

вигляді сертифіката, який може бути проданий іншим фірмам. Ураховуючи, що штрафи на забруднення у багато разів перевищують вартість сертифіката, практику використання ринкового стимулу зниження рівня забруднення проти встановлених стандартів слід визнати доцільною і для наших умов.

Узагалі, фінансування природоохоронної діяльності повинно здійснюватися таким чином. Найбільш узагальнюючим показником у даній області є інтегральний показник витрат на охорону навколишнього середовища, який відображає загальну суму витрат держави, підприємства, організації. Дані витрати, які мають цільове або опосередковано природоохоронне значення, включають капітальні вкладення в охорону природи, поточні витрати на утримання та експлуатацію природоохоронних основних фондів, витрати на їх капітальний ремонт, а також витрати на утримання відповідних державних структур, лісового господарства, рекреаційних територій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Коренюк П.І. Фінансові проблеми економіки природокористування в аграрному секторі України / П.І. Коренюк // Фінанси України, 2005. - №1. - С.132-136.
2. Пінчук Н.М. Фінансово-економічний механізм галузі природокористування / Н. М. Пінчук // Фінанси України, 2004. - №11. - С.68 – 75.

УДК 681.3: 556

ПОШУК ОПТИМАЛЬНОГО ГОСПОДАРСЬКОГО РІШЕННЯ НА ОСНОВІ НОРМАТИВНОЇ І ПРОГНОСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ПРО СТАН ВОДНОГО БАСЕЙНУ: МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

*Сербов М.Г. - к.г.н., доцент
Одеський державний екологічний університет*

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. Тому 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.

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

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 θ , 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. Отже в результаті помилки рішення ($l_k - y_h$) виникає зниження корисності. Таке зниження корисності господарського рішення називається втратами і визначається за формулою [1]

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

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.

Пошук найбільш оптимального господарського рішення вимагає попередньої оцінки економічних втрат споживача при здійсненні комбінацій "рішення (lk) – фактичне значення (yj)". При цьому s – кількість розглянутих господарських рішень, d – число розривних діапазонів варіації величини Y , причому yj – 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 інтер-

валів 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 $R(y_i, l_k) > 0$.

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 $R = \|R(y_j, l_k)\|$ (при $d=5, c=4$)

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 явища або процесу за різноманітних початкових умов.

Позначимо матрицю умовних ймовірностей як

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

де Δy – 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 $p = \left\| p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) \right\|$

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 [2]

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

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 .

$$\text{Перерахунок ймовірностей } P = \Phi\left(\frac{y_j + \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right) - \Phi\left(\frac{y_j - \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right) \text{ не-}$$

обхідний 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 [3,7]. 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 [5,6].

На сьогодні найбільшого розповсюдження в практиці економіко-екологічних розрахунків стану характеристик водного басейну набула Байєсова стратегія, яка зводиться до мінімізації середніх статистичних втрат, тобто [4]

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

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 $R(l_k)$ набу-

ває 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

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

Байєсова 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 Байєсової 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 оптимального господарського рішення при використанні нормативної і прогностичної інформації про стан водного басейну.

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 lk та прогнозі y'_i , складають [1,2]

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

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

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

Для побудови загальної стратегії господарювання, на основі прогнозів величини Y і виявленої функції втрат $\bar{R}(y'_i, l_k)$, в доповнення до табл. 1 і 2 моделюється матриця стратегій [2,5,7].

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 має вигляд, представлений в табл. 3.

Розрахунок середніх (ймовірних) втрат за період оптимального використання прогностичної інформації $\bar{R}(l_0)$ виконується за формулою [4]

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

$p(y'_i \pm \Delta y)$ - елементи матриці ймовірностей випуску прогнозу [1, 2];

l_0 - оптимальне рішення при використанні прогностичної інформації.

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

Y'_i	l_k			
	l_1	l_2	l_3	l_4
y'_1	\bar{R}_{11}	\bar{R}_{10}	\bar{R}_{13}	\bar{R}_{14}
y'_2	\bar{R}_{21}	\bar{R}_{22}	\bar{R}_{20}	\bar{R}_{24}
y'_3	\bar{R}_{31}	\bar{R}_{32}	\bar{R}_{33}	\bar{R}_{30}

Оптимізація господарського рішення на основі режимних узагальнень або нормативної інформації про стан водного басейну виконується аналогічно.

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

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

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 прогнозів майбутнього стану водного басейну 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

$$\Delta \bar{R}(l_0) = [\bar{R}(l^*) - \bar{R}(l_0)] . \quad (14)$$

За результатами попередніх розрахунків при використанні прогностичної інформації та за формулою (14) отримується величина зниження середніх втрат.

Відповідно стратегії Байєса, оптимальним буде рішення $l_0 = l_k$, при якому виконується рівність

$$\bar{R}(l_0) = \min_{<k>} \bar{R}(l_k). \quad (15)$$

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Сербов М.Г., Шакірзанова Ж.Р. Економіка гідрометеорологічного забезпечення народного господарства України (гідрологічні аспекти). – Одеса: Євротойз, 2008. – 123 с.
2. Угренинов Г.Н. Гидрометеорологическое обеспечение народного хозяйства. – Л.: Издательство ЛПИ, 1986.- 83 с.
3. Хандожко Л.А. Практикум по экономике гидрометеорологического обеспечения народного хозяйства. – С.Пб.: Гидрометеоздат, 1993. – 311 с.
4. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. Учебник. – С.Пб.: Гидрометеоздат, 2005. – 479с.
5. Экологический менеджмент / Н.В. Пахомова, А. Эндрес, К. Рихтер. – С.Пб.: Питер, 2003. – 544с
6. Эндрес А., Квернер И. Экономика природных ресурсов. – 2-е изд. – Рынки, технологии и инновации. Аспекты развития. – С.Пб: Питер. – 2004. – 256 с.
7. Эффективность гидрометеорологического обслуживания народного хозяйства. – Л.: Гидрометеоздат, 1993. – С. 69-77, 103-127.