

## Розділ 1

### Економіка природокористування і еколого-економічні проблеми

#### Економічні основи гідрологічного забезпечення господарського комплексу регіону

М. Г. СЕРБОВ<sup>і</sup>

---

Надмірне техногенне навантаження на природне середовище України, збільшення з кожним роком економічних збитків господарського комплексу країни від небезпечних гідрометеорологічних явищ і несприятливих кліматичних умов актуалізує питання обґрунтування та прийняття оптимальних господарських рішень на підставі гідрометеорологічних спостережень та прогнозів. У статті розглядаються питання та основні складові економічного обґрунтування прийняття оптимальних господарських рішень на основі гідролого-економічних розрахунків з використанням мінімізації середньостатистичних витрат споживача при прийнятті економічного рішення. Пошук оптимального господарського рішення на основі гідролого-економічних розрахунків проведений із порівняння очікуваних результатів на основі прогнозних альтернатив. Наведені приклади оптимізаційних розрахунків з використанням Байєсової стратегії для нормативної та прогностичної гідрологічної інформації.

*Ключові слова:* Байєсова стратегія, стратегія, гідролого-економічні розрахунки, господарське рішення.

УДК 681.3:556

JEL коди: A10, B40, D70, Q50

---

**Вступ.** Сучасний рівень природно-техногенної безпеки території України значною мірою зумовлений надмірними техногенними навантаженнями на природне середовище. Поєднання факторів техногенної та природної небезпеки значно збільшують ризики виникнення надзвичайних ситуацій в межах водних басейнів та посилюють їх негативні наслідки. Крім того, небезпечні гідрометеорологічні явища і несприятливі кліматичні умови з кожним роком завдають все більших економічних збитків господарському комплексу та населенню країни. За оцінками Всесвітньої Метеорологічної організації 90% усіх стихійних лих на нашій планеті упродовж останніх десятиліть пов'язані з проявом гідрометеорологічних явищ та процесів, а 65% загальних збитків від стихійних лих завдані явищами гідрометеорологічного походження. Збитки у світі від небезпечних явищ погоди становлять близько 50-60 млрд доларів на рік, а в окремі роки навіть до 180-200 млрд доларів США. За останні 25 років кількість постраждалих наближується до 130 млн чоловік [2; 10]. Причому втрати, пов'язані небезпечним впливом погодно-кліматичних факторів з 60 до 90 років минулого століття зросли у 40 разів, зазначена тенденція

---

<sup>і</sup> Сербов Микола Георгійович, кандидат географічних наук, доцент, доцент кафедри менеджменту природоохоронної діяльності Одеського державного екологічного університету.

© М. Г. Сербов, 2014.



зберігається і на початку XXI століття. За даними [1; 2; 3; 6] загальні соціально-економічні збитки від стихійних погодних лих для галузей економіки України складають близько одного млрд доларів на рік.

Тому на сьогодні особливо гострого значення набувають питання моделювання економіко-екологічних ситуацій майбутнього розвитку водних басейнів, забезпечення оптимальними управлінськими рішеннями органів державної влади та суб'єктів господарювання.

При пошуку оптимальних господарських рішень на основі гідролого-економічних розрахунків виходять із порівняння очікуваних результатів на основі прогнозних альтернатив. Тут також слід враховувати вплив некерованих факторів на наслідки реалізації прийнятих рішень, а також ступінь можливих максимальних ризиків. Проблема оптимального вибору на стадії прийняття рішення потребує врахування корисності витрат ресурсів.

Способи вибору вигідного рішення в умовах невизначеності відносно майбутнього стану природного середовища, з яким пов'язана господарська діяльність, здійснюються на базі числового розділу математики – теорії ігор. Для оптимізації господарської діяльності на основі інформації про стан атмосфери і гідросфери найбільш доцільне використання одного із часткових методів теорії ігор – методу статистичних рішень (при врахуванні випадковості природних процесів). Відомо, що гідрологічні величини можна адекватно задавати деяким набором статистичних характеристик. При цьому емпіричні криві забезпеченості досить близько співпадають з параметрами теоретичних розподілів.

