
ЕКОНОМІКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ



УДК 330.131.7:330.332

Краснюк М.Т., Гафич О.І.

МОДЕЛЮВАННЯ РИЗИКУ УЧАСТІ КОМПАНІЇ-ІНВЕСТОРА В ПРОЕКТАХ ПОШУКУ І РОЗВІДКИ РОДОВИЩ НАФТИ І ГАЗУ

Розглянуто можливість кількісної оцінки ризику для цілей інвестиційного аналізу в процесі пошуку і розвідки родовищ нафти та газу. Досліджено вплив невизначеностей на показники ризику і економічні параметри пошуково-розвідувальних проектів.

Ключові слова: пошуково-розвідувальні роботи, невизначеність, ризик, комерційний успіх, очікуваний дохід, система прийняття рішень

The possibility of quantitative risk assessment for investment analysis purposes in the process of petroleum exploration is considered in the article. The influence of uncertainties on risk factors and economic parameters of exploration projects is investigated.

Keywords: exploration work, uncertainty, risk, commercial success, the expected income, decision-making.

Геолого-пошукова і нафтогазовидобувна галузі є одними з найбільш ризикових напрямків бізнесу. Це пояснюється різкими змінами кон'юнктури ринку вуглеводнів, а також високим рівнем невизначеностей, що характеризують нафтогазоперспективну площу чи процес відкриття родовища та відсутність достовірної інформації щодо окремих геолого-технічних параметрів проектів.

В Україні дослідження проблем управління ризиками орієнтовані, значною мірою, лише на торговельно-комерційні підприємства та банківський сектор. В нафтогазовидобувній галузі не приділялось достатньо уваги аналізу ризиків пошуково-розвідувального процесу. Це пояснюється монополією та державною зарегульованістю ринку, а також складністю дослідження даної проблеми. Відповідно, при пошуково-розвідувальних роботах на нафту і газ, аналіз ризику базувався на визначенні декількох статистичних коефіцієнтів, які широко використовують для оцінки успішності ведення геологорозвідувальних робіт та підтвердженості прогнозних ресурсів вуглеводнів [1, 2, 3]. В міжнародній нафтовій практиці аналізу ризиків нафтогазовидобувного бізнесу приділяється значно більше уваги. Вперше роботи з кількісної оцінки ризику виконані Коззоліно [4] і базувались на застосуванні теорії корисності та досягнень імовірнісного аналізу. В середині 1970-х результати таких досліджень були впроваджені в практику робіт корпорацією Шелвон [5]. Сьогодні рядом дослідників, основними з яких є Мак Кей і Лерче [6] та Невендорп [7] розробляються теоретичні основи аналізу і оцінки ризиків пошуково-розвідувальних робіт. Проблема практичного впровадження результатів наукових досліджень присвячені роботи Роуза [8].

Ефективна діяльність нафтогазовидобувних підприємств в умовах ринкової економіки залежить не тільки від розміру капітальних вкладень та технічних оцінок досліджуваного геологічного об'єкту, але й у значній мірі, від того, наскільки достовірно саме підприємство зможе передбачити довго- та короткострокову перспективу свого розвитку. Невизначеність,

або відсутність достовірної інформації про структуру і величину запасів, які розробляються на родовищі, прогнози ціни на вуглеводневу сировину та інших техніко-економічних показників, котрі використовуються при складанні проектів розробки та довгострокових планів розвитку підприємства, веде до того, що уникнути ризиків практично неможливо. І головне за даних обставин – завбачливо оптимізувати можливі економічні втрати у випадку негативного результату.

Для підприємства, котре інвестує кошти в пошуки і розвідку родовищ нафти та газу, важливою є не тільки визначення та технічний опис ризиків і невизначеностей, але і встановлення кількісних значень параметрів, котрі характеризують економічні показники ризику розвитку проектів. Основними серед них є оптимальна дольова участь інвестора в проекті, допустимий ризик проекту та відшкодування за ризик.

У відповідності з теоретичними засадами викладеними в роботі [6] та приймаючи до уваги шанси на геологічний/комерційний успіх проекту і витрати пов'язані з процесом відкриття родовища вуглеводнів, формули оцінки кількісних показників ризику можуть бути перетворені в наступні вирази, що дозволяють їх практичне застосування:

$$Y_{max} = \frac{PP}{B+\Pi} \ln \left(\frac{P_y \Pi}{P_n B} \right), \quad (1)$$

$$PP = Y_{max} (B + \Pi) \ln (P_y \Pi / P_n B), \quad (2)$$

де - Y_{max} та PP - максимальний процент участі в проекті і допустимий ризик проекту, відповідно;
 - B і Π – прогнозні втрати і доходи за проектом;
 - P_y і P_n – ймовірності геологічного успіху і невдачі проекту.

