

УДК 330.332.1

Т. В. ОМЕЛЬЧЕНКО, аспірантка

Київський національний університет ім. Т. Г. Шевченка, м. Київ

ІНВЕСТИЦІЙНА ПРИВАБЛИВІСТЬ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ УКРАЇНИ

В статтє рассмотрена проблема поиска альтернативных источников энергии, улучшения экологического состояния окружающей среды, а также разрешение проблем энергетической зависимости экономики и разумного использования природных ресурсов. Построена экономико-математическая модель прогнозирования объёмов произведенной продукции, с помощью которой рассчитываются показатели эффективности дегазации и утилизации шахтного метана и принимается решение относительно выбора направления использования полученных энергетических ресурсов

Ключевые слова: шахтний метан, оцєнка, математическая модель, дифференциальные уравнения, ефективність, дєгазація, утилізація.

У статті розглянуто проблеми пошуку альтернативних джерел енергії, покращення екологічного стану навколишнього природного середовища, а також розв'язання проблеми енергетичної залежності економіки і розумного використання природних ресурсів. Побудовано економіко-математичну модель прогнозування обсягів виробленої продукції, за допомогою якої розраховуються показники ефективності дєгазації і утилізації шахтного метану і приймається рішення щодо вибору напрямку використання отриманих енергетичних ресурсів.

Ключові слова: шахтний метан, оцінка, математична модель, диференційні рівняння, ефективність, дєгазація, утилізація.

Вступ

Актуальність аналізу залучення інвестицій у розвиток метанової галузі вугільної промисловості полягає в обґрунтуванні нових шляхів забезпечення економіки України енергоносіями. При обмежених запасах нафти і газу вичопне вугілля є стратегічною сировиною. Однак проблема підвищення вуглевидобутку пов'язана з ускладненням гірничо-геологічних умов, високим рівнем травматизму, погіршенням екологічного стану навколишнього середовища. Вирішення зазначених проблем ґрунтується на створенні сприятливих умов для залучення інвестицій у видобування і переробку шахтного метану в умовах занепаду вугільної промисловості, морального і технічного зносу обладнання і устаткування на підприємствах паливно-енергетичного комплексу України. Покращення інвестиційного клімату дозволить вугільним підприємствам залучати кошти на оновлення основних фондів, переоснащення і реконструкцію діючих підприємств. Ці процеси якісно вплинуть на господарську діяльність підприємств вугільної промисловості, головними показниками позитивних зрушень стануть економічний і екологічний ефекти від раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів.

Економічні, екологічні і політичні умови вказують на доцільність здійснення інноваційних проектів промислового видобутку і утилізації метану. Це зобов'язує державні інститути створити сприятливі умови для залучення капіталу у вугільну промисловість, надати гарантії щодо діяльності інвесторів і вітчизняних підприємств галузі на ринку енергетичних ресурсів протягом тривалого часу, і виконувати домовленості перед міжнародними інституціями з питань паливно-енергетичного балансу і екологічної безпеки.

Постановка задачі

Мета роботи полягає у розробці системи економіко-математичних моделей прогнозу обсягів виробленої продукції під час процесів дєгазації та утилізації, за допомогою якої розраховуватимуться економічні показники діяльності шахти і прийматимуться рішення щодо

інвестування найбільш фінансово привабливих напрямків утилізації шахтного газу метану, включаючи вдосконалення принципів і методів аналізу прибутковості інвестиційних проектів та оптимального розподілу інвестицій. Для цього зробимо аналіз інвестиційної привабливості метанової галузі; розробимо економіко-математичну модель оцінки ефективності системи вилучення вугільного метану, за допомогою якої розраховуються показники ефективності дегазації і утилізації шахтного метану і приймається рішення щодо вибору напрямку використання отриманих енергетичних ресурсів.

