



УКРАЇНА

(19) UA (11) 84180 (13) C2
(51) МПК
E21B 43/243 (2006.01)
E21B 43/24 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ ПЛАСТА

1

(21) а200607059
(22) 26.06.2006
(24) 25.09.2008
(46) 25.09.2008, Бюл.№ 18, 2008 р.
(72) ЗАРУБІН ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA, КЛЮК
БОГДАН ОЛЕКСІЙОВИЧ, UA, ЄГЕР ДМИТРО
ОЛЕКСАНДРОВИЧ, UA
(73) ДОЧІРНЄ ПІДПРИЄМСТВО "НАУКОВО-
ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ НАФТОГАЗОВОЇ ПРО-
МИСЛОВОСТІ" НАЦІОНАЛЬНОЇ АКЦІОНЕРНОЇ
КОМПАНІЇ "НАФТОГАЗ УКРАЇНИ", UA
(56) UA 28371, C2, 15.11.2001
UA 46425, A, 15.05.2002
RU 1353022, C, 27.03.1995
RU 2034135, C1, 30.04.1995
US 4099566, 11.07.1978
US 3126957, 31.03.1964
RU 2168619, C1, 10.06.2001
US 5240075, A, 31.08.1993
(57) 1. Спосіб теплової обробки пласта, що вклю-
чає нагнітання окисника у нагнітальну свердловин-
ну, створення зони горіння і відбір продукції з ви-

2

добувних свердловин, який відрізняється тим, що
зону горіння створюють у насиченому паливом
пористому матеріалі, яким заповнюють стовбур
нагнітальної свердловини, а після завершення
процесу горіння здійснюють переміщення сфор-
мованої зони тепла в напрямку до видобувних
свердловин.

2. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що
пористим матеріалом заповнюють горизонтальну
частину стовбура нагнітальної свердловини.

3. Спосіб за п. 2, який відрізняється тим, що
пористим матеріалом заповнюють горизонтальну
необсажену частину стовбура нагнітальної
свердловини.

4. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що як
пористий матеріал використовують дисперсний
матеріал.

5. Спосіб за п. 4, який відрізняється тим, що як
дисперсний матеріал використовують водорозчин-
ний матеріал.

6. Спосіб за п. 1, який відрізняється тим, що по-
ристий матеріал включає каталітичні домішки.

Винахід стосується способів теплової обробки
пласта, зокрема технології утворення тепла шля-
хом окислення вуглеводнів і може бути застосова-
ний для збільшення видобутку газового конденса-
ту та нафти, а також підвищення кінцевого
вилучення вуглеводнів у нафтогазовидобувній
промисловості.

Під час видобутку нафти з пластів значна її
частина залишається не вилученою з різних при-
чин, зокрема через неповне охоплення пласта
дією як по товщині, так і по площі внаслідок його
неоднорідності, а також через наявність залишко-
вої нафти в охоплених частинах пласта, яка утри-
мується в поровому просторі капілярними та пове-
рхневими силами. У процесі розробки
газоконденсатних родовищ у міру того, як відбува-
ється зниження пластового тиску, частина вугле-
воднів переходить у рідку фазу, так званий "газо-
вий конденсат", і внаслідок низького ступеня

насичення нею порового простору стає нерухомою
та залишається у пласті.

До основних технологій підвищення повноти
вилучення рідких вуглеводнів відносяться теплові
способи дії на пласт. В залежності від того, як
створюється джерело тепла, технології розподі-
ляють на дві групи: перша - тепло в пласт вво-
диться з поверхні шляхом нагнітання гарячої води
або пари, друга - тепло утворюється безпосеред-
ньо у пласті внаслідок окислення вуглеводнів (вну-
трішньопластове горіння).

Відомий спосіб обробки пластів з використан-
ням внутрішньопластового горіння, що включає
нагнітання у пласт окислювача, нагрів присверд-
ловинної зони пласта (спеціальними засобами або
без них), створення зони горіння у пласті, підтри-
мання процесу горіння і переміщення зони горіння
в сторону видобувних свердловин [Довідник з на-
фтогазової справи /За заг. ред. Бойка В.С., Конд-

(13) C2

(11) 84180

(19) UA

рата Р.М., Яремійчука Р.С. - Львів, 1996. - С. 273-274].