Однак, оскільки ці математичні вирази пов'язують одночасно ряд протилежних за змістом параметрів (ймовірності успіху і невдачі, втрати капіталу і очікуваного доходу, ризику проекту і дольової участі в ньому) спеціалістам, котрі повинні визначати доцільність, глибину і форму участі в проекті, складно приймати відповідні рішення забезпечивши їх повне розуміння. І ще складніше це робити менеджерам нафтогазовидобувних компаній, що відповідають за їх інвестиційну політику. Зважаючи на вказану складність і протиріччя застосування вищезгаданих формул, авторами пропонується підхід до оцінки відшкодування за ризик (BP), що базується на використанні величини ризику, який є корпоративним показником інвестиційної діяльності компанії. Інакше кажучи, тим рівнем ризику, чи долею інвестиційного капіталу, яким учасник нафтогазовидобувного проекту готовий ризикувати для здійснення фінансової участі в проекті. В даному випадку базова формула оцінки ризику Коззоліно [4] може бути модифікована наступним чином:

$$BP = \frac{-1}{R} \ln [P_k \cdot e^{-R(\Pi/B)} + P_n \cdot e^{R(BCC)}], \quad (3)$$

де P_k - ймовірність комерційного успіху;

P_n - ймовірність негативного результату;

Π - поточна безризикова оцінка вартості за проектом;

BCC - кошти буріння «сухих» свердловин;

R - коефіцієнт ризику, прийнятного для компанії.

В рівнянні (3) величину R рекомендується встановлювати, виходячи з розмірів річного бюджету компанії на пошуки і геологічну розвідку родовищ нафти і газу (1/бюджет на розвідку (млн. \$)). В роботі [8] пропонується коефіцієнт рівний 1/50 чи 0,02. Однак, на думку авторів, такий підхід до оцінки ризику у реальних умовах нафтогазовидобувного

бізнесу в Україні, рівно як і в інших нафтогазовидобувних країн регіону, привів би до того, що ряд незначних за розмірами компаній, повинні були б відмовитися від невеликих, інтересних з комерційної точки зору і очікуваних прибутків, але ризикових проектів. Досвід робіт в нафтогазовидобувному секторі економіки України показує зростання частки проектів, які реалізуються як зарубіжними, так і українськими компаніями-інвесторами і для яких характерні значно вищі рівні ризиків, ніж ті, що можуть забезпечити рекомендоване співвідношення 1/50. Аналіз консалтингових проектів для іноземних компаній-інвесторів, що мають намір працювати в Україні, дозволяє зробити висновок, що прийнятне значення R повинно знаходитись в межах 0,1 або 5/річний бюджет на геологорозвідку.

Використовуючи рівняння (1) та аналізуючи результати його застосування в нафтовому бізнесі, описані в роботі [6], оптимальний робочий інтерес (ОУ) в інвестуванні нафтогазовидобувного проекту пропонується виражати, як:

$$OU = \frac{PP}{BCC \cdot PV} \cdot \ln \frac{P_k \cdot PV}{P_n \cdot BCC} \quad (4)$$

Позитивним аспектом такого підходу до економічного аналізу нафтогазовидобувних проектів є кількісна оцінка ризиків, котра корелюється з імовірністю успіху і втрат та дозволяє зважено визначати можливі шляхи зниження цього ризику, що дає змогу компаніям-інвесторам мінімізувати можливість катастрофічних фінансових втрат у разі невдачі.

Негативний аспект вищеописаного підходу полягає в наступному. У випадку позитивного сценарію за високо ризиковим проектом ($P_k = 1$), прогнозується реальне отримання ПВ. Однак високий ризик, як правило, означає необхідність зменшення дольової участі в проекті. Але в такому випадку очікуваний дохід від проекту буде значно занижений, і така його величина із-за фінансової незацікавленості може бути причиною відмови від проекту. Це не стосується особливо ризикових проектів (нові нафтогазоперспективні території, нові ідеї пошуку крупних родовищ нафти і газу і т.п.). Тому в таких оцінках доцільно детально аналізувати вплив людського фактору (фаховий досвід спеціаліста чи експерта, успішність його оцінок і т.д.).

В більшості випадків, рішення про участь в нафтогазовидобувному проекті потрібно приймати за дефіциту необхідної інформації, а параметри проекту, такі як імовірність успіху, очікувані доходи і можливі втрати інвестицій, допустимі ризики і дольова участь компанії-інвестора, характеризуються високим рівнем невизначеностей. Доцільним є імовірнісне моделювання величин відшкодування за ризик та допустимої участі в проекті, приймаючи до уваги всі можливі зміни інших параметрів проекту та діапазони і закони розподілу таких змін.