Основна частина

Проблеми гірничо-геологічних умов і комплексного освоєння метану вугільних родовищ України у своїй роботі підіймає професор інституту геотехнічної механіки ім. Н.С. Полякова В.В. Лукинов, який визначає розв'язання проблеми метану з ефективністю і безпечністю розробки вугільних родовищ на великих глибинах. За походженням, складом і змістом вчений розглядає три напрямки вилучення шахтного метану: вилучення метану із вугільних пластів, вилучення метану вугільних шахт шляхом буріння, вилучення й утилізація метану із гірничих виробіток закритих вугільних шахт.

Вивченню питання управління інвестиційною діяльністю присвячені дослідження вітчизняних і зарубіжних вчених, таких як: А. І. Амоша, О. С. Галушко, А. А. Пересада, А. Ф. Гойко, Г. Бірман, С. Шмідт, В. В. Ковальов, В. Я. Бочаров, К. Воронов, П. Л. Віленський, Е. Р. Орлова, С. А. Смоляк, В. П. Савчук, С. І. Прилипко, В. Г. Федоренко, Е. М. Четиркін, П. А. Орлов, Д. Норткотт, Д. О. Василик, Ю. Г. Заремба, В. З. Біленький, Е. М. Бронштейн, Д. А. Черняк, С. В. Лівштць, В. Б. Чернов, С. Д. Супрун, Б. Л. Райхель, В. І. Сілли, М. А. Ільянов, О. В. Яценко, В. А. Кучер та інші, але їх дослідження не вичерпують усього комплексу питань, пов'язаних з даною проблемою.

Відомі численні форуми безпосередньо в Україні, які показали наявність метану в промислових кількостях в Донбасі та у Львівсько-Волинському кам'яновугільному басейні, розроблені технології промислового вилучення метану, продемонстровано можливості розгортання технічних засобів для його уловлювання та доочистки, наявність кваліфікованих спеціалістів, які могли налагодити справу вилучення метану з місць його локалізації, враховуючи світовий досвід [1]. Реалізація проектів з вилучення шахтного метану в Україні не тільки дозволить зменшити його виділення в атмосферу вугільними підприємствами і скоротити кількість аварій, травм і загибелі на виробництві у вугільній промисловості, але і забезпечить країну високоякісним і екологічно чистим енергоносієм.

Аналіз інвестиційної привабливості метанової галузі вугільної промисловості

Україна має дуже великі та практично недоторкані ресурси метану вугільних родовищ. Великомасштабна розробка та використання шахтного (вугільного) метану можуть зробити суттєвий внесок у задоволення енергетичних потреб України. Видобуток метану з вугільних пластів в Україні, крім рішення цих задач, повинний забезпечити також підвищення безпеки ведення підземних робіт. Вугільні шахти України вважаються найбільш загазованими, а тому й найбільш небезпечними в світі. Близько 95 % вугільних шахт України – підземні. Вугільна промисловість дає найбільшу частку емісії метану до атмосфери в країні – 1,5 млрд м³/рік (табл. 1) [2]. На поточний момент кількість метану, що міститься у вугільних пластах країни дорівнює близько 12 трлн м³, а його промислові запаси складають близько 4 трлн м³.

Оцінки концентрації запасів метану у різних регіонах Донбасу складають від 118 до 494 млн м³ куб. на один квадратний кілометр. Оцінка газового енергетичного потенціалу лише Донецьких шахт показала, що в межах їхніх гірських відводів міститься понад 26,5 млрд м³ шахтного метану. Запаси метану на окремих шахтах коливаються від 0,2 до 4,7 млрд м³. Наприклад, у надрах шахти ім. А. Ф. Засядька запаси шахтного газу метану становлять 3,6 млрд кубометрів, імені Сочинського – 4,7 млрд кубометрів, «Південнодонбаська» – 3–3,5 млрд.

На сьогодні з глибин Донецьких шахт можна видобувати й використовувати понад 3 млрд м³ метану щороку. Однак рівень дегазації майже в 4–5 разів нижче європейських показників [3].

