

622.279.6
X20

ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ

ХАРИТОНОВ Микола Борисович

УДК 622.279.6(0)
X

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ БАГАТОПЛАСТОВИХ
РОДОВИЩ З НЕРІВНОМІЩНИМИ КОЛЕКТОРАМИ**

05.15.06 -- Розробка нафтових та газових родовищ

Автореферат
Дисертація на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу

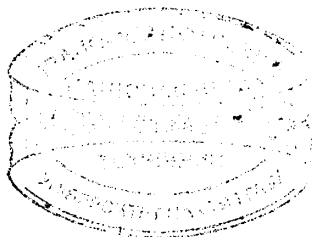
Науковий керівник:

Доктор технічних наук, професор
Яремійчук Роман Семенович,
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу, декан спільного
факультету нафтогазових технологій

Офіційні опоненти:

Доктор технічних наук, професор
Бойко Василь Степанович
Івано-Франківський національний технічний
університет нафти і газу,
професор кафедри розробки та експлуатації
нафтових і газових родовищ.

Кандидат технічних наук
Качмар Юрій Дмитрович
НДПІ ВАТ „Укрнафта”
провідний інженер, м. Івано-Франківськ



Провід

інститут
м. Харків

За
спеціалі
технічн
Франкі
Із
націона
м. Івано
Авторс

і на засіданні
національного
їна, м. Івано-
Франківського
76019, Україна,

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'I.M. Kovbasjuk', is written over the printed name.

Ковбасюк І.М.



ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В акваторії Чорного та Азовського морів за геологічними прогнозами знаходиться понад 30% неосвоєних ресурсів вуглеводнів України. Понад 30% запасів газу, що можуть бути вилученими на шельфі Чорного і Азовського морів, приурочені до майкопських відкладів, представлених породами, які руйнуються при невеликих депресіях тиску на пласт. Експлуатація свердловин з нестійких відкладів супроводжується неконтрольованим руйнуванням продуктивного горизонту у привибійній зоні, постійним винесенням у свердловину великої кількості породи, утворенням глинисто-піщаних пробок на вибої і в стовбурі свердловини, інтенсивним руйнуванням гирлового обладнання. Аналіз опублікованих робіт у цьому напрямку показує, що чимало проблем ефективної розробки родовищ з нестійким продуктивним горизонтом залишаються невирішеними. Стосовно Архангельського газового родовища обмеження депресії тиску на пласт призводить до того, що терміни розробки родовища можуть складати сотні років, а тоді розробка родовища стає нерентабельною. Тому проблема розробки родовищ у нестійких відкладах є актуальною і вимагає подальшого удосконалення.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до планів ДАТ «Чорноморнафтогаз» «Реалізації проекту підвищення рентабельності розробки Архангельського ГР» (03.12.2004 р.), «Про підвищення рентабельності розробки Архангельського ГР» (наказ ДАТ «Чорноморнафтогаз» від 03.12.2004 р. №532), а також у відповідності з «Національною програмою освоєння вуглеводневих ресурсів Українського сектору Чорного і Азовського морів» (Київ, 1996 р.).

Мета і задачі дослідження. Метою досліджень є удосконалення технології розробки багатопластових газових родовищ в умовах нестійких колекторів на прикладі Архангельського газового родовища, розташованого на шельфі Чорного моря, шляхом організації цілеспрямованого внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких колекторів (майкопських відкладів) у контури живлення експлуатаційних свердловин, пробурених на стійкі колектори (тортонські відклади) з одночасним відбором газу із стійких колекторів.

Основні завдання дослідження:

1. Аналіз існуючих технологій експлуатації газових свердловин у нестійких колекторах.
2. Аналіз розробки нестійких (майкопських) відкладів на прикладі Архангельського газового родовища, розташованого на шельфі Чорного моря.
3. Оцінка можливих технологічних рішень щодо експлуатації свердловин з нестійких відкладів та їх економічної доцільності при існуючих системах розробки родовища.
4. Удосконалення технології розробки багатопластового газового родовища на базі теоретичних та експериментальних досліджень шляхом організації

внутрішньосвердловинного перепуску газу через перепускні свердловини з нестійких у стійкі колектори і відбору всього газу із стійких колекторів.

5. Напрацювання технічних рішень реалізації технології розробки багатопластового газового родовища через перепускні свердловини з гирлом на дні моря для внутрішньосвердловинного перепуску газу із нестійких у стійкі колектори і відбору газу із стійких колекторів через експлуатаційні, в т.ч. горизонтальні, свердловини з технологічної платформи.

6. Економічна і промислова оцінка різних варіантів розробки багатопластового газового родовища на прикладі Архангельського газового родовища.

Об'єкт дослідження. Нерівноцінні за колекторськими та міцністими властивостями газові колектори з позиції їх сумісної експлуатації.

Предмет дослідження. Режими експлуатації свердловин та системи розробки газового родовища, продуктивна частина якого складена нерівноцінними за міцністю порід колекторами.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використані методи математичного моделювання, програмування і статистики, експериментальні дослідження в лабораторних умовах і промислові дослідження експлуатації свердловин у нестійких колекторах.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше запропонована нова система розробки багатопластового газового родовища з нерівноцінними колекторами шляхом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких колекторів у стійкі колектори через перепускні свердловини і відбору газу із стійких колекторів.

2. Вперше розроблена математична модель процесу внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких колекторів у стійкі високопроникні колектори через перепускні свердловини і відбору всього газу із стійких колекторів через видобувні свердловини, в т.ч. з горизонтальним закінченням стовбура.

Практичне значення отриманих результатів. Значне підвищення ступеня вилучення газу з нестійких (майкопських) відкладів і досягнення рентабельності розробки родовища, скорочення термінів розробки, збільшення міжремонтного періоду експлуатації свердловин, зменшення витрат на облаштування і розробку газового родовища.

Основні науково-технічні розробки дисертаційної роботи використані в складеному за участю автора «Робочому проєкті на буріння експлуатаційної (перепускної) свердловини 20 Архангельського газового родовища», ГНПІ «Бурова техніка». В експертному висновку ДП «Науканафтогаз» НАК «Нафтогаз України» відмічено, що проєкт виконаний на високому науково-технічному рівні.

Одержано державний патент від 15.11.2004 р. № 3512 «Спосіб розробки багатопластового газового родовища».

