

УДК 556.165

Н.С. Лобода, проф., д.геогр.н., Н.Д. Отченаш, к.геогр.н.

Одеський державний екологічний університет

ОЦІНКА ВПЛИВУ АНТРОПОГЕННОЇ ДІЯЛЬНОСТІ НА ВОДНІ РЕСУРСИ КРИМСЬКОГО ПІВОСТРОВА

Надається оцінка стану водних ресурсів Кримського півострова в умовах антропогенної діяльності, яка базується на застосуванні методу водно-теплогового балансу та стохастичної моделі побутового стоку.

Ключові слова: водні ресурси, водогосподарські перетворення, функції відгуку, природний і побутовий стік.

Вступ. Водні ресурси Криму до будівництва Північно-Кримського каналу були основним джерелом вирішення екологічних та соціальних проблем (продовольство, здоров'я, енергетика), які в концепції стійкого розвитку регіону є пріоритетними серед інших проблем антикризового характеру. В схему першочергового вирішення цих проблем концептуально вписується проблема раціонального використання водних ресурсів Криму.

В цілому потреби Криму становлять близько 2 млрд. кубометрів води [8]. З них приблизно 85% надходить з р. Дніпро по Північно-Кримському каналу, а решта 15% – внутрішні ресурси. При цьому 81% водних ресурсів використовується в сільському господарстві, на житлово-комунальне господарство припадає всього 15% використаної води, і лише 4% – на потреби промисловості.

Оскільки Північно-Кримський канал був введений в дію у 70-і роки минулого сторіччя, то місцеві водні ресурси мали забезпечити усі потреби населення, сільського господарства та промисловості. Після введення в дію Північно-Кримського каналу більшість річок передгір'я перетворилися на колектори зрошувальних систем [5, 7, 8].

До основних чинників антропогенного впливу в Криму можна віднести: зарегулювання стоку штучними водоймами, забір води для споживання її населенням, використання води, що надходить з Північно-Кримського каналу.

Метою даної роботи є математичне моделювання стоку Кримського півострова для визначення стану водних ресурсів в умовах антропогенного впливу.

Методами дослідження є імітаційне моделювання побутового стоку на основі стохастичної та нейромережевої моделей. На вході в модель використані статистичні параметри річного природного стоку, визначені за моделлю «клімат-стік» (Гопченко Є.Д., Лобода Н.С., 1998) та результати просторових узагальнень стоку (Лобода Н.С., Нгуєн Ле Мінь, 2005).

Базовим рівнянням стохастичної моделі побутового річного стоку при наявності на водозборі штучних водойм є рівняння водогосподарського балансу. Воно враховує втрати на додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм та має такий вигляд

$$Y_{\text{ПОБ},P} = Y_{\text{ПР},P}(1 - f_B) - (E_B - X)_{100-P} f_B, \quad (1)$$

де $Y_{\text{ПОБ},P}$, $Y_{\text{ПР},P}$ – побутовий та природний стік із заданою забезпеченістю $P\%$, мм; f_B – сумарна площа водної поверхні штучних водоймищ, виражена в частках від загальної площі водозбору F ;

E_B – сумарне випаровування з водної поверхні ставків та водосховищ;
 $(E_B - X)$ – кліматична складова водогосподарського балансу, що має ймовірнісну природу, як і річний стік Y_{PP} ;

f_B – антропогенна (невипадкова) складова водогосподарського балансу.

Результат імітаційного моделювання – отримання функцій відгуку характеристик річного стоку на збільшення відносної площі водної поверхні штучних водойм f_B в залежності від загальної водності водозбору, що розраховуються за [4] як:

$$\bar{Y}_{ПОВ} = \bar{Y}_{PP} \cdot e^{-\alpha_{\bar{Y}} f_B}; \quad (2)$$

$$Cv_{ПОВ} = Cv_{PP} \cdot e^{\alpha_{Cv} f_B}; \quad (3)$$

$$Cs_{ПОВ} = Cs_{PP} \cdot e^{\alpha_{Cs} f_B}; \quad (4)$$

де

$$\alpha_{\bar{Y}} = 0,767 \bar{Y}_{КЛ}^{(-0,49)}; \quad r = 0,92 \quad (5)$$

$$\alpha_{Cv} = 0,247 \cdot e^{-0,0274 \bar{Y}_{КЛ}}; \quad r = 0,91 \quad (6)$$

$$\alpha_{Cs} = 0,170 \cdot e^{-0,0246 \bar{Y}_{КЛ}}; \quad r = 0,95 \quad (7)$$

r – коефіцієнт кореляції, отриманий після логарифмування змінних.

