

ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ ГОСПОДАРСЬКИХ РІШЕНЬ НА ОСНОВІ НОРМАТИВНОЇ І ПРОГНОСТИЧНОЇ ГІДРОЛОГІЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ: МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Розглядаються питання економічного обґрунтування оптимальних господарських рішень на основі гідролого-економічних розрахунків з використанням нормативної та прогностичної гідрологічної інформації. Наведені приклади оптимізаційних розрахунків з використанням Байєсової стратегії.

Ключові слова: оптимальні господарські рішення, гідролого-економічні розрахунки, Байєсова стратегія

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.

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 стратегії на основі гідрологічної інформації 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. 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 [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.

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 $R = \| R(y_j, l_k) \|$
(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 (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 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 $p = \| p((y_j \pm \Delta y) | y'_i) \|$

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 .

Перерахунок ймовірностей $P = \Phi\left(\frac{y_j + \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right) - \Phi\left(\frac{y_j - \Delta y - y'_i}{S_{y_i}}\right)$ 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 [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]. 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 [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 $R(l_k)$ 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

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

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 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 $\phi(y|y'_i)$. В межах Байєсової стратегії середньостатистичні втрати при рішенні l_k та прогнозі y'_i , складають [1,2]

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

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 гідрологічної 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 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 немінучими у середньостатистичному розумінні.

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

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 (табл.4);
 l_0 - оптимальне рішення при використанні прогностичної інформації.

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

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 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

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

$$\bar{R}(l_0) = \min_{\langle k \rangle} \bar{R}(l_k). \quad (16)$$

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.

Список літератури

1. Сербов М.Г., Шакирзанова Ж.Р. Економіка гідрометеорологічного забезпечення народного господарства України (гідрологічні аспекти). – Одеса: Евротойз, 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.: Гидрометеоиздат, 1993. – 311 с.
4. Хандожко Л.А. Экономическая метеорология. Учебник. – С.Пб.: Гидрометеоиздат, 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.: Гидрометеоиздат, 1993. – С. 69-77, 103-127.

Поиск оптимальных хозяйственных решений на основе нормативной и прогностической гидрологической информации: методические подходы и экономическая оценка.

Сербов Н.Г., Шакирзанова Ж.Р.

Рассмотрены вопросы экономического обоснования оптимального хозяйственного решения на основе гидролого-экономических расчетов с использованием нормативной и прогностической гидрологической информации. Представлены примеры оптимизационных расчетов с использованием Байесовой стратегии.

Ключевые слова: оптимальное хозяйственное решение, гидролого-экономические расчеты, Байесова стратегия

A search for optimum economic solutions on the basis of normative and predictive hydrological information: methodical approaches and economic evaluation. Serbov N. G., Shakirzanova J. R.

The issues of economic substantiation for optimum economic solutions are under study on the basis of hydrologic and economic calculations with the use of normative and predictive hydrological information. The examples for optimization calculations are presented with the use of Bayes Strategy.

Key words: optimum economic solution, hydrologic and economic calculations, Bayes Strategy