Звернення водокористувачів та водоспоживачів до теорії статистичних рішень під час вибору економічної стратегії на основі гідрологічної інформації є необхідною умовою об'єктивної оцінки комплексу природних і економічних чинників, які визначають найбільш вигідний спосіб господарювання.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Проблеми вдосконалення раціонального використання гідрометеорологічної інформації з приводу розробки ефективних методів економічно обгрунтованого забезпечення галузей господарського комплексу країни, своєчасного прийняття запобіжних заходів при загрозі виникнення та розвитку небезпечних і стихійних гідрометеорологічних явищ та процесів знаходяться у сфері наукових інтересів і практичних досліджень вже досить довгий час. Значний науково-практичний внесок у досліджуваній галузі становлять праці Жуковського Є. Є., Макарова В. А., Хандожко Л. А., Воробйова Б. В., Угренинова Г. М., Багрова Н. А., Монокревича Є. І., Шакірзановій Ж. Р., Бойко В. М., Городецького О. О., Сівопляса Г. Г., ін. Їх роботи мають важливе значення і слугують підґрунтям сучасних економіко-гідрометеорологічних поглядів. Однак, попри те що зазначеними вченим докладено багато зусиль для вирішення даних проблем та формуванню економічних принципів гідрометеорологічного забезпечення галузей господарського комплексу, сучасний стан розвитку соціально-економічних систем, виробничих зв'язків, потребує нових теоретико-методологічних підходів та напрямків розв'язання даних проблем.

**Мета та методи дослідження.** На основі інформації про характеристику стану водного басейну  $Y$  приймається господарське рішення  $L$ , до того ж кожне  $k$ -те рішення  $l_k$  безумовно пов'язане з деяким цілком визначеним набором економічних дій. В результаті виконання зазначених дій споживач отримує деяку корисність  $\theta$ , що виражається у вигляді конкретного прибутку (вироблення додаткової електроенергії, перевезених вантажів та інше), які мають визначений грошовий еквівалент.

Очевидно, якщо в процесі господарської діяльності приймається рішення  $l_k$ , яке збігається із здійсненим значенням визначеної гідрологічної величини  $y_h$ , тобто  $l_k = y_h$ ,

то корисність такого рішення буде найвищою з  $\theta(y_h)$ . Якщо рівняння  $l_k \neq y_h$  не виконуються, корисність такого рішення  $\theta(y_h, l_k)$  завжди знижена через невідповідність узятих в розрахунок (прогноз) та реально здійснених, наприклад, гідрологічних явищ. В першому випадку прийняте рішення вважається ідеальним, в другому – довільним. Отже в результаті помилки рішення  $(l_k - y_h)$  виникає зниження корисності. Таке зниження корисності господарського рішення називається втратами і визначається за формулою [4; 5]

$$R(y_h, l_k) = \theta(y_h) - \theta(y_h, l_k). \quad (1)$$

Частіше в реальних умовах розрахунок втрат утруднений відсутністю у водокористувача чіткого зв'язку рішень та дій. Споживач найчастіше намагається уникнути значних прорахунків у випадку помилкової оцінки майбутніх умов. Такий спосіб господарювання, який базується на досвіді та інтуїції, іноді приводить до задовільних результатів, але страждає суб'єктивізмом.

Ймовірність прийняття ідеального господарського рішення дуже мала і максимум корисності  $\theta(y_j)$  в кожному окремому випадку практично недосяжний. При цьому пошук найбільш оптимального господарського рішення вимагає попередньої оцінки економічних втрат споживача при здійсненні комбінацій "рішення ( $l_k$ ) – фактичне значення ( $y_j$ )". При цьому  $c$  – кількість розглянутих господарських рішень,  $d$  – число розривних діапазонів варіації величини  $Y$ , причому  $y_j$  – середньоінтервальне значення гідрологічної величини.

Реальні функції втрат  $R(y, l)$  в аналітичній формі представити надзвичайно важко. Доволі часто можливі умови, коли при одній і тій же різниці  $|y - l|$ , втрати відрізняються в залежності від значень величини  $y$ . Тому в практиці гідролого-економічних розрахунків функції втрат представляються у матричній формі  $R = ||R(y_j, l_k)||$ .

Для прикладу розглянемо найпростішу із подібних матриць (табл. 1). Розіб'ємо діапазон варіації визначеної величини стану водного басейну  $Y$  на  $d$  інтервалів та візьмемо в розрахунок  $c$  господарських рішень. В цьому випадку необхідно виконати  $cd$  комбінацій економіко-екологічних розрахунків (в наведеному прикладі  $d=5, c=4$ ).

В табл. 1 «діагональні» значення втрат  $R_{11}, R_{22}, R_{33}, R_{44}$  дорівнюють нулю, тому що відповідають комбінаціям, які характеризують співвідношення рішень та реалізованих значень  $Y$  (ідеальні рішення). Решта втрат  $R(y_i, l_k) > 0$ .

