

С.І.І.І.І.І.І.
Ш37

Івано-Франківський національний технічний університет
нафти і газу

Шевченко Ігор Миколайович

УДК 622.276

**ОСОБЛИВОСТІ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ПРИПЛИВУ ВУГЛЕВОДНІВ В
ПРОЦЕСІ ОСВОЄННЯ ГАЗОКОНДЕНСАТНОГО НИЗЬКОПОРИСТОГО
ТЕРИГЕННОГО КОЛЕКТОРА**



05.15.06 - Розробка нафтових
та газових родовищ

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Івано-Франківськ - 2004

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу Міністерства освіти і науки України

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

Дорошенко Володимир Михайлович

ВАТ “Укрнафта” (м. Київ), начальник управління геології і розробки родовищ нафти та газу

кандидат технічних наук

Ягодівський Сергій Ігорович

ВАТ “Укртранснафта” (м. Київ), заступник начальника управління міжнародного співробітництва

ПРОВІДНА ОРГАНІЗАЦІЯ:

Український науково-дослідний інститут природних газів (м. Харків), Міністерства палива та енергетики України

Захист
спеціалізо
технічногс
Франківсь:

3 дис
національє
Івано-Фраг

Авторефер
Вчений сек
вченої ради

ні на засіданні
і національного
аїна, м. Івано-

о-Франківського
019, Україна, м.

І.М.Ковбасюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. До семидесятих років минулого століття низькопродуктивним об'єктам не приділялось достатньої уваги, оскільки паливно-енергетичний комплекс був орієнтований на швидке використання освоєних високопродуктивних родовищ. Низькопористі колектори вважалися або не перспективними, або під час освоєння нових площ їм не приділялося необхідної уваги, вважаючи їх, порівняно із загальноприйнятими, нерентабельними. Однак практика нафтогазовидобування США показала протилежне, поскільки частка низькопористих колекторів у загальному об'ємі ресурсів вуглеводнів становить біля 5%. Практика розвідки і дослідно-промислової експлуатації недавно відкритих ДГП "Чернігівнафтогазгеологія" Свирідівського, Скоробогатківського, Мехедівського, Луценківського, Рудівського та інших родовищ Дніпровсько-Донецької западини показала, що з об'єктів, які мають низькі значення пористості, можна отримувати промислові припливи вуглеводнів. Науково-дослідними роботами доведено, що рентабельними у промислового розумінні можуть бути об'єкти, які мають нижнє граничне значення пористості 4,5-5,5%. Тому вивчення специфічних властивостей колекторів із низькими величинами пористості та їх впливу на кінцевий результат освоєння є дуже важливим завданням.

В Україні газоконденсатні низькопористі теригенні колектори тільки недавно почали використовуватися в якості додаткового джерела вуглеводневої сировини. На основі урахування їх специфічних фізико-хімічних властивостей вибір і удосконалення оптимального методу інтенсифікації в процесі їх освоєння матиме стратегічний вплив на відновлення і збільшення продуктивності газоконденсатних свердловин. Базовими матеріалами в даній роботі стали результати гідродинамічних досліджень і геолого-технологічна інформація про об'єкти пошуково-розвідувальних робіт на стадії освоєння свердловин.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота відповідає науковим напрямкам діяльності відділу промислових досліджень Чернігівського відділення УкрДГРІ. Основні розділи роботи виконані автором під час виконання договірних робіт за наступними темами: № ДР 0194V016929, № ДР 0197V006096.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є удосконалення методу інтенсифікації припливу вуглеводнів із урахуванням властивостей низькопористого теригенного колектора і газоконденсатної суміші.

Основні задачі дослідження.



1. Виконати аналіз результатів розкриття низькопористих колекторів бурінням, оцінити вплив властивостей низькопористого колектора на результативність освоєння.
2. Обґрунтувати модельні параметри лабораторних експериментів і провести досліди на зразках низькопористих колекторів.
3. Вибрати метод інтенсифікації припливу з газоконденсатних низькопористих теригенних колекторів.
4. Розробити методичні засади для застосування методу інтенсифікації при конкретних геолого-промислових умовах.

Об'єкт дослідження. Газоконденсатонасичене низькопористе середовище колектора, його властивості та їх зміна в процесі руху флюїдів у привибійній зоні пласта під час процесів розкриття і освоєння свердловин.

Предмет дослідження. Вплив величини радіуса порового каналу на властивості низькопористого колектора і газоконденсатної суміші.

Методи дослідження. 1. Аналітична оцінка капілярного градієнта через зміну його складових і розмірів зони проникнення фільтрату промивної рідини в заданому діапазоні величин. 2. Аналіз та інтерпретація результатів гідродинамічних досліджень у сукупності з часом існування аерозолу у зваженому стані при заданому радіусі порового каналу. 3. Лабораторні експерименти з циклічної дії на зразки низькопористих порід-колекторів двооксидом вуглецю.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено комплексний фізико-хімічний метод барообробки привибійної зони пласта газоконденсатного низькопористого теригенного колектора із урахуванням властивостей порового середовища і газоконденсатної суміші.

Вперше формалізоване положення про урахування часу нестабільності аерозоля до його випадіння на стінки порового каналу при застосуванні циклічної дії в процесі освоєння низькопористого колектора.

