

УДК 556.16

І.О. Шахман, к. геогр. н.

Херсонський гідрометеорологічний технікум ОДЕКУ

Н.С. Лобода, д. геогр. н.

Одеський державний екологічний університет

ОБГРУНТУВАННЯ СТРАТЕГІЇ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ЗАХОДІВ НА ТЕРИТОРІЇ НИЖНЬОГО ПОДНІПРОВ'Я В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ

Пропонуються рекомендації щодо стратегії розвитку і масштабів водогосподарських перетворень в умовах глобального потепління (за сценаріями ВМО).

Ключові слова: сценарії глобального потепління, водогосподарські перетворення, управління водними ресурсами.

Вступ. Спрямовуючи свою діяльність на зміну природи, людство досягло вражаючих результатів: так, мільйони гектарів неродючої землі перетворені на сільськогосподарські поля і квітучі сади. Гнилі болотисті території, які були джерелом малярійних захворювань, осушені та перетворені на культурні землі. Людина суттєво змінила на краще сотні порід тварин та тисячі сортів рослин, створила чудові ландшафти. Така діяльність, безумовно, сприяє економічному розвитку суспільства. Але, вторгаючись за допомогою сучасної техніки в природні процеси, людина нерідко порушує закономірності їх походження, своєю діяльністю спричиняє небажані для неї самої зміни в природі. Внаслідок таких змін значно зменшилися площі лісів, зникло багато видів тварин, збільшилися площі зруйнованих земель, почався процес антропогенного забруднення води, повітря, ґрунту, стала різко скорочуватися кількість багатьох видів природних ресурсів.

Таким чином, природне середовище почало змінюватися в негативному для суспільства напрямі, внаслідок чого виникла реальна загроза його кризи.

Стан проблеми. Екологічна проблема номер один в світі – глобальне потепління – процес поступового збільшення середньорічної температури приземного шару атмосфери Землі та Світового океану внаслідок різноманітних причин (збільшення концентрації парникових газів в атмосфері Землі, змінення сонячної або вулканічної активності тощо). Вперше про глобальне потепління та парниковий ефект заговорили в 60-і роки минулого століття, а на рівні ООН проблему глобального змінення клімату вперше озвучили в 1980 році. Існуючі технології дозволяють достовірно судити про кліматичні зміни. З 1979 року почалося швидке підвищення температури поверхневого шару Землі, яке спричинило чергове прискорення танення льодовиків Арктики, Антарктики та підвищення зимових температур в помірних широтах. В цілому за останні 100 років середня температура приземного шару атмосфери підвищилася на 0,3–0,8 °С, площа снігового покриву в північній півкулі зменшилася на 8%, а рівень Світового океану підвищився в середньому на 10–20 сантиметрів [10]. Всі ці факти спричинюють певне занепокоєння. Дотепер вчені зі 100% впевненістю не можуть сказати, що визиває кліматичні зміни. Серед причин глобального потепління висувається безліч теорій та припущень. Цілком ймовірно, що глобальне потепління, яке має нині місце, є результатом дії багатьох чинників [10]. Але якою б не була причина виникнення глобального потепління, безперечно можна стверджувати, що в сучасних умовах змінення клімату інтенсифікація антропогенної діяльності призведе до зміни всіх природних ресурсів, в тому числі й водних.

Метою роботи є оцінка водогосподарського впливу на характеристики річного стоку річок Нижнього Подніпров'я на основі моделі “клімат – стік” (Є.Д. Гопченко,

Н.С. Лобода, 1998) та імітаційного стохастичного моделювання побутового стоку (Н.С. Лобода, 2005) в умовах глобального потепління (за сценаріями ВМО).

Матеріали та методи досліджень. На цей час у світі існує значна кількість моделей змін глобального клімату [2, 8]. При розробці регіональних сценаріїв глобального потепління частіше використовують моделі загальної циркуляції атмосфери та детерміністичні (палеокліматичні) моделі. Обидва ці підходи мають свої обмеження. При сучасному стані розвитку моделей атмосферної циркуляції вони не забезпечують надійних прогнозів регіонального клімату. Аналоги клімату майбутнього, які базуються на його змінах в минулому, також не є достатньо обґрунтованими для прийняття рішень, оскільки немає достатнього розуміння клімату в минулому. Прогнозовані за моделями зміни метеорологічних характеристик називають "сценаріями".