Авторами виконано Монте-Карло моделювання законів розподілу цих параметрів з метою встановлення ступеня впливу невизначеностей на результати оцінок. Стосовно ризику капіталу, важливою є оцінка впливу очікуваної вартості проекту. В першу чергу вона визначається прогнозом потенційних запасів об'єкту. Важливим є і тип вуглеводнів, котрі будуть відкриті (нафта чи газ) та зміна кон'юнктури цін на них. Наприклад при зміні цін на нафту в межах $\pm 20\%$ і за поточної (кінець 2009р.) ціни в 70\$ за барель нафти, невизначеність складе 28\$ за барель. Якщо прийняти за базову ціну нафти на початку 2008р. (150\$ за барель) то цінова невизначеність досягне 60\$ за барель. За таких умов фактор цінової невизначеності може переважати вплив невизначеності запасів на економіку проекту і за певних умов призвести до краху нафтогазовидобувного проекту.

Окрім цін на нафту, контролюючими факторами економіки нафтогазовидобувного проекту є вартість ліцензії, вартість сейсмозвідувальних робіт і буріння свердловин,

прогноз податків, рентних платежів і т. ін. Аналіз результатів техніко-економічного аналізу розробки родовищ за звітами ДГС України, дозволяє зробити висновок про те, що такі розбіжності в прогнозах техніко-економічних параметрів проектів і їх фактичних значенням за даними експлуатації родовищ, може сягати 50%. Тому моделювання можливих змін основних параметрів проекту, таких як прогнозні чисті дисконтовані доходи, можливі втрати, імовірності успіху та їх всебічне науково обґрунтоване дослідження і технічний аналіз, повинні бути основою при оцінці допустимих ризиків проекту.

Стосовно дольової участі в проекті ми маємо дещо іншу ситуацію. Використовуючи модифіковану формулу Коззоліно [6], чи запропоноване модифіковане рівняння оцінки оптимальної робочої участі в проекті (4) для любого з прийнятих допустимих значень ПВ, БСС, P_k чи PP і за допущення, що проект виявиться успішним, можна отримати процент дольової участі, за якого ризики будуть нейтральними чи рівними нулю. Однак неврахування невизначеностей основних параметрів проекту, про які йшла мова вище, може призвести до неправильної оцінки дольової участі і, як наслідок, недоотримання прибутків чи перевищення бюджету витрат.

З метою розробки методичних засад застосування імовірнісного підходу до економічної оцінки невизначеностей, що впливають на ризик нафтогазовидобувного проекту, створимо деякий синтетичний проект. Нехай за даними технічних оцінок прогнозуються видобувні запаси вуглеводнів в межах від 0,1 до 0,3 млн. т у. п. при середньому 0,2 млн. т у. п. Із-за складності прогнозу цін на нафту, припустимо, що вона постійна і складає 450\$/т у. п.

Допустимо також, що імовірність комерційного успіху може змінюватись в межах від 10% до 30%.

Приймемо витрати на придбання ліцензії, геологорозвідку, податки і буріння пошукової свердловини на рівні 5 млн. \$, однак якщо колектор виявиться не витриманим по площі і залягає на більшій глибині, затрати можуть зрости до 15 млн. \$.

Припустимо також, що допустимий ризик капіталу компанії, в залежності від оцінки акцій компанії, прибутків попередніх періодів і ін. може змінюватись в межах від 50 до 150 млн. \$.

Вищенаведені діапазони змін (таблиця 1) будуть базою нашого подальшого моделювання.

Зауважимо, що мінімальний ризиковий капітал компанії складає 50 млн. \$ і є значно більшим за максимально можливі втрати (15 млн. \$), таким чином ризик не повинен бути головним фактором, котрим визначає величину надбавки за ризик.

Таблиця 1.

Рівні невизначеності основних параметрів, що визначають ризики нафтогазовидобувного проекту

Параметри проекту	Рівень невизначеності	
	Мінімальне значення	Максимальне значення
Поточна вартість(ПВ), млн. \$	45	135
Втрати на буріння «сухих» свердловин, млн. \$	5	15
Імовірність комерційного успіху, д.о.	0,1	0,3
Допустимий ризик капіталу, млн. \$	50	150

Для Монте-Карло моделювання нами використані всі можливі зміни параметрів ПВ, БСС, P_k , PP . При цьому прийнято, що дольова участь в проекті складає 100%. На рис. 1 за результатами моделювання показано відносний вплив (в %) невизначеностей параметрів проекту на величину надбавки за ризик, визначеного за формулою (3). Як видно з рис. 1 допустимий ризик має найменший вплив на оцінку BP , а імовірність успіху і можливе невідшкодування втрат інвестицій мають головний вплив на величину BP і в сумі він перевищує 80% впливу всіх невизначеностей. При цьому вплив невизначеності шансу на комерційний успіх проекту, складає майже 50%.

