

УДК 556.16"45".18

**Лобода Н.С., Божок Ю.В.**

*Одеський державний екологічний університет*

### **ВПЛИВ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН НА ВОДНІ РЕСУРСИ ПІВНІЧНО-ЗАХІДНОГО ПРИЧОРНОМОР'Я У СЦЕНАРНИХ УМОВАХ (ЗА RCP4.5 ТА RCP8.5)**

**Ключові слова:** водні ресурси, Північно-Західне Причорномор'я, глобальне потепління, сценарії зміни клімату, модель «клімат-стік».

**Вступ.** Територія Північно-Західного Причорномор'я знаходиться у зоні недостатнього зволоження і характеризується низьким стоком. Дефіцит водних ресурсів у межах Дунай – Дністер, Дністер – Південний Буг у багатьох випадках компенсується за рахунок використання стоку великих річок. За часів СРСР тут діяли потужні меліоративні системи, по яких виконувався перекид поверхневих вод. Багато малих та середніх річок були складовими цих систем. У теперішній час меліоративна мережа скоротилася, а створені з метою регулювання стоку водосховища та ставки перетворилися на штучні випарники, які замулюються і тривалий час пересихають. У останні два десятиріччя гідроекологічна ситуація досліджуваної території погіршилася через зміни клімату, які на території Північно-Західного Причорномор'я суттєво впливають на водність річок та водойм [9].

Зміст роботи відповідає напряму Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (ратифікована 29 жовтня 1996 року), Кіотського протоколу (ратифікований 4 лютого 2004 року), Регіональній програмі розвитку водного господарства Одеської області на період до 2021 року (затверджена рішенням Одеської обласної ради №882-VI від 18 вересня 2013 р.) та Регіональній програмі по збереженню та відновленню водних ресурсів у басейні Куяльницького лиману на 2012-2016 рр. (затверджена зі змінами рішенням Одеської обласної ради №1023-VI від 21 лютого 2014 р.).

Дослідження виконане в рамках НДР МОН України «Комплексне управління водними ресурсами басейну Куяльницького лиману та його гідроекологічним станом в умовах господарської діяльності і кліматичних змін» (№ д/р 0115U000631, термін 2015-2016 рр.) та «Оцінка кліматичних ризиків для галузей економіки України в умовах глобальних змін клімату» (№ держреєстрації 0113U000629, термін 2015-2016 рр.)

**Вихідні передумови.** Оцінки характеристик стоку річок Північно-Західного Причорномор'я за даними спостережень не є достовірними та надійними через їх недостатню тривалість та трансформацію водогосподарськими заходами. У минулі 25 років до антропогенних перетворень додалися зміни клімату [12]. У той же час приплив прісних вод від річок Північно-Західного Причорномор'я є важливою складовою водних балансів лиманів розглядуваної території [1]. Зміни водності річок в сучасних кліматичних умовах здатні впливати на гідрохімічний, гідробіологічний та гідроекологічний режими лиманів Одеської області й соціально-економічний стан прилеглих територій.

У метеорологічному відношенні територія Північно-Західного Причорномор'я вивчена набагато краще ніж у гідрологічному. Нестача необхідної гідрологічної

інформації може бути компенсованою математичним моделюванням характеристик стоку на основі використання метеорологічних даних та матеріалів про масштаби водоспоживання. У Одеському державному екологічному університеті під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Н.С. Лободи [2,5] було розроблено математичну модель, на вході якої використовуються кліматичні чинники формування стоку, визначені на основі даних спостережень у минулому чи за моделями розвитку глобального потепління у майбутньому, а на виході отримуються характеристики природного та побутового стоку у різних кліматичних умовах. Оскільки побудована в ОДЕКУ математична модель формування стоку базується на даних про клімат, вона отримала назву модель "клімат-стік". Модель вміщує до себе два блоки. Перший блок дозволяє виконувати оцінку природного річного стоку на основі метеорологічних даних, другий – оцінку побутового (перетвореного водогосподарською діяльністю) стоку. Теоретичною базою першого блоку моделі є рівняння водно-теплогового балансу водозбору, другого – рівняння водогосподарського балансу водозбору, представлене у стохастичній (ймовірнісній) формі. Модель розглядає ланцюг послідовностей формування стоку: «клімат → кліматичний стік → підстильна поверхня → природний стік → водогосподарські перетворення → побутовий стік». Таким чином, вивчається та моделюється робота водогосподарської системи, яка підлягає зовнішнім (кліматичним) та внутрішнім (водогосподарським) впливам й певним чином реагує на ці впливи.

Стік, визначений за рівнянням водно-теплогового балансу, відображає взаємодію ресурсів зволоження ( $X$ ) та тепла ( $E_m$ ) і може бути визначеним за даними сценаріїв зміни клімату [14]:

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

де  $Y'_K$  - 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;  $n$  – параметр, який інтегрує фізико-географічні умови формування стоку;  $(w_1 - w_2)'$  - зміна запасів води у ґрунті за розрахунковий період в умовах змін клімату, мм. Для багаторічного періоду  $(w_1 - w_2)' = 0$ .