Матричний спосіб вираження функції втрат потребує виконання відносно невеликого обсягу гідролого-економічних розрахунків. Основний недолік матричного підходу полягає в тому, що безперервна функція втрат  $R(y, l)$  виражається у дискретній формі. Отже результат оптимізаційного розрахунку та прийнятого оптимального рішення залежить від кількості розглянутих при складанні матриці комбінацій  $cd$ .

Використання платіжної матриці втрат – таблиці економічних втрат, які виникають в результаті невідповідності між узятими в розрахунок і фактичними характеристиками стану водного басейну, дозволяє знайти оптимальне рішення тільки при сумісному розгляді її з матрицями ймовірностей подання величини  $Y$  в кожне із інтервалів, на які розбитий діапазон варіації цієї величини (табл. 1). Якщо мова йде про оптимізаційні розрахунки на основі прогностичної інформації, то ймовірність подання в кожне із інтервалів носить умовний характер тому, що дозволяє оцінити характеристики стану водного басейну лише в межах конкретного випуску прогнозу.

Таблиця 1 – Загальний аналітичний вигляд матриці втрат

$$R = \| R(y_j, l_k) \| \text{ (при } d=5, c=4) \text{ [4]}$$

$l_k$	$y_j$				
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$
$l_1$	$R_{11}$	$R_{21}$	$R_{31}$	$R_{41}$	$R_{51}$
$l_2$	$R_{12}$	$R_{22}$	$R_{32}$	$R_{42}$	$R_{52}$
$l_3$	$R_{13}$	$R_{23}$	$R_{33}$	$R_{43}$	$R_{53}$
$l_4$	$R_{14}$	$R_{24}$	$R_{34}$	$R_{44}$	$R_{54}$

В даному випадку пошук оптимального господарського рішення на основі моделювання економічної ситуації неможливий без застосування матриці умовних ймовірностей, тобто врахування ймовірностей реалізації деякого природного (гідрологічного, метеорологічного тощо) явища або процесу за різноманітних початкових умов. Позначимо матрицю умовних ймовірностей як

$$p = \| p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) \|, \quad (2)$$

де  $\Delta y$  – половина інтервалу.

Для наближеної оцінки явищ або процесів у деяких випадках достатньо розбити на три інтервали увесь діапазон змінювання прогностичної величини  $Y$ , яку можна визначити за допомогою цього методу прогнозування (більше за норму, близько до неї або менше за норму). При розділенні діапазону величини  $Y$  на п'ять інтервалів ( $d=5$ ) та подання прогностичної інформації в діапазоні трьох інтервалів, матриця умовних ймовірностей матиме вигляд, наведений в табл. 2.

Таблиця 2 – Матриця умовних ймовірностей  $p = \| p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) \|$  [5]

$y'_i$	$y_i$				
	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$
$y'_1$	$p_{11}$	$p_{12}$	$p_{13}$		
$y'_2$		$p_{22}$	$p_{23}$	$p_{24}$	
$y'_3$			$p_{33}$	$p_{34}$	$p_{35}$

Наприклад, при випуску прогнозу гідрологічної величини або явища  $y'_1$ , тобто в умовах попереднього обчислення підвищення водності, ймовірності реалізації значень  $y_4$  і  $y_5$  незначні і в практичних розрахунках можуть дорівнювати нулю, тоді і  $p_{14} \approx 0$ ,  $p_{15} \approx 0$ . Незначними також будуть ймовірності здійснення значень

гідрологічних величин  $y_1$  і  $y_5$  під час прогнозу середньої водності  $y'_2$  та значень  $y_1$  і  $y_2$  під час прогнозу зниженої водності –  $y'_3$ .

Розрахунок умовних ймовірностей можна виконати графічно з використанням умовної кривої забезпеченості. Однак в більшості випадків приймають одну функцію (закон розподілу) як апроксимацію розподілу похибок прогнозів. Якщо похибки прогнозування описуються нормальним законом розподілу, умовна ймовірність попадання визначеної величини  $Y$  в  $j$ -й інтервал буде дорівнювати [7]

$$p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) = \frac{\Phi\left(\frac{y_j + \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right) - \Phi\left(\frac{y_j - \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right)}{\Phi\left(\frac{y_{max} - y'_i}{S_{y_i}}\right) - \Phi\left(\frac{y_{min} - y'_i}{S_{y_i}}\right)}, \quad (3)$$

де  $\Phi(\dots)$  – позначення інтеграла Гауса;  $S_{y_i}$  – середньоквадратична похибка прогнозування в умовах випуску  $i$ -го прогнозу;  $y_{max}$  і  $y_{min}$  – максимальне і мінімальне значення характеристик, взятих для практичних розрахунків як крайові межі варіації величини  $Y$ .

