

УДК 556.161."45".18

**Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.**

*Одеський державний екологічний університет*

### **ОЦІНКА ВПЛИВУ ЗМІН КЛІМАТУ НА ВОДНІ РЕСУРСИ УКРАЇНИ НА ОСНОВІ МОДЕЛІ “КЛІМАТ-СТІК” ЗА СЦЕНАРІЄМ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ А2**

*Ключові слова: водні ресурси, кліматичний стік, сценарій глобального потепління*

**Вступ.** Для оцінки впливу змін клімату на річковий стік майбутнього використовують дві стратегії. Згідно із першою, розглядаються коливання кліматичних чинників формування стоку, за якими робляться висновки про коливання водності, тобто відбувається прогноз змін водних ресурсів за виявленою тенденцією змін кліматичних чинників. Згідно із другою стратегією дані кліматичних сценаріїв використовуються у математичних моделях формування стоку.

Прикладом першої стратегії є введення поправок та поправочних коефіцієнтів, які характеризують вплив змін клімату на стік, у існуючі розрахункові формули стоку. Наприклад, для урахування змін кліматичних чинників формування весняного водопілля приток лівобережного Дніпра Ж.Р.Шакірзановою рекомендовані спеціальні поправочні коефіцієнти, які відображають зміни водності весняного водопілля в нових кліматичних умовах [19]. Подібний підхід був застосований О.І. Лук'янець та В.О. Балабух для оцінки характеристик річкового стоку Закарпаття [12] Авторами використовувались установлені за даними минулих років статистичні залежності між характеристиками стоку та метеорологічними показниками.

У ЄС до розрахунків стоку річок в умовах глобального потепління залучаються математичні моделі стоку, на вході яких використовується метеорологічна інформація. Саме такі моделі придатні для розрахунків і прогнозів змін водних ресурсів за даними сценаріїв глобального потепління. Певну проблему використання сучасних математичних моделей формування стоку становить недостатня роздільна здатність моделей. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океану, які мають роздільну здатність  $2,5^{\circ} \times 2,5^{\circ}$ , не можуть бути використані для досліджень регіональних особливостей кліматичних змін в Україні, оскільки у такому випадку на її територію припадає приблизно 15 вузлів координатної сітки. Тому моделі повинні мати роздільну здатність на порядок вищу, тобто горизонтальні кроки сітки для розрахунків із задовільною точністю мають становити 20-50 км. Така роздільна здатність є характерною для сучасних гідростатичних моделей прогнозу погоди та клімату [15].

Гідрологічні моделі із розподіленими параметрами, які залучають до розрахунків стоку метеорологічні характеристики та характеристики водозбору [2], дозволяють отримувати ряди поверхневого та підземного стоку. Вони являють собою систему диференціальних рівнянь, представлених у частинних похідних, які описують процеси, що відбуваються на басейні річки [27]. На протязі 2012-2014 рр.

в Одеському державному екологічному університеті (ОДЕКУ) виконувалась науково-дослідна робота, в якій об'єктом досліджень був Тилігульський лиман: проект 7-ої Рамкової Програми ЄС «Комплексне управління водними ресурсами і прибережною зоною в Європейських лагунах в умовах змін клімату» (FP7-ENV-2011 № 283157 “Integrated water resources and coastal zone management in European lagoons in the context of climate change – Lagoons”). В цьому проекті використовувалась напів-розподілена еко-гідрологічна модель SWIM, яка описує взаємодію води і підстильної поверхні [25]. Вона була розроблена на основі двох моделей: SWAT [20] і MATSALU [22,23]. Модель рекомендована для розрахунків гідрологічних процесів на річкових басейнах з площею від 100 км<sup>2</sup> до 200000 км<sup>2</sup> [24]. SWIM має трьохрівневу схему поділу: басейн - суббасейн – гідротоп (гідротоп - набір одиниць в одному суббасейні, які характеризуються однаковим землекористуванням та типом ґрунту). Передбачається, що ці гідротопи характеризуються рівномірною поведінкою процесів, пов'язаних із гідрологією, рослинністю і поживними речовинами. Перш ніж ці процеси агрегуються на рівні суббасейна, вони розраховуються на рівні гідротопів із добовим кроком. Кліматичні параметри приймаються однаковими на рівні суббасейна і визначаються за даними реальних кліматичних станцій, розташованих у межах області дослідження. Ці реальні виміри кліматичних чинників інтерполюються до центрів тяжіння всіх суббасейнів досліджуваного району. Недоліком такої моделі є вимога до значної щільності розташування кліматичних станцій: не менше, ніж одна станція на 100 км<sup>2</sup>. При малій кількості станцій результати моделювання можуть бути незадовільними.