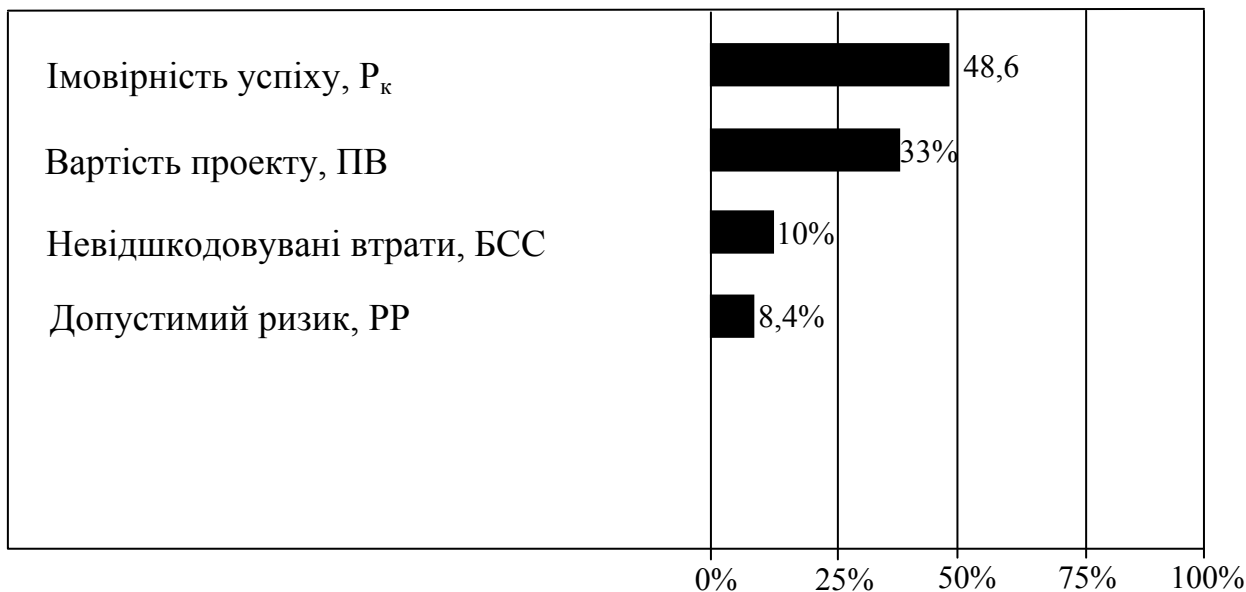


Рис. 1. Моделювання відносного впливу техніко-економічних параметрів проекту на величину надбавки за ризик

Таким чином на початковій стадії реалізації нафтогазовидобувного проекту не обсяг його прогнозних запасів, а якість і точність оцінки прогнозного покладу (наявності кондиційного колектора, надійної покривки) є головним для прийняття рішень про ризик проекту і, відповідно, інвестицій, що з ним пов'язані. Тому, коли існує можливість отримання додаткової інформації чи переінтерпретації існуючих геолого-геофізичних даних, результатом якої буде зменшення невизначеності шансу на геологічний і/чи комерційний успіх, доцільною буде витрата коштів на придбання цієї інформації з метою зменшення імовірності втрати інвестиційного капіталу. Однак в будь-якому випадку, аналіз відносного впливу невизначеностей ключових параметрів проекту, дозволяє визначити можливі точки втрат, і таким чином мінімізувати вплив невизначеностей на правильну оцінку BP .

Окремо від аналізу відносних оцінок невизначеностей параметрів на величину BP , необхідно розглянути вплив абсолютних значень їх розподілу та можливих варіацій. Якщо рівень абсолютних значень невизначеності BP є набагато нижчим за його середнє значення, ми спостерігаємо їх низький вплив на ризик проекту навіть у випадку, якщо відносна вага є дуже високою. На рис. 2. показано розподіл накопиченої величини BP , отриманого за допомогою Монте-Карло моделювання.

