

2. *Мезенцев О.М.* Моделювання індикаторів-передвісників кризових явищ на валютному ринку / О.М. Мезенцев // Економіка : проблеми теорії та практики : зб. наук. праць. — Вип. 252. — Т. 1. — Дніпропетровськ : ДНУ, 2009. — С. 22—23.

3. *Дербенцев В.Д.* Синергетичні та екофізичні методи дослідження динамічних та структурних характеристик економічних систем : монографія / В.Д. Дербенцев, О.А. Сердюк, В.М. Соловйов, О.Д. Шарапов — Черкаси : Брама-Україна, 2010. — 287 с.

4. *Глушевський В.В.* Концепція моделювання системних характеристик фінансових активів / В.В. Глушевський, О.М. Ісаєнко, О.О. Ісаєнко // Моделювання та інформаційні системи в економіці : зб. наук. праць / Відп. ред. В.К. Галіцин. — К. : КНЕУ, 2011. — Вип. 85. — С. 129—139.

5. *Пономаренко В.С.* Моделювання поведінки інвестора на фондовому ринку : монографія / В.С. Пономаренко, О.В. Раєвцева, К.А. Стрижиченко — Харк. держ. екон. ун-т. — Х. : ІНЖЕК, 2004. — 260 с.

6. *Sornette D.* Stock Market Crashes, Precursors and Replicas / D. Sornette // J. Phys. I France — V. 6. — 1996. — P. 167—175.

7. *Sornette D.* Critical market crashes / D. Sornette // Physics Reports — V. 378, 2003. — P. 1—98.

8. *Сорнетте Д.* Как предсказывать крахи финансовых рынков. Критические события в комплексных финансовых системах / Д. Сорнетте. — М., 2003. — 394 с.

Стаття надійшла до редакції 06.12.2012 р.

УДК: 519.86:330.322

*В.В. Глушевський*, доц., канд. екон. наук,

*Є.К. Мержинський*, асистент,

*О.М. Ісаєнко*, доц., канд. техн. наук,

Запорізька державна інженерна академія

#### **МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ РОЗПОДІЛУ ІНВЕСТИЦІЙНИХ РЕСУРСІВ У РЕГІОНАЛЬНОМУ ПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ**

*АНОТАЦІЯ. Розроблено систему економіко-математичних моделей формування ефективної стратегії інвестування. Це дозволяє оцінити еколого-економічну ефективність розвитку регіонального промислового комплексу при різних варіантах інвестиційної політики регіону.*

*ANNOTATION. The system of economic-mathematical models of forming effective strategy of investing is developed. It allows to estimate ecological economics efficiency development of regional industrial complex at the different variants of investment policy in region.*

**КЛЮЧОВІ СЛОВА.** *Економіко-математична модель, інвестиційні ресурси, регіональний промисловий комплекс, еколого-економічна ефективність.*

Розроблення та реалізація державних природоохоронних програм екологічного інвестування є одним із основних напрямів еколого-економічного розвитку регіонального промислового комплексу (РПК), що вимагає наукового обґрунтування та чітких рекомендацій щодо здійснення цих програм. Одним із важливих завдань є раціональний розподіл фінансових ресурсів за програмами екологічного інвестування між підприємствами регіону з метою максимізації еколого-економічної ефективності в РПК.

На сьогодні в науковій літературі сформувався принаймні два підходи щодо ефективного розподілу інвестиційних ресурсів. Перший з них передбачає пропорційний розподіл інвестицій відповідно до кількісних параметрів, які характеризують об'єкт інвестування (вартість основних засобів, обсяги забруднення території тощо). Другий напрям полягає у визначенні пріоритетних напрямків інвестування за критерієм їх ефективності [1].

Аналіз літературних джерел [1—4] свідчить про суттєві переваги другого підходу при формуванні ефективної стратегії інвестування, що дозволить нам в рамках Закону України «Про стратегію національної екологічної політики України на період до 2020 року» [5] сформулювати конструктивні рекомендації щодо ефективної політики еколого-економічного розвитку РПК.

Недостатня вивченість питання ефективного розподілу інвестиційних ресурсів між підприємствами при реалізації державних інвестиційних програм потребує на розробку відповідного економіко-математичного інструментарію.