Особистий внесок здобувача. Розроблено удосконалену технологію розробки багатопластового газового родовища способом внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких колекторів у стійкі колектори через перепускні свердловини і відбору газу із стійких колекторів через видобувні свердловини [1, 2, 3], в т.ч. з горизонтальним стовбуром [4]. Запропонований спосіб розробки

багатопластового газового родовища захищено патентом [5]. Розроблена методика промислових і лабораторних експериментальних досліджень приймальності стійкого колектора і внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких (майкопських) у стійкі (тортонські) відклади на прикладі Архангельського газового родовища [3, 4, 6]. Проведено економічну і промислово оцінку різних варіантів розробки багатопластового газового родовища на прикладі Архангельського газового родовища за традиційною схемою облаштування родовища і шляхом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу [7].

Апробація результатів роботи. Основні результати досліджень доповідалися і обговорювалися на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Нафта і газ України - 2004», Крим, Судак, 2004 р.; на VI Міжнародній конференції «Геодинаміка, сейсмічність і нафтогазонасність Чорноморсько-Каспійського регіону», Крим, Гурзуф, 2005 р.; на науково-технічних нарадах ДАТ «Чорноморнафтогаз», 2003 – 2006 рр. У повному об'ємі результати досліджень доповідалися на засіданнях кафедр розробки та експлуатації нафтових і газових родовищ і морських нафтогазових споруд у 2004 – 2006 рр.

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 4 наукових статей, 2 тези і одержано патент України.

Структура дисертаційної роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків і додатків. Загальний об'єм роботи – 190 сторінок. Робота включає 48 рисунків і 28 таблиць, список літератури із 116 найменувань та 17 додатків.

Автор висловлює подяку науковому керівнику дисертації д.т.н. професору Р.С. Яремійчуку, д.т.н. професору Р.М. Кондрату, д.т.н. професору Я.Б. Тарко, доценту О.Р. Кондрату, к.т.н. О.В. Бачерікову за допомогу при розгляді поставлених завдань, їх критичну оцінку, а також інженерно-технічним працівникам ДАТ «Чорноморнафтогаз» за їх допомогу в реалізації програми дослідження.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи і дана її загальна характеристика.

Перший розділ присвячено аналізу наукових досліджень та промислових робіт у галузі експлуатації газових родовищ з нестійких майкопських колекторів, аналізу існуючих методів збереження цілісності привибійної зони свердловини, методів розробки багатопластових газових родовищ, у тому числі Архангельського газового родовища, розташованого на шельфі Чорного моря. У роботах О.І. Акульшина, М.О. Ашрафяна, З.С. Алієва, В.С. Бойко, О.І. Булатова, Ш.К. Гіматудінова, В.М. Дорошенко, С.Н. Закірова, Ю.О. Зарубіна, Г.О. Зотова, М.М. Іванюти, Р.М. Кондрата, О.Р. Кондрата, Ю.П. Коротаєва, Ю.Д. Качмара, Е.В. Левикіна, А.Х. Мірзаджанзаде, О.І. Ширковського, Р.С. Яремійчука та ін. наведені результати досліджень технології і техніки експлуатації свердловин з нестійких колекторів. Проведено аналіз способів формування вибою в нестійких колекторах. Показано, що робота свердловин ускладнюється руйнуванням привибійної зони з

утворенням на вибоях глинисто-піщаних пробок із скупченням рідини, а технології, які застосовуються, не забезпечують стабільну експлуатацію свердловин. Встановлено, що в слабкоцементованих колекторах темп зміни депресії тиску на пласт відіграє вирішальну роль у запобіганні руйнування привибійної зони свердловини. Тому можна плавною зміною вибійного тиску забезпечити цілісність привибійної зони свердловини слабкоцементованого колектора та тривалу експлуатацію, ніж припинити руйнування, яке вже почалося. Встановлено, що при розробці багатопластових родовищ в даний час традиційно використовується сумісна, роздільна, комбінована сітка свердловин. У першому випадку кожна свердловина одночасно дренує два і більше пластів. У другому випадку на кожен поклад буриться своя система свердловин. Встановлено, що у природі зустрічаються багатопластові родовища з наявним газодинамічним зв'язком, у яких природним чином з нижнього продуктивного горизонту, представленого нестійким колектором, газ перетікає у верхній продуктивний горизонт за наявності проникного контакту. Існує багато газових родовищ, які представлені нижніми нестійкими продуктивними горизонтами і верхніми стійкими колекторами, між якими відсутній газодинамічний зв'язок. Приклад – Архангельське газове родовище у Чорному морі. Для таких багатопластових родовищ ми пропонуємо штучно створити газодинамічний зв'язок внутрішньосвердловинним перепуском газу з нестійких у стійкі колектори і відбором газу із стійких колекторів. Аналіз розробки багатопластових газових родовищ в умовах нестійких колекторів показує, що необхідно підвищити ефективність розробки нестійких колекторів за рахунок попередження руйнування порід у привибійній зоні свердловин способом виключення різкозмінних навантажень на привибійну зону і створення оптимальної сітки розміщення свердловин на газонасиченій площі родовища. Одним із можливих методів досягнення рентабельної розробки багатопластового родовища може бути технологія внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких колекторів у стійкі колектори через перепускні свердловини і відбору газу через видобувні свердловини, в т.ч. з горизонтальним закінченням стовбура, в стійких колекторах.

Враховуючи вищевказане, поставлена задача провести дослідження можливості технології розробки багатопластових газових родовищ, складених з нестійких та стійких колекторів, шляхом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу.

Другий розділ присвячено дослідженню можливості реалізації технології розробки багатопластових газових родовищ, складених з нестійких і стійких колекторів, шляхом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу. Автором дисертації передбачено здійснити на прикладі Архангельського газового родовища внутрішньосвердловинний перепуск газу з нестійких (майкопських) колекторів у стійкі (тортонські) відклади через перепускні свердловини і наступним відбором газу через горизонтальні свердловини із стійких (тортонських) колекторів (рис. 1). Зона перфорації перепускної свердловини з нестійкого у стійкий колектор повинна розташовуватися в умовному радіусі впливу експлуатаційної горизонтальної свердловини із стійкого колектора.

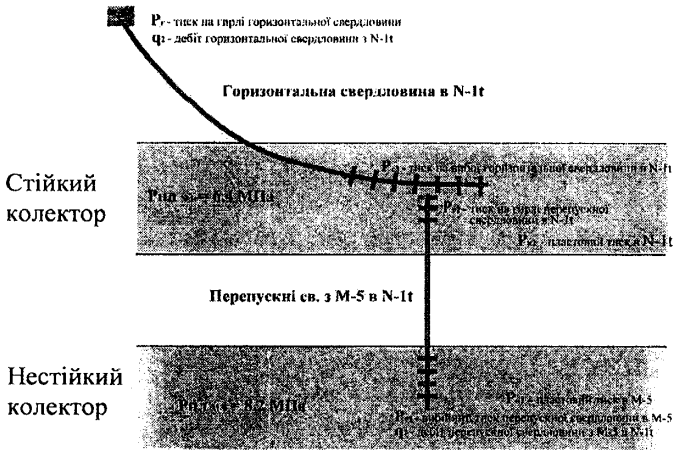


Рис. 1. Схема внутрішньосвердловинного перепуску газу через перепускні свердловини та розробки родовища горизонтальними свердловинами

Проведено теоретичні дослідження технології розробки багатопластового газового родовища шляхом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу.