Знаменник виразу (3) є ймовірність попадання в інтервал від  $y_{min}$  до  $y_{max}$  при умовній нормі  $y'_i$ .

Перерахунок ймовірностей  $p$  необхідний у зв'язку з тим, що матричний варіант виконання оптимізаційних розрахунків передбачає, як правило, заміну повного розподілу ймовірностей зрізаним.

В сучасній практиці прийняття оптимального економічного рішення особливого значення набуває вибір критерію (рішення) або стратегії оптимізації господарського рішення, який закладається в основу моделі економіко-екологічних розрахунків.

Стратегія, на відміну від рішення, – не одноразовий захід, а принцип (алгоритм дії), який споживач використовує при прийнятті господарських рішень протягом достатньо тривалого процесу господарювання [4; 8; 13]. Стратегія називається чистою, якщо будь-якій заданій ситуації відповідає тільки одна із дій. Змішані або рандомізовані стратегії передбачають прийняття рішень у вигляді стохастичної процедури, яка є випадковим вибором дій з деякої їх сукупності відповідно до заданого розподілу ймовірностей [12; 13]. Часто змішана стратегія зводиться до одночасного здійснення декількох дій у пропорціях, рівних відповідним ймовірностям.

На сьогодні найбільшого розповсюдження в практиці економіко-екологічних розрахунків стану характеристик водного об'єкту набула Байєсова стратегія, яка зводиться до мінімізації середніх статистичних втрат, тобто [7; 8]

$$\bar{R}(l_0) = \min_{\langle l \rangle} \bar{R}(l), \quad (4)$$

де  $\min_{\langle l \rangle} \bar{R}(l)$  – мінімальне значення середньостатистичних втрат, обчислених за

умови прийняття усіх можливих господарських рішень;  $l_0$  – оптимальне господарське рішення.

Застосування стратегії (4) передбачає визначення середніх (ймовірних) втрат при всіх рішеннях  $l_k$ . Розрахунок таких втрат аналогічний розрахунку норми гідрологічної величини

$$\bar{y} = \int_{y_{min}}^{y_{max}} y f(y) dy, \quad (5)$$

де  $f(y)$  – функція розподілу ймовірностей реалізації різноманітних значень гідрологічної величини  $Y$ .

У випадку, коли розподіл характеристик стану водного басейну  $Y$  належить до нормального закону, функція  $f(y)$  має вигляд

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_y} e^{-\frac{(y-\bar{y})^2}{2\sigma_y^2}}. \quad (6)$$

Середні статистичні втрати  $\bar{R}(l_k)$  визначаються за схемою, аналогічною (5), із заміною значень  $y$  конкретними реалізаціями втрат при рішенні  $l_k$  та здійсненні різноманітних змін значень  $y$  від  $y_{min}$  до  $y_{max}$  у вигляді

$$\bar{R}(l_k) = \int_{y_{min}}^{y_{max}} R(y, l_k) f(y) dy. \quad (7)$$

Величини середніх (ймовірних) втрат  $R(l)$  в свою чергу є функціями та змінюються із зміною рішення  $L$ . Найменшого значення середня втрата  $R(l_k)$  набуває при оптимальному рішенні  $l_k = l_0$ . Рішення називається оптимальним, якщо в умовах більшості можливих результатів воно приводить до найменших (ймовірних) економічних втрат споживача.

При оптимальному рішенні похідна функції  $\bar{R}(l)$  дорівнює нулю

$$\left. \frac{d\bar{R}}{dl} \right|_{l=l_0} = 0. \quad (8)$$

Байесова стратегія, а саме цьому критерію відповідають вирази (7) та (8), широко використовується при виконанні гідролого-економічних розрахунків при оптимізації господарських рішень. Так, графічний спосіб виявлення гідрологічних залежностей, заснований на мінімізації суми відхилень від середньостатистичної лінії зв'язку, в цілому відповідає умовам Байесової стратегії. Кожне таке відхилення є своєрідною

втратою, а саме полягає в похибках результатів прогнозів відносно встановленої закономірності.