У загальному вигляді змістовна постановка задачі оптимального розподілу інвестиційних ресурсів є такою. Визначити розмір інвестицій (змінні величини моделі), які потрібно виділити підприємству так, щоб досягти максимальної сумарної еколого-економічної ефективності (функціонал моделі) від вкладання в усі відібрані підприємства регіону з урахуванням ліміту інвестиційних ресурсів, горизонту планування, впливу інфляції та часового дисконту на еколого-економічний ефект (або ефективність), мінімальної величини інвестиційних вкладень в модернізацію або у впровадження доступної технології, а також за умови виконання основних вимог, що впливають із законодавчих і нормативних актів і міжнародних рамкових підходів стосовно збалансованого економічного розвитку регіону.

Побудуємо економіко-математичну модель сформульованої задачі. Введемо такі позначення:

$i$  — номер підприємства;

$S_i$  — величина природоохоронних інвестицій, яка виділяється  $i$ -му промислового підприємству ( $i = \overline{1, n}$ );

$n$  — кількість відібраних промислових підприємств регіону;

$I^{ef}(S_i)$  — еколого-економічна ефективність від  $i$ -го промислового підприємства при залученні природоохоронних інвестицій у розмірі  $S_i$  ( $i = \overline{1, n}$ );

$K$  — загальний обсяг інвестицій;

$J_i$  — мінімальна величина інвестиційних вкладень у модернізацію або у впровадження доступної технології для  $i$ -го підприємства ( $i = \overline{1, n}$ ).

Економіко-математична модель формування ефективної стратегії природоохоронного інвестування в загальному вигляді зводиться до завдання сепарабельного, можливо неопуклого, програмування [6]:

$$\begin{aligned} \xi(S_1, \dots, S_n) &= \sum_{i=1}^n I^{ef}(S_i) \longrightarrow \max, & (1) \\ \sum_{i=1}^n S_i &\leq K, \\ S_i &\geq J_i, \quad i = \overline{1, n}. \end{aligned}$$

Вирішення сформульованої нами задачі за допомогою моделі (1) здійснимо з використанням методу динамічного програмування. Для цього модифікуємо багатовимірну задачу на багатокрокову: на першому кроці інвестуємо в промислове підприємство 1, на другому — в підприємство 2 і т.д., на  $n$ -му — в підприємство  $n$ . На кожному кроці будемо вирішувати одновимірну задачу знаходження оптимального розміру інвестиційних ресурсів, рішення якої позначимо через  $S_i^*$ .

Функція Беллмана (див., напр., у [6, 7]),  $B_k(q)$  для моделі (1) визначається як максимальна еколого-економічна ефективність від інвестування  $q$  одиниць капіталу в перші  $k$  підприємств:

$$B_k(q) = \max_{S_i} \sum_{i=1}^k I^{ef}(S_i), \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^k S_i = q,$$

$$S_i \geq J_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Сумарна еколого-економічна ефективність від  $k$ -го кроку природоохоронного інвестування складається з ефективності на початковому кроці, тобто від інвестицій в  $k$ -те підприємство, плюс максимальна ефективність від  $(k-1)$  кроку з урахуванням того, що частка загальної суми інвестицій уже витрачена на початковому кроці:

$$B_k(q) = \max_{0 \leq S_k \leq q} [I^{ef}(S_k) + B_{k-1}(q - S_k)], \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^n S_k \leq K,$$

$$S_k \geq J_k, \quad k = \overline{1, n}.$$

При початкових умовах:  $B_0(q) \equiv 0$ . Це означає, якщо інвестиційних вкладень немає, то відсутня й еколого-економічна ефективність.

Вирішуючи рекурентно рівняння (3), можна визначити значення функції Беллмана і обчислити оптимальні величини  $S_k^*$ ,  $k = 1, \dots, n$ .

Запропонована модель (1) дозволяє оптимізувати розподіл інвестиційних ресурсів між промисловими підприємствами РПК за один період часу, який у даному випадку відповідає одному року. Враховуючи той факт, що здебільшого регіональні інвестиційні програми мають середньострокову та довгострокову стратегію екологічної політики (від 3 до 20 років) і можуть бути впроваджені у будь-який рік у межах горизонту планування, необхідно адаптувати запропоновану модель з урахуванням фактору часу. За прототип ми взяли модель задачі формування інвестиційного портфеля та календарного плану його виконання з [8], яка найкраще підходить до наших цілей. Таким чином, модифікована й удосконалена нами економіко-математична модель (1) з урахуванням моделей (2) і (3) та зроблених нами зауважень набуває такого виду:

$$\xi = \sum_{t=1}^{T_0 - T_i + 1} \sum_{i=1}^{n_t} I^{ef}(S_{t,i}) * \frac{x_{t,i}}{((1+a)(1+D))^{t-1}} \longrightarrow \max, \quad (4)$$

$$I^{\varphi}(S_{\tau,i}) = \frac{\sum_{\tau=1}^{T_i} \frac{E_{\tau,i}}{((1+a)(1+D))^{\tau}}}{\sum_{\tau=1}^{T_i} \frac{S_{\tau,i}}{((1+a)(1+D))^{\tau}}}, \quad i = \overline{1, n_t},$$

$$\sum_{i=1}^{n_t} \sum_{\tau=1}^{\min(t, T_i)} S_{\tau,i} * x_{t+1-\tau,i} \leq S_t, \quad t = \overline{1, T_0}, \quad i = \overline{1, n_t},$$

$$\sum_{t=1}^{T_0} S_t \leq K,$$

$$S_{\tau,i} \geq J_{\tau,i}, \quad i = \overline{1, n_t}, \quad t = \overline{1, T_0}, \quad \tau = \overline{1, T_i},$$

$$\sum_{\tau=1}^{\min(t, T_i)} S_{\tau,i} \geq J_i, \quad i = \overline{1, n_t},$$

$$\sum_{t=1}^{T_0-T_i+1} x_{t,i} \leq 1; \quad x_{t,i} \in \{0,1\}, \quad i = \overline{1, n_t},$$

де  $x_{t,i}$  — логічна змінна, при якій  $x_{t,i} = 1$ , якщо в  $i$ -е підприємство починають вкладати кошти в році  $t$ , та  $x_{t,i} = 0$  — у протилежному випадку;  $n_t$  — кількість відібраних об'єктів інвестування РПК у році  $t$ ,  $E_{\tau,i}$  — еколого-економічний ефект для  $i$ -го об'єкта у  $\tau$ -му часовому проміжку життєвого циклу;  $S_{\tau,i}$  — обсяг інвестиційних ресурсів для  $i$ -го об'єкта у  $\tau$ -му часовому проміжку життєвого циклу;  $S_t$  — ліміт інвестицій на  $t$ -й часовий проміжок планового горизонту ( $t = \overline{1, T_0}$ , де  $T_0 > \max_{i=1, n_t} T_i$ );  $K$  — загальний обсяг інвестиційних ресурсів виділених РПК у році  $t$ ;  $J_{\tau,i}$  — мінімальна величина інвестиційних вкладень у модернізацію або у впровадження доступної технології для  $i$ -го об'єкта у  $\tau$ -му часовому проміжку життєвого циклу;  $T_0$  — кількість періодів (років) у відповідності до інвестиційних програм регіону;  $T_i$  — тривалість життєвого циклу природоохоронної інвестиції підприємства  $i$ .

Отже, маємо задачу цілочислового лінійного програмування з логічними змінними, розв'язання якої здійснюється з використанням відповідних програмних засобів.

Розроблена модель (4) розподілу інвестиційних ресурсів з метою максимізації загальної еколого-економічної ефективності РПК дозволяє:

а) врахувати горизонт планування стратегії розвитку РПК відповідно до регіональних інвестиційних програм;

б) визначити оптимальні значення обсягу інвестиційних ресурсів, які слід виділити відібраним промисловим підприємствам РПК з урахуванням мінімально необхідної величини інвестиційних вкладень у модернізацію або у впровадження доступної технології;

в) забезпечити належну підтримку ПРП і зменшити забруднення НПС за рахунок застосування в моделі в якості критеріїв оптимізації індексів еколого-економічної ефективності підприємств, як відношення інтегрального результату (який враховує економію від зменшення природоємності продукції підприємств, економію від утилізації уловлених речовин у результаті очищення шкідливих викидів і скидань в атмосферу і водні об'єкти та відвернені річні збитки від забруднення НПС) до інвестиційних витрат за визначеними оптимальними доступними технологіями по кожному ідентифікованому промислового підприємству.

