

ФОРМУВАННЯ ТАРИФІВ В УМОВАХ ПЛАТНОГО ВОДОКОРИСТУВАННЯ*

Н.В. ПЕНДАК, Г.А. БАЛИХІНА

Інститут гідротехніки і меліорації НААН

Формалізовано моделі ризиків водопостачальників та водоспоживачів при заборі води з каналів комплексного призначення. Запропоновано сценарний аналіз для управління ризиками водопостачальників та водоспоживачів при річному плануванні, вибір їхніх оптимальних стратегій на основі багатокритеріальної оптимізації.

Ключові слова: сценарний аналіз, ризики, функції корисності-ризик, багатокритеріальна оптимізація

Постановка задачі. Сучасне платне водокористування здійснюється в умовах дії низки несприятливих факторів, тобто в умовах ризику. Для водоспоживачів такими факторами є відсутність технічних і технологічних засобів організації поливу при зрошенні, екологічний стан зрошуваних земель, фінансові можливості, організаційні взаємовідносини та вплив погодних умов. Для водопостачальників важливим питанням є покриття витрат за рахунок надання послуг з подачі води водоспоживачам у зв'язку з недостатністю державного фінансування і необхідністю покриття дефіциту коштів. На сучасному етапі розвитку розрахунки між водоспоживачами та водопостачальником проводяться згідно з Порядком надання послуг бюджетними установами й організаціями, що належать до сфери управління Державного комітету України з водного господарства, на замовлення юридичних і фізичних осіб, на

© Н.В. Пендак, Г.А. Балихіна, 2010

Меліорація і водне господарство. 2010. Вип. 98

* Роботу виконано під керівництвом доктора технічних наук, професора П.І. Ковальчука.

договірній основі за кожен поданий кубометр води (покубометрова ставка) [1, 2].

Оцінка ризику – це аналіз причин його виникнення і масштабного прояву в конкретній ситуації. Управління ризиком – аналіз ризикової ситуації та розробка рішення (у формі правових актів), спрямованого на його зменшення. Управління ризиками базується на визначенні певних рішень за економічним та техніко-економічним аналізом згідно з правовими документами[3]. Тому ми пропонуємо застосування сценарного аналізу для оптимізації ризиків при взаємодії водопостачальників та водоспоживачів.

Моделювання ризиків водопостачальників і водоспоживачів. При подачі води водоспоживачам водопостачальники (як бюджетна організація) можуть одержувати певні надходження коштів за послуги з подачі води на зрошення[4]. Водночас в окремі вологі роки вони можуть терпіти деякі збитки внаслідок недобору води водоспоживачами, невиконання плану водокористування. В такі роки виникає погодні ризик водопостачальників.

Сумарне надходження водопостачальників у роки різної вологозабезпеченості обчислюють за формулою:

$$F^*(\omega_j, \omega_p) = \begin{cases} C_{\text{ар}} + C_1 L + C_2 \omega_j L, & \text{якщо } j < p; \\ C_{\text{ар}} + C_1 L + C_2 \omega_p L + (C_2 + C'_2)(\omega_j - \omega_p) L, & \text{якщо } j \geq p, j = 1, \dots, N; p = 1, \dots, m' \end{cases} \quad (1)$$

де $C_{\text{ар}}$ – державне фінансування згідно з кошторисом (загальний фонд); C_1 – погектарна ставка, грн/га; L – площа зрошення, га; C_2 – покубометрова ставка, грн/м³; C'_2 – ставка за понадлімітний забір, грн/м³; ω_j – зрошувальна норма j -го року, м³/га; ω_p – проектна зрошувальна норма, м³/га; p – проектний варіант плану водокористування.

Результати розрахунку сумарного надходження водоспоживачів є функцією корисностей $F^x = \{f_{jp}\}$, яку складають додатні значення надходжень, виражених формулою (1). Функцію корисностей можна записати у вигляді матриці гри з природою:

$$F^+(\omega_j, \omega_p) = \begin{vmatrix} \omega_1 & f_{11}^+ & \dots & f_{1m}^+ \\ \omega_2 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \omega_N & f_{N1}^+ & \dots & f_{Nm}^+ \end{vmatrix} \quad (2)$$

У вологі роки надходження водопостачальників зменшуються порівняно із запланованими внаслідок відмови водоспоживачів від забору води в запланованих кількостях. У такі роки водопостачальники терплять збитки (порівняно з плановими надходженнями), які можна розрахувати за формулою:

$$F^-(\omega_j, \omega_p) = \begin{cases} (\omega_j - \omega_p)C_2L, & \text{якщо } j < p; \\ 0, & \text{якщо } j \geq p. \end{cases} \quad (3)$$

