

УДК 556.16

І.О. Шахман, к. геогр. н.

Херсонський гідрометеорологічний технікум ОДЕКУ

Н.С. Лобода, д. геогр. н.

Одеський державний екологічний університет

ЗАСТОСУВАННЯ ІМІТАЦІЙНОЇ СТОХАСТИЧНОЇ МОДЕЛІ РІЧНОГО ПОБУТОВОГО СТОКУ ДО ОЦІНКИ СТАНУ ВОДНИХ РЕСУРСІВ НИЖНЬОГО ПОДНІПРОВ'Я В УМОВАХ ВОДОГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Наведена оцінка змін річного стоку на основі імітаційної стохастичної моделі побутового стоку та виконана апробація моделі на даних водогосподарських балансів за 1991–2003 рр.

Ключові слова: водогосподарський баланс, стохастична модель побутового стоку, басейновий принцип.

Вступ. Одно з найважливіших напрямлень дослідження гідросфери – вивчення її як джерела водних ресурсів, а також оцінка сукупності гідрологічних процесів, які відбуваються в гідросфері. Ці явища можуть бути описані за допомогою систем балансових рівнянь, які відображають взаємодію усіх ланок кругообігу. Такі ланки відіграють різну роль в кругообігу води і мають неоднаковий ступінь значущості. Останнім часом інтенсивно зростає роль господарської ланки вологообігу. Система рівнянь водного балансу втрачає своє природне забарвлення і трансформується в нову систему рівнянь – водогосподарський баланс (ВГБ). ВГБ служить інструментом аналізу співвідношення водних ресурсів та водоспоживання, процесу використання водних ресурсів, передбачає облік антропогенних факторів, які впливають на водні ресурси і змінюють їх кількісний та якісний склад (регулювання стоку, зворотні води тощо). На основі вивчення водогосподарських балансів здійснюється управління водними ресурсами [1, 6, 7, 9, 10]. Наріжним каменем політики використання водних ресурсів є сукупна оцінка їх таким чином, щоб розробити рекомендації, які спрямовані на раціональне використання водних ресурсів, управління ними й планування водогосподарських заходів, а також оптимальне розміщення водоемких виробництв.

Стан проблеми. У розвинутих країнах Європи, США, Канаді, Австралії екологічна криза у водокористуванні склалася на межі 50–60 років минулого сторіччя. На сьогодні ці країни зуміли її подолати завдяки переходу на екосистемне управління водним господарством через басейнові органи управління на основі платного водокористування. Басейновий принцип управління було рекомендовано ЮНЕП ще у 1984 році. В 1989 році у річних звітах країн – членів ЄС цей підхід було визнано як найбільш ефективний з економічної та екологічної точок зору. Рамкова водна директива Європейського Співтовариства (РВД ЄС), прийнята у 2000 році, визначила басейновий принцип управління водними ресурсами як стратегічний напрямок сучасної водної політики, який повинен забезпечити перехід водокористування на принцип сталого розвитку [3].

Пропозиції щодо створення басейнової системи водокористування й охорони вод в умовах оплачування всіх видів водовикористання було закладено спочатку в Концепцію (1993), а потім і в Національну програму оздоровлення басейну Дніпра (1997), використано при розробці Водного Кодексу України (1995) і Концепції розвитку водного господарства України (2000).

З прийняттям Водного Кодексу України ситуація в галузі управління водним господарством дещо покращилася: проголошено басейновий принцип управління водними ресурсами, унормовано водокористування тощо. Однак функції управління

використанням і охороною водних ресурсів було розпорощено між різними гілками влади, в басейнах крупних річок не визначено єдиних повновладних господарів.

Аналіз водних ресурсів Нижнього Подніпров'я дозволив установити особливо низьку забезпеченість водою півдня території. Нестача води підсилюється нераціональним споживанням води й приводить до забруднення водних джерел. Усі річки Нижнього Подніпров'я зарегульовані [5]. Суттєвою проблемою гідрологічних розрахунків є недостатність кількості та тривалості спостережень за стоком. У своїй більшості ряди стоку є статистично неоднорідними через вплив водогосподарської діяльності. Даних про природний стік практично не залишилося, а для Херсонської області дані спостережень за стоком малих річок взагалі відсутні.