Розподіл загального обсягу вилучення газу метану серед шахт
Донецького вугільного басейну

№ п/п	Назва шахти	Загальний обсяг вилученого шахтного метану, млн м ³ на рік	Обсяги викидів метану у повітря, млн м ³ (VAM)	Обсяги утилізованого газу метану, млн м ³ на рік (СММ)	Зміст метану в утилізованому газі (СММ), %
1	Комсомолец Донбасу	128,37	116,81	11,56	30,0
2	ім. А. Ф. Засадько	109,70	79,10	30,60	30,0
3	ВАТ ВК ш. Красноармійська – Західна № 1	91,13	78,73	12,40	30–38
4	ВК ш. Краснолиманська	61,77	40,21	21,56	19,5
5	Суходольська – Східна	59,60	52,50	7,10	15,0
6	ім. Стаханова	52,23	35,45	16,78	42,0
7	ш/у Калініна	47,51	44,57	2,94	22,0
8	ім. Скочинського	38,59	34,60	3,99	38,0
9	ім. В. М. Бажанова	36,17	22,92	13,25	50,0

Згідно з Кіотським протоколом, який на рівні вуглевидобувних країн (Польщі, Німеччини, Франції, Великобританії та США) регулює техногенні викиди в атмосферу з метою протидії глобальному потеплінню на планеті, припускається перепродаж державами невикористаних квот газового забруднення.

Отже, скоротивши значні викиди шахтного метану у повітря, Україна може заробляти великі гроші, використовуючи встановлені квоти, скоротити імпорт природного газу на 30 %, запобігти вибухам у процесі вуглевидобутку та забезпечити охорону довкілля. Нині, за твердженнями фахівців, в Україні є технології з видобування і утилізації метану та технічні можливості їх практичної реалізації. Якщо скористатися цими можливостями, то вугільні родовища слід розглядати як комплексні метано–вугільні і відповідно до цього розробляти їх з огляду на особливості кожної шахти.

На думку експертів, обсяги утилізації шахтного газу метану у 2002–2006 роках збільшились порівняно з 2001 роком. Але документальні дані, які підтверджують це, відсутні. У зв'язку з цим була проведена консервативна оцінка, яка базувалась на припущенні, що частка утилізованого метану у 2002–2006 роках залишилась незмінною у 2001 році і склала 7,4 % від загальних викидів метану при підземному видобутку вугілля. Серед викидів парникових газів в Україні на частку метану припадає близько 35%, і це переважно – метан вугільних родовищ [4].

Зараз тільки 42 вугільні шахти в Україні встановили системи дегазифікації, близько половини з них використовують шахтний метан в котельних. Концентрація метану в дегазифікаційних трубопроводах складає 25–60 %. Одним з позитивних прикладів утилізації шахтного метану для виробництва теплоти і електроенергії є шахта ім. Засадько, де споруджена крупна когенераційна установка на базі двигунів GE Jenbacher (Австрія). Встановлення системи дегазифікації дасть можливість поновити роботу ряду законсервованих шахт, що є зараз актуальною проблемою для України.

Робота 1 МВте встановленої потужності газового двигуна забезпечується 3 млн м³ метану/рік. Питомі капіталовкладення в обладнання становлять 600–800 тис. євро/МВте. Виходячи з середнього показника капіталовкладень і максимального прогнозного потенціалу метану, що може бути утилізований (близько 40 % загальних викидів у 2 млрд м³/рік), маємо,

що утилізація цього потенціалу може забезпечити 320 МВтє потужностей при необхідних інвестиціях порядку 1344 млн грн. (табл. 2). Робота 320 МВт потужностей забезпечить виробництво 2,68 ТВт•год./рік електроенергії [5].