Результати розрахунку сумарних збитків також представляються у вигляді матриці гри з природою:

$$F^-(\omega_j, \omega_p) = \begin{vmatrix} \omega_1 & \tilde{f}_{11}^- & \dots & \tilde{f}_{14}^- \\ \omega_2 & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \omega_N & \tilde{f}_{N1}^- & \dots & \tilde{f}_{N4}^- \end{vmatrix} \quad (4)$$

Надходження до спеціального фонду водопостачальника $C_{\text{спец.}}$ розраховуємо як суму погектарних та покубометрових надходжень за формулою:

$$C_{\text{спец.}} = C_1L + C_2\omega_pL. \quad (5)$$

При повному державному фінансуванні ризику відсутні. Проте на сучасному етапі у зв'язку із необхідністю формування спеціального фонду для покриття витрат виникає абсолютний ризик, що визначається матрицею (4). При збільшенні частки спеціального фонду в загальних надходженнях абсолютний ризик водопостачальників зростає. Отже, загальні надходження являють собою функцію ризиків-корисностей.

Можливі два варіанти визначення абсолютних ризиків стосовно до наявності фінансування:

- визначення ризиків відносно всього фінансування управління водного господарства, яке проводиться згідно із затвер-

дженням кошторисом і складається із загального фонду (державного фінансування) та спеціального фонду (надходження за послуги на замовлення юридичних і фізичних осіб);

- визначення ризиків тільки стосовно до спеціального фонду.

Для об'єктивної оцінки діяльності водопостачальників важливо оцінювати як абсолютний ризик, так і відносний ризик щодо спеціального фонду, одержати картину можливих ризикових ситуацій, ймовірність їхнього настання та оцінки ризиків у натуральному та відносному вираженні (з розрахунку на 1 га) відносно планових надходжень.

Функції збитків-корисностей від погодного ризику для біологічно оптимальних режимів зрошення в абсолютному вираженні, що оцінюють зміну надходження від плати за воду, визначають за формулою:

$$F(\omega_j, \omega_p) = (\omega_j - \omega_p) C_2, \text{ грн/га.} \quad (6)$$

Якщо рік виявився більш сухим, ніж розрахунковий ($\omega_j > \omega_p$), водопостачальник одержує плату за воду більшу, ніж розрахункову. Тоді функції відображають зростання надходжень плати за воду порівняно із запланованими (функції абсолютних корисностей). У роки більш вологі, ніж прийнятий за розрахунковий ($\omega_j < \omega_p$), водопостачальник терпить збитки (ризика), оскільки вирази є від'ємними. Матриці ризику-корисності

$$F(\omega_j, \omega_p) = \begin{matrix} \omega_1 & \left| \begin{array}{ccc} f_{11} & \dots & f_{1m} \\ \vdots & \dots & \vdots \\ \omega_N & \left| \begin{array}{ccc} f_{N1} & \dots & f_{Nm} \\ \omega_1 & & \omega_m \end{array} \right. & \dots & \end{array} \right. \end{matrix} \quad (7)$$

дають змогу кількісно оцінити в абсолютному вираженні, в різних погодних умовах та при проектуванні на роки різної забезпеченості, втрати від плати за воду (від'ємні значення) та збільшення надходжень (додатні значення). На основі матриць гри з природою, що характеризують прийняття рішень в умовах невизначеності, встановлюють критерії розкриття

невизначеності (критерій Байєса, Бернуллі-Лапласа, мінімак-сний критерій тощо), які також можуть характеризувати ризик різних варіантів прийняття рішень в абсолютному вираженні.

Відносні корисності-ризиків водопостачальників знаходи-мо у вигляді коефіцієнтів корисності-ризиків:

а) корисності знаходять для додатних f_j^+ значень матриці (7) за формулою:

$$r_p^+ = \frac{\left| \sum_{j=1}^N f_{jp}^+ \right|}{\sum_{j=1}^N |f_{jp}^+| + \sum_{j=1}^N f_{jp}^+}; \quad (8)$$

б) ризиків знаходять для від'ємних f_j^- значень матриці (7)

$$r_p^- = \frac{\left| \sum_{j=1}^N f_{jp}^- \right|}{\sum_{j=1}^N |f_{jp}^-| + \sum_{j=1}^N f_{jp}^-}; \quad (9)$$

для вибраних проектних (планових) забезпеченостей $p=1, \dots, m$.

