

УДК

**Н.С. Лобода, проф., д.г.н., Н.Д. Отченаш, асп.**

*Одеський державний екологічний університет*

## **ВПЛИВ ВОДОСПОЖИВАННЯ ВОДИ НАСЕЛЕННЯМ НА СТАН ВОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ В УМОВАХ ЗМІН ГЛОБАЛЬНОГО КЛІМАТУ**

*Оцінений стан водних ресурсів України при заборах води на потреби населення в умовах зміни глобального клімату, який базується на застосуванні методу водно-теплогового балансу та стохастичної моделі побутового стоку.*

**Ключові слова:** *сценарії глобального потепління, водоспоживання води населенням, стохастичне моделювання*

**Вступ.** У наш час кожна п'ята людина не має доступу до безпечної питної води, яка складає саму елементарну людську потребу. В той же час зростаючі потреби у воді, пов'язані із задоволенням потреб комунально-побутового господарства та інших конкуруючих потреб, приводять до все більш інтенсивного використання водних ресурсів. Сучасний світ зіткнувся з проблемою обмеженості та виснаження водних ресурсів, руйнування екосистем, збільшення чисельності населення планети і т.д. На Всесвітньому самміті по стійкому розвитку планети Земля (Йоганнесбург, 2002) водним ресурсам відведена одна з центральних ролей у області розвитку всіх держав. Незалежно від причин, через які виникли зміни клімату, актуальною стала проблема розробки нових методів розрахунку характеристик водних ресурсів, які дозволяють враховувати зміни клімату при оцінці та передбаченні стану водних ресурсів досліджуваних територій.

Головна проблема, яка виникає при оцінці впливу змін клімату на стан водних ресурсів, полягає у пристосуванні сценаріїв змін глобального клімату до регіональних потреб. Проблема антропогенного потепління клімату була розглянута на Другій Всесвітній кліматичній конференції у 1990 році у Женеві (Швейцарія), а у червні 1992 року на конференції ООН з навколишнього середовища було підписано Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату. Верховна рада ратифікувала Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату 25 жовтня 1996 р.

Дослідження впливу змін клімату на водні ресурси України за сценаріями МЗЦ (моделей загальної циркуляції), рекомендованими Рамковою конвенцією ООН виконувалися на базі Одеського державного екологічного університету [1] та в Українському науково-дослідному гідрометеорологічному інституті й Національній академії наук України [2].

В Одеському державному екологічному університеті роботи по передбаченню стану водних ресурсів України в умовах глобального потепління почалися відразу ж після кліматичної конференції у Женеві, де другою робочою групою були рекомендовані три альтернативні сценарії змін глобального клімату. В альтернативних сценаріях прогноз змін температур та опадів був виконаний для певних часових інтервалів: грудень-лютий, червень-серпень. У зв'язку з цим для переходу до холодного чи теплого періоду року, або до яких-небудь інших розрахункових періодів використовувалися емпіричні, здебільшого апроксимовані лінійними залежностями, зв'язки, отримані за матеріалами минулих років. Особливістю запропонованих сценаріїв глобального потепління, полягали також у тому, що прогнознi дані для північної частини України, розташованої вище 50° північної широти істотно відрізняються від частини, розташованої нижче. Найбільш яскраво ця різниця проявляється при використанні сценарних прогнозів змін опадів. Так, для теплого періоду в сценарії 3 для території, що знаходиться вище 50° п.ш., опади за червень - серпень повинні збільшитися на 25%,

а нижче 50° п.ш. - зменшитися на 31% . Щоб уникнути появи розриву безперервності в просторових розподілах метеорологічних характеристик, величини прогнозованих за сценаріями змін температур повітря та поправочних коефіцієнтів до опадів були спочатку віднесені до центрів виділених у глобальних сценаріях територій, а потім інтерполювалися в залежності від географічних координат метеостанцій з використанням інтерполяційних методів [1].

До визначення водних ресурсів в умовах змін глобального клімату було залучено модель «клімат-стік», розроблену в ОДЕКУ на кафедрі гідрології суші під керівництвом проф. Є.Д. Гопченка та проф. Н.С. Лободи для розрахунків характеристик річного природного стоку України при нестачі даних спостережень або значним їх перетворенням водогосподарськими заходами [3]. В результаті був оцінений стан водних ресурсів України в залежності від кліматичних умов. Отримані результати по передбаченню стану водних ресурсів України в умовах глобального потепління докладалися вже у 1998 р. на Другій всесвітній конференції «Клімат та вода» (Фінляндія) [4].