Таблиця 2

Утилізація шахтного метану для виробництва електроенергії

Вид заходу	Встановлена потужність, МВтє	Період експлуатації, год/рік	Заощадження паливно-енергетичних ресурсів, млн. т у.п./рік	Заміщення природного газу, млрд м ³ /рік	Зниження викидів CO ₂ , млн т/рік	Інвестиційні витрати, млн грн
Виробництво електроенергії газовим двигуном	320	8360	0,93	0,8	12,44	1344

Задача управління, вилучення та утилізації газу метану і супутніх газів у межах Кіотського протоколу полягає у виборі способів утилізації. Виконання програми комерційного видобутку й утилізації метану в Україні може дати наступні результати:

- використання шахтного метану для генерації електроенергії (дизель-генератори, газові турбіни, двигуни внутрішнього згорання);
- комерційне використання шахтного метану для заправки автотранспорту; збагачення дегазаційної суміші й продаж метану в магістральний газопровід природного газу;
- використання для власних потреб шахт; використання в якості технологічної сировини (металургія, добрива, метанол);
- використання для комунальних потреб прилеглих селищ і міст; зменшення вартості вугілля за рахунок прибутків від комерційного видобування метану вугільних родовищ.

Доцільно обґрунтувати обсяги капіталовкладень у розвиток супутніх процесів вугільної галузі залежно від напрямку використання шахтного газу метану.

Економіко-математичну модель оцінки ефективності вилучення вугільного метану. Постановка розв'язання задачі з оцінки і вибору найбільш ефективного варіанту використання шахтного метану: необхідно максимально знизити вплив об'єктів гірничої промисловості, які реалізують заходи з дегазації, на стан атмосферного повітря за рахунок проведення заходів, спрямованих на використання шахтного метану, витрачаючи при цьому мінімальну кількість грошових коштів (мінімізуючи витрати).

Модель розрахунку загальних витрат, пов'язаних з реалізацією заходів з використання шахтного метану має вигляд:

$$\frac{dZ_i^{US}}{dt} = Z^{INV} + \frac{dZ_i^{EX}}{dt} + \frac{dZ_i^{TAX}}{dt} + \frac{dZ_i^{ST}}{dt} + \frac{dZ_i^{ECL}}{dt} + \frac{dS_i}{dt} \left(1 + \sum_{n=1}^4 f_n \right), \quad (1)$$

де Z^{INV} – капітальні витрати, пов'язані з реалізацією заходів з використання шахтного метану, грн; Z^{EX} – експлуатаційні витрати, пов'язані з реалізацією заходів з використання шахтного метану, грн; Z^{TAX} – податки, пов'язані з виробничою діяльністю (за винятком екологічних податків), грн; Z^{ST} – сукупні витрати на доведення метаноповітряної суміші до необхідної споживачам кондиції, грн; Z^{ECL} – екологічні витрати, пов'язані з реалізацією заходів з використання шахтного метану, грн;

S_i – заробітна плата працівникам, зайнятим у i -му виробничому процесі з використання шахтного газу метану, грн;

f_n – відсоткова ставка платежу до n -го фонду соціального страхування; i – індекс варіанту використання шахтного газу метану, $i \in I$.

Сукупний ефект від впровадження заходів з використання шахтного метану розраховується наступним чином:

$$E_i^{US} = E_i^{ECN} + k_{ecol} E_i^{ecol} + k_{soc} E_i^{soc}, \quad (2)$$

де E^{ECN} – економічний ефект від використання шахтного метану, грн;

E^{ecol} – екологічний ефект від зниження викидів метану в атмосферу, грн;

E^{soc} – соціальний ефект від використання шахтного метану, грн;

k_{ecol}, k_{soc} – коефіцієнти значимості регіональних ефектів.

В свою чергу, економічний ефект розраховується множенням чистого прибутку на загальний обсяг використаного метану у i -му виробничому процесі:

$$\frac{dE_i^{ECN}}{dt} = \sum_{t=1}^T (R_i - Z_i^{US}) \cdot \Delta_r \frac{dQ_{VPS}}{dt}, \quad (3)$$

де R_i – питомий дохід, отриманий підприємством в результаті реалізації заходів з використання шахтного метану, грн/м³;

Z^{US} – питомі витрати, пов'язані з реалізацією заходів з використання шахтного метану, грн/м³;

Q_{VPS} – обсяг використаного шахтного метану, м³.