Крім ризиків водопостачальників, сценарний аналіз вза-емовідносин між водопостачальниками і водоспоживачами при заборі води з каналів комплексного призначення перед-бачає аналіз ризиків водоспоживачів. За платного водокорис-тування важливе значення для водоспоживачів має величина ціни за послуги з подачі води. При збільшенні ціни зростає ризик одержання від'ємного додаткового чистого прибут-ку від зрошення, тобто зрошення є економічно не вигідним. Отже, виникає необхідність оцінки та врахування ризиків во-доспоживачів в умовах різної ціни за послуги з подачі води, що є важливим питанням побудови оптимального механізму ціноутворення на продукцію водогосподарських організацій.

Для аналізу ризику (корисності) водоспоживачів необхідно одержати картину можливих ризикових ситуацій, ймовірність їхнього настання та оцінки ризиків у натуральному і віднос-ному вираженні за платного водокористування для зрошен-

ня. Серед системи ризиків в умовах нестійкого зволоження на півдні України важливе значення має погодний ризик для водоспоживачів[5].

Для умов прогнозованого року розраховують функції додаткового чистого прибутку від зрошення відповідних сільськогосподарських культур:

$$F_3(P) = (C - C_1)f\left(\frac{u_{np}^i + \xi}{\omega_j + \xi}\right)Y^n - (C - C_2)f\left(\frac{\xi_j}{\omega_j + \xi_j}\right)Y^n - \lambda_n u_{np}^i \quad (10)$$

де $F_3(P)$ – додатковий чистий прибуток від зрошення, грн/га; P – рівень забезпеченості проектної зрошувальної норми, %; C – закупівельна ціна, грн/ц; C_1, C_2 – собівартість відповідно при зрошенні і на богарі (без витрат на подачу води), грн/ц;

Y^n – плановий (проектний) урожай, ц/га; $f\left(\frac{u_{np}^i + \xi}{\omega_j + \xi}\right), f\left(\frac{\xi_j}{\omega_j + \xi_j}\right)$ – урожайності при зрошенні і на богарі, в частках одиниці; ω_j, u_{np} – значення відповідно поточних (біологічно оптимальних) та проектних (водозберігаючих) зрошувальних норм, м³/га; ξ_j – опади, м³/га; λ_n – тариф (ціна 1м³ води), грн/м³.

Оптимізація здійснюється графічно шляхом вибору оптимального значення зрошувальної норми на основі візуальної оцінки чистого прибутку, розрахованого за даними, які узгоджуються із сільгоспвиробником. Додатковий чистий прибуток від зрошення залежить від конкретних умов року (ω, ξ) та вибору фактичних зрошувальних норм u . Виходячи з цього, для оцінки абсолютного ризику можна побудувати матрицю гри з природою для критерію додаткового чистого прибутку:

$$f(u_k, \omega_j, \xi_j) = \begin{array}{c} u_1 \quad \dots \quad u_m \\ \left(\begin{array}{c|ccc} \omega_1, \xi_1 & f(u_1, \omega_1, \xi_1) & \dots & f(u_m, \omega_m, \xi_1) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \omega_N, \xi_N & f(u_1, \omega_1, \xi_N) & \dots & f(u_m, \omega_m, \xi_N) \end{array} \right) \end{array}, \quad (11)$$

де $(\omega_j, \xi_j), j=1, \dots, N$ – ходи природи; $u_k, k=1, \dots, m$ – ходи активного гравця, тобто вибір фактичної зрошувальної норми при організації водокористування.

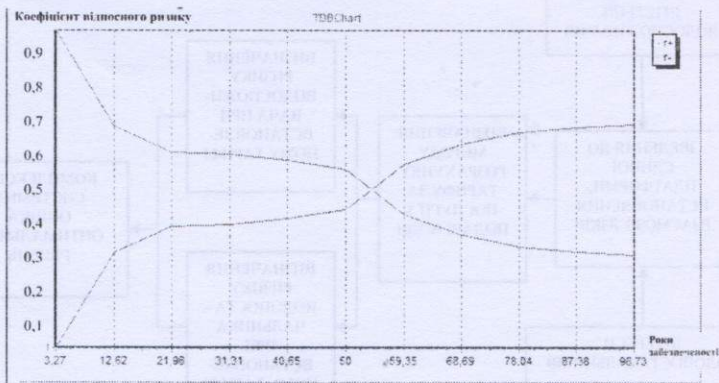
Цілком аналогічно будується матриця гри з природою для інших економічних критеріїв: валової продукції, чистого прибутку від продукції рослинництва тощо. Такі матриці економічних критеріїв становлять базу знань, що дає змогу розв'язувати задачі однокритеріальної та багатокритеріальної оптимізації ресурсів в умовах ризику.