Прийняття ефективної інвестиційної політики еколого-економічного розвитку РПК об'єктивно здійснюється в умовах ризику і, навіть, невизначеності, яка виявляється в неможливості однозначної оцінки розвитку події у майбутньому [9]. Аналіз наукової літератури показав наявність кількох основних моделей оцінки ризику інвестицій [10—12]. Зокрема, у монографії [11] запропонована модель врахування ризиків при оцінці ефективності реальних інвестицій з використанням методу експертних оцінок. Для оцінки ризику інвестиційних процесів також широко застосовуються Марковські моделі (див., напр., у [12]), що будуються зі станів і ймовірності переходу з одного стану в інший протягом визначеного часового інтервалу і можуть бути застосовані при визначенні еколого-економічної ефективності розвитку РПК з урахуванням різних варіантів інвестиційної політики регіону.

На практиці при реалізації інвестиційних програм еколого-економічного розвитку, які здебільшого розраховані на 10—20 років, виникає питання підтримки фінансування розпочатих інвестиційних проектів (кошти на які виділяються у відповідності до державного бюджету кожний рік), неналежне забезпечення яких може призвести до їх фактичної консервації. А отже, для забезпечення високої адаптивності процесу моделювання розподілу інвестиційних ресурсів з метою досягнення максимальної еколо-

го-економічної ефективності розвитку РПК необхідно своєчасно прогнозувати зміну станів промислових підприємств.

У процесі функціонування  $i$ -го промислового підприємства ( $i = \overline{1, n}$ ) можуть відбутися певні події [12] (збурюючи впливи макро-, мезо- або мікрорівня)  $b_{i_1}, b_{i_2}, \dots, b_{i_k}$ , ймовірність яких відома або отримана при визначенні початкової інформації. Настання події  $b_{i_k}$  або кількох подій приводить підприємство в один із станів  $\omega_{i_1}, \omega_{i_2}, \dots, \omega_{i_k}$ , причому попадання в будь-який стан розглядається як випадкова подія.

Припустимо, що  $i$ -те промислове підприємство при реалізації інвестиційних заходів може перебувати в одному із чотирьох не-сумісних станів  $\omega_{i_k}$  ( $k = \overline{1, 4}$ ):

$\omega_{i_1}$  — промислове підприємство і державне управління належним чином виконали свої договірні зобов'язання (підприємство запровадило ресурсозберігаючі технології, які знизили рівень забруднення навколишнього природного середовища (НПС) і використання природно-ресурсного-потенціалу (ПРП), підприємство забруднює навколишнє середовище в межах гранично допустимих викидів (ГДВ), гранично допустимої концентрації (ГДК), гранично допустимих скидів (ГДС));

$\omega_{i_2}$  — державне управління в рамках інвестиційної програми повністю виконало свої договірні зобов'язання у фінансуванні, у той час як промислове підприємство не виконало роботи з реалізації інвестиційного проекту (підприємство продовжує забруднювати НПС, але вже з меншим навантаженням з можливим перевищенням норм ГДК, ГДС, ГДВ);

$\omega_{i_3}$  — промислове підприємство реалізувало певні етапи інвестиційного проекту (або повністю завершило його) природоохоронного призначення у власному виробничому процесі, але державне управління не дотримується своїх зобов'язань у частині своєчасної оплати (підприємство запровадило ресурсозберігаючі технології, які знизили рівень забруднення НПС і використання ПРП, але за рахунок низької ліквідності у наслідок недотримання договірних зобов'язань знизилися фінансові показники діяльності, які впливають на еколого-економічну ефективність підприємства);

$\omega_{i_4}$  — державне управління не профінансувало інвестиційний проект а промислове підприємство не виконало запланованих за інвестиційним проектом роботи (підприємство продовжує забруднювати НПС з можливим перевищенням норм ГДК, ГДС, ГДВ).

Однокрокова матриця ймовірностей переходу є регулярною і в загальному вигляді подається так:

$$P(S_i) = \begin{matrix} & \omega_{i1} & \omega_{i2} & \omega_{i3} & \omega_{i4} \\ \omega_{i1} & \left( \begin{matrix} p_{11}^i & p_{12}^i & p_{13}^i & p_{14}^i \\ p_{21}^i & p_{22}^i & p_{23}^i & p_{24}^i \\ p_{31}^i & p_{32}^i & p_{33}^i & p_{34}^i \\ p_{41}^i & p_{42}^i & p_{43}^i & p_{44}^i \end{matrix} \right) & & & \end{matrix}, \quad (5)$$

де  $P(S_i)$  — матриця ймовірностей переходу  $i$ -го підприємства при  $S_i$ -му обсязі інвестування;  $p_{qz}^i$  — ймовірність переходу  $i$ -го підприємства зі стану  $q$  у стан  $z$  ( $q = \overline{1,4}$ ,  $z = \overline{1,4}$ ).