Згідно з рекомендаціями ООН щодо водних ресурсів, антропогенне навантаження, яке не перевищує 10 % межі зниження стоку, не порушує природних процесів самовідновлення водних систем. Перевищення 70 % межі зниження стоку призведе до корінного зруйнування водних систем і заміни їх якісно новими системами [1].

Під керівництвом Гопченка Є.Д. та Лободи Н.С. [1, 2] на кафедрі гідрології суші ОДЕКУ були застосовані до території України альтернативні сценарії глобального потепління, рекомендовані другою робочою групою на Другій Всесвітній Кліматичній конференції (1990 р.). Особливість розглянутих сценаріїв полягає в тому, що прогнозні дані для північної частини України, розташованої вище 50° півн.ш., та для іншої частини її території, яка належить до Південної Європи (табл. 1), суттєво різняться. Найбільш яскраво ця різниця проявляється в прогнозах змін опадів теплого періоду в сценарії 3, де вище 50° півн.ш. опади за липень – серпень повинні збільшитися на 25 %, а нижче 50° півн.ш. – зменшитися на 31 %.

Таблиця 1 – Прогноз змін кліматичних характеристик (опадів і температур повітря) (Женева, 1990 р.)

Регіон	Сценарій	Змінення температур, ° С		Змінення опадів, %	
		грудень– лютий	червень– серпень	грудень– лютий	червень– серпень
Захід колишнього СРСР, $50-60^{\circ}$ півн.ш., $30-60^{\circ}$ сх.д.	1	6,8	3,1	30	-1
	2	4,3	5,0	20	15
	3	7,3	4,5	32	25
Південна Європа $35-50^{\circ}$ півн.ш., $10-45^{\circ}$ сх.д.	1	4,1	4,7	12	-26
	2	4,1	4,7	17	-7
	3	4,7	5,3	-5	-31

Сценарії, розглянуті в ОДЕКУ, представляють сценарій 1 (GFDL – модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США, чутливість до подвоєння CO_2 – 4° С, рік розрахунків – 1989), сценарій 2 (CCSM – модель Канадського кліматичного центру,

чутливість до подвоєння $CO_2 - 3,5^\circ C$, рік розрахунків – 1989), сценарій 3 (УКМО – модель Метеорологічного бюро Об'єднаного Королівства, чутливість до подвоєння $CO_2 - 3,5^\circ C$, рік розрахунків – 1989).

Для того, щоб уникнути розриву безперервності в просторових розподілах складових водно-теплого балансу, величини поправок і поправкових коефіцієнтів, що прогнозувалися за сценаріями, були спочатку віднесені до центрів виділених в сценаріях територій, а потім проводилася інтерполяція в залежності від географічних координат метеостанцій з використанням інтерполяційних методів [1].

Пізніше ці, а також інші сценарії були розглянуті й адаптовані для території України іншими авторами [4].

Результати досліджень та їх аналіз. На основі стохастичного моделювання річного побутового стоку [2] були проведені імітаційні експерименти при різних поєднаннях кліматичних та водогосподарських умов. В результаті імітаційного моделювання отримані функції відгуку водогосподарських систем на різні види водогосподарської діяльності. Ці функції представляють собою аналітичні залежності статистичних параметрів річного стоку від водності та масштабів водогосподарської діяльності. Характеристикою водності є норма кліматичного стоку \bar{Y}_K , яка розрахована за метеорологічними даними з використанням рівняння водно-теплого балансу [3, 5]. Показниками масштабів водогосподарської діяльності є f_{3p} – сумарна площа масивів, що зрошуються, виражена в частках від загальної площі водозбору F ; η – коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи; $v_0 = \frac{w_0}{w_{HB}}$ – відносна зволоженість

грунту w_0 , виражена в частках від найменшої польової вологомісткості w_{HB} , при якій відбувається оптимальний розвиток рослин, і яка змінюється в залежності від виду переважаючих на водозборі сільськогосподарських культур; ξ – коефіцієнт, який визначає частку ґрунтових вод, що надходять при зрошуванні в поверхневі водотоки (він залежить від місцезнаходження зрошуваних масивів відносно водоприймача, а також наявності або відсутності гідрографічного зв'язку зони зрошування з річкою, що розглядається).