Було досліджено чутливість кліматичного стоку, розрахованого за рівнянням водно-теплового балансу, до змін метеорологічних характеристик. На основі числових експериментів встановлено, що зміна норм кліматичного стоку стає значущою при зміні річних опадів на  $\pm 3,5\%$  за рік або при зміні сум середньомісячних температур повітря за період червень-серпень на  $\pm 2,5^\circ \text{C}$  . Передбачувані зміни метеорологічних характеристик, наведені в альтернативних сценаріях змін клімату, перевищують зазначені межі й, отже, згідно із сценаріями ВМО водні ресурси України можуть досить суттєво реагувати на зміни регіонального клімату [5].

Оцінені характеристики зонального стоку за кліматичними сценаріями були використані на вході в імітаційну стохастичну модель побутового річного стоку для оцінювання та передбачення стану водних ресурсів різних регіонів України з урахуванням водогосподарської діяльності, наслідки впливу якої також визначаються кліматичними факторами (зрошення, осушення, додаткове випаровування з водної поверхні, перекид стоку) [6].

Метою даної роботи є оцінка наслідків водоспоживання води населенням у різних кліматичних зонах України за трьома альтернативними сценаріями ВМО.

**Об'єкти та вихідні матеріали дослідження.** Об'єктом дослідження є водні ресурси України та водоспоживання води населенням. На вході в імітаційну стохастичну модель використані статистичні параметри так званого «кліматичного» або зонального річного стоку різних природних зон України, визначені за матеріалами трьох альтернативних сценаріїв глобального потепління. Кліматичний стік та його статистичні параметри характеризують «зовнішній» антропогенний вплив на водні ресурси водозборів. Чинниками «внутрішнього» антропогенного впливу на водні ресурси є такі показники водогосподарських перетворень як величини водоспоживання води населенням та кількість населення.

**Методами дослідження** є метод водно-теплового балансу водозбору у редакції В.С. Мезенцева [7], розвинутий для території України Є.Д. Гопченком та Н.С. Лободою [1,2], метод імітаційного стохастичного моделювання річного побутового стоку, запропонований Н.С.Лободою [6].

Визначення середніх багаторічних величин річного стоку у нових кліматичних умовах відбувалося на основі рівняння водно-теплового балансу за багаторічний період, кліматичні складові якого коректувалися згідно з даними сценаріїв таким чином [6]

$$\bar{Y}'_K = (\bar{X} \pm \Delta\bar{X}) - \bar{E}_m(T + \Delta T) \left[ 1 + \left( \frac{\bar{X} \pm \Delta\bar{X}}{\bar{E}_m(T + \Delta T)} \right)^{-n} \right]^{-\frac{1}{n}}, \quad (1)$$

де  $\bar{Y}'_K$  - норма річного стоку в змінених кліматичних умовах, розрахованого за метеорологічними даними(мм);

$\bar{E}_m$  - норма максимально можливого випаровування, яка визначається температурою повітря (мм);

$\bar{X}$  - вхідна норма сумарних річних опадів (мм);

$\Delta\bar{X}$  - зміна сумарних опадів за сценаріями(мм);

$\Delta\bar{T}$  - зміна температур повітря, яка визначає величину максимально можливого випаровування (град.);

$n$ -інтегральний показник, який відображає умови формування стоку на водозборі й приймається рівним 3 [7].

В основі розрахунків норм побутового стоку лежить рівняння водогосподарського балансу, яке описує зміни норм річного стоку при заборах води на водоспоживання води населенням [8]

$$\bar{Y}_{ПОБ} = Y_{ПР} - \frac{d * N}{F} \times 3.7 * 10^{-4}, \quad (2)$$

де  $\bar{Y}_{ПОБ}$ ,  $\bar{Y}_{ПР}$  - норма побутового та природного (кліматичний стік відповідає зональному природному) річного стоку річок України;

$d$  - норма водоспоживання, л/люд/добу;

$N$  - кількість населення;

$F$  - площа водозбору.

Розрахунки проводились для таких природних зон України: Українського Полісся ( $Y_{ПР}=120$  мм), Лісостепу ( $Y_{ПР}=80$  мм), Північного Степу ( $Y_{ПР}=40$  мм), Південного Степу ( $Y_{ПР}=20$  мм). Нижній границі Південного степу відповідає норма кліматичного річного стоку, яка дорівнює 10 мм і спостерігається на території Дунай-Дністровського межиріччя, нижньої течії басейна р. Дніпро та у Кримському Степу.