Слід зазначити, що елементи матриці  $\{p_{qz}^i\}$  залежать від багатьох макро- та мікро-факторів. Урахувати всі такі фактори практично не можливо. Тому вважатимемо, що  $P(S_i)$  фіксоване і незалежне від часу значення. Разом з тим це спрощення не порушує основних закономірностей функціонування інвестиційного середовища РПК.

Для дослідження еколого-економічного розвитку РПК окрім матриці  $P(S_i)$ , яка описує імовірну картину роботи  $i$ -го підприємства, вводиться додаткова інформація, що пов'язана з еколого-економічною ефективністю, отриману в результаті переходу підприємства із одного стану в інший.

Позначимо через  $I_{i,qz}^{ef}$  — еколого-економічну ефективність, яка відповідає переходу  $i$ -го підприємства зі стану  $\omega_{iq}$  до стану  $\omega_{iz}$ , а через  $I_{i,qq}^{ef}$  — коли  $i$ -е підприємство перебуватиме протягом певного періоду часу в стані  $\omega_{iq}$ .

Загальну інформацію про еколого-економічну ефективність від  $S_i$ -го розміру інвестування в  $i$ -е підприємство представимо у вигляді матриці ефективності.

$$I^{ef}(S_i) = \begin{matrix} & \omega_{i1} & \omega_{i2} & \omega_{i3} & \omega_{i4} \\ \omega_{i1} & \left( \begin{matrix} I_{i,11}^{ef} & I_{i,12}^{ef} & I_{i,13}^{ef} & I_{i,14}^{ef} \\ I_{i,21}^{ef} & I_{i,22}^{ef} & I_{i,23}^{ef} & I_{i,24}^{ef} \\ I_{i,31}^{ef} & I_{i,32}^{ef} & I_{i,33}^{ef} & I_{i,34}^{ef} \\ I_{i,41}^{ef} & I_{i,42}^{ef} & I_{i,43}^{ef} & I_{i,44}^{ef} \end{matrix} \right) & & & \end{matrix}. \quad (6)$$



Числові значення елементів матриці  $I^{ef}(S_i)$  можуть бути додатними, від'ємними, а також дорівнювати нулю. Якщо  $I_{i,qz}^{ef} > 0$ , то перехід підприємства зі стану  $\omega_{iq}$  до стану  $\omega_{iz}$  є прибутковим, при  $I_{i,qz}^{ef} < 0$  — збитковим, а у разі  $I_{i,qz}^{ef} = 0$  — маємо нейтральний стан.

Отже, між елементами матриці  $P(S_i)$  та  $I^{ef}(S_i)$  встановлюються однозначні відповідності.

Постає питання про ефективність стратегії реалізації державних інвестиційних програм еколого-економічного розвитку РПК, яку можна очікувати, коли РПК здійснить  $t$  кроків. Тому необхідним є визначення очікуваної сподівання еколого-економічної ефективності на  $t$  кроків.

Нехай кожне  $i$ -е підприємство РПК починає функціонувати зі стану  $\omega_{ik}$ , а  $v_{ik}(t)$  — очікувана ефективність  $i$ -го підприємства в результаті виконання ним  $t$  кроків.

Тоді  $\vec{v}_i(t) = (v_{i1}(t), v_{i2}(t), v_{i3}(t), v_{i4}(t))$  — вектор очікуваної еколого-економічної ефективності за  $t$  кроків для кожного із станів  $\omega_{ik}$ ,  $k = 1, 4$ .

Припустимо, що за перший крок  $i$ -те підприємство зі стану  $\omega_{iq}$  перейде до стану  $\omega_{iz}$  із ймовірністю  $p_{qz}^i$ . Еколого-економічна ефективність за цей перехід буде дорівнювати  $I_{i,qz}^{ef}$  — елементу матриці  $I^{ef}(S_i)$ .