Недоліком цього способу є те, що для його реалізації у пласті повинні міститися в достатній кількості важкі компоненти нафти, з яких утворюється коксоподібний вуглеводневий залишок, що є основним горючим матеріалом для внутрішньопластового горіння. Крім того, необхідно, щоб колектор мав достатню пористість і проникність, оскільки, наприклад, в карбонатних породах застосування даного способу можливе лише після створення штучної тріщинуватості (гідророзрив тощо) пласта. Цей спосіб, як правило, застосовують для розробки родовищ з високов'язкою нафтою або бітумом, і він малоефективний при вилученні легкої нафти та конденсату.

Також відомий, вибраний як прототип, спосіб розробки нафтового покладу, згідно з яким на родовищі бурять нагнітальні і видобувні свердловини, через одну нагнітальну свердловину нагнітають окислювач, створюють зону горіння у пласті, підтримують процес горіння шляхом періодичного нагнітання нафти у пласт і переміщують зону горіння в сторону видобувних свердловин шляхом нагнітання окислювача або окислювача і води (вологе горіння) в пласт через нагнітальну свердловину [Патент Російської Федерації №1353022, МПК6 E21B43/24, 1995]. Періодичне нагнітання палива стабілізує процес горіння і збільшує охоплення пласта тепловою дією. Але необхідність постійної доставки палива в зону горіння ускладнює проведення процесу обробки і потребує використання додаткової техніки. Крім того, неможливо забезпечити рівномірність розподілу нафти у пласті, оскільки вона залежить від структури колектора і зазвичай розподіляється нерівномірно, що погіршує процес стійкого горіння і знижує коефіцієнт охоплення пласта тепловою дією.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу теплової обробки пласта шляхом створення у стовбурі нагнітальної свердловини пористого середовища, рівномірно насиченого паливом, що дозволить забезпечити стійке джерело горіння, формування теплової облямівки визначених розмірів і прогрів пласта до необхідної температури, що, тим самим, забезпечить підвищення коефіцієнта нафтовіддачі і конденсатовіддачі пласта.

Поставлена задача вирішується тим, що у способі теплової обробки пласта, що включає нагнітання окислювача в нагнітальну свердловину, створення зони горіння і відбір продукції з видобувних свердловин, згідно з винаходом зону горіння створюють у насиченому паливом пористому матеріалі, яким заповнюють стовбур нагнітальної свердловини, а після завершення процесу горіння здійснюють переміщення сформованої зони тепла в напрямку до видобувних свердловин. При цьому як пористий матеріал використовують дисперсний матеріал, а як паливо для його насичування використовують нафту або суміш вуглеводнів.

В залежності від конструкції нагнітальної свердловини і розрахункової температури, яку потрібно забезпечити в зоні горіння, пористим матеріалом заповнюють вертикальну і/або горизонтальну

частину стовбура нагнітальної свердловини, і/або горизонтальну необсаджено частину стовбура. Для прискорення реакції окислення вуглеводнів до складу пористого матеріалу в окремих випадках включають каталітичні домішки, такі як нікель або цинк, або хром, або залізо та інші.

За рахунок наявності дисперсного матеріалу значно підвищується швидкість його насичення нафтою. При цьому досягається рівномірність насичення всього середовища при одночасному збереженні проникності, що забезпечує підвищення рівномірності та швидкості загорання палива при нагнітанні окислювача, а також відповідно збільшення теплової віддачі під час горіння нафти, що міститься у пористому середовищі, внаслідок взаємодії нафти з окислювачем.

Процес генерування тепла стає керованим. Тепло, що виділяється за рахунок згорання важких компонентів нафти, переноситься у пласт і забезпечує його прогрів до температур, при яких відбуваються процеси випаровування легких компонентів, до яких відноситься і газовий конденсат, термічний крекінг та піроліз важких вуглеводневих компонентів нафти, зниження дії капілярних та поверхневих сил, що в подальшому сприяє повноті вилучення нафти з пласта.

Пористе середовище всередині стовбура свердловини створюють шляхом намішування термічно стійкого дисперсного матеріалу, наприклад кварцового піску, в стовбур свердловини. Пористе середовище заповнюють сировою нафтою або сумішшю вуглеводнів з такими властивостями, які забезпечують формування стійкого джерела горіння. Теоретично було розраховано і експериментально підтверджено, що для стійкого внутрішньопластового горіння у пористому середовищі після випаровування легких компонентів нафти повинно залишатися не менше 8-12 кг палива на 1 м^3 пористого матеріалу. Така кількість палива може бути утворена, якщо пористий матеріал насичувати нафтою або сумішшю вуглеводнів з густиною не менше 850 кг/м^3 з вмістом важких вуглеводнів.