Тиск на вибої $P_{c_1}(t)$ експлуатаційної свердловини з стійкого колектора при організації внутрішньосвердловинного перепуску газу визначено за формулою

$$P_{c_1}(t) = \sqrt{P_{c_2}^2(t) - A_2 \left(\frac{Q_2}{n_2}(t) - \frac{Q_1}{n_1}(t) \right) - B_2 \left(\frac{Q_2}{n_2}(t) - \frac{Q_1}{n_1}(t) \right)^2} \quad (1)$$

На момент t для нестійкого колектора отримано наступну систему початкових рівнянь

$$A_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) + B_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right)^2 (t) = P_{n_1}^2(t) - P_{c_1}^2(t), \quad (2)$$

$$0,0133 \lambda_1 \frac{Z_1^2 T_1^2}{10^2 d_1^5} (e^{2S_1} - 1) \left(\frac{Q_1}{n_1} \right)^2 (t) = P_{c_1}^2(t) - P_{c_2}^2(t) e^{2S_1}, \quad (3)$$

$$P_{n_1}(t) - P_{c_1}(t) = \delta_1(t). \quad (4)$$

Відповідно для стійкого колектора при організації внутрішньосвердловинного перепуску газу отримано залежність

$$A_2 \left(\left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) \right) + B_2 \left(\left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) \right)^2 = P_{c_2}^2(t) - P_{c_1}^2(t), \quad (5)$$

$$0,0133\lambda_2 \frac{Z_2^2 T_2^2}{10^2 d_2^5} (e^{2S_2} - 1) \left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t))^2 = P_{c_3}^2(t) - P_r^2(t) e^{2S_2}, \quad (6)$$

Тут

$$\theta_1 = 0,0133\lambda_1 \frac{Z_1^2 T_1^2}{10^2 d_1^5} (e^{2S_1} - 1), \quad \theta_2 = 0,0133\lambda_2 \frac{Z_2^2 T_2^2}{10^2 d_2^5} (e^{2S_2} - 1), \quad (7)$$

$$2S_1 = 0,0683 \Delta L_1 / (Z_1 T_1), \quad 2S_2 = 0,0683 \Delta L_2 / (Z_2 T_2).$$

Одержано залежність розробки багатопластового газового родовища шляхом внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійкого колектору у стійкий колектор через перепускні свердловини і відбору газу із стійкого колектору

$$A_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) + B_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) + \theta_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) + A_2 \left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) +$$

$$+ B_2 \left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t))^2 + \theta_2 \left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t))^2 =$$

$$= P_{n_1}^2(t) - P_{c_2}^2(t) e^{2S_1} + P_{c_2}^2(t) - P_r^2(t) e^{2S_2} \quad (8)$$

$$P_r(t) = \sqrt{P_{n_1}^2(t) + P_{c_2}^2(t) - P_{c_1}^2(t) e^{2S_1} - A_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) - B_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right)^2 - \theta_1 \left(\frac{Q_1}{n_1} \right)^2 -$$

$$- A_2 \left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) - B_2 \left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t) - \theta_2 \left(\frac{Q_2}{n_2} \right) (t) - \left(\frac{Q_1}{n_1} \right) (t)} \quad (9)$$

При розрахунках у першому наближенні кількість газу з нестійкого колектора і видобуту кількість газу з стійкого колектору, що перепускається, оцінюємо за формулами

$$Q_{пер}(t) \approx Q_{пер}(t - \Delta t) + n_1(t - \Delta t) q_1(t - \Delta t) \Delta t,$$

$$Q_{доб}(t) \approx Q_{доб}(t - \Delta t) + n_2(t - \Delta t) q_2(t - \Delta t) \Delta t. \quad (10)$$

Тоді при розв'язуванні системи рівнянь (2 – 4) знаходимо $P_{n_1}(t), P_{c_1}(t), q_1(t), P_{c_2}(t)$.

У результаті розв'язування системи рівнянь (5 – 6) обчислюємо $P_{n_2}(t), P_{c_2}(t), q_2(t), P_r(t)$. Далі розраховуються показники розробки у другому наближенні.

У формулах використані наступні позначення:

$q_1(t)$ - дебіт перепускної свердловини з нестійкого колектора у стійкий колектор, тис.м³/д;

$q_2(t)$ - дебіт горизонтальної свердловини із стійкого колектора, тис.м³/д;

$Q_1(t)$ - сумарний дебіт перепускних свердловин з нестійкого колектора у стійкий колектор, тис.м³/д;

$Q_2(t)$ – сумарний дебіт експлуатаційних свердловин із стійкого колектора, тис.м³/д;

$P_m(t)$ – середній поточний пластовий тиск в зоні контура живлення перепускної свердловини у нестійкому колекторі в момент часу t , МПа;

$P_{c_1}(t)$ – тиск на вибої перепускної свердловини у нестійкому колекторі, МПа;

$P_{n_2}(t)$ – середній поточний пластовий тиск в зоні впливу перепускної свердловини у стійкому колекторі на момент часу t , МПа;

$P_{c_2}(t)$ – поточний тиск на гирлі перепускної свердловини у стійкому колекторі, МПа;

$P_{c_3}(t)$ – тиск на вибої горизонтальної свердловини у стійкому колекторі, МПа;

A_1, A_2 – коефіцієнти фільтраційних опорів привибійної зони нестійкого і стійкого колекторів, МПа² х д/тис.м³;

B_1, B_2 – коефіцієнти фільтраційних опорів привибійної зони нестійкого і стійкого колекторів, (МПа² х д/тис.м³)²;

Z_1, Z_2 – коефіцієнти стисливості газу нестійкого і стійкого колекторів;

T_1, T_2 – середня температура газу в перепускній свердловині нестійкого колектора і горизонтальній свердловині стійкого колектора, К;

λ_1, λ_2 – коефіцієнти гідравлічного опору фонтанних труб;

L_1 – відстань між серединами інтервалу перфорації нестійкого і стійкого колекторів у перепускній свердловині, м;

L_2 – довжина фонтанних труб в свердловині із стійкого колектора, м;

d_1, d_2 – внутрішній діаметр фонтанних труб в перепускній свердловині нестійкого колектора і горизонтальній свердловині стійкого колектора, см;

$\bar{\rho}$ – відносна густина газу;

n_1 – кількість перепускних свердловин, шт.;

n_2 – кількість горизонтальних свердловин, шт.