Для гірських водозборів можна використовувати залежності, де кліматичні умови відображаються співвідношенням ресурсів тепла та вологи β_H [1-3]

$$\alpha_{\bar{Y}} = -0,622(1 - \beta_H), \quad \beta_H \geq 0,45. \quad (8)$$

При вилученні води з метою зрошування за рахунок місцевого стоку, модель має вигляд

$$Y_{ПОВ,P} = Y_{PP,P} - \frac{M_{0,100-P}}{\eta} f_{ЗР}. \quad (9)$$

При наявності зворотних (скидних) вод зі зрошуваних масивів

$$Y_{ПОВ,P} = Y_{PP,P} + \xi \frac{M_{0,100-P}}{\eta} (1 - \eta) f_{ЗР}, \quad (10)$$

де $Y_{ПОВ,P}, Y_{PP,P}$ – побутовий та природний стік (у мм) із заданою забезпеченістю $P\%$;

$f_{ЗР}$ – сумарна площа зрошуваних масивів, які виражені в частках від загальної площі водозбору F ;

ξ - коефіцієнт зворотних вод, які утворилися за рахунок втрат стоку при його перекиданні по каналах зрошувальних систем;

η – коефіцієнт корисної дії зрошувальних систем;

$M_{0,100-P}$ – зрошувальна норма-нетто з вірогідністю перевищення $100-P$.

Складовою частиною (9) та (10) є зрошувальна норма-нетто, для оцінки якої використовувався підхід, оснований на методі спільного розв'язання рівнянь водного та теплового балансів [9].

Результати дослідження та їх аналіз. Сумісну дію m водогосподарських чинників (скиду зворотних вод, зрошення за рахунок річок-донорів, забір води з місцевих водних ресурсів на потреби населення та додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм) можна врахувати таким рівнянням

$$A_f = A_0[\kappa_1 + \kappa_2 + \kappa_3 + \dots + \kappa_m - (m - 1)]. \quad (11)$$

За наявності двох чинників водогосподарської діяльності сумісний облік їх впливу виконувався таким чином

$$A_f = A_0(\kappa_1 + \kappa_2 - 1), \quad (12)$$

де κ_1 , κ_2 – коефіцієнти, що кількісно враховують антропогенний вплив на статистичні параметри річного стоку (κ_1 – поправковий коефіцієнт до статистичних параметрів природного річного стоку, який враховує вплив скиду зворотних вод, зрошених за рахунок річки-донора на річний стік; κ_2 – поправковий коефіцієнт до статистичних параметрів природного річного стоку, що враховує додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм);

A_f – значення параметра побутового стоку при заданих показниках антропогенного впливу;

A_0 – значення того чи іншого статистичного параметра річного стоку в природних умовах.

Сумарний вплив антропогенної діяльності визначено на прикладі річок Самарлі, Зуя, Салгір. Для степового Криму ($Y_{кл.} = 10$ мм) розраховано та представлено у табличному вигляді (табл. 1) можливі коефіцієнти антропогенного впливу при різних рівнях водогосподарських перетворень.

Найбільш багатоводною річкою Керченського півострова є р. Самарлі. З лівого берега вона приймає Чалтаірську балку. В 1948 році ввійшло в експлуатацію Ленінське водосховище. Його об'єм становив 3,7 млн. м³. Але річка не змогла наповнити це водосховище, тому його було реконструйовано та з 1971 року підключено до Північно-Кримського каналу [6]. У даний час об'єм водосховища становить 7,7 млн. м³. Згідно з результатами картування, норма кліматичного стоку р. Самарлі становить 10 мм, що при площі водозбору $F=267$ км² забезпечує середній багаторічний об'єм 2,67 млн. м³. Зрозуміло, що р. Самарлі не могла забезпечити наповнення цього водосховища, особливо у маловодні 60-і роки. Коефіцієнт варіації для річного стоку становить 1,58, а $Cs/Cv=2$. За таких умов річний стік р. Самарлі 75%-ї забезпеченості становитиме 0,678 мм або 0,181 млн. м³. Водосховище Ленінське має площу водної поверхні 201 га, що становить 0,75% від загальної площі водозбору. Додаткове випаровування з водної поверхні цієї водойми описується такими коефіцієнтами антропогенного впливу: $K_{\bar{y}}=0,83$; $K_{Cv}=1,15$. Таким чином, за рахунок додаткового випаровування з поверхні водосховища норма побутового стоку могла б становити 8,3 мм, коефіцієнт варіації – 1,73, а $Cs=3$. У 1986 році у нижній течії р. Самарлі було побудовано ще одне водосховище – Самарлінське. Об'єм його становить 8,8 млн. м³, а площа водного дзеркала – 135 га. Сумарна площа водної поверхні при НПУ становить 336 га або 1,26% від загальної площі водозбору, що зумовлює такий антропогенний вплив: $K_{\bar{y}}=0,73$; $K_{Cv}=1,27$. У межах водозбору р. Самарлі знаходиться зрошувана (за рахунок Північно-