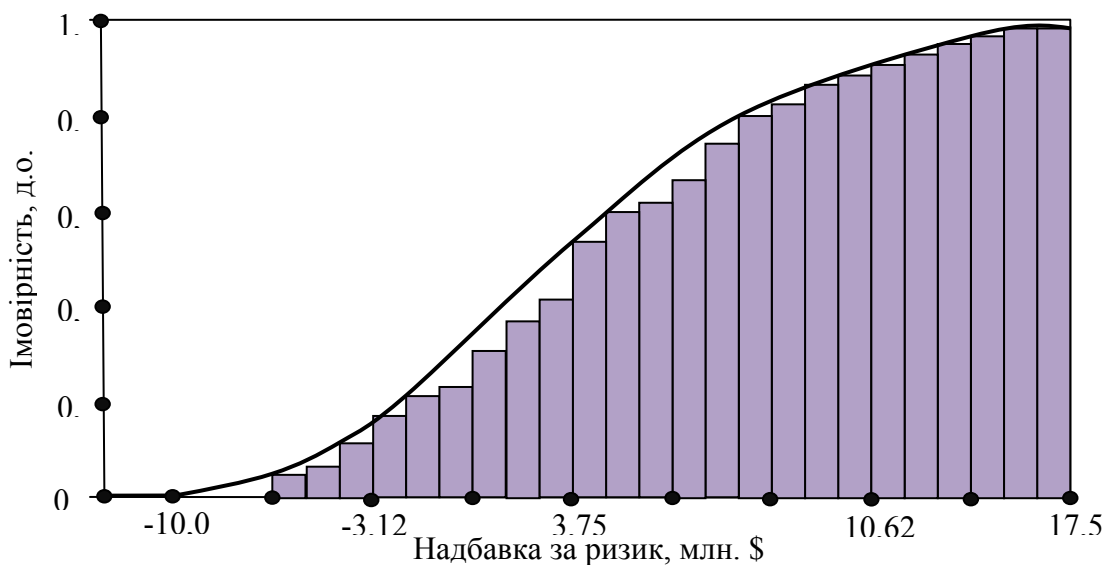


Рис. 2. Накопичена імовірність надбавки за ризик за однорідного розподілу параметрів проекту, що її визначають

При цьому прийнято, що всі параметри модифікованої нами формули Коззоліно (3) для оцінки відшкодування за ризик: ПВ, БСС, PP , P_K мають однорідний розподіл, а значення $Y = 100\%$.

Дві оцінки значень цього розподілу є важливими для нас. Перша - це накопичена імовірність P_0 для $BP \geq 0$. Друга – це значення BP_{10} , BP_{50} , BP_{90} (базові величини імовірнісних оцінок для бізнес-аналізу [8]) які відповідають 10%, 50% і 90% його імовірності. Як видно з рис. 2 для невизначеностей основних параметрів ризику проекту, представлених в табл. 1, значення $P_0 \cong 35\%$. Для цих же умов значення BP різного ступеня імовірності, складуть:

$$BP_{10} = -3,9 \text{ млн. \$}$$

$$BP_{50} = 2.4 \text{ млн. \$}$$

$$BP_{90} = 10.3 \text{ млн. \$}$$

Девіація v для середньої 50% імовірності BP , може бути розрахована, як:

$$v = (BP_{90} - BP_{10}) / BP_{50}$$

та складає 5,9 і є значно більшою за саме значення цього параметра. Таким чином варіацію v можна розглядати за кількісну оцінку невизначеності BP_{50} , коли вона є незначною в порівнянні з величиною BP , ми маємо незначну невизначеність середнього значення BP_{50} , коли великою – вплив невизначеності є важливим. Практична робота над рядом інвестиційних нафтогазоперспективних проектів дозволяє зробити висновок, що коли невизначеності параметрів ризику є високими, однак діапазон їх впливу не змінює значення BP_{50} більш ніж в співвідношенні 1:2, максимум 1:4, шанс на успіх проекту необхідно вважати задовільним, а економічний ризик приймати рівним P_0 при $BP = 0$.

В добавок до відносної ваги і імовірності **BP**, два інших фактори, також мають суттєве значення. Це очікувана вартість (не скоригована за ризик) і оптимальний процент дольової участі в проекті (у наших попередніх дослідженнях він був прийнятий рівним 100%).

Згідно з [7] очікувана вартість проекту (E_1) при $Y = 100\%$ є:

$$E_1 = P_y \Pi - (1 - P_y) \cdot B, \text{ і варіація } \sigma^2 = E_2 - E_1^2 = P_y(1 - P_y)(\Pi + B)^2.$$

Таким чином, навіть для постійних значень Π і B очікувана вартість має невизначеність $\pm\sigma$, як результат невизначеності шансу на успіх. Тому, цілком зрозуміло, що невизначеності параметрів Π , B і P_y будуть вносити свою долю в зростання сумарної невизначеності очікуваної вартості. У нашому випадку прийнявши середнє значення P_y , як рівне 0,2 і за діапазону зміни приведеної вартості від 45 до 135 млн. \$, отримуємо величини $E_1 = 10$ млн. \$, $\sigma = \pm 4$ млн. \$. На рис. 3 представлений кумулятивний розподіл очікуваної вартості за результатами імовірнісного моделювання. Монте-Карло моделювання дає найбільш імовірне значення рівне 9,5 млн. і його стандартну похибку в ± 8 млн. \$, тобто в двічі більшу від отриманої за аналітичними виразами, що розрахована без врахування діапазону невизначеностей Π , B і P_y .