Розрахунки у вказаній послідовності дозволили знайти залежності зміни в часі основних показників розробки багатопластового газового родовища при організації внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійкого колектору у стійкий колектор та їх сумісної експлуатації через перепускні і горизонтальні свердловини.

На прикладі Архангельського багатопластового газового родовища, розташованого на шельфі Чорного моря, розглянуто варіант розробки родовища способом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійкого колектора у стійкий колектор та їх сумісної експлуатації через перепускні і горизонтальні свердловини (рис. 2). У цьому випадку основні фінансові і матеріальні витрати припадають на період від одного до п'яти років дорозробки для буріння трьох горизонтальних свердловин та шести перепускних свердловин. При цьому горизонтальні свердловини буряться з існуючої центральної технологічної

платформи ЦГП-7, а перепускні свердловини з гирлом на дні моря буряться з самопідійомної бурової установки у зручному з геологічної точки зору місці. За 28 років розробки об'єм газу, що перепускається з майкопського покладу, становить 3604 млн. м³ (98% від прийнятих вилучуваних запасів майкопського покладу), а сумарний об'єм видобутого газу з майкопського і тортонського покладів становить 3804 млн. м³ (85% від загальних вилучуваних запасів з майкопського і тортонського покладів). При цьому виключається потреба в додатковому будівництві дорогих гідротехнічних споруд (блок-кондуктор, підводний газопровід), до мінімуму зменшуються експлуатаційні витрати.

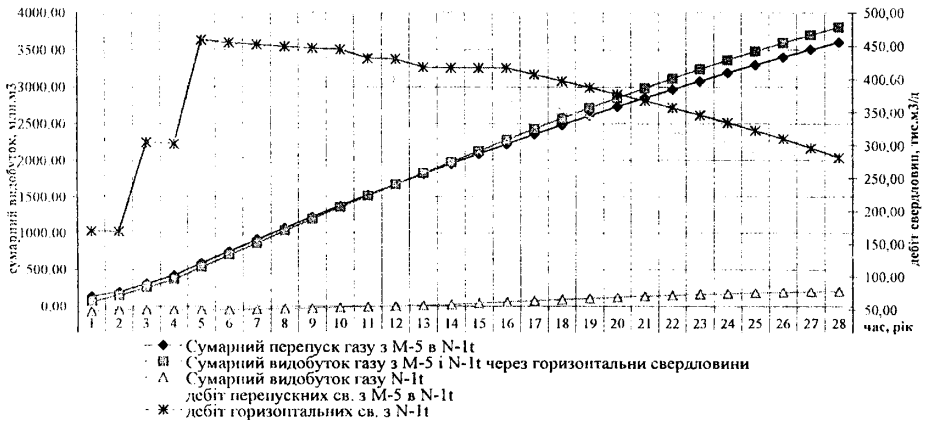


Рис. 2. Показники розробки Архангельського ГР шляхом експлуатації існуючих свердловин майкопського і тортонського покладів, перепуску газу з майкопського у тортонських покладів через шість перепускних свердловин та відбору газу з тортонського покладу через три додатково пробурені горизонтальні свердловини

При традиційному способі (рис. 3) потрібні значні фінансові і матеріальні витрати для будівництва блок-кондуктора БК-1, підводного газопроводу від БК-1 до ЦГП-7 і лише після цього, використовуючи СПБУ, буріння восьми експлуатаційних свердловин з БК-1. При цьому, у традиційному способі термін розробки майкопського покладу до сумарного відбору газу 3651 млн. м³ (99% від прийнятих вилучуваних запасів газу) становить не менш 40 років. При цьому немає гарантії, що свердловини не вийдуть з експлуатації внаслідок руйнування привибійної зони через значні депресії тиску при зміні режимів експлуатації, наприклад, при пуску їх в експлуатацію після зупинки. Термін розробки тортонського покладу при сумарному відборі газу до 376 млн. м³ (49% від прийнятих вилучуваних запасів газу) становить близько 16 років. При цьому пластовий тиск у зоні дренавання трьох експлуатаційних свердловин 10,11,15 знизиться до 2,29 МПа, що значно підвищить їх ймовірність передчасного обводнення та виведення з експлуатації.

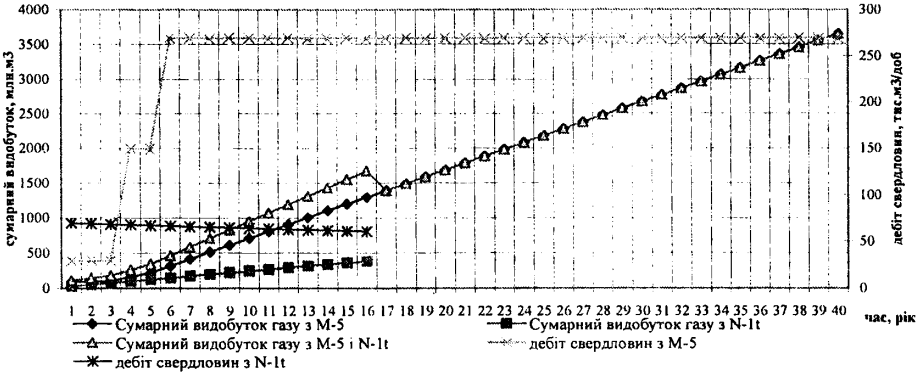


Рис. 3. Показники розробки Архангельського ГР шляхом роздільної експлуатації майкопського покладу з ЦТП-7, вісім свердловин з БК-1 та експлуатації тортонського покладу з ЦТП-7 через три існуючі свердловини 10,11,15

Третій розділ присвячений експериментальним дослідженням внутрішньо-свердловинного перепуску газу з нестійкого у стійкий колектор. Автор дисертації, використовуючи стенд (рис. 4), провів лабораторні дослідження, моделюючи змінні навантаження на вибій експлуатаційної свердловини при традиційних умовах, коли ведеться розробка тільки майкопського продуктивного горизонту, який складається з нестійкого колектора, що руйнується при незначних депресіях.