Гідрологічна вивченість території України є недостатньою через нетривалі ряди спостережень та значний вплив водогосподарської діяльності, який посилюється у останні десятиріччя за рахунок змін клімату. Велика кількість гідрологічних станцій, особливо на півдні України, припинила свою діяльність. Внаслідок нестачі даних по стоку та їх трансформації водогосподарськими заходами на півдні України ізоляції норм річного стоку проводилися пунктиром. З точки зору розрахунків максимального та мінімального стоку її можна було вважати невивченою у гідрологічному відношенні. Для відновлення даних про природний (непорушений водогосподарською діяльністю) стік у Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Лободи Н.С. була розроблена модель “клімат-стік”, яка дозволяє виконувати розрахунки природного стоку за метеорологічними даними [3] та переходити до визначення побутового (перетвореного водогосподарською діяльністю) стоку на базі імітаційного стохастичного моделювання [7]. Стік, розрахований за метеорологічними даними, отримав назву кліматичного. Норма річного кліматичного стоку є тотожною величині зонального природного стоку [26]. Особливістю кліматичного стоку є те, що ця характеристика є точковою, яка відноситься до метеорологічної станції або вузла розрахункової сітки. Для визначення кліматичного стоку у межах водозбору необхідна інтерполяція розрахункових даних у вигляді карти ізоляцій та обчислення середньозваженого значення.

У другій половині минулого сторіччя розроблення такої моделі було актуальним через значну трансформацію стоку річок України водогосподарською діяльністю та нестачу даних спостережень за стоком як у природних, так і порушених водогосподарською діяльністю умовах на півдні України. Починаючи з 80-х років минулого сторіччя актуальність, теоретична і практична значущість моделі посилилася внаслідок додавання до проблеми оцінки наслідків діяльності людини такого чинника як зміни глобального клімату [4].

Модель “клімат-стік” була калібрована та апробована на матеріалах про стік малих, середніх та великих річок різних географічних зон України, є чутливою до змін кліматичних чинників, дозволяє із задовільною точністю оцінювати зональний стік та вплив підстильної поверхні, включаючи водогосподарські перетворення [1,8,10].

Методики розрахунків природного (непорушеного водогосподарською діяльністю) та побутового річного стоку при відсутності даних гідрологічних спостережень, розроблені за моделлю “клімат-стік”, увійшли до нової редакції нормативних документів ДБН В.2.4-Х:201Х «Визначення розрахункових гідрологічних характеристик» України та ДБН “Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. СР D.01.05-2012” [14].

**Вихідні передумови.** Модель “клімат-стік” успішно використовується для розрахунків та прогнозів водних ресурсів України за даними сценаріїв глобального потепління.

У сучасних математичних моделях загальної циркуляції атмосфери і океану, які пов’язуються із типом розвитку суспільства, надається просторовий розподіл у вузлах регулярної сітки, яка з роками стає більш детальною. За сценаріями для кожного вузла надаються дані про середні місячні опади, температури повітря по місяцях та вологість ґрунту. Така інформація дозволяє виконувати розрахунки стоку по місяцях та сезонах з використанням рівняння водно-теплого балансу ділянки суші у модифікації В.С. Мезенцева [16].

Диференціальна форма рівняння водно-теплого балансу записується наступним чином

$$\frac{\partial \beta_E}{\partial \beta_H} + \frac{\partial \beta_Y}{\partial \beta_H} = 1, \quad (1)$$

де  $H$  - характеристика ресурсів зволоження, під якою розуміють опади  $X$ , що випадають за розрахунковий період, та зміни  $w_1 - w_2$  запасів вологи в ґрунті, тобто  $H = X + w_1 - w_2$ ;  $\beta_E, \beta_H, \beta_Y$  - складові рівняння водного балансу представлені у відносних одиницях);  $E$  - випаровування з поверхні суші;  $Y$  - стік води.

Величини  $\beta_E, \beta_H, \beta_Y$  представляють собою відношення складових рівняння водного балансу до характеристики теплоенергетичних ресурсів клімату  $E_m$

$$\beta_H = \frac{H}{E_m}; \beta_E = \frac{E}{E_m}; \beta_Y = \frac{Y}{E_m}. \quad (2)$$

Співвідношення  $\beta_H$  для багаторічного періоду, коли  $w_1 - w_2 = 0$ , записується як  $\beta_X = \frac{X}{E_m}$ .