Практичне значення одержаних результатів. Затверджена до впровадження у виробництво “Програма комплексної фізико-хімічної барообробки із використанням двооксиду вуглецю”. Подаються “Єдині правила визначення параметрів комплексної фізико-хімічної барообробки із використанням двооксиду вуглецю”. Показано можливість їх застосування для збільшення припливу із низькопористих теригенних колекторів в умовах певної геолого-промислової невизначеності.

Особистий внесок здобувача. Основні результати роботи отримані автором самостійно. Особистий внесок полягав у обробці промислових даних і теоретичному аналізі отриманих результатів, у обґрунтуванні методу інтенсифікації, організації і проведенні лабораторних експериментів і у підготовці рекомендацій до впровадження.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи викладені в тезах наукових конференцій та статтях. Матеріали досліджень доповідались на Міжнародній конференції молодих вчених і спеціалістів “Геологія та геофізика України – погляд у нове тисячоліття”, (м. Чернігів, 2000 р.), Міжнародний науково-практичний конференції “Нафта і газ України – 2000”, (м. Івано-Франківськ, 2000 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 5 статей і одна теза, з яких 2 статті без співавторства.

Структура дисертації. Дисертація складається із вступу, п’яти розділів та висновків. Загальний обсяг 143 сторінки, в тому числі рисунків 24, таблиць 23. Список використаних джерел включає 101 посилання.

Автор висловлює щиру подяку завідувачу відділу промислових досліджень Чернігівського відділення УкрДГРІ, к.т.н. М.В.Щукіну за допомогу у розробці методики досліджень, а також колективу відділу за допомогу у виконанні лабораторних експериментів.

Автор висловлює подяку завідувачу кафедри розробки та експлуатації нафтових і газових родовищ ІФНТУНГ, д.т.н., професору Р.М.Кондрату і д.т.н., професору В.С.Бойку за цінні поради і консультації в процесі виконання роботи, за їх критичний розгляд роботи на наукових семінарах кафедр розробки та експлуатації нафтових і газових родовищ та морських нафтових і газових споруд ІФНТУНГ. Автор висловлює щиру подяку науковому керівнику, декану спільного факультету нафтогазових технологій ІФНТУНГ, д.т.н., професору Р.С.Яремійчуку за цінні поради, які давалися в процесі виконання роботи.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність проблеми, сформовані мета і задачі досліджень, вказана практична цінність роботи і шляхи її реалізації у практику інтенсифікації припливу вуглеводнів.

У першому розділі розглядається питання фільтрації флюїдів у поровому середовищі, якому завжди приділялася значна увага. Велику кількість експериментальних робіт було виконано І.М.Аметовим, Ш.С.Аслановим, С.С.Бікманом, В.С.Бойком, А.С.Великовським, А.Е.Горбуновим, А.І.Гриценком, Б.В.Дерягінін, О.І.Дзюбенком, В.М.Дорошенком, Ю.В.Желтовим, Г.Г.Жиденком, Г.І.Задорою, С.Н.Закіровим, М.М.Іванютою, Д.Катцем, Р.Кобаяши, Р.М.Кондратом, Д.Корнелом, Ю.П.Коротаєвим, Ф.І.Котяховим, Б.С.Крафтом, Ю.Г.Мамедовим, І.Л.Мархасінім, В.Н.Мартосом, Е.М.Мінським, А.Х.Мірзаджанзаде, Н.Н.Михайловим, А.Ю.Наміотом, С.І.Пейсаховим, Г.І.Рассохінім, А.М.Расуловим, П.А.Рєбіндером, Е.С.Садих-Заде, Г.С.Степановою, Р.М.Тер-Саркісовим,

В.О.Федишиним, І.М.Фиком, М.В.Щукіним, Р.С.Яремійчуком та іншими авторами. У деяких із них фільтрація пластових флюїдів розглядається через зміни фільтраційних опорів у процесі зниження вибійного тиску. У інших роботах умови течії поровим середовищем визначаються тими властивостями його, які притаманні низькопористому колектору. Багато дослідників акцентували увагу на впливі порового середовища на рух по ньому флюїдів. Цей вплив проявляється через фазові перетворення газоконденсатної суміші, взаємодією із водою, утворенням початкових градієнтів.

Газоконденсатна суміш може знаходитись у поровому середовищі у газовому, рідкому та аерозольному станах. Адсорбційні властивості можуть суттєво зменшувати радіус порового каналу в колекторах. Капілярні властивості зумовлюють значні зміни фільтраційної характеристики завдяки зміні фазових проникностей, крайових кутів змочуваності та поверхневого натягу. При розкритті продуктивного розрізу взаємодія фільтрату промивної рідини в залежності від концентрації солей із породами може привести до значних осмотичних тисків. Електрокінетичні властивості глинистих складових теригенних пісковиків при взаємодії із протікаючими по них флюїдами можуть привести до утворення додаткового початкового градієнта тиску. Це виражається в утворенні фільтраційних опорів рухові пластових флюїдів у порових каналах. Масообмінні процеси постійно проявляють себе при взаємодії порового середовища із флюїдами, які рухаються по ньому.

Сукупність фізико-хімічних факторів, які притаманні або які виникають у низькопористому колекторі при фільтрації по ньому флюїдів під час зменшення вибійного тиску, приводить до значних ускладнень. Вони виражаються у погіршенні фільтраційної характеристики, що інколи унеможливує отримання припливу лише за рахунок створення депресії на пласт.