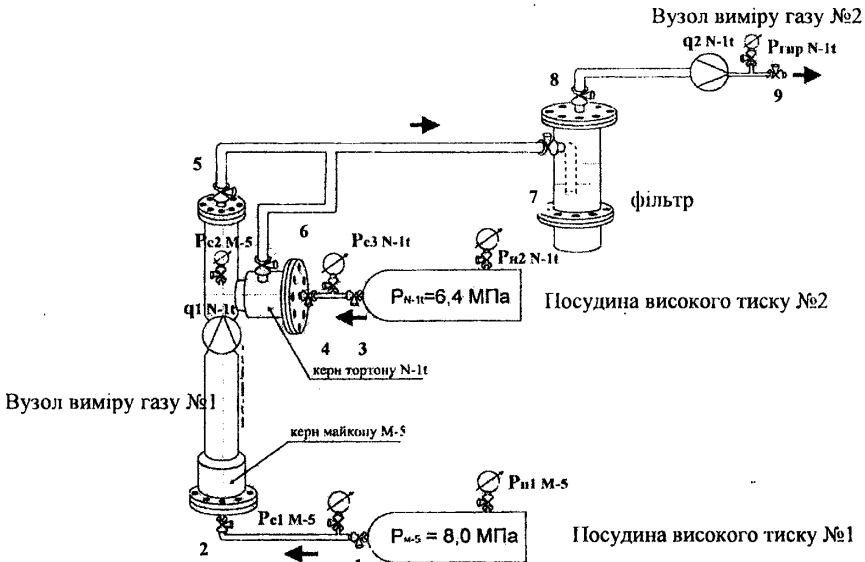


Рис. 4. Принципова схема лабораторної установки для дослідження перепуску газу через керни нестійкого і стійкого колекторів

Для імітації подібних умов газ пропускався з посудини високого тиску №1 через штуцер 1, вентиль 2, камеру з керном нестійкого колектора майкопського покладу, вентилі 5,7, фільтр для уловлювання породи, вентиль 8, вузол міру витрати газу №2, штуцер 9. Для того, щоб газ не проходив через камеру з керном стійкого колектора тортонського покладу, вентилі 4,6 закрили. Результати досліджень зафіксовані у графіку залежності тиску в посудині високого тиску №1 $P_{н1}(t)$, між штуцером і камерою з керном нестійкого колектора майкопського покладу $P_{с1}(t)$, між фільтром і штуцером на виході із стенду $P_{гир}(t)$ при відборі газу $q_1(t)$, (рис. 5).

При моделюванні змінних навантажень на вибій експлуатаційної свердловини при умовах розробки лише нестійкого колектору, який руйнується при незначних депресіях тиску (рис. 5) видно, що при закритті (відкритті) штуцера 9 відбувається різке підвищення (зниження) тиску в камері з керном нестійкого колектора майкопського покладу. Після експерименту, при розтині, у фільтрі були виявлені частинки породи керну нестійкого колектора майкопського покладу. З великою ймовірністю можна припустити, що подібні явища відбуваються і на вибої експлуатаційної свердловини, що призводить до миттєвих позамежних навантажень на привибійну зону і внаслідок цього до руйнування слабозцементованих порід колектора.

Другий експеримент (рис. 6) полягав у моделюванні змінних навантажень на вибій експлуатаційної свердловини при перепуску газу з майкопського горизонту, який складається з нестійкого колектора, що руйнується при незначних депресіях тиску, через стійкий колектор тортонського горизонту. Для імітації подібних умов газ пропускався з посудини високого тиску №1 через штуцер 1, вентиль 2, камеру з керном нестійкого колектора майкопського горизонту, вузол виміру газу №1, камеру з керном з тортонського продуктивного горизонту. При цьому для зв'язку з посудиною високого тиску №2 були відкриті вентилі 3, 4, 6 і 7, фільтр для уловлювання породи, вентиль 8, вузол виміру газу №2, штуцер 9. Для того, щоб газ із камери з керном нестійкого колектора майкопського горизонту не попадав у фільтр поза камерою з керном стійкого колектора тортонського горизонту, закрили вентиль 5. Результати досліджень зафіксовані на графіку залежності зміни в часі тиску в посудині високого тиску №1 $P_{н1}(t)$, між штуцером і камерою з керном нестійкого колектора майкопського горизонту $P_{с1}(t)$, між камерою з керном нестійкого колектора майкопського горизонту і камерою з керном стійкого колектора тортонського горизонту, в посудині високого тиску №2 $P_{н2}(t)$, між штуцером і камерою з керном стійкого колектора тортонського горизонту $P_{с2}(t)$, між фільтром і штуцером на виході зі стенду $P_{гир}(t)$ при перепуску газу $q_1(t)$ і відборі газу $q_2(t)$ (рис. 6). Після проведення експерименту у фільтрі не були виявлені частинки породи керна нестійкого колектора майкопського і стійкого колектора тортонського горизонтів. При моделюванні на лабораторній установці процесу пропускання газу через керн нестійкого колектора майкопського та стійкого колектора тортонського горизонтів, при закритті (відкритті) штуцера 9 відбуваються швидкі зміни тиску в камері з керном нестійкого колектора. Це досягається в

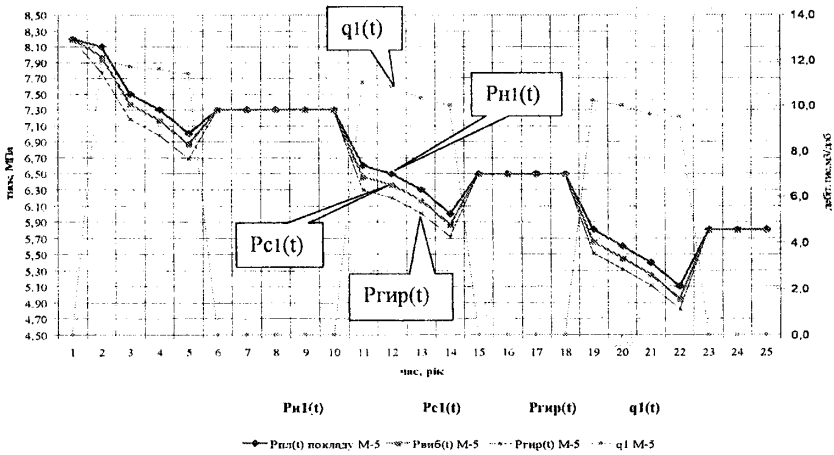


Рис. 5. Залежність $P_{н1}(t)$, $P_{с1}(t)$, $R_{гир}(t)$, $q_1(t)$ при лабораторних дослідженнях (традиційний спосіб)