**Результати дослідження та їх аналіз.** У межах Українського Полісся при розвитку глобальних змін клімату у відповідності зі сценаріями 2 та 3, збільшення норм максимально можливого випаровування досягне 11-12%. За сценарієм 1 теплоенергетичний еквівалент зросте лише на 5%. Норми річних опадів за прогнозом по сценарію 1 будуть зменшуватися на 8-9%, а для сценаріїв 2 та 3 збільшуватися на 10%. За сценарієм 1 зниження норм річного стоку буде становити близько 7-10%. Згідно сценарію 2 зміни річного стоку будуть проявлятися у його зростанні, але у межах 5-8%. За сценарієм 3 передбачається незначне підвищення водних ресурсів на 2-5%.

У межах Лісостепу теплоенергетичні ресурси клімату зростають за трьома сценаріями на 12-14%. За сценарієм 1 зменшення ресурсів зволоження досягає лише 6-7%, але за рахунок високої випаровувальної здібності водні ресурси зменшаться на 30-35%. Сценарію 2 відповідає зростання норм річних опадів на 7-8%, що обумовлює незначне пониження стоку (у межах точності розрахунків норм стоку). Згідно із сценарієм 3 у лісостеповій зоні очікуються незначні зміни ресурсів зволоження, які будуть супроводжуватися зменшенням водних ресурсів на 20-25%.

У межах Степу можливі зміни кліматичних умов для всіх трьох сценаріїв обумовлюють зменшення водних ресурсів, яке для сценарію 1 становить 50% для Північного Степу і 60% для Південного або Сухого Степу. За сценарієм 2 зниження водних ресурсів становить 10 та 20%, відповідно, а за сценарієм 3 – 20% та 70%. Таким чином, можна зазначити, що при розвитку регіонального клімату України за будь-яким з наведених сценаріїв територія Південного Степу зазнає руйнівного впливу глобального потепління на стан водних ресурсів її річок.

В результаті імітаційного стохастичного моделювання були отримані «функції відгуку» водозборів на водопостачання води населенню. Функції відгуку представляють собою залежність коефіцієнтів антропогенного впливу  $k_{\bar{y}} = \frac{\bar{Y}_{ПОБ}}{\bar{Y}_{ПР}}$  від невивадкових

показників водогосподарських перетворень [6] і призначені для устанавлення кількісних оцінок впливу водогосподарських перетворень на характеристики річного стоку в заданих кліматичних умовах (табл. 1).

На основі коефіцієнтів антропогенного впливу можуть бути отримані «критичні» або «граничні» масштаби водогосподарського освоєння водозборів. Так, значення  $k_{\bar{y}} = 0,90$  відповідає значущим змінам водних ресурсів (зменшення середньої багаторічної величини стоку складає 10%),  $k_{\bar{y}} = 0,50$  – являється показником руйнування водних ресурсів, а  $k_{\bar{y}} = 0,30$  – відповідає невідновлюваним змінам водних ресурсів, при якому зменшення середньої багаторічної величини стоку досягає 70%.

Аналізуючи отримані дані, можна зробити висновок, що на великих водозборах ( $F=50000 \text{ км}^2$ ) вплив такого антропогенного фактору як водоспоживання води населенням, суттєво не змінить стан водних об'єктів. А на малих водозборах ситуація суттєво змінюється в залежності від кількості населення.

Для Українського Полісся: за всіма трьома сценаріями невідновлювані зміни водних ресурсів будуть спостерігатися при забезпеченні водою людей в кількості 1 млн.

Для Лісостепу: зменшення середньої багаторічної величини стоку більш ніж на 70% відбудуватиметься при забезпеченні водою 500 тис. жителів.

Для Північного та Південного Степу: руйнування водних ресурсів буде вже спостерігатися при водозабезпеченні лише 100 тис. жителів.

Таблиця 1 – Коефіцієнти  $k_{\bar{y}}$  впливу водоспоживання води населенням на стан водних ресурсів України в умовах глобального потепління

Українське Полісся					
Площа водозбору	Кількість населення (тис. жителів)				
	5000	50000	100000	500000	1000000
Сценарій 1					
2000	1	0,97	0,95	0,72	0,44
50000	1	1	1	0,99	0,98
Сценарій 2					
2000	1	0,98	0,95	0,76	0,52
50000	1	1	1	0,99	0,98
Сценарій 3					
2000	1	0,98	0,95	0,75	0,50
50000	1	1	1	0,99	0,98