Загальноприйнятих ідеальних методів інтенсифікації припливу вуглеводнів з пласта не існує. Кожен з відомих методів має свої переваги і недоліки. Але практично жоден із них не враховує достатньо фізико-хімічні властивості низькопористого теригенного колектора.

Відомо, що в процесі розробки частина конденсату знаходиться в аерозольному стані, а в процесі освоєння дана особливість при значно швидшому зниженні тиску у привибійній зоні пласта фактично не враховується. Тому подальші теоретичні дослідження необхідно присвятити розгляду цього питання.

Загалом, із великої кількості досліджень впливу порового середовища на стан привибійної зони пласта, більшість дає йому лише якісну оцінку у зв'язку із фільтраційною здатністю. Тому для того, щоб вибрати метод інтенсифікації, необхідно кількісно визначити вплив властивостей низькопористого колектора.

У другому розділі проводиться оцінка фізико-хімічних властивостей низькопористого теригенного колектора. Оскільки низькопористим колекторам притаманний цілий ряд специфічних властивостей, зумовлених їх складом і будовою, то нами зроблена прив'язка цих властивостей стосовно їх характерних параметрів. Для цього розглядаються результати досліджень зразків керну Луценківського і Мехедівського родовищ. Літологічно вони представлені дрібно- і середньозернистими пісковиками, зцементованими глинистими фракціями. Визначаються кореляційні залежності між проникністю та відкритою пористістю, встановлюються радіуси порових каналів. Їх значення становлять від 1 до 10 мкм для цих зразків порід. Представлені зразки можуть бути в подальшому єдиним полігоном для розрахунків. За своїми значеннями діапазон радіусів порового каналу є меншим, ніж проникності. Тому він слугуватиме більш об'єктивною характеристикою при розгляді властивостей низькопористого колектора на мікро- і макрорівні.

За результатами досліджень газоконденсатних свердловин на усталених режимах проведений підрахунок насиченості конденсатом в привибійній зоні пласта. Розподіл її видозмінюється від стовбуру свердловини до контуру живлення. Методом ітерації визначаємо конденсатонасиченість у межах тисків між режимами дослідження. Визначення її відповідає математичним моделям фільтрації багатокomпонентної газоконденсатної суміші при зміні термобаричних умов, які запропоновані А.І.Брусилівським.

Основними методами, які дозволяють визначити фільтраційно-ємнісні властивості (ФСВ) низькопористого колектора є гідродинамічні дослідження. Проводиться порівняння методів обробки результатів дослідження на стаціонарних режимах без та з урахуванням реальних властивостей пластових флюїдів з обробкою результатів дослідження на нестационарних режимах за методом Хорнера. Виявлено, що проникність, яка визначена за цим методом становить один порядок з тією ж, яка визначена з урахуванням в'язкості та стисливості газоконденсатної суміші. Якщо обробку результатів дослідження проводити без урахування в'язкості, розрахункові значення проникності на декілька порядків перевищують реальні. Разом з тим обробка кривих відновлення тиску (КВТ) надає при правильній інтерпретації достовірну картину фільтраційно-ємнісної характеристики пласта від стовбуру свердловини до контуру живлення.

Далі проводиться співставлення нестабільності аерозолу в газоконденсатній суміші у поровому каналі із результатами гідродинамічних досліджень. Аерозольні частинки з'єднуються між собою, збільшуються у розмірі і осідають у вигляді крапель конденсату на стінки порового каналу в рідинну плівку, яка покриває поверхню. За перетвореною формулою Стокса визначається час, який необхідний

для осідання аерозольної краплі:

$$\tau = \frac{0,9\pi \cdot \mu \cdot r}{a^2 \rho_k \cdot g}, \quad (1)$$

де μ – в'язкість газу, мПа·с;

r – радіус порового каналу, м;

a – радіус аерозольних частинок, м;

ρ_k – густина конденсату, кг/м³;

g – прискорення сили тяжіння, 9,81 м/с².

На протязі цього терміну газоконденсатна суміш знаходиться у нестабільному стані, поки крапля не осіде на стінки порового каналу. Тому його називаємо тривалістю нестабільності аерозолю. Після цього часу фазова проникність для газу зменшується і умови фільтрації у низькопористому просторі погіршуються. Розглянутий процес стосується мікронеоднорідності порового середовища, яка зумовлена розміром перерізу пор. Макронеоднорідність низькопористого колектора зумовлює реєстрацію фільтраційних показників різних за проникністю ділянок у привибійній зоні пласта в процесі гідродинамічних досліджень.

Час збільшення конденсатонасиченості, розрахований в залежності від зміни радіуса зони випадіння конденсату у привибійній зоні пласта, становить 10^3 - 10^4 с. За порядком цей час відповідає тривалості настання нестабільності аерозолю до того, поки він ще не випав у рідку фазу на стінки порового каналу. При $\mu=0,03$ мПа·с, $r=4 \cdot 10^{-6}$ м, $a=10^{-7}$ м (за даними літературних джерел), $\rho_k=760$ кг/м³ тривалість τ становитиме 10^4 с.