**Результати дослідження та їх аналіз.** На прикладі виробничої задачі наведено схему пошуку та прийняття оптимального з економічної точки зору господарського рішення при використанні нормативної і прогностичної гідрологічної інформації. Так, за необхідне при вирішенні питання про створення насосної станції для забезпечення водопостачання у меженний період знайти за Байєсовою стратегією оптимальне господарське рішення  $l_{k_0}$  для кожної прогностичної величини  $Y'_i$  і оцінити середні економічні втрати споживача за період використання прогностичної інформації  $\bar{R}(l_0)$ . Вихідні дані при вирішенні питання про створення насосної станції на основі даних про рівні води у меженний період – платіжна матриця втрат  $R = \|R(y_j, l_k)\|$  та матриця умовних ймовірностей  $p = \|p((y_j \pm \Delta y) | y'_i)\|$ , де гідрологічна величина  $Y = H$  – рівні води (см над «0» графіка поста).

Загальна схема оптимізаційного розрахунку на основі прогностичної інформації відповідає, в залежності від прийнятого критерію, схемі обчислення (7)-(8). При цьому функція розподілу  $f(y)$  замінюється умовним розподілом ймовірностей  $\varphi(y | y'_i)$ . В межах Байєсової стратегії середньостатистичні втрати при рішенні  $l_k$  та прогнозі  $y'_i$ , складають [5; 7]

$$\bar{R}(y'_i, l_k) = \int_{y_{min}}^{y_{max}} R(y, l_k) \varphi(y | y'_i) dy. \quad (9)$$

В матричній формі розрахунок середньостатистичних втрат аналогічний за (9) і виконується за схемою

$$\bar{R}(y'_i, l_k) = \sum_{j=1}^{j=d} p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) R(y_j, l_k). \quad (10)$$

Оптимальним є рішення  $l_k = l_{k_0}$ , при якому втрати, обчислені за формулою (10), є найменшими

$$\bar{R}(y'_i, l_{k_0}) = \min_{<k>} \bar{R}(y'_i, l_k). \quad (11)$$

Для побудови загальної стратегії господарювання, на основі прогнозів гідрологічної величини  $Y$  і виявленої функції втрат  $\bar{R}(y'_i, l_k)$ , в доповнення до табл. 1 і 2 моделюється матриця стратегій [3; 5; 11].

Припустимо, оптимізаційні розрахунки показали, що  $l_{k_0} = y'_i - 2\Delta y$  (за умови, що діапазони варіації величин  $Y$ ,  $Y'$ ,  $L$  розбиті на однакові інтервали, тобто  $\Delta y = \Delta y' = \Delta l$ ). Споживачу, діяльність якого описана функцією втрат  $\bar{R}(y'_i, l_k)$ ,

вигідно призначити режим роботи об'єкту виходячи із значення  $l_{k_0}$ , меншого ніж передбачено прогнозом  $Y'_i$ . Якщо  $y'_1 = l_1$ ,  $y'_2 = l_2$ ,  $y'_3 = l_3$ , то матриця стратегій, яка отримана на вихідних даних наведеного практичного прикладу, має вигляд, представлений в табл. 3.

Значення середніх втрат  $\bar{R}_{10}$ ,  $\bar{R}_{20}$  і  $\bar{R}_{30}$  – найменші в кожному рядку таблиці стратегій, що визначають оптимальне господарське рішення  $l_{k_0}$  при прогнозі  $y'_i$ . Ці втрати, за умови використання конкретного методу прогнозування і збереження техніко-економічних показників споживача, слід визнати неминучими у середньостатистичному розумінні.

Таблиця 3 – Матриця стратегій (середніх втрат)  $\bar{R}(y'_i, l_k)$  [5]

$Y'_i$	$l_k$			
	$l_1$	$l_2$	$l_3$	$l_4$
$y'_1$	$\bar{R}_{11}=9,2$	$\bar{R}_{10}=5,6$	$\bar{R}_{13}=13,2$	$\bar{R}_{14}=20,7$
$y'_2$	$\bar{R}_{21}=51,2$	$\bar{R}_{22}=11,3$	$\bar{R}_{20}=4,1$	$\bar{R}_{24}=13,3$
$y'_3$	$\bar{R}_{31}=97,5$	$\bar{R}_{32}=65,3$	$\bar{R}_{33}=9,4$	$\bar{R}_{30}=5,0$

Розрахунок середніх (ймовірних) втрат за період оптимального використання прогностичної інформації  $\bar{R}(l_0)$  виконується за формулою [7; 9]

$$\bar{R}(l_0) = \sum_i p(y'_i \pm \Delta y) \bar{R}(y'_i, l_{k_0}), \quad (12)$$

$p(y'_i \pm \Delta y)$  – елементи матриці ймовірностей випуску прогнозу (табл. 4);

$l_0$  – оптимальне рішення при використанні прогностичної інформації.