Максимально можливе випаровування  $E_m$  розглядається як складова прибуткової частини теплового балансу підстильної поверхні [8]

$$LE_m = R^+ + P^+ + (B_1 - B_2), \quad (2)$$

де  $R^+$  - приходна частина радіаційного балансу;  $P^+$  - приходна складова турбулентного теплообміну або тепло, яке надходить 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, позначається як  $\Delta B$ );  $L$  - «приховане» тепло пароутворення.

Величина  $LE_m$  представляє граничні ресурси енергії, які забезпечують процес випаровування у визначених кліматичних умовах й називаються

«теплоенергетичними ресурсами клімату». У свою чергу  $E_m$  є «теплоенергетичним еквівалентом», тобто шаром води, який міг би випаритися з поверхні суші, якби на процес випаровування були витрачені усі теплоенергетичні ресурси клімату

$$E_m = \frac{R^+ + P^+ + (B_1 - B_2)}{L} . \quad (3)$$

Таким чином, теплоенергетичний еквівалент  $E_m$  - це величина, яка за своїм фізичним змістом близька до величини  $E_0$  - випаровуваності або максимально можливого випаровування, але на відміну від інших авторів, у інтерпретації В.С. Мезенцева вона набуває однозначного фізичного змісту.

Для масових розрахунків максимально можливого випаровування використовуються залежності від температур повітря, які є непрямим показником надходження сонячної радіації до підстильної поверхні. Для території України розроблені регіональні регресійні рівняння виду

$$\bar{E}_m = 0,224 \sum T_{>10} + 226, r = 0,91; \quad (4)$$

$$\bar{E}_m = 0,209 \sum T_{>0} + 179, r = 0,87; \quad (5)$$

$$\bar{E}_m = 13,3 \sum_{\substack{IX \\ V}} T_M - 307, r = 0,94, \quad (6)$$

$$\bar{E}_m = 6,98 \sum_{\substack{XI \\ IV}} T_M + 128, r = 0,91, \quad (7)$$

$$\bar{E}_m = 13,3 \sum_{\substack{IX \\ V}} T_M - 307, r = 0,94, \quad (8)$$

де  $\sum T_{>10}$  – сума добових температур повітря більше  $10^\circ C$ ;  $\sum T_{>0}$  – сума добових температур повітря більше  $0^\circ C$ ;  $\sum_{\substack{XI \\ IV}} T_M$  - сума середніх місячних температур повітря

з квітня по листопад;  $\sum_{\substack{IX \\ V}} T_M$  - сума середніх місячних температур повітря з травня по вересень;  $r$  – коефіцієнт кореляції.

Найчастіше для розрахунків залучається рівняння (8), оскільки воно має високий коефіцієнт кореляції та використовує середні місячні, а не добові температури повітря.

Середня багаторічна величина річного стоку ототожнюється із зональним стоком у природних умовах [3].

Зміни посушливості клімату можуть бути охарактеризовані за допомогою показника посушливості  $\beta_X$ , який представляє собою співвідношення між ресурсами вологи і тепла:

$$\beta_X = \frac{\bar{X}}{E_m}, \quad (9)$$

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.2(41)

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

Зміна співвідношення  $\beta_X$  у просторі може характеризувати ступінь зволоження (зволоженості) території [10]

$$\beta_X \geq 1,0 - \text{зона надмірного зволоження,} \quad (10)$$

$$0,8 < \beta_X < 1,0 - \text{зона достатнього зволоження,} \quad (11)$$

$$0,5 \leq \beta_X < 0,8 - \text{зона недостатнього зволоження,} \quad (12)$$

$$0,20 \leq \beta_X < 0,5 - \text{напіваридна зона,} \quad (13)$$

$$0,03 \leq \beta_X < 0,2 - \text{аридна зона,} \quad (14)$$

$$\beta_X < 0,03 - \text{гіпераридна зона.} \quad (15)$$

У 2013 р. Міжнародна робоча група з питань зміни клімату опублікувала П'яту «Спеціальну доповідь по сценаріях викидів» (СДСВ) [13]., в якій були представлені сценарії концентрацій парникових газів сімейства RCP (Representative Concentration Pathways – «характерні траєкторії змін концентрації»). Представлені сценарії задають безпосередньо зміну у часі середнього вмісту парникових газів в атмосфері Землі в залежності від передбачуваної динаміки викидів парникових газів та інших чинників, чим відрізняються від раніше досліджуваних сценаріїв (сценарні родини A1, A2, B1, B2), які враховували демографічні, економічні та науково-технічні фактори, а також зумовлені цими факторами викиди парникових газів. Чотири описані в доповіді траєкторії RCP2.6, RCP4.5, RCP6.0 та RCP8.5 базуються на розгляді різниці додатного та від'ємного випромінювання в системі Земля-атмосфера до кінця XXI сторіччя у порівнянні із допромисловим періодом, які становлять відповідно, 2.6, 4.5, 6.0, 8,5 Вт/м<sup>2</sup> для кожного сценарію [13].