Час, який відповідає проміжній зоні випадіння конденсату у привибійній зоні пласта і реєструється обробкою кривої відновлення тиску, залежить від властивостей газоконденсатної системи. Разом з тим, тривалість відновлення тиску також зумовлюється пористістю, а звідси і розміром порового каналу, тобто низькопористе середовище впливає на фізико-хімічні перетворення газоконденсатної суміші при зміні вибійного тиску. Час, який реєструється кривою відновлення вибійного тиску, за порядком однаковий із часом, який необхідний для того, щоб аерозоль осів на стінки порового каналу. Це підтверджується вибраним нами діапазоном a . Для більш точної оцінки радіуса краплі при наявності представницьких проб газоконденсатної суміші радіус краплі аерозолю оцінюємо за такою формулою:

$$\alpha = \frac{1 \cdot 10^{-7}}{\ln \frac{P_{\text{свб}}}{P_{\text{мк}}}} \quad (2)$$

де $P_{\text{свб}}$ - вибійний тиск, Па,

$P_{\text{мк}}$ - тиск максимальної конденсації, Па.

При зниженні тиску в порах процес випадіння рідкої фази є безперервним і розпочинається після того, як найбільша крапля аерозолу осіла на стінки порового каналу. Якщо в цей період часу тиск підвищити, то почнеться випаровування конденсату. Таким чином, при періодичній зміні тиску у низькопористому середовищі можна добитися поступового просування газоконденсату без значного його випадіння у рідкий стан на стінки порового каналу.

З цього витікає, що в процесі випадіння рідкої фази у низькопористому середовищі необхідним є застосування методів циклічної дії при умовах, що тривалість циклу була меншою за тривалість нестабільності газоконденсатної суміші. Це значення становитиме 10^3-10^4 с. Урахування цього дозволить створювати глибокі короточасні депресії на привибійну зону пласта з метою інтенсифікації припливу вуглеводнів в процесі освоєння низькопористого колектора, не боячись випадіння конденсату. При експлуатації свердловин протягом тривалого часу, у зв'язку із збільшенням конденсатонасиченості, радіус порового каналу зменшується. Тому зменшується час існування аерозолу. Існує оптимальний режим циклічної дії, за яким при збільшенні депресії і урахуванням тривалості нестабільності аерозолу можна добитися максимальної дії вглиб пласта.

У **третьому розділі** нами розглядається вплив технологічних чинників на успішність освоєння низькопористого колектора. Аналіз промислової інформації показує, що в більшості випадків із збільшенням гідростатичного тиску стовпа промивної рідини зростає коефіцієнт привибійної закупорки. Отриманий коефіцієнт кореляції між коефіцієнтом привибійної закупорки і відношенням величини репресії гідростатичного стовпа промивної рідини до пластового тиску становить величину 0,94. Крім значних репресій дуже велика тривалість дії промивної рідини, яка становить 100-200 діб, а іноді і більше, теж викликає значне погіршення фільтраційної характеристики привибійної зони пласта.

Для збільшенн результативності освоєння низькопористого колектора необхідно виконувати технологічні операції, що зменшують погіршення фільтраційно-емнісних властивостей. Відомо, що запобігання випадіння конденсату в процесі освоєння теж відноситься до технологічних операцій зі зменшення погіршення ФСВ. З цієї точки зору розформування зони проникнення фільтрату бурового розчину циклічною дією із урахуванням часу нестабільності аерозолу до його

випадіння на стінки порового каналу повинно сприяти ефективності освоєння.

У тому випадку, коли дія техногенних факторів на продуктивний пласт відбулася, необхідно усувати її наслідки, тобто покращувати фільтраційно-емісійні властивості. Для відновлення початкової продуктивної характеристики необхідно задіювати методи інтенсифікації.

В **четвертому розділі** проводиться вибір методу інтенсифікації, який зумовлюється розглядом геолого-промислових умов, стосовно яких він має бути ефективним. Вибір методу інтенсифікації визначається геолого-промисловою інформацією, яка є в розпорядженні. Одним із методів, які дозволяють враховувати вплив геолого-фізичних параметрів на ефективність застосування різних технологій інтенсифікації, є метод експертних оцінок. За ним визначено, що коефіцієнт застосування методу інтенсифікації є найбільшим для комплексної фізико-хімічної циклічної дії. Тобто цей метод є найбільш прийнятним для інтенсифікації припливу із глибокозалягаючих теригенних пісковиків із значними зонами проникнення фільтрату бурового розчину. Це визначення відбулося за допомогою методу експертних оцінок.

Для зменшення дії капілярних сил необхідне застосування поверхнево-активних речовин. Для створення позитивного капілярного градієнта з метою розформування зони проникнення бажано застосування на вибої свердловини газових агентів. Одним з газових агентів для фізико-хімічної дії на породу та флюїди у привибійній зоні пласта являється двооксид вуглецю.

Одним із найефективніших способів відновлення початкової проникності при розформуванні зони проникнення є циклічна дія. Тому для видалення рідини із привибійної зони пласта ефективним є застосування її із урахуванням властивості газоконденсатної суміші у низькопористому середовищі через час нестабільності аерозолі. Враховуючи тривалість нестабільності аерозолі у поровому каналі до його випадіння на стінки порового каналу, необхідно застосовувати циклічну дію на привибійну зону пласта з метою розформування зони проникнення та інтенсифікації припливу вуглеводнів.