Ініціювання горіння за розробленим способом може здійснюватися внаслідок самозапалювання. При нагнітанні повітря в насичене важкою нафтою пористе середовище свердловини проходять низькотемпературні екзотермічні реакції окислення вуглеводнів киснем повітря. Тепло, що при цьому виділяється, акумулюється у вузькій зоні. Повітря, фільтруючись через зону, насичену паливом, забезпечує його поступове горіння у стовбурі свердловини. У міру подальшого нагнітання повітря у свердловину ця зона поступово переміщується. В результаті вигорання палива джерело горіння переміщується вглибину по стовбурі свердловини. Відповідно до закономірностей перенесення тепла в пористому середовищі, температура в зоні акумуляції тепла поступово підвищується, і при відповідних умовах вона досягає рівня, достатнього для стійкого горіння. Тепло, яке виділяється під час горіння, переноситься продуктами горіння та вуглеводнями, які випаровуються при підвищенні температури внаслідок горіння, по пласту, забезпечуючи випаровування конденсату, що випав, і подальший його винос у видобувні свердловини.

Після ініціювання процесу стійкого горіння нафти продовжують нагнітання окислювача у свердловину. Тепло, що виділяється при горінні, продуктами горіння та вуглеводнями, які випаровуються при підвищенні температури внаслідок горіння, переноситься в зону локалізації тепла (зону теплової облямівки), яка, в залежності від умов теплового переносу, знаходиться або за, або перед джерелом горіння. При цьому певний час температура в зоні локалізації тепла поступово зростає, потім стабілізується, але продовжується розширення зони теплової облямівки.

У міру того, як переміщується теплова облямівка, відбувається процес випаровування конденсату, який початково насичував пласт, внаслідок чого газ збагачується парами важких вуглеводнів. Так як швидкість руху газу, насиченого парами конденсату, більша за швидкість пересування зони теплової облямівки, то він попадає в зону пласта з початковою температурою, відмінною від температури, яка формується всередині зони теплової облямівки. В цій зоні пласта проходить зворотна конденсація вуглеводнів. Внаслідок цього перед фронтом високотемпературної зони формується зона з високою насиченістю - вал конденсату, яка пересувається в напрямку лінії відбору конденсату до видобувних свердловин.

Спосіб реалізують наступним чином.

В залежності від умов розробки родовища (колекторських властивостей пласта, властивостей пластових флюїдів, розподілу насиченості ними пласта, розташування свердловин тощо) шляхом моделювання теплових та фільтраційних процесів визначають оптимальні розміри теплової облямівки і температуру в ній, необхідні для забезпечення повноти вилучення вуглеводнів і відповідну кількість тепла, яку потрібно ввести в пласт для її формування.

В залежності від необхідної кількості тепла і температури шляхом термодинамічних розрахунків визначають вимоги до пористого середовища в стовбурі свердловини та палива, яким воно буде насичено, і яке в подальшому буде спалюватися. Відповідно визначають і кількість окислювача, який потрібно буде закачати у свердловину для спалювання палива.

Створюють пористе середовище у стовбурі нагнітальної свердловини шляхом намівання дисперсного матеріалу або дисперсного матеріалу, що включає каталітичні елементи, наприклад нікель, цинк, хром, залізо тощо. Конкретний матеріал обирають з урахуванням вимог для формування стійкого джерела горіння.

Якщо після завершення теплової обробки необхідно звільнити стовбур свердловини від матеріалу, з якого формують пористе середовище для забезпечення горіння, у цьому випадку як дисперсний матеріал використовують водорозчинні дисперсні матеріали, наприклад, водорозчинні солі, такі як хлориди або нітрати калію або кальцію, або амонію тощо.

Ініціюють процес горіння шляхом нагнітання окислювача, як правило повітря, у нагнітальну свердловину, а, у разі необхідності, здійснюють попереднє прогрівання свердловини з використанням відомих засобів. Після цього забезпечують подальше нагнітання окислювача, причому з таким витрачанням, щоб забезпечити процес стійкого горіння. Нагнітання окислювача продовжують до повного завершення процесу горіння. У разі необхідності створення теплової облямівки великих розмірів процес насичення пористого середовища паливом і нагнітання окислювача повторюють, після чого сформовану зону тепла переміщують у напрямку до видобувних свердловин будь-яким із відомих способів, наприклад, шляхом нагнітання води у свердловину.