Продовження табл. 1

Лісостеп					
Площа водозбору	Кількість населення				
	5000	50000	100000	500000	1000000
Сценарій 1					
2000	1	0,94	0,89	0,43	0
50000	1	1	1	0,98	0,96
Сценарій 2					
2000	1	0,96	0,93	0,61	0,23
50000	1	1	1	0,99	0,98
Сценарій 3					
2000	1	0,95	0,90	0,50	0
50000	1	1	1	0,98	0,97
Північний Степ					
Площа водозбору	Кількість населення				
	5000	50000	100000	500000	1000000
Сценарій 1					
2000	1	0,80	0,60	0	0
50000	1	1	1	0,90	0,85
Сценарій 2					
2000	1	0,89	0,78	0	0
50000	1	1	1	0,94	0,92
Сценарій 3					
2000	1	0,88	0,75	0	0
50000	1	1	1	0,94	0,91
Південний Степ					
Площа водозбору	Кількість населення				
	5000	50000	100000	500000	1000000
Сценарій 1					
2000	1	0,63	0,18	0	0
50000	1	1	1	0,88	0,63
Сценарій 2					
2000	1	0,81	0,56	0	0
50000	1	1	1	0,94	0,91
Сценарій 3					
2000	0,93	0,45	0	0	0
50000	1	0,98	0,95	0,78	0,57
Територія Степового Криму					
Площа водозбору	Кількість населення				
	5000	50000	100000	500000	1000000
Сценарій 1					
2000	0,92	0,18	0	0	0
50000	1	0,97	0,93	0,67	0,34
Сценарій 2					
2000	0,96	0,59	0,18	0	0
50000	1	0,98	0,97	0,84	0,67
Сценарій 3					
2000	0,89	0	0	0	0
50000	1	0,96	0,91	0,56	0,12

**Висновок.** Водоспоживання води населенням є значущим фактором антропогенного впливу, оскільки при глобальному потеплінні необхідна кількість води, яка може забезпечити водою населенні пункти значно зростає. Великі річки із площею водозбору більше 50000 будуть спроможні надати необхідний об'єм води, а водогосподарські системи на малих річках ( $F \leq 2000 \text{ км}^2$ ), при здійсненні передбачуваного прогнозом забору води, будуть зруйновані. Отримані коефіцієнти антропогенного впливу будуть використані при сумарній оцінці наслідків водогосподарських перетворень в умовах глобального потепління.

#### Список літератури

1. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оценка возможных изменений водных ресурсов Украины в условиях глобального потепления // Гидробиологический журнал. – К.: Институт гидробиологии НАН Украины. – т.36, №3. – 2000. – С. 67-78.
2. Україна та глобальний парниковий ефект. Книга 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату / І.Ф. Букша, П.Ф. Гожик, Ж.Л. Ємельянова, І.В. Трофімова, А.І. Шерешевський, за редакцією В.В.Васильченка, М.В. Рапцуна, І.В. Трохимової. – Київ, 1998. – 208 с.
3. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Оцінювання природних водних ресурсів України за методом водно-теплового балансу // Наук. Праці УкрНДГМІ. – 2001. – вип.249. – С. 106-120.
4. 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, Hesinki. - 1998. - p.1486-1494.
5. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – Київ: КНТ. – 2005. – 188 с.
6. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. – Одесса: Экология, 2005. – 208с.
7. Мезенцев В.С., Карнацевич И.В. Увлажненность Западно-Сибирской равнины - Л.: Гидрометеоздат, 1969. - 75с.
8. Лобода Н.С., Довженко Н.Д. Моделирование рядов бытового стока при наличии водопотребления за счет местных водных ресурсов // Вестник одесского государственного экологического университета – Одесса. – 2006. – Вып. 3. – С. 151-159.
9. Лобода Н.С. Шляхи оцінювання, передбачення та управління станом водних ресурсів Кримського півострова у природних та порушених антропогенною діяльністю умовах // Наукові записки. Серія – біологія. Спеціальний випуск: гідроекологія. – Тернопіль. – Тернопільський педуніверситет. – 2005. – № 3(26). – С.256 – 258.

#### **Влияние водопотребления воды населением на состояние водных ресурсов Украины в условиях изменения глобального климата. Лобода Н.С., Отченаш Н.Д.**

*Произведена оценка состояния водных ресурсов Украины при заборах воды на нужды населения в условиях изменения глобального климата, который базируется на применении метода водно-теплового баланса и стохастической модели бытового стока.*

**Ключевые слова:** сценарии глобального потепления, водопотребление воды населением, стохастическое моделирование.

#### **Influence of water use of population on water resources of Ukraine under global climatic changes.**

**Loboda N.S., Otchenash N.D.**

*Influence of water use of population on water resources of Ukraine under global climatic changes was evaluated by water-heat balance method and stochastic model of annual runoff.*

**Keywords:** scenarios of global warming, water use of population, stochastic modeling