Таким чином, із урахуванням поняття “низькопористий колектор”, вибираємо комплексну фізико-хімічну барообробку, яка вважається найприйнятним методом стимулювання глинизованих порід за А.Х.Мірзаджанзаде, А.І.Гриценком, І.М.Аметовим.

Двома незалежними шляхами вибираємо її як метод інтенсифікації припливу вуглеводнів в процесі освоєння низькопористого колектора. Для подальшого удосконалення використовуємо двооксид вуглецю.

У **п'ятому розділі** описується технологія інтенсифікації припливу вуглеводнів. Для в'яснення впливу циклічної дії двооксиду вуглецю на низькопористий колектор

проводяться лабораторні експерименти. Оскільки низькопористі теригенні зразки представлені пісковиками, які зцементовані глинистим і карбонатним цементом, то доцільно провести контрольні досліди із дії глинокислоти на низькопористу породу-колектор. Результати розчинення зразків керну глинокислотою у лабораторних умовах показали, що дія глинокислоти на низькопористу породу-колектор збільшує проникність у декілька разів. Таким чином підтверджується доцільність глинокислотної обробки як однієї із складових комплексної фізико-хімічної циклічної дії.

Обґрунтовуються параметри лабораторного моделювання. Враховуючи значні капілярні градієнти, які існують в зоні проникнення, розрахункові значення перепадів тиску 2 МПа будуть цілком достатніми для дотримання параметрів подібності при довжині зразка 0,03 м.

Для моделювання циклічної дії двооксидом вуглецю використовуємо керосин в якості моделі вуглеводню. В якості моделі фільтрату промивної рідини використовуємо один з найбільш ефективних водний 3% розчин $MgCl_2$. Оскільки при взаємодії із глинистими включеннями можливе утворення нерозчинних осадів, в якості ПАР використовуємо неіоногенний ОП-10 із концентрацією 0,3%.

Послідовність досліду наступна:

- прокачати керосин через зразок і визначити проникність k_1 ;
- прокачати модель фільтрату через зразок;
- створити імпульси тиску двооксидом вуглецю на вході зразка величиною 2 МПа із одночасним відкриттям виходу зразка і визначенням газопроникності $k(CO_2)$ на кожному циклі;
- прокачати керосин і визначити проникність k_2 ;
- зіставити k_2 і k_1 , а також за $k(CO_2)$ на кожному циклі визначити ефективність дії двооксиду вуглецю, необхідну кількість циклів для досягнення максимальної газопроникності даного зразка.

Дослід проводився на установці УПК-1, яка модернізована додатковими стаканами для прокачки технологічних рідин. Висушений зразок затискався у кернотримач і термостатувався до $100^{\circ}C$. В заданому об'ємі, який фіксувався вимірювальним пресом, прокачувався керосин. За ним із стакану подавалася модель фільтрату в зразок, об'єм якої теж фіксувався пресом. Після цього при відкритому балоні із CO_2 редуктором встановлювався тиск на вході в зразок 2 МПа. Відкривалися крани до і після кернотримача і фіксувалася витрата газу. Кран до кернотримача перекривали, тиск знижувався. Через проміжок часу цикл повторювався. Після певної кількості циклів через зразок прокачували керосин. На рис. 1 і в табл. 1 показані результати експериментів із зразком керну св.10-Рудівська.

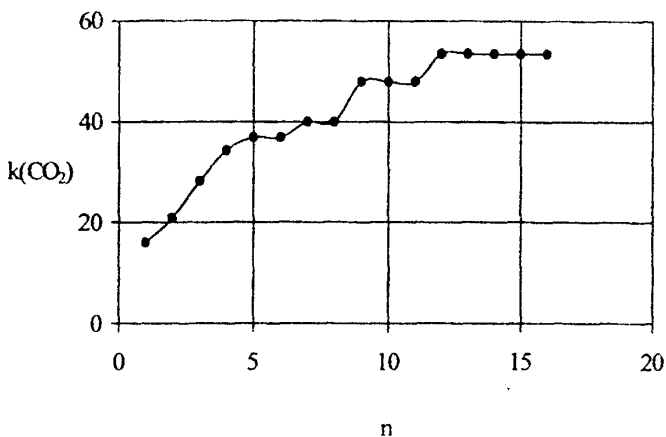


Рис.1. Динаміка зміни газопроникності $k(\text{CO}_2)$ від кількості циклів дії n для зразка керну свердловини 10-Рудівська, інтервал 5108-5118 м, 0,5в.

Таблиця 1

Дослідження впливу двооксиду вуглецю на зразок керну свердловини 10-Рудівська

Інтервал, м	Проникність, 10^{-3} мкм ²						$\frac{k_2}{k_1}$	Кількість циклів дії, n
	за керосином k_1	за CO_2			за керосином			
		після фільтрату	після 5 циклів	після 15 циклів	після 5 циклів	після 15 циклів		
5108-5118, 0,5в	16,16	17,975	36,87	53,52	17,8	17,8	1,1	15

Результати дослідження зразків керну показують, що чим менша початкова проникність зразка породи, тим більша ступінь збільшення проникності після дії двооксидом вуглецю в циклічному режимі. Якщо проникність не змінилась, це свідчить про її відновлення після забруднення фільтратом. Після певної кількості

циклів проникність зразка стає сталою і більше не збільшується. Досліди продемонстрували, що для збільшення фазової проникності для газу дією газового агента необхідна кількість циклів 15.