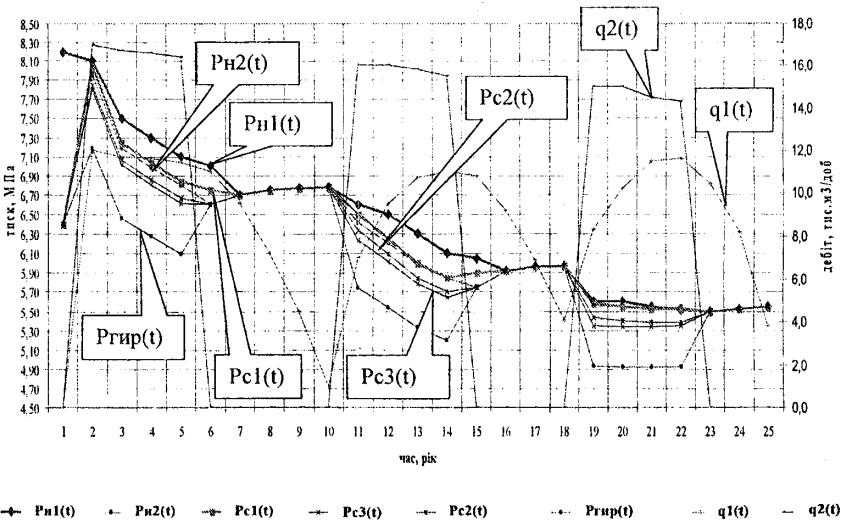


Рис. 6. Зміна в часі $P_{н1}(t)$, $P_{с1}(t)$, $P_{н2}(t)$, $P_{с2}(t)$, $P_{с3}(t)$, $R_{гир}(t)$, $q_1(t)$, $q_2(t)$ при лабораторних дослідженнях (варіант внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких відкладів у стійкі відклади)

результаті можливості перетікання газу, що залишається, з посудини високого тиску №1 у посудину нижчого тиску №2, не зважаючи на повне закриття (відкриття) штуцера 9. З великою ймовірністю можна припустити, що подібні явища відбуваються і на вибої перепускної свердловини нестійкого колектора майкопського горизонту, що виключає миттєві позамежні депресії на привибійну зону і внаслідок цього запобігає руйнуванню слабкоцементованих порід колектора.

Четвертий розділ присвячений реалізації способу розробки багатопластового газового родовища шляхом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу через сітку перепускних свердловин з нестійкого у стійкий колектор і відбором газу через горизонтальні свердловини із стійкого колектора.

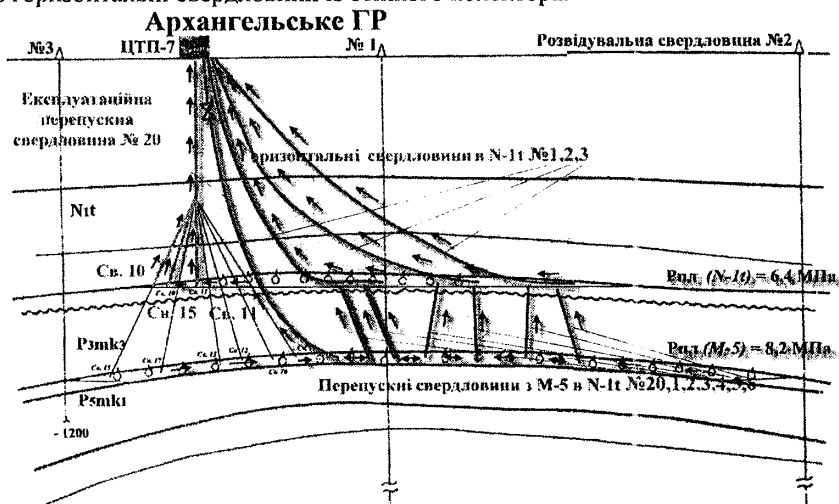


Рис. 7. Перепускна свердловина з нестійкого у стійкий колектор, перша експлуатаційна горизонтальна свердловина зі стійкого колектора, перша і друга вертикальні перепускні свердловини з нестійкого у стійкий колектор, друга експлуатаційна горизонтальна свердловина зі стійкого колектора, третя і четверта вертикальні перепускні свердловини з нестійкого у стійкий колектор, третя експлуатаційна горизонтальна свердловина зі стійкого колектора, п'ята і шоста вертикальні перепускні свердловини з нестійкого у стійкий колектор

Для запобігання руйнування привибійної зони експлуатаційної свердловини нестійкого колектора автором дисертації розглянута можливість організації внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійкого колектора, що руйнується при незначній депресії тиску на пласт, у стійкий колектор, що складається з високопроникних, стійких до руйнування, тріщинуватих порід. Запропоновані оригінальні конструкції перепускних свердловин з гирлом на дні моря. Послідовність буріння вказана на рисунку 7.

Загальним критерієм раціональності розробки багатопластового газового родовища є показник народногосподарського ефекту. Була виконана техніко-економічна оцінка розробки Архангельського багатопластового газового родовища внутрішньосвердловинним перепуском газу та двома традиційними способами.

Встановлено, що при методі внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійкого у стійкий колектор та їх сумісній експлуатації через перепускні і горизонтальні свердловини за 26 років при видобутку 3557 млн. м³ газу витрати на 146 млн. грн. є меншими, ніж при першому традиційному способі з видобутком 3691 млн. м³ газу. Народногосподарський ефект складає 569 млн. гривень, що на 485 млн. гривень більше, ніж при традиційному способі (рис. 8).

Розробка Архангельського багатопластового газового родовища способом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу дозволяє одержати прибуток в перший рік дорозробки, коли при традиційному способі прибуток прогнозується тільки після сімнадцяти років розробки.

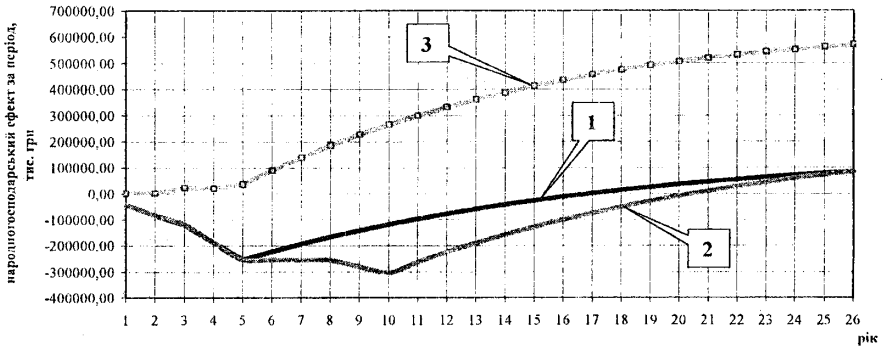


Рис. 8. Графік порівняння сумарного народногогосподарського ефекту за період першого традиційного способу (1), другого традиційного способу (2) та внутрішньосвердловинного перепуску газу (3)

ВИСНОВКИ

У дисертації виконано теоретичне узагальнення та удосконалення технології розробки багатопластових родовищ з нерівномісними колекторами способом внутрішньосвердловинного перепуску газу через перепускні свердловини з нестійких у стійкі колектори і відбором всього газу із стійких колекторів через експлуатаційні, в т.ч. горизонтальні, свердловини.