Для оптимального процесу управління водними ресурсами функції відгуку представлені у вигляді залежностей коефіцієнтів антропогенного впливу від чинників кліматичних умов та масштабів водогосподарських перетворень. Загальний вигляд цих коефіцієнтів такий

$$K_A = \frac{A_{II}}{A},$$

де K_A – коефіцієнт впливу господарської діяльності на статистичний параметр A ; A_{II} – значення параметра побутового стоку при заданому рівні антропогенного впливу, який, перш за все, характеризується показником f ; A – значення будь-якого статистичного параметра річного стоку в природних умовах формування, коли $f = 0$.

Одержані залежності статистичних параметрів річного стоку від характеристик загальної зволоженості водозборів, які надані у вигляді норми кліматичного стоку, й кількісних показників ступеня антропогенного навантаження на водозбори (площі водної поверхні штучних водойм f_B , площі зрошуваних земель $f_{3p.m}$ за рахунок місцевого стоку або річки-донора $f_{3p.d}$) дозволяють оцінювати наслідки

водогосподарських перетворень на водозборах не тільки на даний момент, але й в майбутньому. Наприклад, якщо задатися нормами кліматичного стоку, можна визначити, при яких значеннях f_B або f_{3p} зниження водних ресурсів буде досягати тих чи інших границь (табл. 2, 3).

За підсумками розрахунків, існуючі середньостатистичні показники антропогенного навантаження на водозбори річок Нижнього Подніпров'я ($f_B \leq 1,0 \%$, $f_{3p.m} \leq 4,0 \%$, $f_{3p.d} \leq 0,22 \%$ за умови, що $\bar{Y}_k = 10 - 40$ мм) зумовлюють значуще зниження норм річного стоку ($>10 \%$), але вони далекі від критичних значень, які призводять до повного руйнування гідрологічної системи.

Таблиця 2 – Граничнодопустимі значення площ водної поверхні штучних водойм у вихідних кліматичних умовах

Норма кліматичного стоку \bar{Y}_k , мм	Відносні площі водної поверхні штучних водойм f_B (%), які забезпечують зниження водних ресурсів на		
	10 %	50 %	70 %
40	0,8	5,5	9,5
30	0,7	4,8	8,3
20	0,6	3,9	6,9
10	0,4	2,8	4,8

Таблиця 3 – Граничнодопустимі значення площ водної поверхні сільськогосподарських масивів, зрошуваних за рахунок місцевого стоку, в вихідних кліматичних умовах (при $v_0 = 0,9$)

Норма кліматичного стоку \bar{Y}_k , мм	Відносні площі поверхні сільськогосподарських масивів $f_{3p.m}$ (%), які забезпечують зниження водних ресурсів на		
	10 %	50 %	70 %
40	0,8	7,4	10,9
30	0,5	5,9	8,7
20	0,2	4,9	6,7
10	0,1	3,9	6,4

Для водозбору р. Інгулець – м. Кривий Ріг значення коефіцієнтів антропогенного впливу на норму стоку, які відповідають сучасному рівню господарського навантаження, такі: при оцінці втрат на додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм $K'_{\bar{Y}} = 0,91$, заборів води на зрошення за рахунок місцевого стоку $K_{\bar{Y}} = 0,76$ і при наявності зворотних вод $K''_{\bar{Y}} = 1,03$. Коефіцієнт сумарного антропогенного впливу дорівнює 0,70, тобто загальне зниження стоку становить 30 %. При цьому $K_{C_v} = 1,22$, а $K_{C_s} = 1,22$. В результаті стік років малої забезпеченості ($P = 75 \%$) зменшується на 41 %.

Разом із зниженням водних ресурсів в результаті глобального потепління будуть зменшуватися і допустимі рівні господарського освоєння території. Так, при зниженні норм кліматичного стоку на 50 % (за сценарієм 1) при розвитку глобального потепління критично-руйнівні значення площ водної поверхні штучних водойм f_B й поверхні сільськогосподарських масивів $f_{зр.м}$ також суттєво знизяться (табл. 4, 5).