Згідно із сценарієм RCP4.5 глобальні викиди парникових газів повинні почати зменшуватись після 2040 р. За сценарієм RCP8.5 викиди повинні зростати протягом усього XXI сторіччя [11]. Саме ці два сценарії – «помірний» RCP4.5 та «агресивний» RCP8.5 - були обрані авторами для розгляду.

**Метою** дослідження є оцінка можливих змін характеристик клімату та водних ресурсів Північно-Західного Причорномор'я за сценаріями глобального потепління RCP4.5 та RCP8.5 на основі моделі «клімат-стік».

**Виклад основного матеріалу.** Для дослідження змін посушливості, основних кліматичних чинників формування стоку та водних ресурсів на основі сценаріїв змін клімату RCP4.5 та RCP8.5 у межах території Північно-Західного Причорномор'я розглядалися 10 точок-вузлів координатної сітки, які відповідають географічному положенню метеорологічних станцій Вознесенськ, Первомайськ, Баштанка, Миколаїв, Затишшя, Любашівка, Одеса, Сарата, Ізмаїл. Гідрометеорологічні характеристики, отримані в результаті застосування моделі за період 2011- 2050 рр., порівнювалися порівнювався із відповідними характеристиками базового періоду (до 1989 р.). Саме 1989 р. за даними В.В. Гребіня [4] став «переламним» роком, починаючи з якого зміни температурного режиму на території України набули значущості.

Аналіз змін посушливості клімату, виконаний за допомогою показника посушливості  $\beta_X$ , дозволив зробити висновки про поширення напіваридної зони на північ. До 1989 року ізолінія  $\beta_X=0,5$ , яка розглядається як межа між зоною недостатнього зволоження та напіваридною зоною, проходила майже по узбережжю

Чорного моря (рис.1). За період 2011-2050 рр. вона “піднялася” до північних частин лиманів (рис.2). При розгляді розподілу  $\beta_X$  для сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 можна зробити висновок, що процес поступового переміщення степової зони в лісостеп продовжується, а в степу будуть спостерігатися кліматичні умови напівпустель  $\beta_X < 0,5$ . Це може призвести до катастрофічних наслідків, оскільки екосистеми Північно-Західного Причорномор’я не встигнуть адаптуватися до різких і швидких змін клімату.

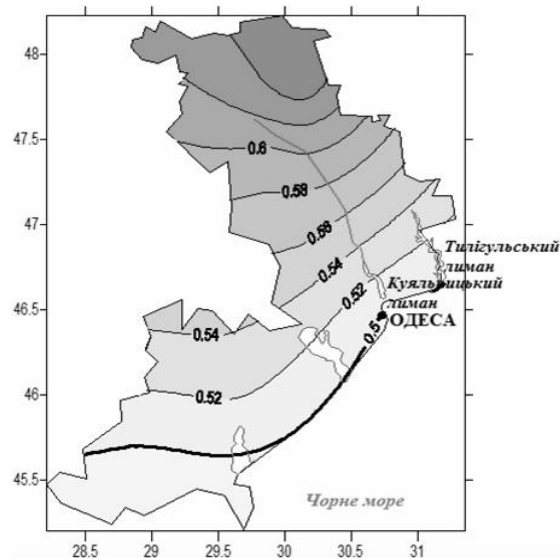


Рис. 1. Просторовий розподіл показника посушливості/зволоженості  $\beta_X$  на території Північно-Західного Причорномор’я за період до 1989 р.