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) та апробація моделей на основі даних водогосподарських балансів.

Матеріали та методи досліджень. До використаних у роботі матеріалів спостережень входять: вимірний стік річок з території Нижнього Дніпра, починаючи з моменту відкриття гідрологічних постів до 2003 року за даними станцій Державної гідрометеорологічної служби України, дані про складові водогосподарських балансів за 1991 по 2003 рр.

Зібрана інформація по водоспоживанню (складові ВГБ) для території Нижнього Подніпров'я описує витратну частину ВГБ, яка характеризує загальну потребу в воді та включає види водокористування та водоспоживання, втрати при регулюванні водних ресурсів, витрати води на підтримку її оптимальної якості (водозабір на промислові та комунальні потреби, водозабір на зрошення, водозабір з шахтних колодязів). Додатною складовою ВГБ є також зворотні води та скиди, які попадають знов у водогосподарський контур даного водогосподарського регіону (скиди та повернення води по каналізаційній мережі, скиди і повернення зі скидових каналів і шахтних вод, скиди за дренажною та зрошувальною мережею). Дані по водоспоживанню, скиду і поверненню не відповідають періоду спостережень за стоком. Ці дані, що сформовані як з архівних матеріалів гідрометслужби, так і облводгоспів, як правило, не співпадають за територіальним принципом узагальнення матеріалів: матеріали гідрометслужби формуються за басейновим принципом, а в виробничих об'єднаннях водного господарства, в основному, відбувається накопичування даних з обліку водокористування, водоспоживання, скиду та повернення вод за адміністративним принципом (область – район – населений пункт – водоспоживач). Басейновий принцип обліку вод здійснюється в Облводгоспах по головних річках або по їх великих притоках. Тому зібраний вихідний матеріал за період з 1991 по 2003 рік був сформований у базу даних за басейновим принципом для водозборів, у замикальному створі яких розташовані стокові пости. Проведена обробка матеріалу за стандартними формами облводгоспів „2ТП Водгосп”. Площі зрошення не виділені в жодному облводгоспі за басейновим принципом. Тому площі зрошення визначалися за схемою „територія басейну річки – район – населений пункт – землі кооперативного (фермерського) господарства”.

Аналізуючи загальну картину використання вод за період з 1991 по 2003 рік, можна відмітити наступне. В Нижньому Подніпров'ї спостерігається тенденція зниження водоспоживання і водовідведення практично для всіх водоспоживачів регіону, зі сплеском об'ємів як забору, так і скиду у 1994–1995 рр. Що стосується площ зрошення, то по мірі розвитку зрошувальної системи в областях Нижнього Подніпров'я (Дніпропетровській, Херсонській, Миколаївській, Одеській та Кіровоградській) відбувалося збільшення їх площ, яке досягло піка на початку 90-х років минулого

сторіччя, після чого почалося їх поступове зменшення („списання площ”), що спостерігається і до теперішнього часу.

Не дивлячись на загальне зниження споживання води в частинах Кіровоградської, Миколаївської, Дніпропетровської, Одеської та Херсонської областей і повсюдне зменшення забору на зрошення в багатьох галузях народного господарства, в Дніпропетровській області („Криворіжсталь”) спостерігаються високі темпи водоспоживання відносно наявних природних водних ресурсів, які посилюють дефіцит водних ресурсів в цьому економічно розвинутому регіоні.

Основними методами дослідження є метод водно-теплого балансу (В.С. Мезенцев, 1978), який увійшов до моделі “клімат – стік” [2], та імітаційна стохастична модель побутового річного стоку [4, 5], розроблених в ОДЕКУ.