Рис.3. Монте-Карло моделювання очікуваної вартості нафтогазовидобувного проекту

На рис. 4 показані результати визначення відносного впливу невизначеності параметрів проекту на величину його очікуваної вартості (вплив **PP** рівний 0, оскільки E_1 не залежить від **PP**). Слід відзначити, що невизначеність шансу на успіх (P_y) є основною і дає майже 50% невизначеності, а другим за важливістю параметром (36%) є приведена вартість проекту.

Таким чином, як і в випадку з **BP**, ми маємо переважаючу залежність економічних показників проекту від шансу на комерційний успіх. Отже основним завданням зниження ризику проекту, повинно бути звуження інформаційної невизначеності проекту щодо

можливості відкриття родовища з економічно рентабельними для видобутку запасами та оцінки рівня коштів, котрі будуть вкладені в його розробку.

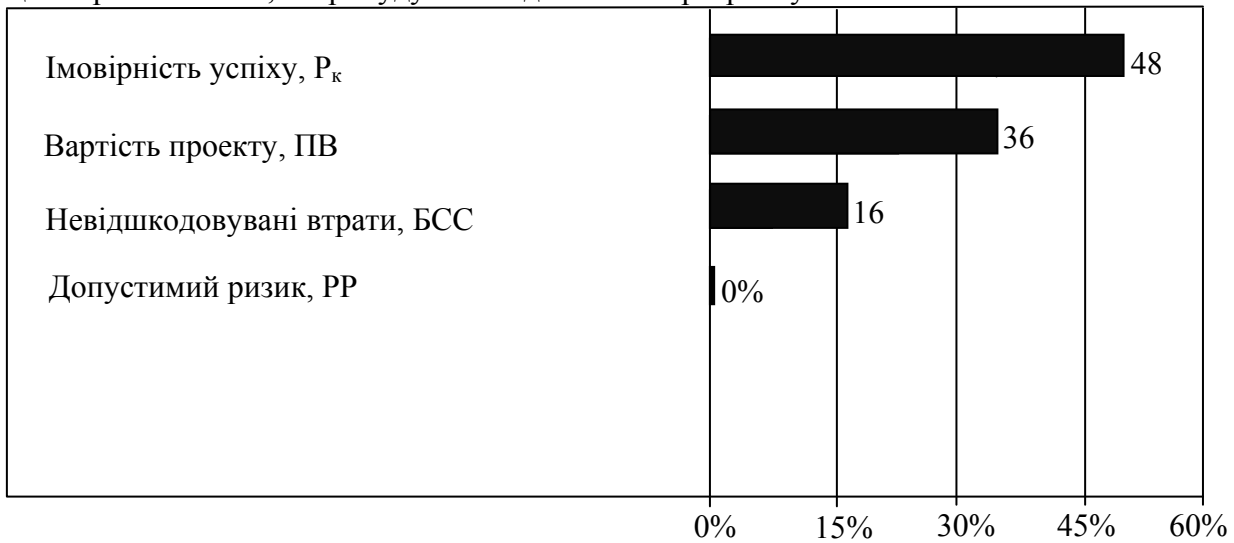


Рис. 4. Моделювання відносного впливу техніко-економічних параметрів проекту на величину його очікуваної вартості

Наступним показником, який потрібно дослідити на його чутливість щодо впливу невизначеності параметрів за якими він визначається, є оптимальна дольова участь у проекті (OY). Імовірнісне моделювання з використанням аналогічних параметрів і діапазонів їх невизначеностей проведено і для оптимальної дольової участі в проекті (OY). Його результати подано на рис. 5.

За даними Монте-Карло моделювання отримано середнє значення OY рівне 62%, а його критичні точки, рівні імовірностям в 10, 50 і 90%, мають значення $OY_{10} = 5\%$; $OY_{50} = 69\%$; $OY_{90} = 100\%$ при варіації $(OY_{90} - OY_{10})/OY_{50} = 1,4$.