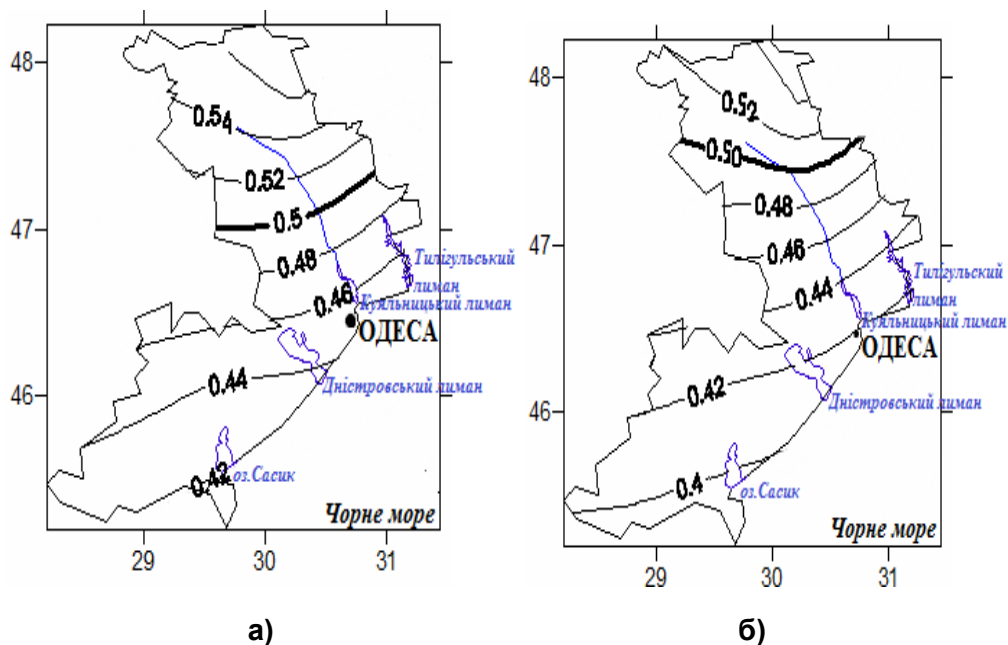


Рис. 2. Просторовий розподіл показника посушливості  $\beta_X$  за даними 2011-2050 рр. на території Північно-Західного Причорномор’я (а – за сценарієм RCP4.5, б – сценарієм за RCP8.5).

Для аналізу закономірностей коливань сум річних опадів та середніх річних температур повітря у XXI сторіччі був застосований метод різницевої інтегральної кривої. Згідно із цим методом період часу, для якого ділянка інтегральної кривої має похил вгору, відповідає додатній фазі коливань. Якщо ж ділянка кривої нахилена донизу, то це означає, що в відповідний розрахунковий період має місце від'ємна фаза коливань.

У коливаннях середніх річних температур повітря за сценарієм RCP4.5 виділяється перехід до додатної фази коливань у 2019 р. Додатна фаза продовжується до 2050 р., але накопичення додатних відхилень річних температур повітря від середнього арифметичного значення відбувається дуже повільно (рис. 3а). У сценарії RCP8.5 додатна фаза коливань температури починається з 2017 р., але до 2036 р. сума від'ємних відхилень практично дорівнює сумі додатних відхилень, через що різницева інтегральна крива практично не має похилу (рис.3б).

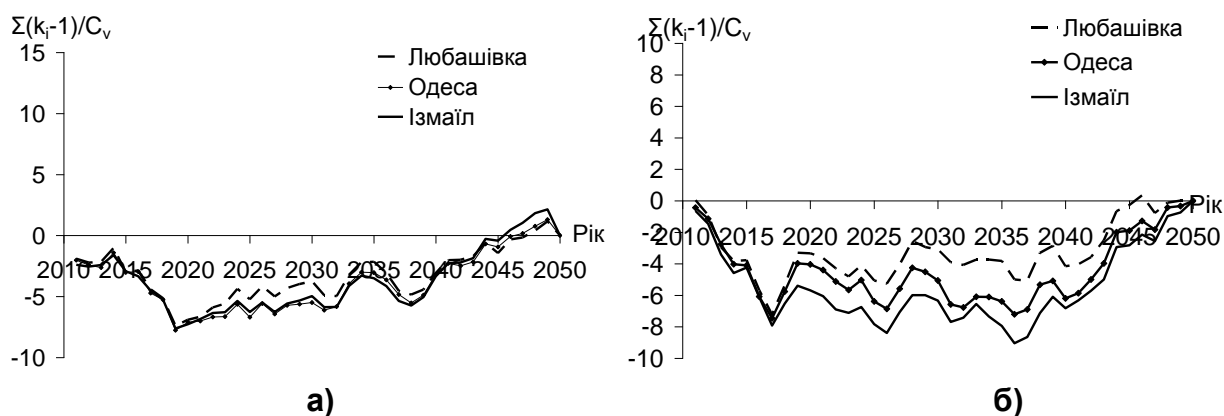


Рис. 3. Різницево-інтегральні криві середніх річних температур повітря на метеостанціях Північно-Західного Причорномор'я за сценарієм RCP4.5 (а) та RCP8.5 (б) за період 2011-2050 рр.

У багаторічних коливаннях опадів добре виділяється маловодна фаза, яка триває з 2020 по 2048 рр. за сценарієм RCP4.5 (рис.4а) та з 2017 по 2043рр. за сценарієм RCP8.5 (рис.4б). На фоні від'ємної фази формуються сплески зволоження у 30-ті роки XXI сторіччя. Співставлення різницевої інтегральної кривої середніх річних температур повітря та річних сум опадів, отриманих для двох розглядуваних сценаріїв по декільком метеостанціям Північно-Західного Причорномор'я дозволило зробити висновок про наявність синхронності у їх багаторічних коливаннях. Порівняння особливостей коливань опадів за рік, теплий та холодний періоди показало, що особливості річних коливань визначаються, насамперед, коливаннями опадів теплого періоду. Проте характер змін середніх річних температур повітря визначається температурами холодного періоду.

Згідно із результатами розрахунків за моделлю "клімат-стік" у період 2011-2050 рр. за сценарієм RCP4.5 очікується зменшення середніх багаторічних сум опадів на 13,0% (табл.1). Температури повітря зростатимуть, але дуже повільно. В результаті суттєвих змін максимально можливого випаровування не відбудеться, середнє відносне відхилення величин  $\bar{E}_m$ , розрахованих за сценарними даними для 2011-2050 рр., від значень  $\bar{E}_m$ , визначених до 1989 р. , буде вкрай незначним і становитиме лише  $\pm 1,4\%$  (табл.1).