Одержано наступні основні результати.

1. Узагальнення літературних матеріалів і досвіду розробки Архангельського багатопластового газового родовища показує, що вивчені технології розробки багатопластових родовищ з нестійкими колекторами характеризуються значними ускладненнями у процесі експлуатації свердловин, великими витратами і невеликими коефіцієнтами газовилучення. При існуючій системі розробки Архангельського багатопластового газового родовища робота свердловин ускладнюється руйнуванням привибійної зони в майкопських відкладах з утворенням на вибоях глинисто-піщаних пробок. Технології, які застосовуються, не забезпечують нормальну експлуатацію свердловин, розрахунковий термін розробки родовища перебільшує 450 років.

2. Запропонована патентозахислена нова технологія розробки багатопластового газового родовища з нерівномісними колекторами способом організації внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких у стійкі колектори і відбором газу із стійких колекторів. Обґрунтовано параметри процесу внутрішньосвердловинного перепуску газу. Реалізація запропонованої технології показана на прикладі Архангельського газового родовища, розташованого в шельфовій зоні Чорного моря.

3. Вперше обґрунтовано умови і розроблена математична модель процесу внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких колекторів у стійкі високопроникні міцні газонасичені колектори через перепускні свердловини і відбору газу через горизонтальні свердловини, пробурені на стійкі колектори.

4. Встановлено, що зона перфорації перепускної свердловини в стійкому колекторі повинна розташовуватися в умовному радіусі впливу експлуатаційної горизонтальної свердловини.

5. Експериментальними дослідженнями встановлено, що при перетіканні газу з нестійких у стійкі колектори навіть при різних зупинках (пусках) експлуатаційних горизонтальних свердловин у стійких колекторах тиск на вибоях перепускних свердловин змінюється плавно, що попереджує руйнування привибійної зони цих свердловин.

6. Запропонована економічно обґрунтована послідовність буріння перепускних свердловин з нестійких у стійкі колектори і горизонтальних свердловин на стійкі колектори, що дозволяє створити умови для перепуску і видобутку при допустимих депресіях тиску на пласт великої кількості газу з нестійких колекторів. Запропонована оптимальна конструкція дослідно-перепускної свердловини, яка дозволяє вести ефективний технологічний та геологічний контроль процесу перепуску газу з нестійких у стійкі колектори. Запропонована конструкція перепускної свердловини з гирлом на дні моря, що дозволяє розбурити оптимальну сітку перепускних свердловин, незалежно від наявності гідротехнічних споруд.

7. На прикладі Архангельського багатопластового газового родовища проведено порівняння техніко-економічних показників розробки родовища за традиційною технологією і при організації внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійкого у стійкий колектор та відбору газу з стійкого колектора. Показано, що при реалізації запропонованої технології внутрішньосвердловинного перепуску газу витрати менші в 1,9 – 3,1 разів, а народногосподарський ефект більший у 6,8 разів, ніж при відомих способах. Розробка багатопластового газового родовища способом внутрішньосвердловинного перепуску газу дозволяє одержати прибуток в перший рік, тоді як при традиційних способах прибуток прогнозується тільки на 17 – 21 рік розробки. В результаті буде отримано значне збільшення коефіцієнта газовилучення з нестійких колекторів і рентабельності розробки родовища, скорочення термінів розробки нестійких колекторів, зменшення витрат на облаштування і розробку багатопластового газового родовища, збільшення міжремонтного періоду експлуатації свердловин.

Очікуваний економічний ефект внутрішньосвердловинного перепуску газу з нестійких у стійкі колектори через перепускні свердловини та відбору всього газу

через експлуатаційні горизонтальні свердловини з стійких колекторів становитиме 569 млн. гривень.

ОСНОВНІ ПУБЛІКАЦІЇ ПО РОБОТІ

1. Франчук І.А., Ясюк В.М., Харитонов М.Б. Перспективи розробки газових родовищ на шельфі Чорного і Азовського морів з використанням методу контрольованого перепуску газу з майкопських у тортонські відклади // Науковий вісник. 2004. – №3(9). – С. 39 – 43 (Особистий внесок (80%) – Обґрунтована розробка газових родовищ на шельфі Чорного і Азовського морів способом цілеспрямованого контрольованого перепуску газу з майкопських відкладів, запропонована схема розробки).

2. Харитонов М.Б., Яремійчук Р.С. Підвищення рентабельності розробки Архангельського багатопластового газового родовища (шельф Чорного моря) // Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2005. – №4(17). – С. 9 – 14 (Особистий внесок (60%) – Розглянутий спосіб підвищення рентабельності Архангельського газового родовища, обґрунтований вибір конструкції гравійного фільтру для перепускових свердловин).

3. Кондрат Р.М., Харитонов М.Б., Кондрат О.Р., Мельничук П.М. Особливості розробки експлуатації Архангельського газового родовища і шляхи підвищення ефективності видобування газу та коефіцієнту газовидлучення // Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – №2(19). – С. 66 – 69 (Особистий внесок (40%) – Обґрунтовані можливі напрями боротьби з піскопроявленням в свердловинах і інтенсифікації видобутку газу з непроникних незцементованих майкопських відкладень).

4. Кондрат Р.М., Франчу І.А., Кондрат О.Р., Яремійчук Р.С., Харитонов М.Б., Мельничук П.М. Дослідження процесу розробки Архангельського газового родовища з внутрішньосвердловинним перепуском газу з майкопських в тортонські відклади // Всеукраїнський щоквартальний науково-технічний журнал Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – 2006. – №4(21). – С. 90 – 95 (Особистий внесок (40%) – Обґрунтована технологічна ефективність організації внутрішньосвердловинного перепуску газу із слабозцементованих майкопських відкладів в тортонські відкладі через перепускові свердловини і відбору газу з тортонських відкладів через свердловини з горизонтальним закінченням стовбура).

5. Деклараційний патент України, №3512, МКИ E21B43/00. Спосіб розробки багатопластового газового родовища / М.Б. Харитонов, Р.С. Яремійчук, О.В. Бачеріков, І.А. Франчук, В.М. Ясюк, Р.М. Ільницький. – Заявл. 27.04.2004. Опубл. 15.11.2004. Бюл. №11. – С. 3 (Особистий внесок (80%) – Запропонований спосіб розробки багатопластового газового родовища внутрішньосвердловинним перепуском газу з нижнього (нестійкого) пласта у верхні (стійкі високопроникні) колектори через перепускові свердловини і відбором всього газу з верхнього пласта через експлуатаційні, в т.ч. горизонтальні свердловини).