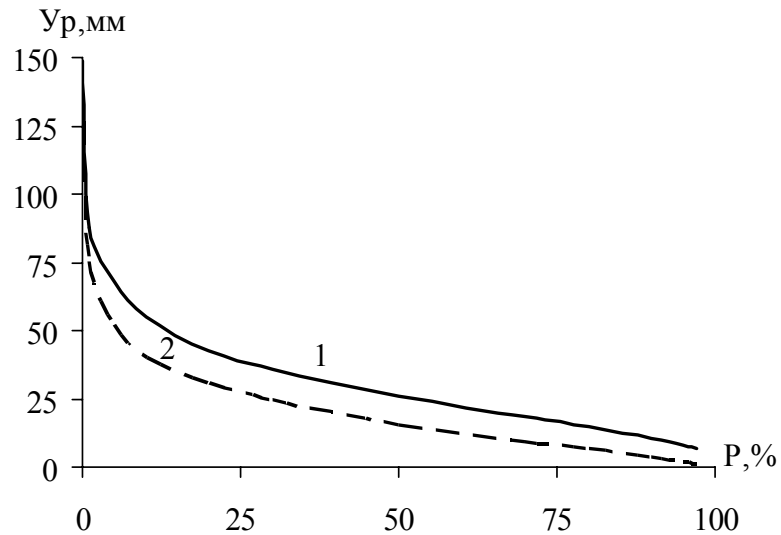
Необхідно відзначити, що господарська діяльність впливає не тільки на середнє значення, а й на коефіцієнти варіації й асиметрії річного стоку. При розширенні масштабів водогосподарського освоєння території зростає багаторічна нерівномірність розподілу стоку і його асиметричність, що призводить до суттєвого зниження стоку маловодних років. Так, при зниженні норм річного стоку на 35 % (сценарій 3) стік більшості річок Нижнього Подніпров'я з вихідним значенням кліматичного стоку $\bar{Y}_k = 30$ мм суттєво зменшиться (рис. 1, табл. 6).

Таблиця 4 – Зміни граничнодопустимих значень площ водної поверхні штучних водойм в умовах глобального потепління

Норма кліматичного стоку \bar{Y}_k , мм	Критичні відносні площі водної поверхні штучних водойм f_B (%), які забезпечують			
	суттєві зміни (10 %) $K_Y = 0,7$		безповоротні зміни (70 %) $K_Y = 0,3$	
	вихідні умови	сценарій 1	вихідні умови	сценарій 1
40	0,80	0,59	9,6	6,8
30	0,72	0,51	8,3	5,9
20	0,59	0,42	6,8	4,9
10	0,42	0,30	4,9	3,5

Таблиця 5 – Зміни граничнодопустимих значень площ сільськогосподарських масивів, зрошуваних за рахунок місцевого стоку, в умовах глобального потепління (при $v_0 = 0,9$, $\eta = 1,0$)

Норма кліматичного стоку \bar{Y}_k , мм	Критичні відносні площі зрошення $f_{зр.м}$ (%), які забезпечують			
	суттєві зміни (10 %)		безповоротні зміни (70 %)	
	вихідні умови	сценарій 1	вихідні умови	сценарій 1
40	1,4	0,10	16,1	9,1
30	1,1	0,09	12,0	8,2
20	0,10	0,08	9,1	7,4



1 – природний (непорушений господарською діяльністю) стік; 2 – стік в умовах глобального потепління (сумісний вплив: штучні водойми, зрошення за рахунок місцевого стоку та річок-донорів) (сценарій 3)

Вихідні параметри: $Y = 30$ мм; $C_v = 0,6$; $C_s = 2,2C$

Рис. 1 – Криві забезпеченості величин річного стоку.

Таблиця 6 – Зміни значень коефіцієнтів антропогенного впливу в умовах глобального потепління за сценарієм 3 (вихідні умови: $\bar{Y}_K = 30$ мм; сучасні види антропогенного навантаження при $v_0 = 0,9$, $\xi = 1,0$, $\eta = 1,0$)

Вид антропогенного впливу	Фактичні відносні площі, %	Коефіцієнти антропогенного впливу в сучасних умовах на:			Коефіцієнти антропогенного впливу в умовах глобального потепління на:		
		норму річного стоку	коефіцієнт варіації річного стоку	коефіцієнт асиметричності річного стоку	норму річного стоку	коефіцієнт варіації річного стоку	коефіцієнт асиметричності річного стоку
наявність штучних водойм	0,72	0,90	1,08	1,06	0,88	1,11	1,08
зрошення земель за рахунок місцевого стоку	1,55	0,82	1,07	1,04	0,73	1,25	1,11
зрошення земель за рахунок річок-донорів	0,20	1,03	1,00	1,05	1,05	1,00	1,06
сумарний вплив	2,48	0,75	1,15	1,15	0,66	1,36	1,25

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Глобальні кліматичні зміни досить складні, тому сучасна наука не може дати однозначну відповідь, що нас очікує в майбутньому. Існує велика кількість сценаріїв розвитку ситуації. На думку науковців [1, 4, 6, 7, 8, 9], внаслідок глобального потепління клімат на території півдня України стане більш сухим і теплим, з теплою і вологою зимою. Тому вже сьогодні необхідне створення водогосподарських комплексів, які забезпечать раціональне використання, збереження та відновлення водних ресурсів Нижнього Подніпров'я.