Кримського каналу) площа, яка дорівнює 785 га, що становить 2,94% від загальної площі водозбору.

Таблиця 1 – Коефіцієнти антропогенного впливу для річок Степового Криму
($\bar{Y}_{кл.} = 10$ мм)

При додатковому випаровуванні з поверхні штучних водойм												
$f_B, \%$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	v_0	η
K_B	0,78	0,61	0,47	0,37	0,29	0,23	0,18	0,14	0,11	0,08	-	-
при зрошуванні за рахунок місцевих водних ресурсів												
$K_{ЗР}$	0,90	0,80	0,70	0,60	0,50	0,40	0,30	0,20	0,10	0	0,90	0,90
при зрошуванні за рахунок річки-донора												
$K'_{ЗР}$	1,07	1,14	1,19	1,24	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49	1,54	0,90	0,90

Коефіцієнти антропогенного впливу становлять: $K_{\bar{Y}}'' = 1,07$; $K_{C_v}'' = 0,95$; $K_{C_s}'' = 1,09$. Сумарний вплив антропогенної діяльності свідчить, що середня багаторічна величина стоку зменшується на 10%, а коефіцієнт асиметрії збільшується на 10%. У теперішній час р. Самарлі використовується як колектор ГК-46.

Р. Зуя бере початок з карстового джерела, розташованого на північних схилах Довгоруківської яйли на висоті 700 м, впадає у р. Салгір в 153 км від гирла. Довжина річки 49 км, площа водозбору 421 км². У 1974 році було побудовано Баланівське водосховище у верхів'ї річки, об'ємом 5,7 млн. м³. Площа водного дзеркала становить 40,7 га [6]. Площа водозбору р. Зуя – с. Баланово становить 48 км², середня висота його - 590 м. За даними спостережень, норма побутового стоку досягає 87 мм. Норма кліматичного стоку, встановлена за моделлю «клімат-стік», становить 132 мм. Середня багаторічна величина об'єму води, який може надходити з цієї площі, становить 6,34 млн. м³. Тобто Баланівське водосховище може наповнюватися цілком за рахунок р. Зуї. Коефіцієнт антропогенного впливу за рахунок додаткового випаровування з водної поверхні штучних водойм дорівнює 0,94 при $f_B = 0,85\%$. Площа зрошуваних земель (садів) становить 871 га, що складає 9,81% від площі водозбору р. Зуя – с. Баланове. Коефіцієнт антропогенного впливу за рахунок зрошування дорівнює 0,94. Сумарний вплив штучних водойм та зрошування на водні ресурси водозбору р. Зуя – с. Баланово становитиме 0,88, тобто норма річного стоку за рахунок цих факторів антропогенного впливу зменшується лише на 12%. Таким чином, основну дію на використання стоку р. Зуя до с. Баланово чинить заповнення Баланівського водосховища.