Якщо підприємство досягло стану  $\omega_{iz}$ , то еколого-економічну ефективність після  $t$  кроків можна подати так:

$$I_{i,qz}^{ef} + v_{iz}(t-1), \quad (7)$$

де  $v_{iz}(t-1)$  — очікувана еколого-економічна ефективність за наступні  $(t-1)$  кроків, що їх здійснить  $i$ -е підприємство.

Але оскільки перехід із стану  $\omega_{iq}$  до стану  $\omega_{iz}$  підприємство може здійснити з ймовірністю  $p_{qz}^i$ , то й сумарна очікувана ефективність за  $t$  кроків, починаючи із стану  $\omega_{iq}$ , буде дорівнювати (для фіксованих  $i$  та  $q$ ) такому вираженню:

$$v_{iq}(t) = \sum_{z=1}^k p_{qz}^i (I_{i,qz}^{ef} + v_{iz}(t-1)),$$

або

$$v_{iq}(t) = \sum_{z=1}^k p_{qz}^i I_{i,qz}^{ef} + \sum_{z=1}^k p_{qz}^i v_{iz}(t-1). \quad (8)$$

Якщо позначити:

$$\sum_{z=1}^k p_{qz}^i I_{i,qz}^{ef} = IU_{iq},$$

то дійсно

$$v_{iq}(t) = IU_{iq} + \sum_{z=1}^k p_{qz}^i v_{iz}(t-1).$$

З цього виходить, що сумарна еколого-економічна ефективність РПК за  $t$  кроків визначатиметься так:

$$v_q(t) = \sum_{i=1}^n (IU_{iq} + \sum_{z=1}^k p_{qz}^i v_{iz}(t-1)). \quad (9)$$

Оскільки наведені залежності вірні для всіх можливих станів підприємств  $\omega_{ik}$  ( $k = \overline{1,4}$ ), то дістанемо векторно-матричне рівняння:

$$\vec{v}_{ik} = \overline{IU}_i + P_{i,S_i} \vec{v}(t-1), \quad (10)$$

$$\text{де } \overline{IU}_i = \begin{pmatrix} IU_1 \\ IU_2 \\ IU_3 \\ IU_4 \end{pmatrix}, \quad i = \overline{1,n}.$$

Елементи вектора  $\overline{IU}_i$  дорівнюють діагональним елементам матриці:

$$P(S_i) * I^{ef}(S_i)^T = \begin{pmatrix} p_{11}^i & p_{12}^i & p_{13}^i & p_{14}^i \\ p_{21}^i & p_{22}^i & p_{23}^i & p_{24}^i \\ p_{31}^i & p_{32}^i & p_{33}^i & p_{34}^i \\ p_{41}^i & p_{42}^i & p_{43}^i & p_{44}^i \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} I_{i,11}^{ef} & I_{i,21}^{ef} & I_{i,31}^{ef} & I_{i,41}^{ef} \\ I_{i,12}^{ef} & I_{i,22}^{ef} & I_{i,32}^{ef} & I_{i,42}^{ef} \\ I_{i,13}^{ef} & I_{i,23}^{ef} & I_{i,33}^{ef} & I_{i,43}^{ef} \\ I_{i,14}^{ef} & I_{i,24}^{ef} & I_{i,34}^{ef} & I_{i,44}^{ef} \end{pmatrix}, \quad i = \overline{1, n}. \quad (11)$$

Компоненти вектора  $\overline{IU}_i$  інформують про очікувану еколого-економічну ефективність за один крок підприємства.

Отже,

$$\begin{aligned} \vec{v}_i(t) &= \overline{IU}_i + P(S_i)\overline{IU}_i + P(S_i)^2\overline{IU}_i + \dots + P(S_i)^{t-1}\overline{IU}_i + P(S_i)^t v(0) \rightarrow \vec{v}_i(t) = \\ &= \sum_{g=0}^{t-1} P(S_i)^g \overline{IU}_i + P(S_i)^t v. \end{aligned}$$

З врахуванням ідентифікованих об'єктів інвестування РПК отримаємо:

$$\vec{v}(t) = \sum_{i=1}^n \sum_{g=0}^{t-1} P(S_i)^g \overline{IU}_i + P(S_i)^t v(0). \quad (12)$$

