

УДК 622.324:553.981

ОЦІНЮВАННЯ ГРАНИЧНОЇ МЕЖІ ВИТРАТ ДЛЯ РЕНТАБЕЛЬНОГО ВИДОБУВАННЯ СЛАНЦЕВОГО ГАЗУ

Я. С. Витвицький, О. В. Лебега

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

e-mail: econpid@nung.edu.ua

Аналіз досвіду США та інших країн щодо розвідки і видобування газу із сланцевих порід, де у даний час здійснюється його промисловий видобуток, проведений нами у роботі [1, с. 40-52], дав змогу встановити найважливіші характеристик сланцевих формацій, а саме:

- вміст органічної речовини (керогену), %;
- термальна зрілість сланцевих порід (ступінь катагенезу R^o), %;
- пористість, %;
- ефективна товщина продуктивного горизонту, м;
- проникливість, нанодарсі;
- глибина залягання, м;
- продуктивність (дебіт) свердловин.

Ці характеристики стали передумовою для побудови кореляційних залежностей, за допомогою яких можна отримати кількісну оцінку найбільш перспективних зон та визначити можливості рентабельного видобування сланцевого газу.

На першому етапі дослідження здійснено аналіз парних кореляційних залежностей між характеристиками сланцевих формацій і ціною беззбиткового видобутку газу, що встановлена як витрати (витрати на буріння і закінчування свердловин, експлуатаційні втрати, роялті і податки на видобуток газу) плюс 10% норма прибутку [2, с. 183-189; 3, с. 53].

Відомо, що головним критерієм відмінності газоносних сланців від звичайних осадових порід, є вміст органічної речовини (керогену) [4, 5, 6]. Як показують численні дослідження, вміст органічної речовини у перспективних зонах має перевищувати 1-3%. Кореляційна залежність беззбитковості видобутку сланцевого газу C_b від вмісту органічної речовини C_{org} , носить нелінійний характер і добре описується степеневою функцією такого виду

$$C_b = 440,61 \times C^{-0,53}, \quad R^2 = 0,78 \quad (1)$$

Не менш важливою характеристикою сланцевих формацій є ступінь катагенезу (еволюції) органічної речовини, яка визначається за відбивною здатністю вітриніту (R_o). Загалом, із підвищенням рівня катагенетичних перетворень, тобто рівня термічної зрілості органічної речовини, зростає вміст вуглецю у керогені, відповідно зростає значення R_o . При значних глибинах залягання і в умовах високого тиску, це забезпечує значні початкові дебіти газу. Вона є значимою і носить нелінійний характер.

$$C_B = 319,36 \times R_o^{-0,69}, \quad R^2 = 0,61 \quad (2)$$

Локальні високопродуктивні зони сланцевих товщ характеризуються високою матричною пористістю. Пори у сланцевих породах містять значну кількість вільного сланцевого газу, який у початкові періоди видобування можна вилучати з високими дебітами, що сприяє покращенню економічних показників. Залежність між пористістю і ціною беззбиткового видобування сланцевого газу також має нелінійний характер.

$$C_B = 580,66 \times K_{II}^{-0,61}, \quad R^2 = 0,64 \quad (3)$$

Товщина сланців, разом із великою площею їх розповсюдження і наявністю органічної речовини для адсорбції газу визначають запаси сланцевого газу, а також створюють більш сприятливі умови для буріння горизонтальної частини свердловин. Залежність ефективної товщини сланцевих формацій і ціни беззбитковості така:

$$C_B = 832,59 \times h_{ef}^{-0,33}, \quad R^2 = 0,44 \quad (4)$$

Проникність є характеристикою, що визначає фільтраційні властивості сланцевих порід. Важливе значення має обумовлена сланцюватістю наявність системи природних тріщин, що визначають проникність і підвищують ефективність проведення гідророзривів. Проникність розподілена по логнормальному закону [7, с. 68], і тому досліджувалась залежність між ціною беззбитковості і логарифмом проникності. Отримана така залежність:

$$C_B = -38,998 \times \ln K_{IP} + 456,2, \quad R^2 = 0,14 \quad (5)$$

Суттєво впливає на вибір технічних, технологічних і організаційних рішень при бурінні свердловин при розробці родовищ є глибина залягання сланцевої товщі. Окрім цього, вона є важливим фактором формування величини інвестиційних витрат при видобутку газу. Також, із зростанням глибини залягання сланцевих товщ, зростають пластові тиски і температури, що сприяє поглибленню ступеня катагенезу органічної речовини та збільшенню продуктивності свердловин. Залежність беззбитковості видобутку сланцевого газу від глибини така:

$$C_B = -0,04 \times H + 301,42, \quad R^2 = 0,08 \quad (6)$$

Також, на основі даних по основних родовищах США (Барнет, Фаєтвілл, Хейнсвілл, Марселлус, Вудфорд), які наведені у роботі [2, с. 53], встановлено кореляційну залежність ціни беззбитковості видобування сланцевого газу від початкового дебіту свердловин:

$$C_B = 1950,9 \times Q_T^{-0,52}, \quad R^2 = 0,58 \quad (7)$$

Як видно із наведених результатів КРА, отримані парні кореляційно-регресійні залежності підтверджують геолого-економічну сутність взаємозв'язків між досліджуваними параметрами і можуть використовуватись для економічної оцінки перспектив видобування сланцевого газу.