6. Харитонов М.Б., Яремійчук Р.С. Підвищення рентабельності розробки багатопластових газових родовищ на шельфах Чорного та Азовського морів // Матеріали 8-ої Міжнар. конф. «Нафта і газ України – 2004». – Том 2. – Судак: УНГА. 2004. – С. 93 – 94 (Особистий внесок (80%) – Розглянуте питання цілеспрямованого, контрольованого перепуску газу з продуктивного нижнього горизонту, складеного породами, що руйнуються при незначній депресії, в продуктивний верхній горизонт, що має високопроникні, стійкі колектори, та розробка всього родовища через сітку перепускних і горизонтальних свердловин).

7. Харитонов М.Б., Яремійчук Р.С. Підвищення рентабельності розробки багатопластового Архангельського газового родовища (шельф Чорного моря) з майкопських та тортонських відкладів // Матеріали 6-ої Міжнар. конф. «Крим – 2005. Геодинаміка, сейсмічність і нафтогазоносність Чорноморсько-каспійського регіону» – Сімферополь: НАНУ, УНГА, КАН. 2005. – С. 69 – 72 (Особистий внесок (60%) – Здійснено порівняння запропонованою способу дорозробки Архангельського багатопластового родовища із стандартним методом).

АНОТАЦІЯ

Харитонов М.Б. Вдосконалення технології розробки багатопластових родовищ з нерівномісними колекторами. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.15.06 – Розробка нафтових та газових родовищ – Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м. Івано-Франківськ, 2007.

Дисертація присвячена питанням теоретичного обґрунтування нового методу вирішення науково-практичної задачі з інтенсифікації видобутку газу з багатопластового газового родовища з нерівномісними колекторами. В дисертації вперше обґрунтована можливість використання стійких (тортонських) газоносних відкладів для видобутку газу з нестійких (майкопських) газоносних відкладів способом внутрішньосвердловинного перепуску газу через перепускні свердловини з нестійкого у стійкий колектор і відбору всього газу родовища через стійкий колектор, використовуючи експлуатаційні, в т.ч. горизонтальні, свердловини з технологічної платформи. Розроблена математична модель перепуску газу через перепускні свердловини з нестійких колекторів у стійкі колектори і відбору газу через експлуатаційні свердловини, пробурені в стійкому колекторі. Розроблена методика досліджень процесу перепуску газу.

Ключові слова: математичне моделювання; організація внутрішньосвердловинного перепуску газу; інтенсифікація; рентабельність.

АННОТАЦІЯ

Харитонов Н.Б. Усовершенствование технологии разработки многопластовых месторождений с неравнокрепкими коллекторами. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.15.06 – Разработка нефтяных и газовых месторождений. Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа, Ивано-Франковск, 2007.

Диссертация посвящена вопросам теоретического обоснования нового метода решения научно-практической задачи по интенсификации добычи газа из многопластового газового месторождения с неустойчивыми коллекторами (на примере разработки Архангельского многопластового газового месторождения, расположенного на шельфе Черного моря). Впервые в диссертации обоснована возможность использования устойчивых (торгонских) газоносных отложений для добычи газа из неустойчивых (майкопских) газоносных отложений способом внутрискважинного перепуска газа через перепускные скважины из неустойчивых в устойчивые коллектора и отбором всего газа месторождения через эксплуатационные, в т.ч. горизонтальные, скважины, пробуренные в устойчивом коллекторе.

Вышеуказанный способ внутрискважинного перепуска газа позволяет реализовать важные задачи: исключить недопустимые резкоизменяющиеся нагрузки на призабойную зону перепускной скважины в неустойчивом коллекторе, что уменьшит вероятность разрушения призабойной зоны перепускной скважины; в морских условиях разбурить равномерную сетку перепускных скважин с устьем на дне моря, которые с неустойчивого коллектора направят газ к забоям эксплуатационных, в т.ч. горизонтальных, скважин, пробуренных в устойчивом, высокопроницаемом коллекторе; исключить преждевременное обводнение и уменьшить вероятность обвала горизонтального участка ствола эксплуатационной горизонтальной скважины в устойчивом коллекторе до окончания разработки всего месторождения; значительно сократить период извлечения запасов газа и повысить рентабельность разработки всего месторождения.

Впервые обоснованы условия и разработана математическая модель перепуска газа через перепускные скважины из неустойчивых коллекторов в устойчивые, высокопроницаемые коллекторы и отбором всего газа месторождения через эксплуатационные, в т.ч. горизонтальные, скважины. Разработан стенд для экспериментального исследования перепуска газа через керн из неустойчивого коллектора и керн из устойчивого, высокопроницаемого коллектора. Разработана методика исследований перепуска газа. С помощью предложенного метода по полученным результатам экспериментальных исследований установлено, что в результате возможности перепуска газа из неустойчивого в устойчивый коллектор, даже при резких остановах (пусках) эксплуатационных горизонтальных скважин из устойчивого коллектора давление на забоях перепускных скважин изменяется плавно, что предупреждает разрушение неустойчивой призабойной зоны этих скважин. На примере Архангельского многопластового газового месторождения, расположенного на шельфе Черного моря, проведено сравнение технико-экономических показателей вариантов разработки многопластового месторождения при традиционных вариантах разработки и при организации внутрискважинного

перепуска газа. Ожидаемый экономический эффект составит не менее 569 млн. гривен.

Ключевые слова: математическое моделирование; организация внутрискважинного перепуска газа; интенсификация; рентабельность.

THE SUMMARY

Харітонов N.B. Improvement of technology of development the multilayers mines with unequalstable collectors. - Manuscript.

Dissertation on competition of graduate degree of candidate of engineering sciences on speciality 05.15.06 - Development the oil and gases mines. Ivano - Frankovsk national technical university of oil and gas, Ivano-Frankovsk, 2007.

Dissertation is devoted to the questions of theoretical ground of new method of decision of scientific and practice task on intensification of extraction of gas from the multilayer gas deposit with the unsteady Maikop collectors of shelf of the Black and Azov seas (on the example of development of Arkchangelsk gas field which located on the shelf of the Black sea). First in dissertation possibility of the use of Torton gas deposits is grounded for the extraction of gas from the Maikop gas deposits by the method of the mining in-well controlled lift gas and development all lays through the net of development wells with wellhead on sea bottom and horizontal development wells with wellhead on a technological platform.

Terms are first grounded and the physical and mathematical model of transmitting gas is developed through transpose wells from the unsteady collectors of the Maikop deposits in high-permeability, strong gas collectors of Torton deposits and development all lays through the transpose wells and horizontal development wells, drilled to Torton deposit. It is set that the area of perforation of transpose well in a Torton lay must be disposed in the conditional radius of influencing of operating horizontal development wells.

Keywords: method of the mining in-well controlled transmitting of gas; physical and mathematics design of transmitting of gas; profitability.