РПК — складна динамічна система, що характеризується величезною кількістю різномірних за своєю природою елементів і взаємозв'язків. Тому адекватна задачам дослідження економіко-математична модель розподілу інвестиційних ресурсів повинна враховувати різні варіанти напрямків стратегічного розвитку РПК [13]. Для цього введемо в модель альтернативу, яка пов'язана з можливістю обирати на кожному кроці відповідну стратегію. Альтернатива  $w = 1$  відповідає стратегії простого відтворення (обмежені фінансові ресурси, спрямовані на оптимізацію витрат та структури основного капіталу; інвестиції в екологічну сферу не розглядаються),  $w = 2$  відповідає стратегії помірному росту (інвестування спрямоване на розширення виробництва; реінвестування у виробництво; нейтральна позиція до НПС),  $w = 3$  відповідає стратегії активного інвестування (розширення виробництва; підвищення конкурентних переваг на основі інновацій; пошук нових напрямків виробництва),  $w = 4$  відповідає стратегії активного природоохоронного інвестування (інвестиції в переробку, використання відходів; розробку нових екологічно чистих продуктів; використання нових і поновлюваних джерел енергії).

Позначимо через  $\eta_{t,i}(q)$  очікувану еколого-економічну ефективність  $i$ -го підприємства, яка отримана на кроці від  $t$  до  $T$  включно, при умові, що підприємство знаходиться на початку кроку  $t$  в стані  $q$ .

На основі методів динамічного програмування можливо записати зворотне рекурентне рівняння, яке зв'язує  $\eta_{t,i}$  і  $\eta_{t+1,i}$ , у вигляді:

$$\eta_{t,i} = \max_w \left\{ \sum_{z=1}^k p_{qz}^{i,w} (I_{i,qz}^{ef,w} + \eta_{t+1,i}(z)) \right\} \quad i = \overline{1, n}, \quad t = 1, 2, \dots, T. \quad (13)$$

Сумарну еколого-економічну ефективність реалізації природоохоронної стратегії інвестування в РПК можна записати у вигляді:

$$\eta_t(q) = \max_w \left\{ \sum_{i=1}^n \sum_{z=1}^k p_{qz}^{i,w} (I_{i,qz}^{ef,w} + \eta_{t+1,i}(z)) \right\}, \quad t = 1, 2, \dots, T, \quad (14)$$

де  $p_{qz}^{i,w}$  — ймовірність переходу  $i$ -го підприємства із стану  $q$  до стану  $z$  при використанні стратегії  $w$ ;  $I_{i,qz}^{ef,w}$  — еколого-економічна ефективність  $i$ -го підприємства при переході із стану  $q$  до стану  $z$  при використанні стратегії  $w$ ;  $n$  — кількість промислових підприємств РПК;  $k$  — кількість несумісних станів підприємства;  $T$  — кількість кроків моделювання.

Визначена модель (14) дозволить досягти максимальної еколого-економічної ефективності розвитку РПК при різних варіантах інвестиційної політики регіону, своєчасно прогнозувати зміну станів промислових підприємств. Використання зазначеної економіко-математичної моделі дозволить сформулювати для державного регіонального управління чітку стратегію управління інвестиційними процесами еколого-економічного розвитку РПК. Розвиток даного підходу дозволить встановити залежність еколого-економічної ефективності від початкового стану промислових підприємств, створити необхідну базу для управління еколого-економічною ефективністю промислових підприємств.

Таким чином, проведене дослідження виступає підґрунтям для подальшої роботи з розроблення науково-прикладної методики оцінки еколого-економічної ефективності інвестиційних проектів з урахуванням впливу на навколишнє природне середовище з метою створення ефективної системи управління екологічно орієнтованою інвестиційною діяльністю регіону.