В умовах змін клімату кінцеве вирішення рівняння водно-теплого балансу записується таким чином

$$Y'_K = X' + (w_1 - w_2)' - E'_m \left[ 1 + \left( \frac{X' + (w_1 - w_2)'}{E'_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (3)$$

де  $\bar{Y}'_K$  - величина кліматичного стоку за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм;  $E'_m$  - величина максимально можливого випаровування за

розрахунковий період в умовах змін клімату, мм;  $X'$  - сума річних опадів за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм;  $(w_1 - w_2)'$  - зміна запасів води у ґрунті за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм.

Для багаторічного періоду, коли  $(w_1 - w_2)' = 0$  рівняння (3) набуває вигляду

$$\bar{Y}'_K = \bar{X}' - \bar{E}'_m \left[ 1 + \left( \frac{\bar{X}'}{\bar{E}'_m} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (4)$$

де  $\bar{Y}'_K$  - середня багаторічна величина кліматичного стоку в умовах змін клімату, мм;  $\bar{E}'_m$  - середня багаторічна величина максимально можливого випаровування в умовах змін клімату, мм;  $\bar{X}'$  - середня багаторічна величина сум річних опадів в умовах змін клімату, мм.

Особливістю методу водно-теплогового балансу у модифікації В.С.Мезенцева є теоретична обґрунтованість і однозначність такої величини як максимально можливе випаровування  $E_m$ . Теплоенергетичний еквівалент  $E_m$  є величиною, яка за своїм фізичним змістом близька до поняття випаровуваності ( $E_0$ ). Останнє різними авторами визначалося як верхня межа випаровування, але інтерпретувалося по-різному: "випаровування зі зволоженої поверхні" (М.І.Будико); "випаровування з водної поверхні при тому ж комплексі метеорологічних умов, що й над сушею" (М.А.Багров); "випаровування для полів, вкритих рослинністю, коли вологість ґрунту близька до найменшої польової вологоємності" (А.Р.Константинов). В.С. Мезенцевим максимально можливе випаровування було представлено як таке, що має енергетичне походження.  $LE_m$  [13]. Величина  $E_m$  входить до прибуткової частини теплового балансу суші й добуток  $LE_m$  розглядається як граничні ресурси енергії, які забезпечують процес випаровування з поверхні суші у визначених кліматичних умовах

$$LE_m = R^+ + P^+ + (B_1 - B_2), \quad (5)$$

де  $R^+$  - позитивна ( прибуткова ) частина радіаційного балансу;  $P^+$  - позитивна складова турбулентного теплообміну або тепло, що приходить на ділянку суші в зв'язку з рухом повітря, тобто адвективне тепло;  $B_1 - B_2$  - зміна запасів тепла в діяльному шарі ґрунту (теплообмін у ґрунті  $\Delta B$ );  $L$  - приховане тепло пароутворення;  $LE$  - витрата тепла на випаровування.

Величина  $E_m$  отримала назву "теплоенергетичний еквівалент" або "максимально можливе випаровування" і являє собою шар води, який міг би випаритися з поверхні суші, якби на процес випаровування були витрачені усі теплоенергетичні ресурси клімату  $LE_m$

$$E_m = \frac{R^+ + P^+ + (B_1 - B_2)}{L}. \quad (6)$$

Згідно із цим формулюванням максимально можливе випаровування визначається за даними актинометричних станцій, яких у середині минулого сторіччя на території України та Молдови було 19. Проф. Є.Д. Гопченко та проф. Н.С. Лобода по результатах розрахунків за даними актинометричних станцій були отримані регресійні рівняння, які показують зв'язок між величинами  $E_m$  та

температурами повітря у межах України і Молдови й можуть бути використані для визначення максимально можливого випаровування за даними метеорологічних станцій [9]

$$\bar{E}_m = 0,224 \sum \bar{T}_{>10} + 226, r = 0.91, \quad (7)$$

$$\bar{E}_m = 0,209 \sum \bar{T}_{>0} + 179, r = 0.87, \quad (8)$$

$$\bar{E}_m = 13,3 \frac{\sum IX T_M}{V} - 307, r = 0.94, \quad (9)$$

де  $\frac{\sum IX T_M}{V}$  - сума норм середньомісячних температур повітря за літній період (із травня по вересень, включно);  $\sum T_{>10}$  - сума температур повітря більше  $10^\circ C$ ;  $\sum T_{>0}$  - сума температур повітря більше  $0^\circ C$ .