Таблиця 4 – Матриця ймовірностей випуску прогнозу  $p = p(y'_i \pm \Delta y)$  [4; 5]

$Y'_i$	$y'_1$	$y'_2$	$y'_3$
$p(y'_i \pm \Delta y)$	$p_1=0,27$	$p_2=0,45$	$p_3=0,27$

Відповідно наведеної виробничої задачі (при вирішенні питання про створення насосної станції для забезпечення водопостачання у меженний період), ймовірні середні втрати за період оптимального використання прогностичної інформації визначаються за формулою (12) і даними табл. 3 і 4 таким чином

$$\bar{R}(l_0) = p_1 \bar{R}_{10} + p_2 \bar{R}_{20} + p_3 \bar{R}_{30} = 4,74 \text{ тис. грн.}$$



Оптимізація господарського рішення на основі режимних узагальнень або нормативної гідрологічної інформації виконується аналогічно.

Платіжна матриця економічних втрат у цьому випадку має той же вигляд, що й наведений в табл.1. Відмінність полягає в тому, що в залежності від поставленої задачі, рішення  $l_k$  не включає весь діапазон варіацій гідрологічних величин  $Y$ , обмежуючи споживача певними межами, наприклад, витратами (рівнями) води рідкісної ймовірності перевищення у багаторічному розрізі.

Основним гідрологічним матеріалом оптимізаційного розрахунку за даними режимного характеру є матриця безумовних (багаторічних) ймовірностей  $p' = \|p(y_j \pm \Delta y)\|$  (табл. 5).

Розрахунок середніх (ймовірних) втрат на основі інформації про функції втрат (табл. 1) та багаторічні ймовірності господарювання, при попаданні гідрологічної величини  $Y$  в той чи інший інтервал (табл. 5), ведеться за формулою вигляду

$$\bar{R}(l_k) = \sum_{j=1}^d p(y_j \pm \Delta y) R(y_j, l_k). \quad (13)$$

Таблиця 5 – Матриця безумовних ймовірностей  $p' = \|p(y_j \pm \Delta y)\|$   
при розбитті діапазону варіації величини  $Y$  на  $d=5$  інтервалів [4]

$y_j$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$y_4$	$y_5$
$p(y_j \pm \Delta y)$	$p'_1=0,08$	$p'_2=0,25$	$p'_3=0,45$	$p'_4=0,25$	$p'_5=0,08$

Наприклад, якщо  $y_2 = \bar{y}$ , і рішення  $l_3 = \bar{y}$ , то середньостатистичні втрати  $\bar{R}(l_3)$  дорівнюють

$$\bar{R}(l_3) = \sum_{j=1}^5 p(y_j \pm \Delta y) R(y_j, l_3) = p'_1 R_{13} + p'_2 R_{23} + p'_3 R_{33} + p'_4 R_{43} + p'_5 R_{53}. \quad (14)$$

Аналогічно до (14) обчислюються втрати  $\bar{R}(l_1)$ ,  $\bar{R}(l_2)$ ,  $\bar{R}(l_4)$ .

Тільки в конкретному випадку, при симетричності функції  $R(y, l)$ , з чотирьох розрахованих значень  $\bar{R}(l_k)$  мінімальними будуть втрати  $\bar{R}(l_3) = \bar{R}(l^*)$ . В наведеному прикладі  $\bar{R}(l_3) = \bar{R}(l^*) = 11,55$  тис. грн.

Втрати  $\bar{R}(l^*)$  характеризують середній багаторічний рівень збитків в результаті помилок рішення  $L$ . Оцінка таких втрат дуже важлива тому, що є показником найбільш сприятливої за економічним ефектом стратегії споживача без врахування прогностичної інформації. Використання гідрологічних прогнозів припускає значне зниження

середньостатистичних втрат споживача порівняно із  $\bar{R}(l^*)$ .

Розрахунок зниження середньостатистичних економічних втрат за рахунок оптимального використання прогностичної інформації виконується за формулою

$$\Delta\bar{R}(l_0) = [\bar{R}(l^*) - \bar{R}(l_0)] \quad (15)$$

За результатами попередніх розрахунків при використанні прогностичної інформації про рівні води ( $H$ , см) та за формулою (15) отримується величина зниження середніх втрат при

$$\Delta\bar{R}(l_0) = 11,55 - 4,74 = 6,8 \text{ тис. грн.}$$

Таким чином, використання гідрологічних прогнозів припускає значне зниження середньостатистичних втрат споживача порівняно з  $\bar{R}(l^*)$ . Відповідно стратегії Байеса, оптимальним буде рішення  $l_0 = l_k$ , при якому виконується рівність

$$\bar{R}(l_0) = \min_{<k>} \bar{R}(l_k) \quad (16)$$

Тобто при вирішенні питання про створення насосної станції для забезпечення водопостачання у меженний період економічно вигіднішим є використання прогностичної гідрологічної інформації про рівні води. Зниження середніх втрат за рахунок оптимального використання прогностичної інформації  $\Delta\bar{R}(l_0)$  складає 6,8 тис. грн.