Результати досліджень та їх аналіз. На вході в імітаційну стохастичну модель використані дані про природний річний стік [5], на виході – дані про побутовий стік при заданих рівнях водогосподарської діяльності та кліматичних умовах [8]. За результатами імітаційного стохастичного моделювання на основі методу множинної регресії отримані аналітичні рівняння, які пов’язують характеристики річного стоку (середнє арифметичне значення \bar{Y}_{Π} , коефіцієнти варіації $C_{v_{\Pi}}$ та асиметрії $C_{s_{\Pi}}$) із показниками масштабів водогосподарської діяльності (відносна площа водного дзеркала штучних водойм f_B , відносна площа зрошуваних земель $f_{зр}$, коефіцієнти корисної дії зрошувальних систем η , показник розташування площ зрошення відносно водоприймача ξ , оптимальне зволоження ґрунту v_0) [8]. Отримані залежності є “функціями впливу” водогосподарських перетворень на характеристики річного стоку. Функції впливу розроблені окремо для різних видів водогосподарської діяльності (додаткового випаровування з поверхні штучних водойм, відбирання води на зрошення за рахунок місцевого стоку, надходження зворотних вод з сільськогосподарських масивів). При інтегральній оцінці впливу водогосподарських перетворень використовуються коефіцієнти антропогенного впливу, які є відношенням параметру побутового стоку до параметру природного стоку $K_A = \frac{A_{\text{ПОБ}}}{A_{\Pi}}$. Урахування

сумарного впливу водогосподарських факторів відбувається шляхом підсумовування коефіцієнтів антропогенного впливу за методикою, описаною в [5]. За отриманими статистичними параметрами побутового стоку визначається стік заданої забезпеченості. Достовірність отриманих результатів визначається збіжністю фактичних і розрахованих даних для року визначеної забезпеченості.

За результатами розрахунків проведена оцінка достовірності результатів моделювання шляхом співставлення отриманих характеристик побутового стоку із визначеними за даними спостережень. Розрахункові значення параметрів побутового стоку р. Інгулець (с. Олександрівка-Степанівка, с. Іскрівка, м. Кривий Ріг) отримані як результат взаємодії трьох факторів антропогенного впливу: втрат води на додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм, втрат води при вилученні з місцевого стоку на зрошення і додаткового припливу вод, які надходять при зрошуванні сільськогосподарських масивів водами річки-донора (табл. 1), а для р. Інгул (м. Кіровоград, с. Седнівка, с. Новогорожене), р. Кодима – с. Катеринка, р. Чорний Ташлик – с. Тарасівка – як результат взаємодії двох факторів антропогенного впливу: втрат води на додаткове випаровування з водної поверхні штучних водойм та втрат води при вилученні з місцевого стоку на зрошення (табл. 2). Співставлення розрахункових й спостережених значень стоку заданої забезпеченості в переважній більшості показало задовільний збіг результатів моделювання емпіричним даним [8].

Таблиця 1 – Порівняння фактичних і розрахованих за моделлю величин побутового стоку р. Інгулець – с. Олександро-Степанівка. Вхідні параметри природного стоку: $\bar{Y}_{II} = 79,0$ мм; $C_{v_{II}} = 0,60$; $C_{s_{II}} = 1,30$. Коефіцієнти антропогенного впливу при наявності заборів води на зрошування із місцевого стоку: $K_{\bar{Y}} = 0,88$; $K_{C_v} = 1,01$; $K_{C_s} = 1,00$ ($f_{3p_{сер}}, \% = 0,75$; $v_0 = 0,9$; $\eta = 0,9$). Коефіцієнти антропогенного впливу при наявності на водозборі штучних водойм: $K'_{\bar{Y}} = 0,87$; $K'_{C_v} = 1,11$; $K'_{C_s} = 1,08$ ($f_B, \% = 1,09$). Коефіцієнти антропогенного впливу при наявності зворотних вод із зрошуваних масивів за рахунок річки-донора: $K''_{\bar{Y}} = 1,02$; $K''_{C_v} = 1,00$; $K''_{C_s} = 1,02$ ($f''_{3p_{сер}}, \% = 0,22$; $v_0 = 0,9$; $\xi = 1,0$; $\eta = 0,9$)