Середні багаторічні величини суми опадів, максимально можливого випаровування, річного кліматичного стоку для 28 метеорологічних станцій України, були визначені за періоди 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. за сценарієм А1В. Виконано порівняння із даними про норми річного кліматичного стоку до 1989р., починаючи з якого зміни температур повітря набули значущості на всій території України [5]. Установлено, що за сценарієм А1В до 2050р. напіваридна зона розшириться на північ. У період 2031-2050 рр. зменшення водних ресурсів на півдні України досягне 60-70%. Зростання стоку відбуватиметься у межах водозборів річок Прип'ять та Десна, а також у межах Українських Карпат. При цьому Закарпаття та Західний Буг, лівобережні притоки Дністра увійдуть у область зменшення річного стоку [11]. Отримані оцінки водних ресурсів знаходяться у відповідності із результатами розрахунків, отриманими С.І. Сніжко та І.В. Купріковим [17,18], які виконували оцінку водних ресурсів України за балансовим методом, запропонованим французьким вченим L. Turk (1954) та розвинутим польським гідрологом Z. Kaszmarek (1993).

**Ціллю даної статті** є визначення можливих змін водних ресурсів України на основі моделі "клімат-стік" за даними сценарію А2 для періодів 2011-2030 рр., 2031-2050 рр.

**Завданнями** роботи є розрахунки та побудова карт ізоліній норм річного кліматичного стоку для періодів 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. за даними сценарію А2, а також порівняння отриманих результатів із даними про норми кліматичного стоку до початку значущого впливу глобального потепління.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Сценарій А2 на відміну від сценарної родини А1 передбачає збереження місцевих особливостей територій, при якому населення продовжує зростати, а економічний розвиток базується на можливостях та потребах регіонів [21].

Розрахунки середніх багаторічних величин річного кліматичного стоку визначались за даними сценарію А2 для 28 вузлів сітки (метеостанцій), розміщених рівномірно по території України.

Як характеристика зволоженості території може бути використане співвідношення між ресурсами вологи й тепла, яке використовується у методі водно-теплого балансу [16]

$$\beta_X = \frac{\bar{X}}{E_m}, \quad (10)$$

де  $\bar{X}$  - середнє багаторічне значення річних опадів, мм;  $E_m$  - середнє багаторічне значення максимально можливого випаровування, мм.

При цьому за величиною  $\beta_X$  можна виділити області зволоженості або посушливості [6]:

Таблиця 1. Класифікація значень  $\beta_X$

Значення $\beta_X$	Класифікація
$\beta_X \geq 1,0$	зона надмірного зволоження
$0,8 < \beta_X < 1,0$	зона достатнього зволоження
$0,5 \leq \beta_X < 0,8$	зона недостатнього зволоження
$0,2 \leq \beta_X < 0,5$	напіваридна зона
$0,03 \leq \beta_X < 0,2$	аридна зона
$\beta_X < 0,03$	гіпераридна зона

Значення  $\beta_X=0,5$  є межею між зоною недостатнього зволоження та напіваридною зоною,  $\beta_X=0,8$  – межею між зоною недостатнього та достатнього зволоження.

Просторова динаміка показника зволоженості  $\beta_X$  за сценарієм А2 свідчить, що до 2050р. площа напіваридної зони ( $\beta_X < 0,5$ ) буде поступово розширюватись (рис. 1, 2, 3), а зона недостатнього зволоження  $0,8 < \beta_X < 1,0$  – звужиться. Проте, у 2011-2030рр. збільшиться площа надмірного зволоження  $\beta_X \geq 1,0$ , що вказує зростання нерівномірності розподілу водних ресурсів на території України.