**Висновки.** Визначені в роботі етапи економічних розрахунків представляють розробку параметрів багатоваріативної гідролого-економічної моделі пошуку оптимальних господарських рішень розвитку водного басейну, як об'єкта природокористування. Виконання останнього здійснюється на основі використання споживачем нормативної і прогностичної гідрологічної інформації з врахуванням складових діючого водогосподарського комплексу, а найбільш вигідне (оптимальне) рішення приймається при мінімізації економічних втрат за обраним критерієм оптимізації господарських рішень.

#### Література

1. Ковалев, В. Г. Производственно-хозяйственная и природоохранная деятельность в водных бассейнах Украины / В. Г. Ковалев, Н. Г. Сербов, А. А. Рекиш. – Одесса : ПОЛИГРАФ, 2011. – 105 с.
2. Свет и Тени [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://svetiteni.com.ua/17735-oon-uscherb...> [дата доступу 28.06.2013]
3. Лобода, Н. С. Закономірності коливань річного стоку річок України при змінах клімату на початку ХХ сторіччя / Н. С. Лобода // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2010. – Т. 18. – С. 62–70.
4. Сербов, М. Г. Економіка гідрометеорологічного забезпечення народного господарства України (гідрологічні аспекти) / М. Г. Сербов, Ж. Р. Шакірзанова. – Одеса : Евротойз, 2008. – 123 с.
5. Сербов, М. Г. Пошук оптимальних господарських рішень на основі нормативної і прогностичної гідрологічної інформації: методичні підходи та економічна оцінка / М. Г. Сербов, Ж. Р. Шакірзанова // Український гідрометеорологічний журнал. – 2011. –

- Вип. 9. – С. 126–134.
6. *Степаненко, С. Н.* Оценка влияния климатических изменений на отрасли экономики Украины : монография / [Степаненко С. Н., Полевой А. Н., Школьный Е. П. и др.]. – Одесса : Экология, 2011. – 696 с.
  7. *Угренинов, Г. Н.* Гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства / Г. Н. Угренинов. – Л. : Издательство ЛПИ, 1986. – 83 с.
  8. *Хандожко, Л. А.* Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства / Л. А. Хандожко. – СПб. : Гидрометеиздат, 1993. – 311 с.
  9. *Хандожко, Л. А.* Экономическая метеорология : учебник / Л. А. Хандожко. – СПб. : Гидрометеиздат, 2005. – 479 с.
  10. *Хохлов, В. М.* Можливі зміни температурного режиму в Україні у 2011-2025 роках / Хохлов В. М., Латиш Л. Г., Цимбалюк К. С. // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2009. – Вип. 8. – С. 70–78.
  11. *Экологический менеджмент* / Н. В. Пахомова, А. Эндрес, К. Рихтер. – СПб. : Питер, 2003. – 544 с.
  12. *Эндрес А.* Экономика природных ресурсов / А. Эндрес, И. Квернер. ; 2-е изд. – Рынки, технологии и инновации. Аспекты развития. – СПб. : Питер. – 2004. – 256 с.
  13. *Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства* ; под ред. К. Т. Логвинова. – Л. : Гидрометеиздат, 1993. – С. 69–77, 103–127.

*Отримано 28.11.2013 р.*

#### **Экономические основы гидрологического обеспечения хозяйственного комплекса региона**

***НИКОЛАЙ ГЕОРГИЕВИЧ СЕРБОВ\****

*\* кандидат географических наук, доцент кафедры менеджмента природоохранной деятельности Одесского государственного экологического университета,  
ул. Львовская, 15, г. Одесса, 65016, Украина,  
тел.: 00-380-482-32-67-64, e-mail: serbov@odeku.edu.ua*

Чрезмерная техногенная нагрузка на окружающую природную среду Украины, увеличение с каждым годом экономических убытков хозяйственного комплекса страны от опасных гидрометеорологических явлений и неблагоприятных климатических условий обуславливает актуальность вопроса обоснования и принятия хозяйственного оптимального решения на основе данных гидрометеорологических наблюдений и прогнозов. В статье рассматриваются вопросы и основные составляющие экономического обоснования принятия оптимального хозяйственного решения на основе гидролого-экономических расчётов с использованием минимизации среднестатистических убытков потребителя при принятии экономического решения. Поиск оптимального хозяйственного решения на основе гидролого-экономических расчётов проведён из сравнения ожидаемых результатов на основе прогнозных альтернатив. Представлены примеры оптимизационных расчётов с использованием Байесовой стратегии для нормативной и прогностической гидрологической информации.