Відомо, що більш точно і достовірно встановити зв'язки між досліджуваними параметрами дає змогу застосування багатофакторного кореляційно-регресійного аналізу [8]. Саме це завдання було наступним етапом дослідження, в результаті якого отримано залежність між ціною беззбитковості видобутку газу із свердловин у сланцевих породах і найважливішими геологічними характеристиками цих порід:

$$Цб = 373,79 - 3,33Cорг - 33,18Kn - 0,05heф + 0,04H \quad (8)$$

$$R_m = 0,75; \text{Обсяг вибірки} - 15 \text{ спостереження}; Fr = 3,25 > F_{кр} = 2,36.$$

Необхідно зазначити, що отримані залежності мають важливе практичне значення, так як дозволяють прогнозувати найважливіший геолого-економічний показник сланцевих порід – граничну межу витрат, при яких видобування сланцевого газу може бути рентабельним, що є основою для успішного управління процесами проведення геологорозвідувальних робіт та розробки сланцевих родовищ.

Список використаних джерел:

1. Витвицький Я. С. Світовий досвід видобування сланцевого газу / Я. С. Витвицький, О. В. Лебега // Науковий вісник ІФНТУНГ: серія «Економіка та управління в нафтовій і газовій промисловості». – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, № 1(13), 2016. – С. 40-52 .
2. Иванов Н. А. Сланцевая Америка: энергетическая политика США и освоение нетрадиционных нефтегазовых ресурсов / Н. А. Иванов. – М.: Магистр, 2014. – 304 с.
3. Нетрадиционный газ как фактор регионализации газовых рынков [А. М. Мастепанов, А. Д. Степанов, С. В. Горевалов, А. М. Белогорьев]; под общ. ред. д.э.н. А.М. Мастепанова и к.г.н., доц. А.И. Громова – М.: ИЦ «Энергия», 2013. – 128 с.
4. Цветков Л. Д. Сланцевые углеводороды (библиографический обзор) / Л. Д. Цветков, Н. Л. Цветкова [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://ftp.nedra.ru/rus/activity/archive/publications/hydrocarbons.pdf>.
5. Лукин А. Е. Черносланцевые формации эвскинского типа – мегаловушки природного газа / А. Е. Лукин // Геология и полезные ископаемые Мирового океана. – 2013. – № 4. – С. 5-28.
6. Поиск высокопродуктивных зон: качество коллектора и качество заканчивания скважин / Нефтегазовое обозрение, 2013-2014. – [Электронный ресурс] // Режим доступа: www.slb.com/~media/Files/resources/oilfield_review/russia13/win13/article.5.pdf.
7. Витвицький Я. С. Врахування фактора часу при освоєнні родовищ природного газу у сланцевих породах / Я. С. Витвицький, О. В. Лебега // «Вісник ВІЕМ», № 18, 2017. – С. 63-74.
8. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ, 3-е издание. / Н.

Дрейпер, Г. Смит; перевод с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2007. – 912 с.

УДК 338.45:622.32

**ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВИДОБУТКУ
ВАЖКОВИДОБУВНИХ ЗАПАСІВ ВУГЛЕВОДНІВ В УКРАЇНІ**

Я. С. Витвицький, М. С. Пілка

*Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
e-mail: 89muk@ukr.net*

На сьогодні в Україні, є принципово важливим науково-обґрунтований вибір технологій та методів інтенсифікації видобутку запасів вуглеводнів. Такі дослідження методів штучного впливу на об'єкти розробки, дають змогу забезпечувати раціональну розробку покладів вуглеводнів із досягненням максимальних коефіцієнтів їх вилучення та збільшення поточних обсягів видобутку. Ці завдання значно ускладнюються при розробці складно побудованих, високо неоднорідних багатшарових покладів та родовищ, запаси яких відносяться до категорії важковидобувних.

Відповідно до опублікованого у 2016 р. огляду British Petroleum Energy Outlook [1], світові потреби в енергії до 2035 р. зростуть на 34 % порівняно з 2014 р., збільшуючись щорічно в середньому на 1,4 %. При цьому, домінуючу роль в паливно-енергетичному балансі відіграватимуть викопні види палива. Незважаючи на швидкий ріст використання інших джерел енергії, прогнозується, що у 2035 р викопні палива задовольнятимуть 60 % від потреб і майже 80 % від сумарного світового обсягу споживання енергії. Серед викопних палив найбільшими темпами зростатимуть потреби в природному газі, вони щорічно збільшуватиметься в середньому на 1,8 %. Збільшуватимуться і потреби в нафті (в середньому на 0,9 % на рік), але її частка в енергетичному балансі продовжуватиме падати.

Україна володіє достатніми ресурсами як традиційного, так і нетрадиційного газу для збільшення його загального видобутку в період до 2030 р. на 23 – 25 млрд м³/рік, порівняно з теперішнім рівнем, і досягнення обсягів видобутку до 45 млрд м³/рік. Прогнозується, що цей приріст може бути досягнутий завдяки збільшенню видобутку традиційних ресурсів на 10 млрд м³/рік (переважно за рахунок освоєння родовищ Чорноморського шельфу) та нетрадиційних ресурсів – на 15 млрд м³/рік. Головні напрями збільшення видобутку це, насамперед, відтворювання високими темпами приросту запасів, що у 2 – 3 рази перевищують поточний видобуток; збільшення коефіцієнту вилучення на старих родовищах за допомогою таких геологічно-технічних засобів, як гідравлічний розрив пласта, реперфорация та