

ВОДНІ РЕСУРСИ НИЖНЬОГО ПОДНІПРОВ'Я В УМОВАХ ЗРОШУВАЛЬНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Вступ. С кожним роком загострюється проблема взаємодії людини з навколишнім середовищем. Спостереження свідчать про негативну тенденцію змінення річного стоку у зонах впливу зрошувального землеробства. Особливо гостро склалася ситуація в межиріччі Інгул – Інгулець, де потенційний фонд придатних для зрошення земель перевищує зрошувальну здатність місцевих водних ресурсів. В цих умовах зростає актуальність досліджень щодо об'ємів водоспоживання, підвищення результативності досліджень в області раціонального використання і охорони водних та земельних ресурсів. Тому перед сучасними науковцями стоїть проблема оцінювання характеристик стоку в умовах антропогенного впливу і необхідності побудови математичних моделей стоку, які б дозволили імітувати стан водних ресурсів в залежності від виду водогосподарських перетворень.

Матеріали та методи досліджень. Моделювання як засіб досліджень гідрологічних явищ і процесів отримало в гідрології достатньо широкий розвиток. Моделювання річного стоку передбачає побудову діючої математичної моделі, що відповідає властивостям явища або системи, яка розглядається. Таким чином, можна імітувати роботу річної системи і приймати рішення відносно оптимізації різних видів господарської діяльності. В ОДЕКУ розвинуті перспективні методи оцінки впливу водогосподарських перетворень на стік – методи імітаційного математичного моделювання (Є.Д. Гопченко, Н.С. Лобода, 2005).

Стохастичне моделювання рядів побутового стоку виконується окремо для кожного з факторів антропогенного впливу, який досліджується, на основі рівнянь водогосподарських балансів, які описують реальну фізичну картину взаємодії того чи іншого фактора господарської діяльності з річним стоком [1, 4]:

а) при вилученні води з метою зрошення з місцевого стоку:

$$Y_{\text{Поб,Р}} = Y_{\text{Пр,Р}} \left[\frac{M_{0,100\text{ПР}}}{f_{\text{зр,і}}} \right]$$

(1)

б) при наявності зворотних (скидових) вод з масивів, що зрошуються:

$$Y_{Поб,P} = Y_{Пр,P} + \left(\frac{M_{0,100 P}}{\Gamma} (1 - \Gamma) \right) f_{зр}, \quad (2)$$

де $Y_{Поб,P}, Y_{Пр,P}$ – побутовий и природний стік заданою забезпеченістю P , представлений у мм шару стоку;

$f_{зр}$ – сумарна площа масивів, що зрошуються, виражена в частках від загальної площі водозбору F ;

Γ – коефіцієнт корисної дії зрошувальної системи;

Γ – коефіцієнт зворотних вод, які утворюються за рахунок втрат води на інфільтрацію при зрошуванні сільськогосподарських масивів і надходять до русла річки підземним шляхом;

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

Оскільки зрошення і регулювання стоку практично завжди взаємозв'язані, необхідний комплексний підхід до оцінки їх сумісного впливу на параметри річного стоку річок [1, 4]. Зручним для цих цілей являється використання коефіцієнтів K_A , які відображають ступінь впливу господарської діяльності на будь-який статистичний параметр:

$$K_A = \frac{A_{II}}{A}, \quad (3)$$

де K_A – коефіцієнт впливу господарської діяльності на статистичний параметр A ;

A_{II} – значення параметра побутового стоку при заданому рівні антропогенного впливу, який, характеризується показником f ;

A – значення будь-якого статистичного параметра річного стоку в природних умовах формування, коли $f = 0$.

Результати досліджень та їх аналіз. Моделювання рядів природного річного стоку виконувалось як моделювання послідовностей випадкових величин, пов'язаних кореляцією марковського нелінійного типу з маргінальним трипараметричним гама-розподілом С.М. Крицького і М.Ф. Менкеля [3]. Таке стохастичне моделювання передбачає наявність вихідних даних про статистичні параметри річного стоку в природних умовах його формування. Для визначення середніх багаторічних значень природного річного стоку використовувалась оцінка норм природного річного стоку, виконана із застосуванням карти ізоліній кліматичного стоку \bar{Y}_K з наступним визначенням коефіцієнтів переходу від норм кліматичного річного стоку до природного [2]. Для визначення інших параметрів природного річного стоку використовувалися результати їх статистичного районування [5]. Надалі проводилося безпосереднє імітаційне стохастичне моделювання побутового річного стоку згідно з рівнянь (1, 2). На кожному кроці моделювання показники рівня водогосподарської діяльності задавалися постійними.