Крім оцінки ризиків в абсолютному вираженні варіантів для прийняття рішень використовують критерії відносної оцінки ризиків (корисностей). Для відносної оцінки ризиків із застосуванням функцій корисності і збитків використовують коефіцієнт ризику [5].

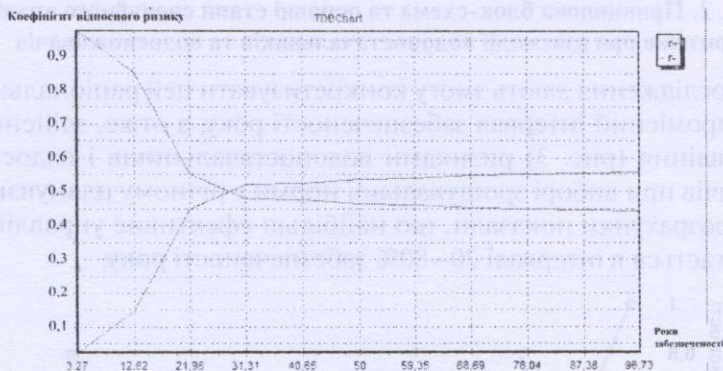
Коефіцієнт ризику характеризує відносну частку збитків (корисностей) в натуральному вираженні, що припадає на певну зону ризику відносно сумарної частки ризику в усій області. Коефіцієнти відносного ризику для додатних f_i^+ та від'ємних f_i^- значень матриць виражаються за формулами (8), (9).

Відносний ризик r_i по розглядуваних варіантах характеризує частку збитків водоспоживачів стосовно до суми збитків і корисностей, а відносна корисність r_i^+ — частку додаткового чистого прибутку відносно відповідної суми збитків і корисностей розглядуваної функції. Приклад розрахунку наведено на рис. 1.

Сценарний аналіз ризиків на основі багатокритеріальної оптимізації. Процес прийняття рішень для складних систем із людським фактором щодо їхньої можливої поведінки у майбутньому зводиться до застосування окремих методів у певній послідовності із встановленням чітко визначених взаємозв'язків між ними [6]. Мета такого аналізу полягає в тому, щоб піддати перевірці певні стратегії визначення ризиків при встановленні ціни за послуги з подачі води, допомагаючи прийняти правильне рішення про доцільність їхньої реалізації і даючи змогу знайти способи оптимізації стратегії. Мінімізацію ризиків, їхній аналіз у складній системі водокористування здійснюють на основі сценарного аналізу (рис. 2), в процесі застосування якого використовують комплекс математичних, програмних, логічних і організаційних засобів та інструментів.



a



б

Рис. 1. Залежності коефіцієнтів відносних ризиків r^+ і корисностей r^- від проектної забезпеченості року для озимої пшениці (а) та картоплі (б) при біологічно оптимальному режимі зрошення і тарифі на воду 0,3 грн/м³

При визначенні оптимальних зрошувальних норм погодний ризик водопостачальників зменшується при збільшенні забезпеченості року, а погодний ризик водоспоживачів – спадає. Тому доцільно знайти компромісний інтервал забезпеченості зрошувальної норми, який би певною мірою задовольняв як водопостачальників, так і водоспоживачів.

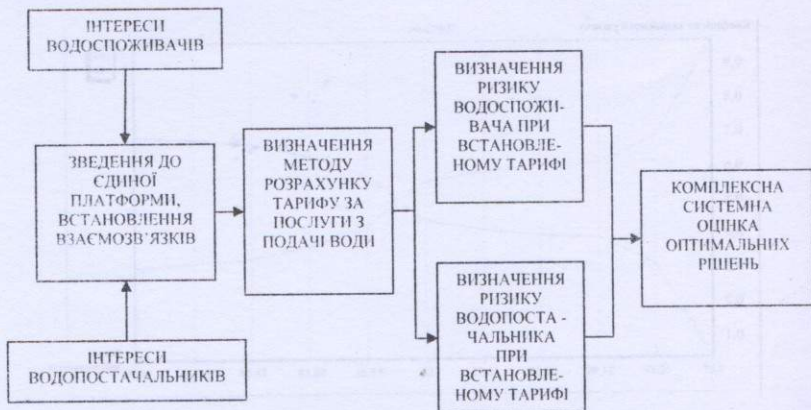


Рис. 2. Принципова блок-схема та основні етапи сценарного аналізу ризиків при взаємодії водопостачальників та водоспоживачів

Дослідження дають змогу конкретизувати цей раціональний компромісний інтервал забезпеченості року, а отже, здійснити управління (рис. 3) ризиками водопостачальників і водоспоживачів при виборі зрошувальної норми у річному плануванні. Так розрахунки показали, що найбільш ефективне управління досягається в інтервалі 20–80% забезпеченості року.