## Література

1. *Войцеховська Ю. В.* Економіко-математична модель оптимізації регіональних інвестиційних програм / Ю. В. Войцеховська, В. В. Войцеховська // Проблеми економіки та управління: [збірник наукових праць] / відповідальний редактор Й. М. Петрович. — Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2011. — С. 11—15.
2. *Сатир Л.М.* Методичні підходи до оцінки ефективності інвестиційної діяльності підприємства / Л.М. Сатир // Сталый розвиток економіки: Всеукраїнський науково-виробничий журнал. — 3'2012. — № 13. — С. 82—86.
3. *Дмитриев А. Н.* Руководство по оценке эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А. Н. Дмитриев, И. Н. Ковалев, Ю. А. Табунщиков, Н. В. Шилкин. — М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. — С. 120.
4. *Джеджула В. В.* Методи аналізу ефективності інвестицій у енергозберігаючі заходи / В. В. Джеджула // Вісник Бердянського університету менеджменту і бізнесу. — №1(17). — 2012. — С. 105—107.
5. Постанова Верховної Ради України від 4 листопада 2010 р. «Про прийняття за основу проекту Закону України про Стратегію національної екологічної політики України на період до 2020 року» [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/cgi-bin/laws/main.cgi?nreg=2818-17>.
6. *Кігель В.Р.* Дослідження операцій: Навч. посібник / В.Р. Кігель, О.О. Карагодова, В.Д. Рожок. — К.: Центр учбової літератури, 2007. — С. 256.
7. *Беллман Р.* Динамическое программирование и уравнения в частных производных / Р. Беллман, Э. Энджел // Пер. с англ. — М.: Мир, 1974. — С. 208.
8. *Кігель В.Р.* Методи і моделі підтримки прийняття рішень у ринковій економіці / В.Р. Кігель. — К.: ЦУЛ, 2003. — С. 202.
9. *Боярко І. М.* Інвестиційний аналіз: Навч. посібник / І. М. Боярко, Л. Л. Гриценко. — К.: Центр учбової літератури, 2011. — С. 400.
10. *Скопенко Н.С.* Теоретико-методичні основи факторного аналізу ризику в умовах нечіткої оцінки окремих чинників / Н.С. Скопенко // Вісник КНУТД. — 2005. — № 4 (24). — С. 39—44.
11. *Лысюк А.П.* Модели учета рисков в оценке эффективности реальных инвестиций / А.П. Лысюк, С.С. Шаповал, Ю.Н. Свиначев // Монография. — Одесса: ТЭС, 2004. — С. 96.
12. *Жлуктенко В. І.* Стохастичні процеси та моделі в економіці, соціології, екології: Навч. посібник / В. І. Жлуктечко, С. І. Наконечний, С. С. Савіна. — К.: КНЕУ, 2002. — С. 226.
13. *Глушевський В.В.* Підходи до моделювання інвестиційної політики еколого-економічного розвитку регіонального промислового комплексу / В.В. Глушевський, Є.К. Мержинський // Сучасні тенденції со-

ціально-економічного розвитку: виклики посткризового періоду. ІХ Міжнародна науково-практична конференція. У 2-х ч. — Львів: Львівська економічна фундація, 2012. Ч.І. — С. 87—89.

Стаття надійшла до редакції 06.12.2012 р.

УДК: 336.531.2:334.7

*Давиденко М.М.*, аспірант кафедри математичних дисциплін,  
Європейський університет

### **БІЗНЕС-ПЛАНУВАННЯ В УМОВАХ НЕСТІЙКОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ СИТУАЦІЇ**

*АНОТАЦІЯ.* У статті запропоновано концепцію використання імітаційного моделювання з метою поліпшення результативності процесу бізнес-планування в умовах невизначеності та значній долі ризику. Проведено аналіз оцінки привабливості інвестиційного проекту з використанням статистичних випробувань за методом Монте—Карло.

*КЛЮЧОВІ СЛОВА:* Імітаційне моделювання; метод Монте-Карло; бізнес-планування; ризику.

*ABSTRACT.* In this article proposed the concept of using simulation during the preparation of business plans. Analyzed an example of using the Monte Carlo method for the preparation of the investment business plan.

У наш час процес створення нового або розвитку вже існуючого підприємства неможливо уявити без розробки бізнес-плану. Адже саме цей документ дозволяє сформулювати стратегію бізнесу, спланувати напрямки розвитку його діяльності на найближчий і віддалений періоди відповідно до потреб ринку та оцінити можливості отримання необхідних додаткових фінансових ресурсів [3, с. 7—8; 4, с. 7—11].

Бізнес-планування складний і довготривалий процес, який вимагає кропіткої праці, детального аналізу внутрішнього та зовнішнього середовища, часу та наявності кваліфікованих спеціалістів. Крім того, у світі, що нас оточує, часто спостерігаються процеси перебіг яких передбачити неможливо, особливо на даний час, коли в Україні сформулювалась мінлива економічна ситуація, що призводить до появи ряду випадкових факторів, вплив яких на хід процесу планування зумовлює виникнення певної доли невизначеності, що, в свою чергу, збільшує долю ризику. Все це викликає ряд труднощів щодо визначення вартості проекту,