*Ключевые слова:* Байесова стратегия, гидролого-экономические расчёты, хозяйственное решение.

*Mechanism of Economic Regulation, 2014, No 1, 27–38  
ISSN 1726-8699 (print)*

#### **Economic Fundamentals Hydrological Support Economic Complex of the Region**

***MYKOLA G. SERBOV\****

\* C. Sc. (Geography), Associate Professor, Department of Management of Environmental Activities, Odessa State Environmental University, Lvovovskaya Street, 15, Odessa, 65016, Ukraine, phone: 00-380-32-67-64, e-mail: serbov@odeku.edu.ua

Manuscript received 28 November 2013.

Excessive anthropogenic impact on the environment in Ukraine, increasing each year in economic losses from the country's economic complex hydrometeorological hazards and adverse climatic conditions determines relevance of the issue of the economic justification and making optimal decisions on the basis of meteorological observations and forecasts. The article examines the basic components and feasibility study of the optimum economic decisions based on hydrological and economic calculations using minimization of average consumer losses when making economic decisions. Finding the optimal economic decisions on the basis of hydrological and economic calculations carried out by comparing the expected results on the basis of forward-looking alternatives. The examples of optimization calculations using Bayes Strategy for regulatory and forecast hydrological information are presented.

*Keywords:* Bayesian strategy, hydrologic-economic calculations, economic solution

*JEL Codes:* A10, B40, D70, Q50

*Tables:* 5; *Formulas:* 16; *References:* 13

*Language of the article:* Ukrainian

#### *References*

1. Kovalev, V. G., Serbov N. G., Rekysh A. A. (2011), *Industrial, Economic and Nature Protection Activities in the Water Basins of Ukraine*, Odessa, Poligraf. (In Russian)
2. Light and shade, <http://svetiteni.com.ua/17735-oon-uscherb>. (In Ukrainian)
3. Loboda, N. S. (2010), "Patterns of fluctuations of annual runoff Ukraine to climate change in the early twentieth century," *Hidrolohii, hidrokhimii i hidroekolohii*, 18, 62–70. (In Ukrainian)
4. Serbov, M. G. and Shakirzanova Zh. R. (2008), *Economy of Hydrometeorological Provision of the National Economy in Ukraine (Hydrological Aspects)*, Odessa, Yevrotois. (In Ukrainian)
5. Serbov, M. G. and Shakirzanova Zh. R. (2011), "Finding optimal business decisions based on the legal and forecasting of hydrological data : methodological approaches and economic evaluation," *Ukrainskyi hidrometeorologichnyi zhurnal*, 9, 126–134. (In Ukrainian)
6. Stepanenko, S. N., Polevoy A. N. and Shkolnuy E. P. (2011), *Assessing the impact of climate change on sectors of the economy of Ukraine*, Odessa, Ekolohiia. (In Russian)
7. Ugreninov, G. N. (1986), *Hydrometeorological support the national economy*, Leningrad, LPI. (In Russian)
8. Khandozhko, L. A. (1993), *Workshop on the Economics of hydrometeorological support the national economy*, Sankt-Petersburg, Gidrometeoizdat. (In Russian)
9. Khandozhko, L. A. (2005), *Economic meteorology*, Saint-Petersburg, Gidrometeoizdat. (In Russian)
10. Khokhlov, V. M., Lettis L. G. and Tsybaliuk K. S. (2009), "The changes of temperature in Ukraine in 2011-2025 years," *Visnyk Odeskoho derzhavnoho ekolohichnoho universytetu*, 8, 70–78. (In Ukrainian)
11. Pakhomova, N. V., Endres A. and Rihter K. (2003), *Environmental management*, Saint-Petersburg, Piter. (In Russian)
12. Endres, A. and Kvaerner I. (2004), *Economics of natural resources*, Saint-Petersburg, Piter. (In Russian)
13. Logvinova, K. T. (1993), *Effectiveness of the hydrometeorological service economy*, Leningrad, Gidrometeoizdat. (In Russian)