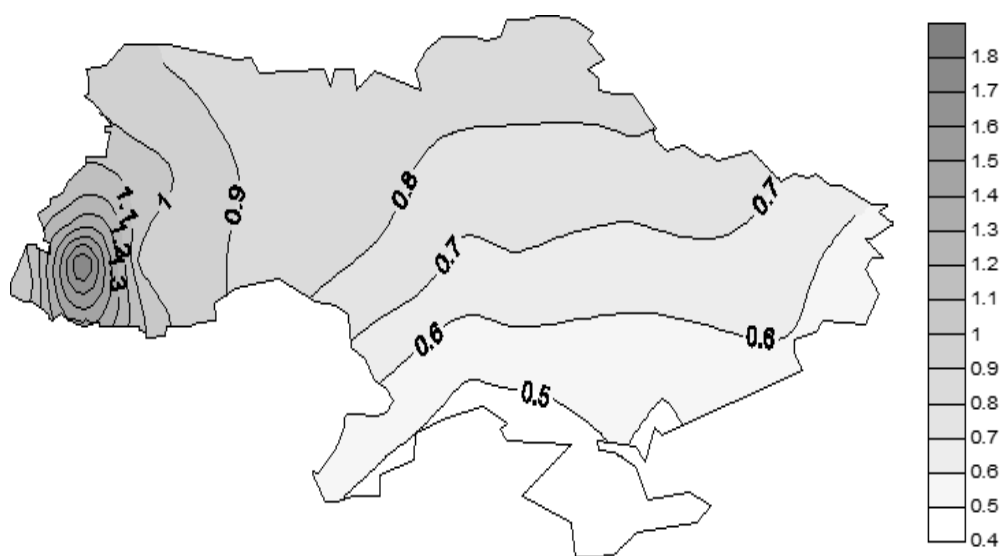
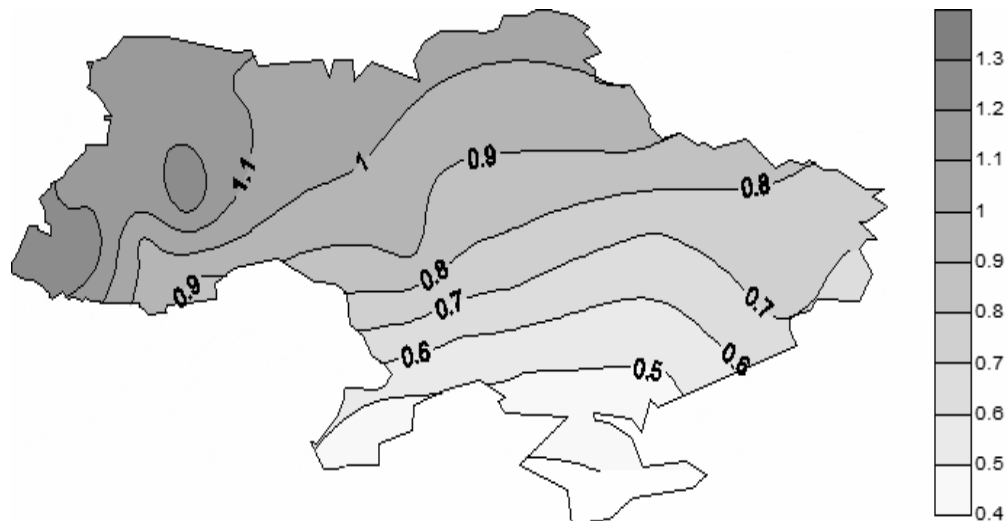
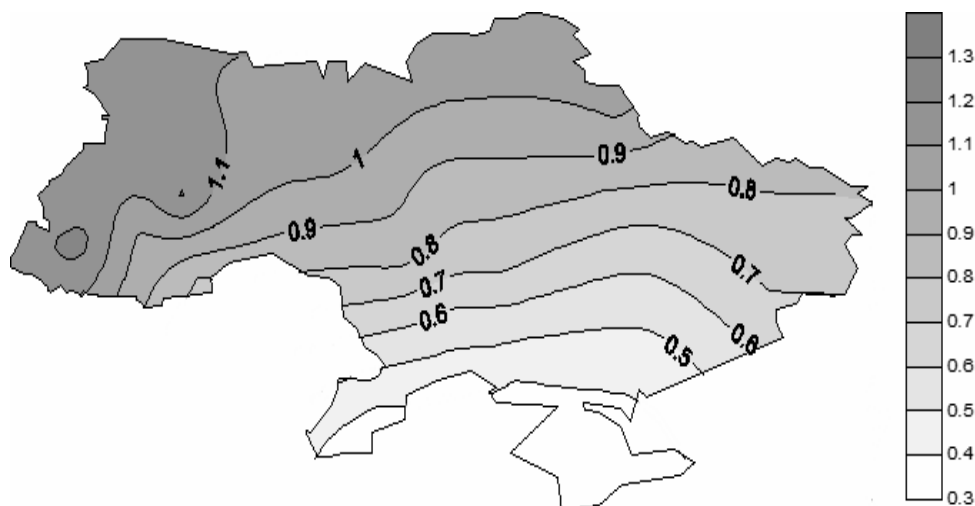


Рис. 1. Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$ , визначений за даними до 1989 року (до початку значущого впливу глобального потепління)