Перенесення результатів моделювання на натурні умови повинно збільшити ефективність комплексної фізико-хімічної барообробки.

Вище нами розглянуте явище нестабільності аерозолі до його випадіння на стінки порового каналу в рідку фазу. Для уникнення випадіння конденсату при освоєнні застосування циклічної дії витікає із доцільності вибору тривалості циклу меншої за час, який необхідний для осідання аерозолі. Поскільки час на зворотне випаровування конденсату у поровому середовищі об'єкта в освоєнні становить незначну величину, тривалість циклу приймаємо рівною часові нестабільності аерозолі. Розрахунок проводимо за перетвореною формулою Стокса. Радіус порового каналу розраховуємо за відомою пористістю і проникністю, яка визначена з рівнянь регресії для теригенних пісковиків нижнього карбону ДДз.

Для застосування вибирається об'єкт горизонту В-22 св. №2,3 Луценківські. Для св.2-Луценківська $\rho_k=752,7 \text{ кг/м}^3$, $\mu=0,0428 \text{ мПа}\cdot\text{с}$. Тривалість нестабільності аерозолі до його осідання на стінки порового каналу у рідку фазу становитиме:

$$\tau = \frac{0,9 \cdot \pi \cdot 0,0428 \cdot 0,676 \cdot 10^{-6}}{(10^{-7})^2 \cdot 757,2 \cdot 9,81} = 1101,3 \text{ с} = 18,35 \text{ хв.}$$

Таким чином тривалість циклу при комплексній фізико-хімічній барообробці повинна становити 18,35 хвилин для горизонту В-22 св. 2-Луценківська.

Найдешевшим методом створення циклічної дії є метод перемінних тисків із застосуванням циркуляційного клапану. Застосування струменевих апаратів принципово відрізняється тим, що воно дозволяє створювати миттєві депресії-репресії на об'єкт інтенсифікації.

Використання струменевих апаратів дозволяє оптимально змінювати депресії-репресії, проводити дослідження свердловини відповідно до отриманих припливів в процесі циклічної дії. Тому при одній і тій же технологічній схемі, на відміну від методу перемінних тисків із використанням циркуляційного клапану при застосуванні вибійних ежекторних пристроїв створюються більш оптимальні умови для комплексної фізико-хімічної барообробки. Даний спосіб стимулювання рекомендується для горизонту В-22 св. 3-Луценківська.

У якості технологічних рідин використовуються розчини неіоногенних ПАВ. При достатньому фінансуванні бажано використати розчин на вуглеводневій основі.

Ці правила рекомендуються для експлуатаційних свердловин при наявності шлейфів для подачі газових агентів, наприклад, збагаченого газу.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведене теоретичне узагальнення і нове вирішення наукової задачі удосконалення методу інтенсифікації припливу вуглеводнів із урахуванням властивостей низькопористого теригенного колектора і газоконденсатної суміші. Нами одержані наступні основні результати.

1. Отримані чисельні значення капілярного градієнта і сорбованого об'єму газу в залежності від радіуса порового каналу.

2. Визначено, що збільшення конденсатонасиченості, розраховане за результатами гідродинамічних досліджень на усталених режимах в залежності від значень вибійного тиску, відбувається у привибійній зоні пласта через певний час. Це ж саме підтверджує і обробка даних нестаціонарних досліджень.

3. Існує оптимальний режим циклічної дії, коли вибір величини депресії відповідає часові існування аерозолу у поровому каналі. В залежності від фільтраційно-смнісної характеристики і властивостей газоконденсатної суміші тривалість циклу із урахуванням часу нестабільності аерозолу до його випадіння на стінки порового каналу становитиме для значень пористості $5\div 6\%$ – $1000\div 1100$ с, для пористості $8\div 9\%$ – $1800\div 2100$ с.

4. Визначено, що в залежності від радіуса зони проникнення для її розформування однієї циклічної дії може бути цілком достатньо. При більших значеннях радіуса зони проникнення необхідно збільшувати дальність дії закачкою двооксиду вуглецю.

5. Вибрано метод інтенсифікації припливу вуглеводнів комплексною фізико-хімічною барообробкою із використанням двооксиду вуглецю. Циклічна дія сприяє вилученню фільтрату, а врахування часу нестабільності аерозолу оптимізує її дію.

6. Модельними експериментами із циклічної дії двооксидом вуглецю на зразки теригенних порід-колекторів встановлено:

- циклічна дія двооксидом вуглецю відновлює або збільшує проникність за рідиною після забруднення фільтратом;
- газопроникність збільшується в 4-5 разів;
- визначена необхідна кількість циклів, вона становить 15.

7. Оптимізовані параметри комплексної фізико-хімічної барообробки із використанням двооксиду вуглецю із урахуванням часу нестабільності аерозолу до його випадіння на стінки порового каналу. В залежності від геолого-промислових умов необхідний об'єм закачуваного скрапленого двооксиду вуглецю становитиме $2,5\text{-}3,5$ м³ на 1 метр ефективної товщини пласта.

8. Визначено, що в залежності від промислової характеристики об'єкта може бути використана для розблокування зони проникнення проста барообробка,

барообробка із закачкою скрапленого двооксиду вуглецю в один цикл і при значних радіусах зони проникнення закачка його в 2-3 цикли.