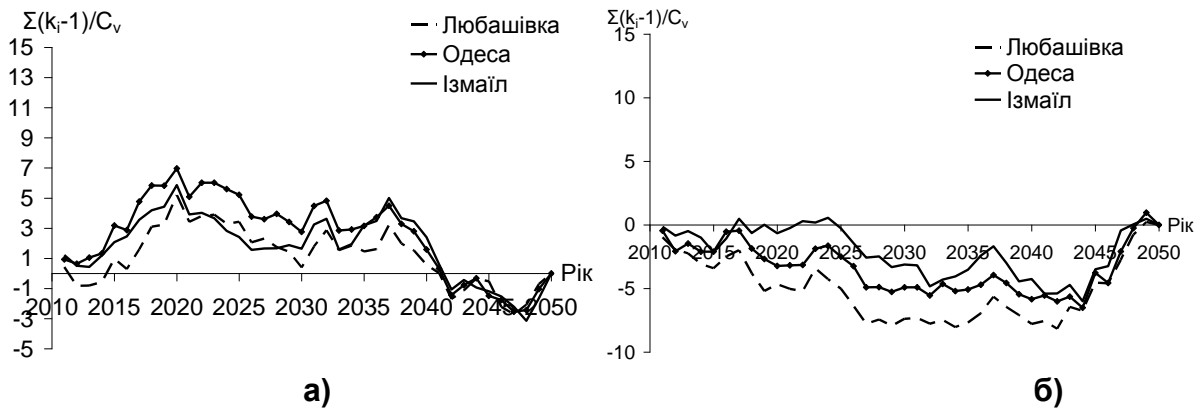


Рис. 4. Різницево-інтегральні криві середніх річних сум опадів на метеостанціях Північно-Західного Причорномор'я за сценарієм RCP4.5 (а) та RCP8.5 (б), 2011-2050 рр.

Таблиця 1. Зміни ресурсів вологи  $\bar{X}$  та тепла  $\bar{E}_m$  на території Північно-Західного Причорномор'я за сценарієм RCP4.5 у порівнянні із даними до 1989 р.

Метеостанція	Опади $\bar{X}$ , мм			Максимально можливе випаровування $\bar{E}_m$ , мм		
	до 1989 року	2011-2050 роки	$\delta$ , %	до 1989 року	2011-2050 роки	$\delta$ , %
Вознесенськ	507	451	-11	937	913	-2,6
Первомайськ	553	483	-12,7	895	867	-3,1
Баштанка	513	451	-12,1	926	927	0,1
Херсон	485	396	-18,4	1000	986	-1,4
Миколаїв	500	419	-16,2	990	960	-3
Затишшя	516	464	-10,1	896	886	-1,1
Любашівка	540	485	-10,2	869	860	-1
Одеса	476	430	-9,7	946	952	0,6
Сарата	482	413	-14,3	955	950	-0,5
Ізмаїл	495	420	-15,2	981	991	1
<b>сер.</b>	<b>507</b>	<b>441</b>	<b>-13,0</b>	<b>940</b>	<b>929</b>	<b>±1,4</b>

Сценарій RCP8.5 для території Північно-Західного Причорномор'я також прогнозує зменшення середніх багаторічних сум опадів на 16,2% (табл.2) при незначних змінах максимально можливого випаровування (у порівнянні із даними до 1989 р.). Особливістю розглянутих сценаріїв є дуже поступове зростання у часі температур повітря за холодний період.

У минулому сторіччі (до 1989 р.) норма річного кліматичного стоку змінювалася на території Одещини з 34 мм на північному заході до 14мм на південному сході [2].

У нових кліматичних умовах, які відповідають сценарним даним періоду 2011-2050 рр., очікується зменшення водних ресурсів, яке становитиме -37,4% для сценарію RCP4.5 та -48,6% для сценарію RCP8.5 (табл. 3), що пов'язано із прогнозованим за цими сценаріями зменшенням ресурсів зволоження.

Таблиця 2. Зміни ресурсів вологи  $\bar{X}$  та тепла  $\bar{E}_m$  на території Північно-Західного Причорномор'я за сценарієм RCP8.5 у порівнянні із даними до 1989 р.