Рік	Забезпеченість $P, \%$	Природний стік заданої забезпеченості $Y_{IIp}, \text{ мм}$	Побутовий розрахунковий стік заданої забезпеченості $Y_{IIob.poz.p}, \text{ мм}$	Побутовий фактичний стік заданої забезпеченості $Y_{IIob.\phi.p}, \text{ мм}$	Побутовий спостережений стік $Y_{IIob}, \text{ мм}$	Похибка $\delta = (Y_{IIob} - Y_{IIob.\phi.p}), \%$
1991	1,47	224	188	198	175	13,1
1992	2,94	202	160	170	164	3,66
1993	26,5	101	79,3	88,1	76,0	15,9
1994	16,2	128	103	95,7	82,0	16,7
1995	41,2	80,2	61,3	70,1	66,0	6,21
1996	42,6	78,4	59,8	67,6	65,0	4,00
1997	45,6	74,4	56,5	64,1	55,0	16,5
1998	66,2	52,7	37,9	44,7	40,0	11,8
1999	72,1	47,0	33,0	39,1	38,0	2,89
2000	58,8	60,0	44,2	50,4	46,0	9,61
2001	54,4	64,4	48,0	53,6	50,0	7,20
2002	33,8	89,8	69,4	73,0	70,0	4,29
2003	23,5	107	84,3	87,3	78,0	11,9

$$\delta_{сер} = 9,52 \%$$

Таблиця 2 – Порівняння фактичних і розрахованих за моделлю величин побутового стоку р. Інгул – с. Новогорожене.

$$\bar{Y}_{II} = 47,0 \text{ мм}; C_{v_{II}} = 0,60; C_{s_{II}} = 1,30.$$

$$K_{\bar{Y}} = 0,83; K_{C_v} = 1,05; K_{C_s} = 1,02 (f_{3p_{сер}}, \% = 1,6; v_0 = 0,9; \eta = 0,9).$$

$$K'_{\bar{Y}} = 0,91; K'_{C_v} = 1,07; K'_{C_s} = 1,05 (f_B, \% = 0,69).$$

Рік	Забезпеченість $P, \%$	Природний стік заданої забезпеченості $Y_{IIp}, \text{ мм}$	Побутовий розрахунковий стік заданої забезпеченості $Y_{Поб.роз.р}, \text{ мм}$	Побутовий фактичний стік заданої забезпеченості $Y_{Поб.ф.р}, \text{ мм}$	Побутовий спостережений стік $Y_{Поб}, \text{ мм}$	Похибка $\delta = (Y_{Поб} - Y_{Поб.ф.р}), \%$
1991	72,9	27,5	16,8	19,9	20,0	0,50
1992	82,9	21,6	12,1	13,3	14,0	5,00
1993	87,1	18,8	10,9	12,6	13,0	3,08
1994	97,1	10,6	0,34	6,31	6,20	1,77
1995	95,7	12,0	1,93	7,41	8,20	9,63
1996	44,3	45,3	33,9	37,9	35,0	8,34
1997	94,3	13,3	3,80	8,88	8,60	3,26
1998	90,0	16,9	10,1	11,9	10,0	19,0
1999	51,4	40,1	29,1	33,9	31,0	9,35
2000	77,1	25,1	14,5	18,4	16,0	15,0
2001	60,0	35,0	24,2	28,3	27,0	4,81
2002	74,3	26,7	16,0	19,3	19,0	1,58
2003	17,1	73,9	59,8	62,2	64,0	2,81

$$\delta_{сер} = 6,47\%.$$

Виключення становить водозбір р. Інгулець – м. Кривий Ріг, де спостерігається перевищення допустимої похибки ($\delta_{сер} \approx 11\%$) при розрахунках річного побутового стоку, яке пояснюється активізацією в межах водозбору карстових процесів, пов'язаних з техногенним підтопленням значних територій. Перевищення допустимої похибки розрахунку пояснюються тим, що для території, яка досліджується, характерне скидання промислових і шахтних вод "на рельєф місцевості", тобто в місцях, які не завжди співпадають за місцезнаходженням з сільськогосподарськими масивами, що зрошуються, і тому не враховувалися при проведених розрахунках.