9. Для практичного впровадження подаються “Єдині правила визначення параметрів комплексної фізико-хімічної барообробки із використанням двооксиду вуглецю” і затверджена на виробництві “Програма комплексної фізико-хімічної барообробки із використанням двооксиду вуглецю” для виводу з освоєння в дослідно-промислому експлуатацію горизонту В-22 свердловин № 2, 3 Луценківські.

10. Очікуваний економічний ефект в залежності від геолого-промислових умов становитиме 400-700 тис. гривень.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Шевченко І.М. Властивості граничного шару низькопористого колектора і його вплив на вибір методу інтенсифікації припливу // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. - 1997. - № 34. - С. 203-206.

2. Шевченко І.М. Вибір оптимального методу обробки результатів дослідження газоконденсатної свердловини // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. - 1999. - Вип. 36. - С. 206-208.

3. Шевченко І.М., Леонтєв О.В., Щукін М.В., Яремійчук Р.С. Про поглинання, які виникають при одночасному освоєнні нафтових пластів з наявністю двох прошарків з різною проникністю і “слабких” екранів // Нафтова і газова промисловість. - 2000. - № 1. - С. 42-43. (особистий внесок – застосування фізико-математичної моделі до конкретних геолого-промислових умов (40%))

4. Шевченко І.М., Яремійчук Р.С. Визначення основних факторів, які впливають на успішність розкриття низькопористих колекторів // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. - Івано-Франківськ. - 2001. - Вип. 38. (Том 2). - С. 108-112. (особистий внесок – підготовка та узагальнення промислового матеріалу, побудова залежностей і визначення кореляцій (70%))

5. Яремійчук Р.С., Шевченко І.М. Порівняння тривалості нестабільності аерозолу та часу збільшення газоконденсатонасиченості в привибійній зоні пласта в процесі зниження вибійного тиску // Науковий вісник ІФНТУНГ.- Івано-Франківськ. - 2002. - №1. - С. 29-31. (особистий внесок – обробка результатів гідродинамічних досліджень і співставлення із часом існування аерозолу у зваженому стані (50%))

6. Шевченко І.М., Щукін М.В., Вакарчук С.Г. Співставлення даних лабораторних досліджень пористості і проникності зразків теригенних порід Луценківсько-Мехедівсько-Свиридівської зони // Збірник робіт Міжнародної наукової конференції молодих вчених та спеціалістів “Нафтогазова геологія та геофізика України – погляд у нове тисячоліття”. - Чернігів: Чернігівське відділення УкрДГРІ. - 2000. - С.84-85

(*особистий внесок* – узагальнення результатів досліджень, визначення кореляцій та якісна оцінка їх результатів для геолого-промислового процесу (50%))

АНОТАЦІЯ

Шевченко І.М. Особливості інтенсифікації припливу вуглеводнів в процесі освоєння газоконденсатного низькопористого теригенного колектора. – 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, 2004.

Дисертацію присвячено питанням вибору методу інтенсифікації припливу вуглеводнів з газоконденсатних низькопористих теригенних колекторів. На основі визначення конденсатонасиченості за результатами гідродинамічних досліджень на усталених режимах і співставлення з результатами гідродинамічних досліджень на неусталених режимах оцінено тривалість нестабільності аерозолі. Це є час, який проходить до випадіння газоконденсату із зваженого аерозолі на стінки порового каналу. Рекомендується застосування циклічної дії з метою збільшення припливу. Тривалість циклу не повинна бути більшою за час існування аерозолі у поровому каналі. З метою відновлення і збільшення проникності з урахуванням фізико-хімічних властивостей низькопористого колектора і газоконденсатної суміші найдоцільніше використовувати комплексну фізико-хімічну барообробку із використанням двооксиду вуглецю. Проведені лабораторні експерименти на низькопористих зразках, забруднених фільтратом промивної рідини, підтверджують ефективність циклічної дії двооксидом вуглецю.

Ключові слова: метод інтенсифікації, низькопористий колектор, гідродинамічні дослідження, аерозоль, двооксид вуглецю.

АННОТАЦИЯ

Шевченко И.Н. Особенности интенсификации притока углеводородов в процессе освоения газоконденсатного низкопористого теригенного коллектора. – 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, 2004.

Диссертация посвящена вопросам выбора метода интенсификации притока углеводородов из газоконденсатных низкопористых теригенных коллекторов (на примере объектов поисково-разведочных скважин визейских и турнейских