Метеостанція	Опади $\bar{X}$ , мм			Максимально можливе випаровування $\bar{E}_m$ , мм		
	до 1989 р.	2011-2050 рр.	$\delta$ , %	до 1989 р.	2011-2050 рр.	$\delta$ , %
Вознесенськ	507	423	-16,6	937	931	-0,6
Первомайськ	553	469	-15,2	895	882	-1,5
Баштанка	513	434	-15,4	926	943	1,8
Херсон	485	397	-18,1	1000	1000	0
Миколаїв	500	402	-19,6	990	975	-1,5
Затишшя	516	439	-14,9	896	904	0,9
Любашівка	540	474	-12,2	869	877	0,9
Одеса	476	407	-14,5	946	970	2,5
Сарата	482	400	-17	955	970	1,6
Ізмаїл	495	402	-18,8	981	1014	3,4
<b>сер.</b>	<b>507</b>	<b>425</b>	<b>-16,2</b>	<b>940</b>	<b>947</b>	<b>±1,5</b>

Таблиця 3. Зміни водних ресурсів на території Північно-Західного Причорномор'я за сценаріями зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5 в різні часові інтервали

Метеостанція	Середні багаторічні значення кліматичного стоку, мм				
	до 1989 р.	за сценарієм RCP4.5		за сценарієм RCP8.5	
		2011- 2050 рр.	$\delta$ , %	2011-2050 рр.	$\delta$ , %
Вознесенськ	28	16,8	-40	12,5	-55,4
Первомайськ	40	25	-37,5	21,3	-46,8
Баштанка	26	16,1	-38,1	13,2	-49,2
Херсон	14	8,2	-41,4	7,9	-43,6
Миколаїв	17	11	-35,3	9	-47,1
Затишшя	29	20,3	-30	15,5	-46,6
Любашівка	37	25,8	-30,3	22,5	-39,2
Одеса	19	12,5	-34,2	9,6	-49,5
Сарата	19	10,7	-43,7	8,9	-53,2
Ізмаїл	18	10,1	-43,9	8,1	-55
<b>Середнє</b>	<b>23</b>	<b>14,8</b>	<b>-37,4</b>	<b>12,3</b>	<b>-48,6</b>

Просторовий розподіл ізоліній норм річного кліматичного стоку відображає суттєве зменшення діапазону змін водних ресурсів по території, який буде становити 24-10 мм для сценарію RCP4.5 та 20-6 мм для сценарію RCP8.5 (рис.5).

Слід зазначити, що із урахуванням впливу підстильної поверхні, дія якої проявляється на річках з нестійким підземним живленням у вигляді втрат стоку у пониженнях рельєфу, та водогосподарської діяльності, що посилює зменшення стоку в умовах змін клімату, зменшення водних ресурсів у 2011-2050рр. XXI сторіччя буде перевищувати 50%. За рекомендаціями ООН зменшення середнього багаторічного річного стоку більше ніж на 50% призводить до руйнування водних ресурсів, а більш ніж на 75% до незворотного їх руйнування. Отже, як і за попередніми сценаріями, у XXI сторіччі Північно-Західне Причорномор'я підпадає у область руйнування водних ресурсів.



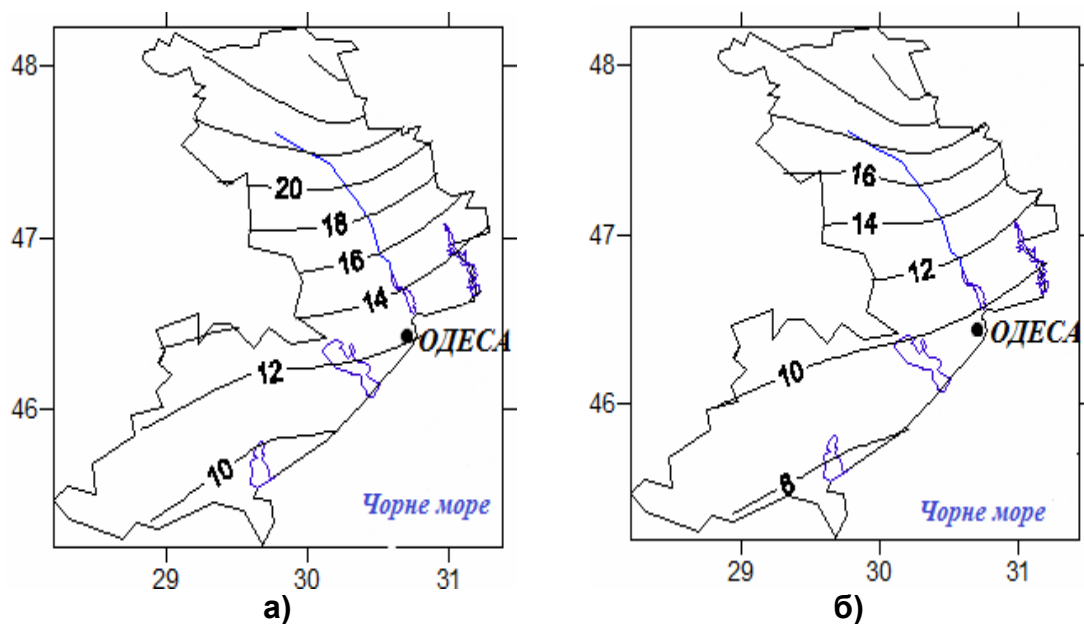


Рис. 5. Розподіл ізолій норм річного кліматичного стоку у період 2011-2050 рр. за даними сценарію RCP4.5 (а) та RCP8.5 (б)