В результаті стохастичного моделювання були оцінені коефіцієнти антропогенного впливу (3) річного стоку в умовах

господарської діяльності для річок зони недостатнього зволоження (Нижнього Подніпров'я) і отримані наступні функції впливу при зрошуванні річок за рахунок місцевого стоку на середньобагаторічну величину стоку:

$$K_{Y_{10}} = 1,00 \quad 19,51\lg(f_{3p} + 1) \quad 1,00v_0 + 0,808 \quad | \quad R = 0,882; \quad (4)$$

$$K_{Y_{20}} = 1,00 \quad 16,01\lg(f_{3p} + 1) \quad 0,820v_0 + 0,645 \quad | \quad R = 0,883; \quad (5)$$

$$K_{Y_{30}} = 1,00 \quad 13,51\lg(f_{3p} + 1) \quad 0,620v_0 + 0,520 \quad | \quad R = 0,867; \quad (6)$$

$$K_{Y_{40}} = 1,00 \quad 10,21\lg(f_{3p} + 1) \quad 0,523v_0 + 0,433 \quad | \quad R = 0,818, \quad (7)$$

де $K_{Y_{10}}, K_{Y_{20}}, K_{Y_{30}}, K_{Y_{40}}$ – коефіцієнти впливу зрошення при вихідній нормі природного річного стоку 10, 20, 30, 40 мм, відповідно.

Залежність змін коефіцієнтів варіації природного стоку при вилученні води на зрошення за рахунок місцевого стоку, для території, що досліджується, надається у вигляді наступних регресійних залежностей:

$$K_{C_{v10}} = 1,00 + 39,11\lg(f_{3p} + 1) + 5,40v_0 \quad 4,95 \quad | \quad R = 0,750; \quad (8)$$

$$K_{C_{v20}} = 1,00 + 23,51\lg(f_{3p} + 1) + 3,00v_0 \quad 2,93 \quad | \quad R = 0,879; \quad (9)$$

$$K_{C_{v30}} = 1,00 + 15,61\lg(f_{3p} + 1) + 1,78v_0 \quad 1,82 \quad | \quad R = 0,868; \quad (10)$$

$$K_{C_{v40}} = 1,00 + 8,601\lg(f_{3p} + 1) + 0,932v_0 \quad 0,961 \quad | \quad R = 0,833. \quad (11)$$

Результати проведених імітаційних стохастичних експериментів стосовно коефіцієнтів асиметрії природного стоку в умовах зрошування за рахунок місцевого стоку можна описати наступним чином:

$$K_{C_s10} = 1,00 + 59,61\lg(f_{3p} + 1) + 4,28v_0 \quad 4,42 \quad | \quad R = 0,750; \quad (12)$$

$$K_{C_s20} = 1,00 + 23,11\lg(f_{3p} + 1) + 1,42v_0 \quad 1,45 \quad | \quad R = 0,761; \quad (13)$$

$$K_{C_s30} = 1,00 + 14,91\lg(f_{3p} + 1) + 0,582v_0 \quad 0,655 \quad | \quad R = 0,754; \quad (14)$$

$$K_{C_s40} = 1,00 + 4,791\lg(f_{3p} + 1) + 0,248v_0 \quad 0,284 \quad | \quad R = 0,753. \quad (15)$$

В результаті стохастичного моделювання були оцінені коефіцієнти антропогенного впливу (3) річного стоку в умовах господарської діяльності для річок зони недостатнього зволоження (Нижнього Подніпров'я) і отримані наступні функції впливу зворотних вод на середньобаторічну величину річного стоку:

$$K_{210} = 1,00 + 5,08f_{3p} + 1,68v_0 + 0,467 \lfloor 2,10 \rfloor, \quad R = 0,790; \quad (16)$$

$$K_{220} = 1,00 + 1,95f_{3p} + 0,680v_0 + 0,180 \lfloor 0,835 \rfloor, \quad R = 0,780; \quad (17)$$

$$K_{230} = 1,00 + 1,26f_{3p} + 0,377v_0 + 0,116 \lfloor 0,477 \rfloor, \quad R = 0,760; \quad (18)$$

$$K_{Y_{40}} = 1,00 + 0,738f_{3p} + 0,275v_0 + 0,068(0,338), R = 0,761. \quad (19)$$

$K_{Y_{10}}, K_{Y_{20}}, K_{Y_{30}}, K_{Y_{40}}$ – коефіцієнти впливу зрошення при вихідній нормі природного річного стоку 10, 20, 30, 40 мм, відповідно.