Р. Салгір – найдовша річка Криму. Її довжина – 232 км, площа басейну 3750 км². Бере початок на схилах Чатир-Дага від злиття річок Ангари і Кизил-Коба на висоті 390 м над рівнем моря, впадає в затоку Сиваш. У 1956 році поблизу м. Сімферополь введено в експлуатацію Сімферопольське водосховище, об'ємом 36 млн. м³. Площа водного дзеркала становить 323 га [6]. Норма кліматичного стоку р. Салгір – м. Сімферополь була розрахована за моделлю «клімат-стік» та становить 151 мм, що при площі водозбору 321 км² забезпечує середній багаторічний об'єм 48,5 млн. м³. Тобто Сімферопольське водосховище може повністю заповнюватись водами р. Салгір. Коефіцієнт антропогенного впливу додаткового випаровування з водної поверхні штучних водойм дорівнює 0,93 при $f_B = 1,01\%$. Площа зрошуваних земель становить 20552 га, що складає 5,48% від площі водозбору р. Салгір. Коефіцієнт антропогенного

впливу за рахунок зрошення дорівнює $K_{\bar{y}}''=1,15$. Сумарний вплив антропогенної діяльності вказує на те, що середня багаторічна величина стоку збільшується на 8%. Саме за рахунок зворотних вод забезпечується збільшення стоку р. Салгир. Річка Салгир включена в Салгирську зрошувальну систему, що постачає питну воду до Сімферополя, забезпечує водою потреби Сімферопольської ТЕЦ, а також аграрних підприємств Сімферопольського та Красногвардійського районів Криму. Використовується для водопостачання і зрошення. Після будівництва Північно-Кримського каналу р. Салгир в гирловій частині називається ГК-22 (головний колектор).

Висновок. Сумісне врахування двох факторів антропогенної діяльності (додаткового випаровування з водної поверхні штучних водойм та зрошення за рахунок місцевого стоку та річки-донора), показало, що водності цих річок може бути достатньо для зрошення сільськогосподарських масивів. При цьому норма річного стоку може зменшитися до 10-12% (при зрошуванні за рахунок місцевого стоку) або зрости до 10% - при умові зрошення за рахунок річки-донора.

Список літератури

1. Лобода Н.С., Нгуен Ле Минь. Оценка норм максимального возможного испарения для территории Крымского полуострова // Міжвід. наук. зб. України «Метеорологія, кліматологія та гідрологія». 2001. – Вип. 44. – С. 181 – 186.
2. Лобода Н.С., Нгуен Ле Минь. Оценка норм годового стока на основе уравнения водно-теплового баланса для территории Крымского полуострова // Міжвід. наук. зб. України «Метеорологія, кліматологія та гідрологія». 2003. – Вип. 47. – С. 202 –208.
3. Лобода Н.С., Нгуен Ле Минь. Влияние дополнительного испарения с водной поверхности искусственных водоемов на водные ресурсы рек Крыма // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2005. – Т.7. – С. 89-97.
4. Лобода Н.С. Расчеты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния: Монография. - Одесса: Вид-во «Экология», 2005. – 208 с.
5. Поверхностные водные объекты Крыма: Справочник //Сост. А.А. Лисовский, В.А. Новик, З.В. Тимченко, З.Р. Мустафьева / Под ред. к.г.н. З.В. Тимченко – Симферополь: Изд-во «Рескомводхоз АРК», 2004. – 113 с.
6. Поверхностные водные объекты Крыма. Управление и использование водных ресурсов: Справочник / Под ред. З.В. Тимченко. – Симферополь: Изд-во «Доля», 2007. – 218с.
7. Тимченко З.В. Водные ресурсы и экологическое состояние малых рек Крыма – Симферополь: Изд-во «Доля», 2002. – 151с.
8. Устойчивый Крым. Водные ресурсы. – Симферополь: Изд-во «Таврида», 2003. – 390с.
9. Шахман І.О., Лобода Н.С. Оцінка стану водних ресурсів Нижнього Подніпров'я в умовах водогосподарської діяльності // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. Володимира Гнатюка. Серія: біологія. Спеціальний випуск: гідроекологія. 2010 – №3 (44). – С. 530-533.

Оценка влияния антропогенной деятельности на водные ресурсы Крымского полуострова.

Лобода Н.С., Отченаш Н.Д.

Предоставляется оценка состояния водных ресурсов Крымского полуострова в условиях антропогенной деятельности, основанная на применении метода водно-теплового баланса и стохастической модели бытового стока.

Ключевые слова: водные ресурсы, водохозяйственные преобразования, функции отклика, естественный и бытовой сток.

Estimation of influence of anthropogenous activity on water resources of the Crimean peninsula.

Loboda N.S., Otchenash N.D.

The estimation of the state of water resources of the Crimean peninsula is produced in the conditions of anthropogenic activity, based on application of method of water-thermal balance and stochastic model of domestic runoff.

Keywords: water resources, waterworks transformations, response functions, natural and domestic runoff.