**Висновки.** За отриманими розрахунками встановлено, що у Північно-Західному Причорномор'ї за даними сценаріїв RCP4.5 та RCP8.5 для періоду 2011-2050рр. умови формування водних ресурсів будуть погіршуватися через зменшення річної кількості опадів. Якщо у минулому сторіччі річна сума опадів змінювалася на досліджуваній території від 550 мм до 450 мм, то за сценарієм RCP4.5 ці зміни будуть знаходитися у діапазоні 485-396 мм, а за сценарієм RCP8.5 у діапазоні 474-397 мм. Теплоенергетичні ресурси клімату зростатимуть дуже повільно. Показано, що посушливість клімату буде зростати через зменшення ресурсів зволоження, що призведе до переходу до напіваридного клімату на південній території України. За різницевиими інтегральними кривими встановлено, що за обома сценаріями коливання опадів знаходитимуться у маловодній фазі до середини 30-х років поточного сторіччя. У 30-ті роки на фоні від'ємної фази можливі "сплески" зволоження. Надалі маловодна фаза коливань опадів буде продовжуватись.

Водні ресурси мають зменшитися у середньому за період 2011-2050 рр. на -37,4% за сценарієм RCP4.5 та на -48,6% за сценарієм RCP8.5. Отримані результати відрізняються від отриманих за сценарієм A1B (модель REMO) [6] і сценарієм A2 (модель RSA3) [7] тим, що зменшення водних ресурсів забезпечується зменшенням річних сум опадів, а не тільки температур повітря.

#### Список літератури

1. Актуальные проблемы лиманов северо-западного Причерноморья / Под ред. Ю.С. Тучковенко, Е.Д. Гопченко. – Одесса: ТЕС, 2012 – 224 с.
2. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – Киев: КНТ, 2005. – 188 с.
3. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплогового балансу // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2001. – Вип. 249. – С. 106-120.
4. Гребінь В.В. Сучасний водний режим річок України (ландшафтно-гідрологічний аналіз). – К.: Ніка-Центр, 2010. – 316 с.
5. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
6. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В. Вплив змін клімату на водні ресурси України у сучасних та

майбутніх умовах (за сценарієм глобального потепління А1В) // Український гідрометеорологічний журнал. – 2014. – Вип. 15. - С. 149-159. **7. Лобода Н.С., Сербова З.Ф., Божок Ю.В.** Оцінка впливу змін клімату на водні ресурси України на основі моделі «клімат-стік» за сценарієм глобального потепління А2 // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.1(36). – С. 8-17. **8. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В.** Увлажненность Западно-Сибирской равнины - Л.: Гидрометеиздат, 1969. – 75 с. **9.** Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / Під ред. Степаненко С.М., Польового А.М. – Одеса: Екологія, 2011. – 605 с. **10. Родда Дж.** Грани гідрології. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – Т.2. – 534 с. **11. Степаненко С.М.** Динаміка та моделювання клімату: підручник для студентів ВНЗ. – Одеса: Екологія, 2013. – 204 с. **12.** Степаненко С.М., Польовий А.М., Лобода Н.С. та ін. *Кліматичні зміни та їх вплив на сфери економіки України: колективна монографія.* – Одеса: ТЕС, 2015. – 520 с. **13.** IPCC, 2013: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 1535 pp **14. Loboda N.S.** The assessment of present and future Ukrainian water resources on meteorological evidence // Proceedings of The Second International Conference on Climate and Water. - vol.3. - Espoo, Finland: Edita Ltd, Helsingki. - 1998. - p.1486-1494.

**Вплив кліматичних змін на водні ресурси Північно-Західного Причорномор'я у сценарних умовах (за RCP4.5 та RCP8.5)**

**Лобода Н.С., Божок Ю.В.**

*Установлені основні тенденції зміни кліматичних чинників формування стоку та водних ресурсів Північно-Західного Причорномор'я на основі моделі «клімат-стік» у майбутньому з використанням сценаріїв глобальної зміни клімату RCP4.5 та RCP8.5. Показано, що до середини XXI сторіччя умови формування стоку річок будуть погіршуватися, що призведе до зменшення водних ресурсів на -37.4% за сценарієм RCP4.5, а за сценарієм RCP8.5 на -48.6%.*

**Ключові слова:** водні ресурси, Північно-Західне Причорномор'я, глобальне потепління, сценарії зміни клімату, модель «клімат-стік».

**Влияние климатических изменений на водные ресурсы Северо-Западного Причерноморья в сценарных условиях (по RCP4.5 и RCP8.5)**

**Лобода Н.С., Божок Ю.В.**

*Установлены основные тенденции изменения климатических факторов формирования стока и водных ресурсов Северо-Западного Причерноморья на основе модели «климат-сток» в будущем с использованием сценариев глобального изменения климата RCP4.5 и RCP8.5. Показано, что к середине XXI века условия формирования стока рек будут ухудшаться, что приведет к уменьшению водных ресурсов на -37.4% по сценарию RCP4.5, а по сценарию RCP8.5 – на -48.6%.*

**Ключевые слова:** водные ресурсы, Северо-Западное Причерноморье, глобальное потепление, сценарии изменения климата, модель «климат-сток».