отложений нижнего карбона Днепровско-Донецкой впадины). Впервые в диссертации проведено обобщение низкопористого терригенного коллектора по его физико-химическим свойствам в единое понятие. Оно выражается в совокупности капиллярных, осмотических, электрокинетических эффектов, массообменных процессов и адсорбционных свойств. Рассмотрение микронеоднородности пористой среды и макронеоднородности пористого пространства выводит диапазон радиуса порового канала. Определено, что увеличение конденсатонасыщенности, рассчитанное по результатам гидродинамических исследований на установившихся режимах в зависимости от значений забойного давления, происходит через определенное время. То же самое подтверждает и обработка нестационарных исследований. На основе определения конденсатонасыщенности по результатам гидродинамических исследований на установившихся режимах и сопоставления его с результатами гидродинамических исследований на неустановившихся режимах определена длительность нестабильности аэрозоля. Это время, которое проходит до выпадения конденсата из взвешенного аэрозоля на стенки порового канала. Рекомендуется использование циклического действия с целью увеличения притока. Длительность цикла должна быть меньше, чем время существования аэрозоля. На основе анализа промысловых данных, математических методов и лабораторных экспериментов установлено, что наибольшее ухудшение фильтрационной характеристики призабойной зоны пласта происходит за счет действия значительных репрессий, большой их длительности, а также влияния электрокинетических и капиллярных эффектов, осмотических процессов. Получены численные значения капиллярного градиента и сорбированного объема газа в зависимости от радиуса порового канала. С целью восстановления и увеличения проницаемости с учетом физико-химических свойств низкопористого коллектора и газоконденсатной смеси наиболее целесообразно применять комплексную физико-химическую барообработку с использованием диоксида углерода. Определено, что в зависимости от радиуса зоны проникновения фильтрата бурового раствора для ее расформирования циклического действия может быть вполне достаточно. При больших значениях радиуса зоны проникновения необходимо увеличивать дальность действия закачкой диоксида углерода. Учет времени нестабильности аэрозоля оптимизирует влияние циклического действия. Проведенные лабораторные эксперименты на низкопористых образцах, загрязненных фильтратом промывочной жидкости, подтверждают эффективность циклического действия диоксидом углерода. Газопроницаемость образца увеличивается в 4-5 раз. По результатам этих исследований определено необходимое количество циклов. Оно составляет 15. Из результатов данных исследований сделано вывод о том, что чем меньше поры, тем больше проявляются

физико-химические свойства низкопористого коллектора, что подтверждает понятие данное выше. Кроме восстановления или увеличения начальной проницаемости, данные исследования подтверждают эффективность циклического действия газом, которое способствует также удалению эмульсии из пористой среды. Если проницаемость может увеличиваться за счет длительной продувки и очистки газом, циклическое действие требует меньше времени и затрат. К тому же оно позволяет определять эффективность действия на продуктивный объект на каждом цикле. Перенесение результатов моделирования на натурные условия должно увеличить эффективность комплексной физико-химической барообработки. Переход от физико-химических свойств к технологии интенсификации осуществлен: уменьшением капиллярных градиентов путем применения диоксида углерода в процессе освоения, снижением осмотических эффектов путем применения раствора бишофита при бурении и вскрытии пласта. Достигается снижение электрокинетических эффектов путем применения диоксида углерода для предупреждения набухания глинистых включений пород-коллекторов. Оптимизированы параметры комплексной физико-химической барообработки с использованием диоксида углерода с учетом времени нестабильности аэрозоля до его выпадения на стенки порового канала. Существует оптимальный режим циклического действия, когда выбор величины депрессии отвечает времени существования аэрозоля в поровом канале. В зависимости от фильтрационно-емкостной характеристики и свойств газоконденсатной смеси длительность цикла будет составлять для значений пористости 5÷6 % – 1000÷1100 с, для пористости 8÷9% – 1800÷2100 с. В зависимости от геолого-промысловых условий необходимый объем закачиваемого диоксида углерода будет составлять 2,5-3,5 м³ на 1 метр эффективной толщины пласта. Определено, что в зависимости от промысловой характеристики объекта может быть использована для разблокирования зоны проникновения простая барообработка, барообработка с закачкой диоксида углерода в один цикл и при значительных радиусах зоны проникновения закачка его в 2-3 цикла.

В производство рекомендуются для внедрения “Единые правила определения параметров комплексной физико-химической барообработки с использованием диоксида углерода” и “Программа комплексной физико-химической барообработки с использованием диоксида углерода”.

Ключевые слова: метод интенсификации, низкопористый коллектор, гидродинамические исследования, аэрозоль, диоксид углерода.

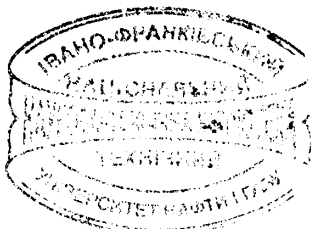
THE SUMMARY

Igor M. Shevchenko. Characters of intensification of hydrocarbons influx in exploration process of gascondensate lowporosity siliciclastic reservoir. – Manuscript.

Thesis for a candidate degree by speciality 05.15.06 – Development of oil and gas fields. – Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas, Ivano-Frankivsk, 2004.

The dissertation is devoted to choice of intensification method of hydrocarbons influx from gascondensate lowporosity siliciclastic reservoirs. Duration of aerosol unstability is evaluated on basis of determination of condensate saturation from production tests and it's comparison with results from build-up of pressure. This is a time, which going untill dropping gascondensate from weighed state on pore channel walls. Application of cyclical influence is recommended with purpose of iflux increasing. Duration of cycle do not may be great from existence time of aerosol. With purpose of restoration and increasing of permeability with registration of physical-chemical properties of lowporosity reservoir and gascondensate composition to the point using of complex physical-chemical baroprocessing with carbon dioxide. Laboratory tests made on lowporosity cores, which are poluted by mud filtrate, confirmed effectivity of cyclical influence by carbon dioxide.

Key words: intensification method, lowporosity reservoir, hydrodynamic well-testings, aerosol, carbon dioxide.



an778