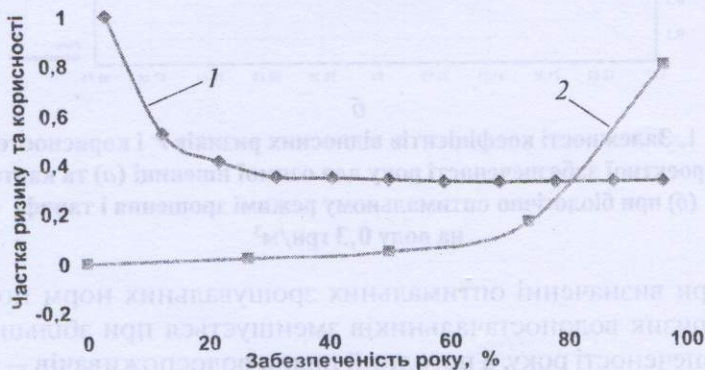


Рис. 3. Область компромісних значень погодних ризиків водокористувачів (1) і водопостачальників (2) для ефективного управління водокористуванням

Висновки. Формалізовано моделі функцій абсолютних корисностей водопостачальників і водоспоживачів, на основі цих функцій проводиться кількісне визначення функцій корисностей і втрат, можливі збитки та надходження від плати за воду водопостачальників та можливі недобори додаткового чистого прибутку від зрошення у водоспоживачів.

Установлено, що погодний ризик водопостачальників зменшується при збільшенні забезпеченості року, а погодний ризик водоспоживачів — спадає. Тому доцільно знайти компромісний інтервал забезпеченості зрошувальної норми, який би певною мірою задовольняв як водопостачальників, так і водоспоживачів.

Запропонований підхід до сценарного аналізу в умовах платного водокористування при заборі води з каналів комплексного призначення дає змогу конкретизувати цей раціональний компромісний інтервал забезпеченості року, а отже, здійснити управління ризиками водопостачальників і водоспоживачів при річному плануванні, оцінити ризики взаємовідносин між водопостачальниками і водоспоживачами, вибрати область їхніх оптимальних значень на основі багатокритеріальної оптимізації.

1. *Постанова* Кабінету Міністрів України від 29 липня 1999 р. № 1379 «Перелік платних послуг, які можуть надаватися бюджетними установами та організаціями, що належать до сфери управління Державного комітету України з водного господарства, на замовлення юридичних і фізичних осіб». — 1999.

2. *Наказ* Держводгоспу України, Мінфіну України, Мінекономіки України від 21.05.2001 № 92/243/104 «Порядок надання платних послуг бюджетними установами й організаціями, що належать до сфери управління Держводгоспу, на замовлення юридичних і фізичних осіб» (зі змінами, внесеними наказом Держводгоспу України, Мінфіну України, Мінекономіки України від 27.03.2009 №61/482/273), (зарєєстрований у Мініюсті України 15.04.2009 за №344/16360). — 2001.

3. *Хвесик М.А., Горбач Л.М., Кулаковський Ю.П.* Економіко-правове регулювання природокористування: монографія. — К.: Кондор, 2004. — 524 с.

4. *Методика формування ціни на подачу води на зрошення, промислові та комунальні потреби/* М.І. Ромашенко, П.І. Ковальчук, Т.О. Михальська, Т.В. Матяш, С.А. Шевчук, М.М. Волошин, Н.В. Пендак, А.І. Задорожний, В.П. Ковальчук. — К., 2006. — 33 с.

5. *Ковальчук П.І., Пендак Н.В., Ковальчук В.П., Волошин М.М. Системна оптимізація водокористування при зрошенні: монографія.* — Рівне: НУВГП, 2008. — 204 с.

6. *Згуровський М.З., Панкратова Н.Д. Основи системного аналізу.* — К.: Видавнича група ВНУ, 2007. — 544 с.

Формализованы модели рисков водопоставщиков и водопотребителей при заборе воды из каналов комплексного назначения. Предложен сценарный анализ для управления рисками водопоставщиков и водопотребителей при годовом планировании, выбор их оптимальных стратегий на основе многокритериальной оптимизации.

The risk models at water draw-off from the multipurpose canals for water consumers and suppliers are formalized. A scenario analysis for the risk management for water consumers and suppliers at the annual planning, selection of the optimal strategies on the basis of multicriterion optimization for consumers and suppliers are proposed.