**The impact of climate changes on water resources of the North-Western Black Sea Region in the scenario conditions (by RCP4.5 and RCP8.5)**

**Loboda N.S., Bozhok Y.V.**

*Data of climate change scenarios RCP8.5 and RCP4.5 (Representative Concentration Pathways) are used. They were proposed for consideration in the Fifth Report of Intergovernmental Panel on Climate Change in Geneva. Average long-term annual flow values using meteorological data (air temperature and precipitation) from the scenarios for the period 2011-2050 were calculated. Ten points (grid nodes) uniformly distributed on the territory of North-Western Black Sea Region were studied. The calculations were made based on the model "climate-runoff", developed in Odessa State Environmental University. As the inputs to the model climatic factors of the flow are used. They are defined on the basis of observations in the past or from models of global warming in the future. And the outputs are the characteristics of natural and domestic flow in different climatic conditions. Projection of changes in water resources was given by comparing the calculation results in the past (before 1989) and in the future (2011-2050).*

*By integral curves were established that fluctuations in precipitation will be in the dry phase to the middle 30s of the XXI century under both scenarios. In 30s "bursts" of moisture will be possible on the background*

**Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.2(41)**

of negative phase. Further dry phase of precipitation fluctuations will be continue.

The major trends in water resources of North-Western Black Sea Region were established. It is shown that by the middle of the XXI century conditions of river flow formation will be deteriorate. This will lead to decreasing of water resources up to -40% according to temperate scenario RCP4.5, and almost -50% according to more aggressive scenario RCP8.5.

Analysis of changes in the ratio of moisture and heat resources showed that climate aridity will be intensify and the insufficient moisture zone and the semiarid zone will be widen. The process of moving a forest-steppe zone could lead to catastrophic consequences, because ecosystems do not have time to adapt to the sudden and rapid changes in climate.

**Keywords:** water resources, North-Western Black Sea Region, global warming, climate change scenarios, the model "climate-runoff".

**Надійшла до редколегії 18.04.2016**

УДК 556.162

**Мірошніченко К.А., Чорноморець Ю. О.**

*Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

### **ВПЛИВ ЗМІН КЛІМАТУ НА ВОДНИЙ БАЛАНС ТА ДИНАМІКУ СТОКУ ВОДИ РІЧКИ ВОРСКЛА**

**Ключові слова:** Ворскла; водний баланс; шар опадів, стоку, сумарного випаровування; однорідність; багаторічні коливання.

**Вступ.** Клімат на нашій планеті змінюється і досить швидко. Останнім часом факт зміни клімату підтверджується збільшенням катастрофічних явищ – повеней, посух, вивержень вулканів, лісових пожеж, інверсій температури повітря тощо[1]. Через кліматичні зміни погодні умови стають більш жорсткими. **Посухи й повені** почастишали, їх руйнівний вплив збільшується, як і наслідки для економік різних країн [7]. На думку багатьох учених, якщо не вжити заходів, спрямованих на зменшення промислових викидів парникових газів, то у XXI ст. ефект потепління буде посилюватися [4]. Наслідки глобальної зміни клімату стають все більш відчутними і в Україні, де середня температура повітря зросла за останні п'ятдесят років у північно-східному і південно-східному регіонах на 2,7–2,8°C, а у північно-західному на 1,1–1,7°C [6]. Це вже призвело до певних змін у ритмі сезонних коливань природних систем.

В межах Рамкової конвенції ООН про зміни клімату, що відбулася у листопаді 2015 року в Парижі, презентували фінальний проект угоди щодо здійснення комплексу заходів для зниження їх негативних наслідків. Цей документ майже два тижні обговорювався делегатами з понад 190 країн. Глобальна мета попереджувальних заходів, що рекомендовані урядам країн-учасників – тримати потепління у рамках не більше 2°C і навіть зменшити цю планку до 1,5°C[5].

**Вихідні передумови.** На сьогоднішній день існує значна кількість наукових досліджень сучасних коливань водного стоку річок, обумовлених змінами клімату. У багатьох роботах вказується на те, що зміни клімату безпосередньо впливають на водний режим річок і призводять до порушення стаціонарності рядів спостережень. Так, на початку 90-х років ХХ сторіччя з'явилися публікації російських авторів: І. А. Шикломанова, В. І. Бабкіна, В. Ю. Георгієвського стосовно змін гідрологічного режиму водних об'єктів під впливом змін клімату. В Україні вплив сучасних змін клімату на водний режим річок досліджували такі вчені як Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., Войцехович В.О., Вишневський В.І., Гребінь В.В., Лук'янець О.І, Балабух В.О., Сніжко С.І., Струтинська В.М., Василенко Є.В. та ін. У роботі Гребеня В.В. [3]

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т.2(41)