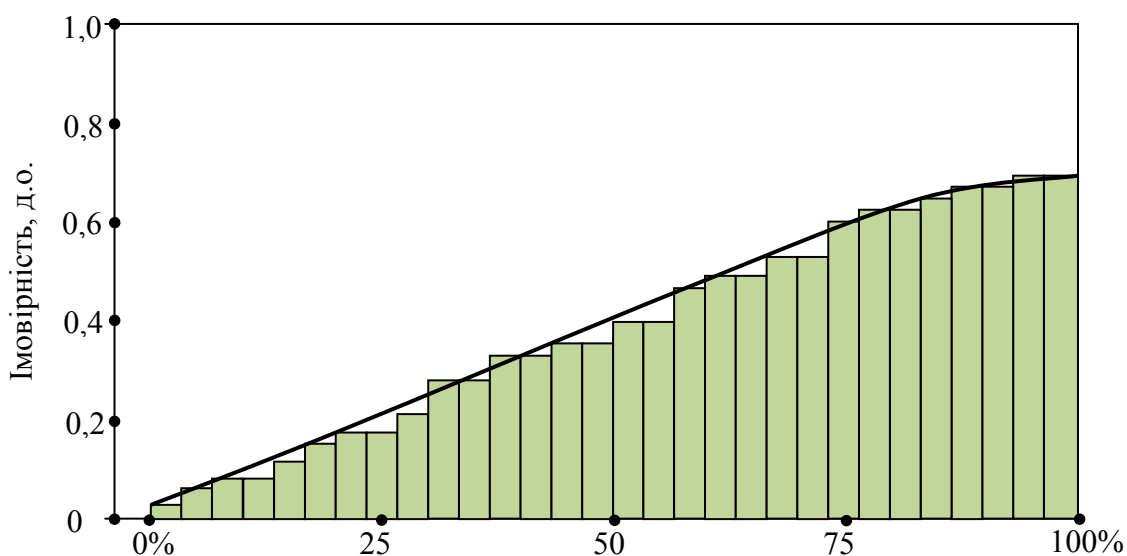


Рис. 5. Монте-Карло моделювання оптимальної дольової участі в проекті

Таким чином 60-70% дольова участь у проекті є найбільш оптимальною виходячи з невизначеностей, які мають місце. Кумулятивний розподіл вказує також і на те, що допустимий ризик в 30% дозволить компанії-інвестору брати 100% участь у проекті, чи при 25% корпоративному рівні ризику, дольова участь компанії буде складати 80%.

Проаналізуємо відносний вплив параметрів проекту на величину оптимальної дольової участі. На рис. 6 показано результати оцінки впливу невизначеностей параметрів проекту на величину OY . Аналіз відносних величин показує головну вагу таких параметрів, як ймовірність комерційного успіху і невідшкодовані можливі втрати за проектом. Допустимий ризик проекту має помірно низький вплив, найменший - очікувана вартість проекту.

Причиною цього факту (відсутності тісної залежності між вибором дольової участі, виходячи з очікуваної вартості проекту) є те, що відношення ПВ/БСС є більше 3, отже головний вплив на OY згідно з формулою (4) буде визначатись виразом $\ln \frac{P_k \cdot PV}{P_k \cdot BCC}$, значення якого змінюється швидше за зміну P_k ($0.1 \leq P_k \leq 0.3$). Таким чином домінування невизначеності P_k перевищує вплив невизначеностей будь якого з інших параметрів, що приймають участь в розрахунку OY . Величина і рівень невизначеності можливих невідшкодованих втрат, також є провідною за впливом на OY , оскільки відношення ПВ/БСС також належить до вищезгаданого виразу.

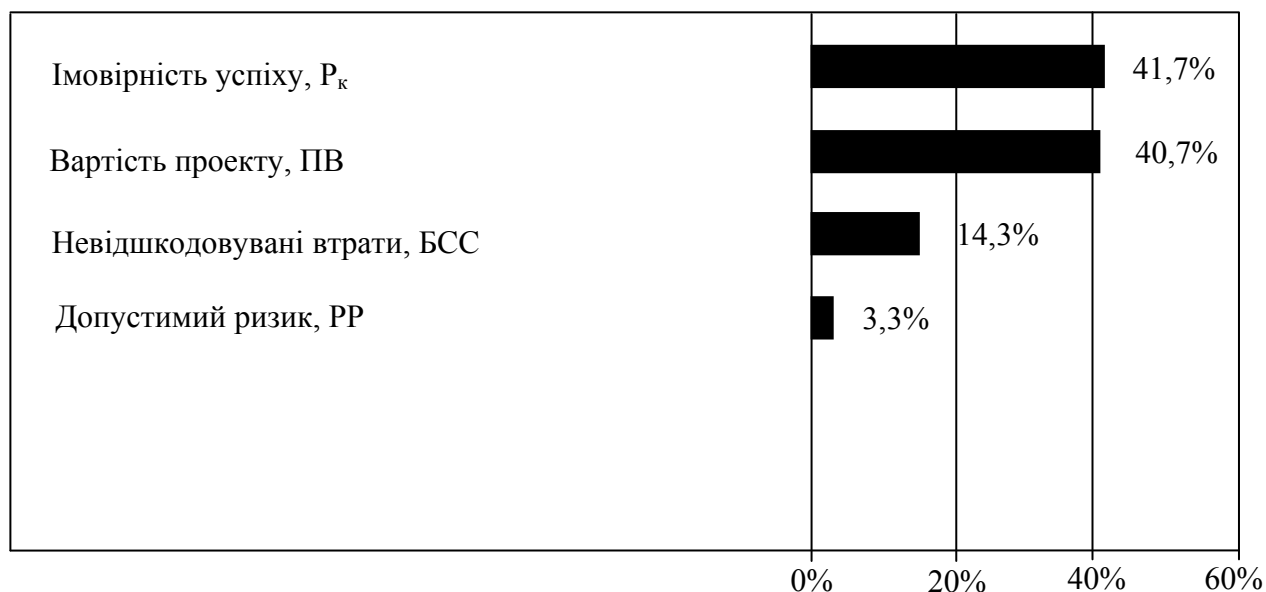


Рис. 6. Моделювання відносного впливу техніко-економічних параметрів на оптимальну величину дольової участі в проекті