Висновки і перспективи подальших досліджень.

В даний час має місце процес переходу від адміністративно-територіального до басейнового принципу управління водними ресурсами, про що свідчить Закон України „Про загальнодержавну програму розвитку водного господарства” (2002). Згідно до цього закону, на перспективу до 2010 року передбачається повний перехід на басейновий принцип управління водними ресурсами України на основі басейнових угод на рівні басейнового комітету, який буде громадським органом управління.

Для реалізації такого підходу необхідно розробити на погоджений в рамках басейну період (20–25 років) еколого-економічну оптимізаційну модель розвитку басейну, яка повинна забезпечити підтримання життєдіяльності водних екосистем в басейні і забезпечення потреб у воді і водних об'єктах [2].

Шляхом до здійснення таких перспектив є модель побутового стоку, розроблена в ОДЕКУ [2, 4, 5], реалізація, теоретичний розвиток та апробація якої для території Нижнього Подніпров'я викладені у даній роботі.

Список літератури

1. *Воропаев Г.В.* Физико-географические основы формирования водохозяйственных балансов / Г.В. Воропаев, В.Б. Местечкин. – М.: Наука, 1981. – 134 с.
2. *Гопченко Е.Д., Лобода Н.С.* Водные ресурсы северо-западного Причерноморья (в естественных и нарушенных хозяйственной деятельностью условиях). – Київ: КНТ. – 2005. – 188 с.
3. *Дубняк С.С.* Становлення басейнового принципу управління водними ресурсами України на основі екосистемних підходів / С.С. Дубняк, С.А. Дубняк // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. Спец. випуск „Гідроєкологія”. – 2005. – № 3 (26). – С. 143–145.
4. *Лобода Н.С.* Расчеты 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.
6. *Паламарчук М.М.* Водний фонд України: довід. посіб. / М.М. Паламарчук, Н.Б. Загорчевна. – К.: Ніка-Центр, 2001. – 392 с.
7. *Фоменко Е.А.* Методика оценки водных ресурсов Украинской и Молдавской ССР // Труды УкрНИГМИ. – 1986. – Вып. 215. – С. 85–90.
8. *Шахман І.О.* Водні ресурси Нижнього Подніпров'я в умовах зрошувального землеробства / І.О. Шахман // Метеорологія, кліматологія, гідрологія. – 2008. – № 50. – С. 102–107.
9. *Шерешевский А.И.* Норма и изменчивость годового стока рек Украины / А.И. Шерешевский, П.Ф. Вишневский // Гидробиологический журнал. – 1997. – Т. 3. – С. 81–91.
10. *Шерешевський А.І.* Розрахункове випаровування з водної поверхні на території України / А.І. Шерешевський, Л.К. Сіницька // Наук. Праці УкрНДГМІ. – 2003. – Вип. 252. – С. 11–26.

Применение имитационной стохастической модели годового стока к оценке состояния водных ресурсов Нижнего Поднепровья в условиях водохозяйственной деятельности. Шахман И.А., Лобода Н. С. Приведена оценка измененной годового стока на основе имитационной стохастической модели бытового стока и выполнена апробация модели на данных водохозяйственных балансов за 1991–2003 гг.

Ключевые слова: водохозяйственный баланс, стохастическая модель годового стока, бассейновый принцип.

Application of imitating stochastic model of an annual runoff to an estimation of a condition of water resources Low Podneproviya in the conditions of water economic activities. Shahman I. A, Loboda N.S.

The estimation of changes of an annual runoff on the basis of imitating stochastic model of a life-conditioned annual runoff is resulted and model approbation on data of water economic balances for 1991-2003 years is executed.

Keywords: water economic balance, stochastic model of a life-conditioned annual runoff, drainage a principle.