Світовий досвід показує, що витрати на прогнозування та попередження катастроф на 1–2 порядки нижче, ніж витрати на ліквідацію або послаблення наслідків стихійних лих, які вже відбулися. Необхідно розробляти заходи щодо рекомендацій, які можна одержати за допомогою математичних моделей. Використовуючи системний аналіз, комп'ютерне моделювання, вдається глибше дослідити механізм утворення стоку в рамках водогосподарських перетворень та запропонувати нові методи прогнозування і моніторингу, виробити правдоподібні сценарії можливого розвитку наслідків впливу господарської діяльності людини на стан водних ресурсів у відповідності з планами економічного розвитку регіонів. Можливість передбачення впливу зрошування на річний стік забезпечить оперативний і довгостроковий контроль за станом водних ресурсів на територіях з розвинутою водогосподарською та меліоративною діяльністю.

Одержані результати рекомендуються до використання при розробці стратегії управління водними ресурсами Нижнього Подніпров'я гідрометеорологічними, природоохоронними установами та підприємствами водного господарства України.

Список літератури

1. *Гопченко Е.Д.* Водные ресурсы Северо-Западного Причерноморья (в естественных и нарушенных антропогенной деятельностью условиях): Монография / Е.Д. Гопченко, Н.С. Лобода – К.: КНТ, 2005. – 192 с.
2. *Лобода Н.С.* Расчёты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния / Лобода Н.С. – Одесса: Экология, 2005. – 208 с.
3. *Лобода Н.С.* Функції відклику водогосподарських систем Нижнього Подніпров'я на зрошення сільськогосподарських масивів водами Дніпра / Н.С. Лобода, І.О. Шахман // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2006. – Вип. 3. – С. 175–181.
4. *Україна та глобальний парниковий ефект* / Букша І.Ф., Гожик П.Ф., Ємельянова Ж.Л. та ін. / За ред. В.В. Васильченка. – К.: Агентство з раціонального використання енергії та екології, 1998. – 208 с. – (Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до клімату).
5. *Шахман І.О.* Водні ресурси Нижнього Подніпров'я в умовах зрошувального землеробства // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – № 50, ч. 2. – С. 102–107.
6. *Elin Widen* Global water balance modeling with WASMOD-M: Parameter estimation and regionalization / Elin Widen, Sven Halldin and Chong-yu Xu // Journal of Hydrology, 2007. – Vol. 340, Is 1–2. – P. 105–118.
7. *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. – Espoo, Finland: Edita Ltd, Helsinki, 1998. – Vol. 3. – P. 1486–1494.
8. *Loboda N.S.* Ecological Effect of changes in Hydrosphere state: Analysis of interaction of the climatic factors and annual runoff with empirical orthogonal functions and memories matrices methods // Ecology of Siberia, the Far East and the Arctic. – 2001. – Vol. 1. – P. 79–83.
9. *Strategies for Adaptation to Sea-Level Rise* Report of the Coastal Zone Management Sub-group, Intergovernmental Panel on Climate Change, Response Strategies Working Group. – Rijkswaterstaat: IPCC, 1990. – 122 p.
10. <http://www.priroda.su/item/389>

Обоснование стратегии водохозяйственных мероприятий на территории Нижнего Поднепровья в условиях глобального потепления. Шахман И.А., Лобода Н.С.

Предложены рекомендации по стратегии развития масштабов водохозяйственных преобразований в условиях глобального потепления (по сценариям ВМО). Ключевые слова: сценарии глобального потепления, водохозяйственные преобразования, управление водными ресурсами.

Substantiation of strategy of development of water-economic scales transformations on the territory of Low Podneproviya under conditions of global warming-up. Shakhman I.A, Loboda N.S.

The recommendations of strategy of development of scales of global warming-up by WMO scenarios are presented. Keywords: scenarios global of warming-up, water-economic transformations, operation of water resources.