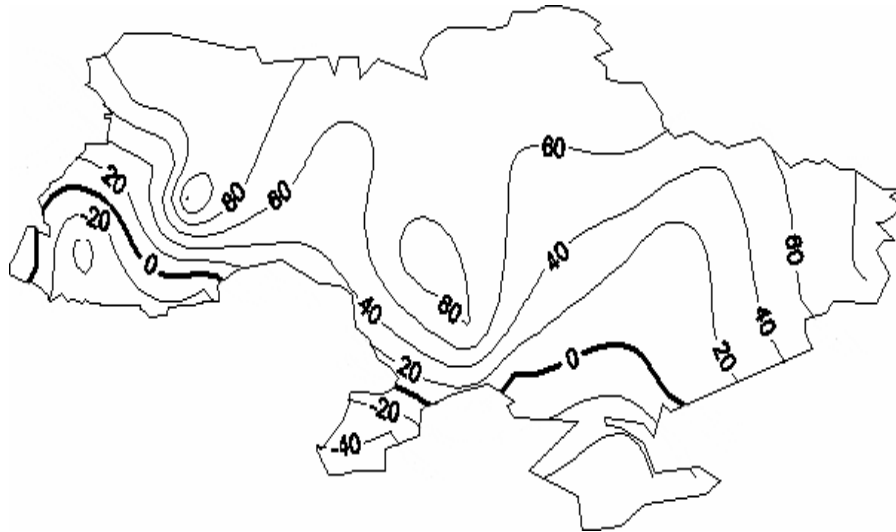


**Рис. 2. Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 2011-2030 рр. (сценарій А2)**



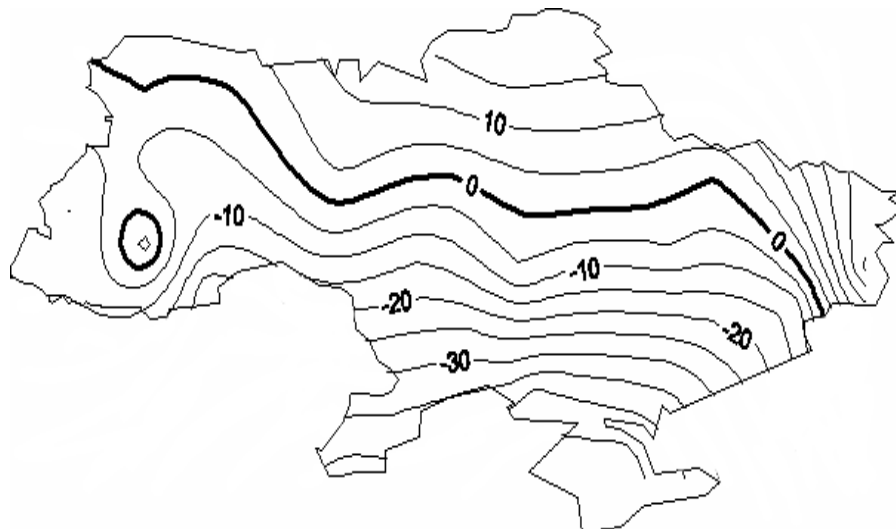
**Рис. 3. Просторовий розподіл показника зволоженості  $\beta_X$  за даними 2031-2050 рр. (сценарій А2)**

При розгляді відносних відхилень середніх багаторічних значень річного кліматичного стоку від тих його значень, які відповідають минулому сторіччю до 1989р., встановлено, що у період 2011-2030 рр. область від'ємних змін буде знаходитися у Кримському Степу, на півдні Херсонщини та у Одеській області, а також у Закарпатті та Буковині (рис.4). Найбільше зниження водних ресурсів спостерігатиметься у Одеській області, на півдні якої воно досягне 40%. У той же час (2011-2030 рр.) на більшій частині території України згідно із сценарієм А2 відбуватиметься зростання водних ресурсів до 80% на півночі і на 40-60% у центральній та східній Україні. Збільшення водних ресурсів буде забезпечуватись збільшенням опадів. У 2031-2050 рр. опади будуть зменшуватись, а максимально можливе випаровування зростатиме, що викличе уповільнення процесу зволоження території та розширення напіваридної зони.



*Рис. 4. Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2011-2030 рр. у порівнянні із даними до 1989 р. (сценарій А2)*

Порівняння річного кліматичного стоку за період 2031-2050рр. із розрахунковими даними за 2011-2031рр. показує, що на більшій частині України водні ресурси почнуть зменшуватись і лише у Поліссі та північному сході України буде відбуватися їх зростання до 20% (рис.5).



