. – М. : Геос, 2000. – 262 с.
7. Полевой А. Н. Прикладное моделирование и прогнозирование продуктивности посевов / А. Н. Полевой. – Л. : Гидрометеиздат, 1988. - 318 с.
8. Польовий А. М. Сільськогосподарська метеорологія. – Одеса : ТЕС, 2012. – 612 с.

**Польовий А. М., Шаблій О. В., Божко Л. Ю. Закономірності формування режиму зволоження території степової зони України в умовах зміни клімату.** Розглядаються середні багаторічні показники режиму зволоження в Степовій зоні України в порівнянні з очікуваними їх змінами, розрахованими за кліматичною моделлю згідно зі сценаріями змін клімату Репрезентативної траєкторії концентрацій RCP4,5 та RCP 8,5 на період 2021-2050 рр. Сценарій RCP4,5 - це сценарій стабілізації викидів парникових газів в атмосферу, сценарій RCP8,5 – це сценарій з дуже високим рівнем викидів парникових газів. Для характеристики ресурсів зволоження за період 1986-2005 рр (базовий період) в Степовій зоні України та їх зміни на період 2021 – 2050 рр. були проведені розрахунки середніх багаторічних величин сум опадів за рік, по сезонах року, за періоди з температурами повітря вище 5 та 10 °С, сумарного випаровування, випаровуваності та значень гідротермічного коефіцієнта. Відзначається, що до 2050р. за обома сценаріями в Степовій зоні України буде спостерігатись зменшення річної суми опадів в цілому і збільшення нерівномірності сум опадів по сезонах року. Взимку і навесні очікувані за сценаріями суми опадів будуть вище ніж середні багаторічні суми базового періоду. Навесні і особливо влітку суми опадів різко зменшаться до 60 – 80 % від середньої багаторічної, що спричинить підвищення частоти посушливих явищ.

**Ключові слова:** клімат, опади, ресурси зволоження, сумарне випаровування, випаровуваність, гідротермічний коефіцієнт.

**Polevoy A.M., Shabliy O.V., Bozhko L.Yu. Patterns for forming moisture regime in the steppe zone of Ukraine under the climate change.** Average indices of perennial moisture regime in the Steppe Zone of Ukraine, as compared to the expected changes in them calculated in a climate model under the climate change scenarios of Representative Concentration Pathways, RCP4.5 and RCP 8.5, for the period of 2021-2050 are under consideration. The RCP4.5 is a scenario of stabilization of greenhouse gases in the atmosphere, the RCP8.5 is the one of very high levels of greenhouse gas emissions. To characterize the moisture resources in the period of 1986 - 2005 (the baseline period) in the Steppe Zone of Ukraine and their change in the period of 2021-2050 average perennial values for the yearly amounts of precipitation over the seasons, as well as for the periods with the air temperatures of above 5 and 10° C, evapotranspiration, evaporation and the values of hydrothermal coefficient were calculated.

It is pointed out that by the year 2050 under both scenarios the Steppe Zone of Ukraine will have seen an overall drop in annual precipitation, as well as an increased irregularity in amounts of precipitation over the seasons. In winter and spring the amount of precipitation which is foreseen under the scenarios will be higher than the average for the base perennial period. In the spring and especially summer period the amount of precipitation will sharply reduce to 60-80% of the perennial average, which would result in an increase in the frequency of drought phenomena.

*Keywords:* climate, precipitation, moisture resources, evapotranspiration, evaporation, hydrothermal coefficient.

**Полевой А. Н., Шаблій О. В., Божко Л. Е. Закономерности формирования режима увлажнения территории Степной зоны Украины в условиях изменения климата.**

Рассматриваются средние многолетние показатели режима увлажнения в Степной зоне Украины в сравнении с ожидаемыми их изменениями, рассчитанными по двум сценариям RCP4,5 и RCP8,5 на период с 2021 по 2050 гг. Сценарий RCP4,5 – это сценарий стабилизации выбросов парниковых газов в атмосферу, сценарий RCP8.5 – это сценарий с очень высоким уровнем выбросов парниковых газов. Для характеристики ресурсов увлажнения за период 1986 -2005 гг. (базовый период) в Степной зоне Украины и их изменений на период 2021 – 2050 гг. были рассчитаны средние многолетние суммы осадков за год, по сезонам года, за периоды с температурой воздуха 5 и 10 °С, за теплый и холодный периоды года, суммарное испарение, испаряемость, гидротермический коэффициент. Отмечается, что к 2050 году по обоим сценариям изменения климата в Степной зоне будет наблюдаться уменьшение годовой суммы осадков и увеличение неравномерности распределения их по сезонам года. В зимний период и весной ожидаемые по сценариям суммы осадков будут выше средних многолетних значений базового периода. Летом и осенью суммы осадков в расчетный период будут значительно ниже средних многолетних и будут составлять от 60 до 80 % от сумм осадков базового периода. Это повысит повторяемость засушливых явлений.

*Ключевые слова:* климат, осадки, ресурсы увлажнения, суммарное испарение, испаряемость, гидротермический коэффициент.

**Надійшла до редколегії 10.03.2017**

УДК 634.836.12.3

**Ляшенко Г. В., Соборова О.М.**

*Одеський державний  
екологічний університет*

## **МОДЕЛЮВАННЯ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ВИНОГРАДУ ТЕХНІЧНИХ СОРТІВ ПІД ВПЛИВОМ АГРОМЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ В ПІВНІЧНОМУ ПРИЧОРНОМОР'І**

*Ключові слова:* моделювання, виноград, сорт, урожай, температура, ритміка, показники, агрометеорологічні умови, теплі, нормальні і прохолодні роки

**Постановка проблеми.** В аграрному секторі Північного Причорномор'я до прибуткових галузей відноситься виноградарство і виноробство, не зважаючи на незначні площі, які відводяться під виноградні насадження. Завдяки хімічному складу та органолептичним властивостям виноград знаходить значне застосування в якості лікувального засобу: він позитивно впливає на відновлення сил у людей і використовується при лікуванні багатьох хвороб.

У структурі насаджень винограду Північного Причорномор'я переважають технічні сорти, продукція яких використовуються для виготовлення марочних сухих і десертних вин та коньячної сировини. Важливо відмітити, що вимоги до якості виноградної продукції технічного напрямку вищі, ніж до столового винограду. Так, якщо сорти столового винограду можуть мати у стиглому вигляді концентрацію цукру в

межах 140-160 г/100см<sup>3</sup>, то врожай технічного винограду вважається кондиційним за вмісту цукру не нижче 170-180 г/100см<sup>3</sup>. Якість виноградної продукції визначається також співвідношенням між вмістом цукру і кислотністю соку й характеризує повноту («букет») вина.

Безумовний вплив на цю галузь чинять агрометеорологічні умови, насамперед термічний режим впродовж вегетаційного періоду і періоду зимового спокою культури. В останні роки, у зв'язку зі зміною клімату з тенденцією до підвищення температур, повстає питання про обґрунтування можливості просування межі виноградарської галузі на північ. При цьому розглядають два завдання. Перше завдання стосується агрометеорологічного обґрунтування принципової можливості розміщення винограду і отримання щорічних врожаїв культури, які зумовлюються рівнем мінімальних темпе-