Залежність змін коефіцієнтів варіації природного стоку при наявності зворотних вод для території, що досліджується, можна надати у вигляді наступних регресійних залежностей:

$$K_{2,10} = 1,00 - 3,22f_{3p} - 1,08v_0 + 0,265(1,31), R = 0,890; \quad (20)$$

$$K_{2,20} = 1,00 - 1,85f_{3p} - 0,587v_0 + 0,160(0,770), R = 0,866; \quad (21)$$

$$K_{2,30} = 1,00 - 1,41f_{3p} - 0,362v_0 + 0,125(0,527), R = 0,833; \quad (22)$$

$$K_{2,40} = 1,00 - 0,898f_{3p} - 0,292v_0 + 0,080(0,402), R = 0,823. \quad (23)$$

Результати проведених імітаційних стохастичних експериментів стосовно коефіцієнтів асиметрії природного стоку можна описати наступним чином:

$$K_{2,10} = 1,00 + 3,71f_{3p} + 0,915v_0 + 0,361(1,24), R = 0,775; \quad (24)$$

$$K_{2,20} = 1,00 + 1,65f_{3p} + 0,404v_0 + 0,156(0,520), R = 0,783; \quad (25)$$

$$K_{2,30} = 1,00 + 1,18f_{3p} + 0,265v_0 + 0,111(0,336), R = 0,789; \quad (26)$$

$$K_{2,40} = 1,00 + 0,598f_{3p} + 0,164v_0 + 0,056(0,175), R = 0,808. \quad (27)$$

За антропогенними функціями установлені так звані критичні відносні площі зрошувальних масивів, при яких відбуваються суттєві зміни стоку на водозборах Нижнього Подніпров'я (табл. 1).

Висновки і перспективи подальших досліджень.

Отримана методика врахування впливу зрошення на характеристики річного стоку річок являється реалізацією стохастичної моделі річного стоку, яка дозволяє отримати статистичні параметри річного стоку при наявності на водозборах масивів, що зрошуються за рахунок місцевого стоку та стоку річок-донорів в залежності від заданих чинників водогосподарських перетворень. Достовірність результатів моделювання була підтверджена співставленням характеристик побутового річного стоку, розрахованих за даними спостережень та одержаних в результаті моделювання.

Таблиця 1 – Критичні значення площ зрошування (для рівня оптимального зволоження θ_{opt} , коефіцієнту, що визначає місцезнаходження зрошувальних масивів відносно водоприймача, $\alpha = 0,5$ і $\alpha = 0,9$)

Характеристика змінювання водних ресурсів	Норма природного стоку Y , мм	Критична відносна площа масивів, що зрошуються f_{3p} , %	
		за рахунок місцевого стоку	за рахунок річки-донора

значущі змінення водних ресурсів	10	0,3	8,1
	20	0,4	11,2
	30	1,2	13,5
	40	1,6	20,4
руйнування водогосподарської системи	10	5,2	16,0
	20	6,3	31,7
	30	8,4	45,2
	40	11,2	74,6
невідновне руйнування водогосподарської системи	10	7,7	19,9
	20	9,4	41,9
	30	12,1	61,1
	40	16,4	100

Для річок Нижнього Подніпров'я забір води на зрошення за рахунок місцевих водних ресурсів та збільшення відносної площі зрошувальних земель призводить до зменшення норм річного стоку та збільшення мінливості річного стоку і його асиметрії. При зрошуванні за рахунок річок-донорів наявність зворотних вод та збільшення відносної площі зрошувальних земель спричинює збільшення норм річного стоку та його асиметрії і зменшення мінливості. Ефект впливу зрошування здебільшого визначається зволоженістю території. Найбільш інтенсивне змінювання статистичних параметрів річного стоку спостерігається при оптимальній зволоженості ґрунту для вологолюбивих рослин ($v_0 = 1,0$). При переході до більш посушливих територій вплив антропогенної діяльності посилюється.

Відносно сучасного стану водних об'єктів слід зазначити, що існуючі площі зрошування викликають тільки значущі змінення водних ресурсів. Отже, можливе відновлення водного режиму річок.

Світовий дослід показує, що витрати на прогнозування і попередження катастроф на 1–2 порядки нижче, ніж витрати на ліквідацію або послаблення наслідків стихійних лих, які вже відбулися. Необхідно розробляти заходи попереджень і обґрунтування рекомендацій, котрі можна отримати 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 до планів 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 дозволять своєчасно впроваджувати запобіжні природоохоронні заходи, вирішувати екологічні

й соціально-економічні проблеми Нижнього
Подніпров'я з метою забезпечення його сталості.

Список використаних джерел:

1. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С. Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных антропогенной деятельностью условиях): Монография. – К.: КНТ, 2005. – 192 с.
2. Гопченко Е.Д., Лобода Н.С., Шахман І.О. Оцінювання природних водних ресурсів Нижнього Подніпров'я за метеорологічними даними // Міжвід. наук. зб. України. – Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – Одеса. – 2005. – Вип. 49. – С. 485 – 496.
3. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М. Наука, 1981. – 235 с.
4. Лобода Н.С. Расчёты и обобщения характеристик годового стока рек Украины в условиях антропогенного влияния. – Одесса.: Экология, 2005. – 208 с.
5. Лобода Н.С., Шахман І.О. Методика розрахунку річного стоку річок Нижнього Подніпров'я в умовах недостатності даних спостережень // Вісник Одеського державного екологічного університету. – Вип.2. – К:КНТ. –2006. – С. 200 – 207.