На додаток слід відмітити наступне. Якщо у випадку економічної оцінки ризику і аналізу результатів моделювання надбавки за ризик (BP) особлива увага має бути зосереджена на покращенні технічної оцінки шансу на комерційний успіх, то у випадку визначення дольової участі в проекті, хоч невизначеність P_k є одним з домінуючих факторів ризику, основні зусилля повинні бути направлені на аналіз рівня можливих втрат при бурінні «сухих» свердловин.

Висновки.

1. Позитивним аспектом застосування запропонованої авторами моделі є можливість виконання співставимих економічних оцінок ризиків різних нафтогазовидобувних проектів, які за окремими техніко-економічними параметрами порівнювати складно. Окрім цього технічними оцінками ризиків займаються різні спеціалісти: геологи і геофізики, геохіміки, нафтові інженери, управлінці і економісти. Наявність методики оцінок впливу економічних параметрів ризику в умовах невизначеностей, дозволяє уникнути суб'єктивних висновків щодо встановлення і ранжування факторів ризику та величини їх впливу на показники проекту. Використання різними спеціалістами спільної методики оцінок, дозволяє оцінювати вплив ризиків і невизначеностей нафтогазовидобувного проекту за єдиною шкалою економічних оцінок.

2. З точки зору системи прийняття рішень, запропонована методика аналізу невизначеностей і їх економічної оцінки дозволить оцінювати вплив ризиків і невизначеностей нафтогазовидобувного проекту, виявити вузькі місця та зосереджуватись на мінімізації їх впливу для досягнення позитивних прогнозованих економічних результатів.

Для помірно-ризикованих проектів, це зосередження досліджень шансу на успіх та оптимізація і оцінка можливих відхилень від програми пошуково-розвідувального буріння (основна частина втрат на буріння «сухих» свердловин).

Для проектів з високим рівнем ризику, це можливість для інвестора зменшувати свою дольову участь аж до придбання блокуючого чи контрольного пакету акцій.

Для високо ризикових проектів це також можливість оцінки і аналізу співвідношення від'ємних значень надбавки на ризик з величинами допустимого корпоративного ризику бюджету компанії на геологічну розвідку та прийняття відповідних рішень щодо шляхів і графіку інвестування проекту з тим, щоб не допустити критичного фінансового стану компанії.

Література

1. Бережная Л.И. Инвестиционные риски и неопределенность при стоимостной оценке перспективного участника недр // Л.И. Бережная, Т.В. Соколова, В.В. Сухов. / Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2004. - № 12. – С. 72-75.
2. Верещако И. А. Определение геолого-экономической эффективности поисково-разведочных работ на нефть и газ // И. А. Верещако, В. Ф. Горбачева / Научно-технический обзор. Сер. «Геология и разведка нефтяных и газоконденсатных месторождений». Обзор №251.-М: ВНИИЭгазпром, 1977. 23с.
3. Завялов В. М. Об учете геологических вероятностных показателей поисково-разведочных работ при геолого-экономической оценке перспективных нефтегазоносных объектов // В. М. Завялов, Л. М. Кучма / 3б. наук. пр. УкрДГРІ. – 2008. - № 4. – С. 111-115.
4. Cozzolino J. A new method for measurement and control of exploration risk. // J. Cozzolino. – Society Petroleum Engineering. AIME, SPE. – 1978. – N. 6632. – p. 1632 – 1639.
5. Harbaugh W. Computing Risk for Oil Prospects: Principles and Programs. // W. Harbaugh, C. Dawis, J. Wendebourg, Elsevier, Amsterdam. 1996
6. Harolin, G.C., Magdol K., Geologic success and economic failure. // G.C. Harolin, K. Magdol, / AAPG. 1996. – Bull. 52. – p.2079-2091.
7. Larche I. Economic Risk in Hydrocarbon Exploration. //I. Larche, J.A. MacKay/ Academic Press. Columbia, USA. – 1995. – p.404
8. Newendorp P. Decision Analysis for Petroleum Exploration / P. Newendorp, F. Schuyler . Colorado, USA, 2000 - 606 p.
9. Rouse P. Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures // Peter Rouse. – AAPG, Tulsa, Oklahoma, USA, 2000. – 164 p.

Рекомендовано до друку:
д.т.н., проф. Кочурою С.В., 20.01.2010

Надійшло до редакції:
01.12.2010