Зниження викидів призводить до покращення екологічного стану в регіоні, екологічний ефект виникає на регіональному рівні. Екологічний ефект можна визначити як різницю між збитками від викидів гірничовидобувного підприємства в атмосферу до і після реалізації заходів з використання шахтного метану у грошовому вираженні.

Соціальний ефект досягається у результаті покращення рівня безпеки на підприємстві за рахунок підвищення ефективності дегазації, створення додаткових робочих місць, покращення енергозабезпечення.

Зміна кількості викидів метану в атмосферу призводить до зміни плати за викиди, що позначається на собівартості кінцевої продукції – вугілля, платежі за викиди метану в атмосферу у межах норми відносяться на собівартість вугілля. У такій траєкторії ефект проявляється на рівні підприємства:

$$\frac{dE_i^{ecol(c)}}{dt} = (Z_i^p + Z_i^{up}) \Delta_r \frac{dQ_{VPS}}{dt}, \quad (4)$$

де $E^{ecol(c)}$ – екологічний ефект, виникаючий на гірничовидобувному підприємстві у результаті реалізації заходів з використання шахтного метану, грн;

ΔZ^p – зміна плати за нормативні викиди метану в атмосферу, грн; ΔZ^{up} – зміна плати за понаднормативні викиди метану в атмосферу, грн.

У зв'язку із нерівномірністю розподілення у часі витрат, пов'язаних з реалізацією заходів з використання шахтного метану, у запропонованій економіко-математичній моделі проводиться зведення різночасових витрат через коефіцієнти дисконтування.

Модель розрахунку загального ефекту від здійснення заходів з використання шахтного метану має вигляд:

$$E_j = \max_{V_{ji}^c} \left(\sum_{t=1}^N \sum_{i=1}^M \frac{[(Pr_{ji}^c - C_{ji}^c) V_{ji}^c] + E_{ji}^{US}}{Z_{ji}^c + Z_{ji}^{US}} \times d_t \right), \quad (5)$$

де j – індекс варіанту використання шахтного метану, $j = \overline{1,4}$;

i – індекс підприємства, $i = \overline{1, M}$; t – індекс року, $t = \overline{1, N}$;

E – економічний ефект від реалізації заходів з використання шахтного метану, грн;

P_r^C – ціна на вугілля, грн/т;

C^C – собівартість вугілля, грн/т;

V^C – обсяг реалізованого вугілля, т;

Z^C – загальні витрати, пов'язані з видобутком вугілля, грн; Z^{US} – загальні витрати, пов'язані з реалізацією заходів з використання шахтного метану, грн;

d – коефіцієнт дисконтування.

Модель зміни доходів R_i від здійснення i -го виробничого процесу (грн./міс.) має вигляд:

$$\frac{dR_i}{dt} = \left(\Delta_i \cdot \frac{dQ_{VPS}}{dt} \cdot p_i + X_i \right) \cdot l_i, \quad (6)$$

де Δ_i – частка виробленої у i -му виробничому процесі продукції, яка реалізується підприємством, дол. од.;

p_i – ціна на продукцію i -го виробничого процесу, грн;

X_i – загальна сума капіталовкладень у i -ий виробничий процес підприємства, грн;

l_i – логічна змінна.