*Рис. 5. Просторовий розподіл відносних відхилень норм річного кліматичного стоку за період 2031-2050 рр. у порівнянні із періодом 2011-2030 рр. (сценарій А2)*

**Висновки.** Згідно із результатами розрахунків, отриманими за сценарієм А2, до 2030р. Україну очікує зростання водних ресурсів від 80-60% на півночі й північному сході та до 40% у центрі. У Закарпатті та Буковині можливе зменшення водних ресурсів на 20-30%. На півдні України як і у сценарію А1В буде відбуватися зменшення водних ресурсів, яке у Одеській області досягне 40%. У період 2031-2050рр. на більшій частині України буде переважати тенденція до зменшення водних ресурсів. У південних областях зменшення стоку буде посилюватись і у Одеській області досягне стану руйнації (більше 50 відсотків). Розвиток подій за сценарієм А2 указує на зростання різниці у забезпеченні водою південних і



північних областей України. Однак наслідки глобального потепління, які прогноуються за сценарієм А2, будуть не такі катастрофічні як за сценарієм А1В.

### Список літератури

1. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / Под ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Гопченко. - Одесса: ТЭС, 2012.- 223с.
2. Виноградов Ю.Б. Математическое моделирование процессов формирования стока. Критический анализ./ Ю.Б. Виноградов - Л.: Гидрометеиздат, 1988 - 312с.
3. Гопченко Е.Д. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплового балансу / Е.Д. Гопченко, Н.С. Лобода // Наук. Праці УкрНДГМІ. –2001. – Вип.249. – С.106-120.
4. Гопченко Е.Д. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления / Е.Д. Гопченко, Н.С. Лобода // Гидробиологический журнал. - Киев: Институт гидробиологии НАН Украины. - т.36, №3. - 2000. - С. 67 - 78.
5. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз)./ В.В. Гребінь –К.: Ніка-центр, 2010. -316 с.
6. Дж.К.Родда Грани гидрологии./ Родда Дж.К. Л.: Гидрометеиздат. – 535с.
7. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. / Н.С. Лобода – Одесса: Экология, 2005. – 207 с.
8. Лобода Н.С. Влияние изменений климата на водные ресурсы Украины (моделирование и прогнозы по данным климатических сценариев) // Глобальные и региональные изменения климата под ред. Шестопалова В.М., Логинова В.Ф., Осадчего В.И. и др.) – К.: Ніка-Центр, 2011. – С. 340-352.
9. Лобода Н.С. Нормування характеристик природного річного стоку України / Н.С.Лобода, Е.Д. Гопченко // Наукові праці УкрНДГМІ. – Вип.252. – К.:Ніка – Центр. –2003. – С.5 - 10.
10. Лобода Н.С. Дослідження впливу змін річкового стоку за кліматичними сценаріями на гідроекологічний стан північно-західної частини Чорного моря / Н.С. Лобода, Ю.С. Тучковенко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія:біологія № 3 (44). -2010. – С. 143-145.
11. Лобода Н.С. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В / Н.С. Лобода, З.Ф. Сербова, Ю.В. Божок // Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса:ТЕС, 2014. – №15. – С. 149-159.
12. Лук'янець О.І. Оцінка взаємозв'язку елементів водного балансу в сучасних умовах та впливу кліматичних змін на річковий стік в Закарпатській області / О.І. Лук'янець. В.О. Балабух // Матеріали VI Всеукраїнської наукової конференції з міжнародною участю "Проблеми гідрології, гідрохімії, гідроекології". - м. Дніпропетровськ: ТОВ «Акцент ПП», 2014 р. – С. 187-190.
13. Мезенцев В.С. Увлажненность Западно-Сибирской равнины / В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич - Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 75 с.
14. Определение гидрологических характеристик для условий республики Молдова. СР D.01.05-2012. (у співавторстві). – 180 с.
15. П'яте національне повідомлення України з питань зміни клімату. – К: Мінприроди України, 2009. – 282 с.
16. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края / Мезенцев В.С., Карнацевич И.В., Белоненко Г.В., Плотников Ю.Н., Полисадов С.Д. (Под ред. В.С.Мезенцева). -М.Колос, 1974. -240 с.
17. Сніжко С. Оценка изменения водного стока рек Украины на основе водно-балансовых моделей / С. Сніжко, І. Купріков, О Шевченко.// Фізична географія та геоморфологія. – 2012. – Вип.2(66). – С. 157-161.
18. Сніжко С. Зміна клімату і ресурси місцевого стоку в Україні у XXI столітті / С. Сніжко, М. Яцюк, І. Купріков, В. Струтинська, О. Шевченко // Україна:географія цілей та можливостей. Зб. наук.праць. – Н.:ФОП "Лисенко М.М.", 2012.-Т.1 – С.77-80.
19. Шакірзанова Ж.Р. Визначення основних факторів весняного водопілля річок Лівобережжя Дніпра при довгострокових прогнозах його характеристик / Ж.Р. Шакірзанова // Український гідрометеорологічний журнал. – Одеса., ТЕС, 2013.- С.99-109.
20. Arnold J.G. comprehensive surface-groundwater flow model / Journal of Hydrology. / J.G Arnold., P.M. Allen, G. Bernhardt - 1993. - v. 142. - pp. 47-69.
21. Giorgi F. Introduction to special issue: Regional climate modeling revisited / F. Giorgi, L.O Mearns. // Journal of Geophysical Research – 1999. – Vol. 104. – P. 6335-6352.
22. Krysanova, V. & Luik, H. (eds.) Simulation modelling of a system watershed - river - sea bay. - Tallinn, Valgus, 1989. - 428 p.
23. Krysanova V. Simulation modelling of the coastal waters pollution from agricultural watershed / Ecological Modelling. / V. Krysanova, A. Meiner, J Roosaare, A.