Відповідно, інвестор приймає рішення щодо капіталовкладень у розвиток напрямків використання шахтного газу метану, використовуючи показник чистої зведеної вартості NPV_i i -го виробничого процесу (грн./міс.):

$$\left\{ \begin{array}{l} NPV_i = \sum_{t=2}^T \left(\frac{R_{i(t-1)}^* - Z_{i(t-1)}^{US}}{(1 + dis)^{t-1}} + \frac{p_{CH_4}^m \cdot Q_{VPS}^*}{(1 + dis)^{t-1}} - X_i \right) \\ l_i = \begin{cases} 0, & NPV_i^* < 0 \\ 1, & NPV_i^* > 0 \end{cases} \end{array} \right., \quad (7)$$

де R_i – доходи від здійснення i -го виробничого процесу, грн;

dis — відсоткова ставка;

$p_{CH_4}^m$ — ринкова ціна на газ метан, грн/м³/міс.;

X_i – загальна сума капіталовкладень у i -ий виробничий процес підприємства, грн;

Z_i^{US} – загальні витрати i -го виробничого процесу, пов'язані з реалізацією заходів з використання шахтного метану, грн;

l_i — логічна змінна.

Для замкнення балансових рівнянь необхідно зв'язати рівень фінансування розвитку підприємства з цінами на вугілля і шахтний газ метан.

Математична модель прогнозу і управління інвестиціями зображує динамічні зміни вилучення газу метану, запасів метану, попиту на метан, а також динамічні зміни капіталовкладень (інвестицій) і прибутку. Математична модель зображена зв'язаною системою з 7 рівнянь, з них чотири рівняння мають вид звичайних диференціальних рівнянь першого порядку. Побудована математична модель є динамічною, детермінованою, оскільки сам об'єкт оптимізації, який сам в цілому і його складові частини взаємодіють між собою та з навколишнім середовищем точно визначеним способом у часі, і відома наперед їх поведінка.

Висновки

Вилучення метану дозволяє шахтам забезпечувати потребу у тепловій і електричній енергіях. За рахунок енергії, виробленої при утилізації шахтного метану, можна покривати витрати шахти на теплову і електричну енергію, при цьому середня собівартість 1 т вугілля

знизиться на 17–18 %. Додаткова економія забезпечується за рахунок зменшення штрафів за шкідливі викиди у повітря. Згідно з мінімальними цінами на сертифікати зменшивши викиди газу у повітря додатково можна отримати біля 22 млрд грн, тобто за рахунок утилізації шахтного метану собівартість вугілля зменшується ще на 24,6 %. Загальне зменшення собівартості дорівнює 42 %.

Економічний ефект від утилізації метану буде прямо пропорційний доходу від використання, зиску від викидів метану в атмосферу до і після утилізації і зворотно пропорційний величині платежів за викиди метану в атмосферу до утилізації. Підвищення ефективності дегазації і утилізації метану з одночасним збільшенням масштабів її використання є актуальною науковою задачею, розв'язання якої перетворить вугільні шахти у підприємства сумісного видобутку вугілля і газу. Запропонована економіко-математична модель дозволяє оцінювати ефективність використання шахтного метану відносно всіх підприємств, які реалізують заходи у межах єдиної програми.

Список літератури

1. Лепігов Г. Д., Орлів С. І., Гулій В. М. Геологічна модель передумов концентрації глибинного метану у вугленосних товщах // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць, 2008. – № 80. – С. 11–17.
2. Partnership for Energy and Environmental Reform (2000); calculations by Expert Ukraine.
3. Вугілля // Енергоінформ. – 2004. – № 52 (таблиця у додатку). – С. 1.
4. Національний кадастр антропогенних викидів та абсорбції ПГ, 2007.
5. «Енергетична стратегія України до 2030 року».

INVESTMENT APPEAL OF COAL MINE INDUSTRY OF UKRAINE

T. V. OMELCHENKO , Ph. D, student Taras hevchenko National University of Kiev

In the article the problems of alternative energy sources searching, raising the ecological conditions of environment, and also energy dependence of economy and smart using of natural resources are analyzed. The economic-mathematical model of produced energy volumes forecasting is constructed. With help of the model are calculated measures of effectiveness of coal gas methane degassing and utilization and made a decision of direction for received energy resources using.

Key words: coal-bed methane, estimation, mathematical model, differential equations, effectiveness, degassing, utilization.

Поступила в редакцію 17.04 2012 г.