Vasilyev - 1989. – v. 49. - pp. 7-29. **24.** Krysanova, V. Development of the ecohydrological model SWIM for regional impact studies and vulnerability assessment / V. Krysanova, F. & Wechsung, F. Hattermann / Hydrological Processes. - 2005. – v.19. – pp. 763-783. **25.** Krysanova V. SWIM (Soil and Water Integrated model) User Manual./ V. Krysanova, F. Wechsung, - 2000. – 239 p. **26.** Loboda N.S. The assessment of present and future Ukrainian water resources on meteorological evidence / N.S. Loboda // Climat and Water.-1998.-Vol.1.- P.1486-1494. **27.** World Meteorological Organization, 2003. 2003: Integration and Coupling of Hydrological Models with Water Quality Models: Applications in Europe (B. Arheimer and J. Olsson). WMO Technical Reports in Hydrology and Water Resources, No. 75. WMO/TD-No. 1174. Geneva

**Оцінка впливу змін клімату на водні ресурси України на основі моделі «клімат-стік» за сценарієм глобального потепління A2**

**Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.**

*Оцінений вплив можливих змін клімату за сценарієм A2 на водні ресурси України за періоди 2011-2030 рр., 2031-2050 рр. на базі моделі "клімат-стік", розробленій в ОДЕКУ.*

**Ключові слова:** водні ресурси, кліматичний стік, сценарій глобального потепління

**Оценка влияния изменений климата на водные ресурсы Украины на основе модели «климат-сток» по сценарию глобального потепления A2**

**Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.**

*Оценено влияние возможных изменений климата по сценарию A2 на водные ресурсы Украины за периоды 2011-2030 гг., 2031-2050 гг. на основе модели "климат-сток", разработанной в ОГЭКУ.*

**Ключевые слова:** водные ресурсы, климатический сток, сценарий глобального потепления

**The assessment of the impact of climate change on water resources of Ukraine based on the model "climate- runoff " under global warming scenario A2**

**Loboda N.S, Serbova Z.F., Bozhok Y.V.**

*Impact of possible climate change (scenario A2) on water resources of Ukraine for periods 2011-2030, 2031-2050 is estimated. In investigation "climate- runoff" model, which was developed in OSENU, is used.*

**Keywords:** water resources, climate runoff, global warming scenario.

**Надійшла до редколегії 09.12.2014**

УДК 556.16.06(321):556.55

**Шакірманова Ж.Р.**

Одеський державний екологічний університет

## **МЕТОДИКА ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУ НАПОВНЕННЯ ПОВЕРХНЕВИМИ ВЕСНЯНИМИ ВОДАМИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО І КУЯЛЬНИЦЬКОГО ЛИМАНІВ**

**Ключові слова:** довгостроковий прогноз, обмеженість спостережень, весняне водопілля, об'єми та рівні води

**Вступ.** Дане дослідження спрямовано на оцінку ефективності методики прогнозування надходження об'ємів поверхневих тало-дощових вод до замкнених (відокремлених від моря) лиманів Хаджибей і Куяльник, що розташовані на узбережжі Чорного моря в районі м.Одеси. В роботі представлена практична схема розрахунків очікуваних об'ємів і максимальних рівнів води в лиманах в період весняного водопілля за методикою, що викладена в попередніх роботах [1-3].