



УКРАЇНА

(19) UA (11) 83938 (13) C2  
(51) МПК (2006)  
E21B 43/16  
E21B 43/22 (2008.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ОБРОБКИ НЕОДНОРІДНИХ ЗА ПРОНИКНІСТЮ ПРОДУКТИВНИХ НАФТОНОСНИХ ПЛАС-  
ТІВ

1

2

(21) а200613539

(22) 20.12.2006

(24) 26.08.2008

(46) 26.08.2008, Бюл.№ 16, 2008 р.

(72) КІСІЛЬ ІГОР СТЕПАНОВИЧ, UA, КРИЖАНІВ-  
СЬКИЙ ЄВСТАХІЙ ІВАНОВИЧ, UA, КІСІЛЬ РОМАН  
ІГОРОВИЧ, UA

(73) ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАФТИ І ГАЗУ, UA

(56) UA 30379, A, 15.11.2000

UA 73358, C2, 15.07.2005

SU 1438301, A1, 10.06.1996

RU 2182653, C1, 20.05.2002

UA 34127, C2, 15.06.2004

SU 1104243, 23.07.1984

SU 1680958, 30.09.1991

SU 1693230, 23.11.1991

RU 2005116140, 20.11.2006

Нефтяное хозяйство, №9, 2000, с. 55-56

Соколовский Э.В., Соловьев Г.Б., Жужлев М.А.,  
Батырбаев М.Д., Дердуга В.С. Применение инди-  
каторного метода для исследования процесса  
заводнения месторождения Узень // Нефтепромы-  
словое дело. - М., 1980. - Вып. 11. - С. 6-7.

(57) Спосіб обробки неоднорідних за проникністю  
продуктивних нафтоносних пластів, що включає  
послідовне нагнітання водного розчину полімеру,  
водного розчину поверхнево-активної речовини і  
води, який відрізняється тим, що у всі водонагні-

тальні свердловини нафтоносного продуктивного  
пласта, який задіяний куцковою насосною станцією  
системи підтримання пластового тиску, почерго-  
во закачують водний розчин індикаторного реаген-  
ту, на основі аналізу продукції видобувних нафто-  
вих свердловин визначають гідравлічні зв'язки між  
водонагнітальними і видобувними свердловинами,  
як розчин поверхнево-активної речовини вибира-  
ють 1-2%-ний водний розчин Ріпоксу-6, на основі  
встановлених гідравлічних зв'язків, віддалей між  
свердловинами, проникності і потужності продук-  
тивного пласта, а також заданого контуру охоп-  
лення водним розчином Ріпоксу-6 розраховують  
об'єм розчину поліакриламід для заповнення по-  
рового простору високопроникних колекторів пла-  
ста і об'єм водного розчину Ріпоксу-6, закачують у  
всі водонагнітальні свердловини розраховані об'-  
єми водного розчину поліакриламід, зупиняють  
процес закачування водного розчину поліакрила-  
мід на 24-36 години для загущення розчину полі-  
акриламід у високопроникних порах нафтоносно-  
го пласта, закачують у всі водонагнітальні  
свердловини розраховані об'єми водного розчину  
Ріпоксу-6, зупиняють процес закачування водного  
розчину Ріпоксу-6 на 36-48 години для гідрофілі-  
зації породи пласта водним розчином Ріпоксу-6,  
після чого відновлюють закачування води у всі  
водонагнітальні свердловини.

Винахід відноситься до нафтогазовидобувної  
галузі, а саме: до обробок неоднорідних за прони-  
кністю продуктивних нафтоносних пластів.

Для підтримання пластового тиску в продук-  
тивний нафтоносний пласт, з якого видобувається  
нафта і газ і в результаті чого пластовий тиск і,  
відповідно, видобуток вуглеводнів з якого зменшу-  
ється, здійснюють закачування технічної або пла-  
стової води, яку видобувають за допомогою спеціа-  
льних водозабірних свердловин з інших  
водонасичених пластів. Закачування води після її  
підготовки здійснюють за допомогою куцкових на-

сосних станцій через водонагнітальні свердловини.  
В результаті пластовий тиск підвищується,  
нафтовіддача нафтоносних пластів зростає, що  
приводить до зростання дебіту експлуатаційних  
нафтових свердловин. Однак після тривалого ре-  
жиму роботи системи „водозабірні свердловини -  
куцова насосна станція - водонагнітальні сверд-  
ловини - експлуатаційні нафтові свердловини”  
процентний вміст нафти у продукції експлуатацій-  
них нафтових свердловин зменшується, незважа-  
ючи на високі пластові тиски і значні кількості за-  
качуваної води. Це викликано тим, що в результаті

(13) C2

(11) 83938

(19) UA

процесу закачування " циркуляції закачуваної води в нафтоносних пластах виникають високопроникні канали, через які вода при малих гідравлічних опорах проходить від водонагнітальних свердловин до експлуатаційних нафтових свердловин, а кількість наявної в цих каналах нафти, яка залишилася там у вигляді плівок на стінках високопроникних каналів, суттєво зменшується. В результаті продукція експлуатаційних нафтових свердловин є суттєво обводненою (до 95% води і більше).

Відомий спосіб використання поверхнево-активних речовин для витиснення залишкової нафти із нафтоносних пластів [Л.С.Бриллиант, Н.Р.Старкова, А.О.Гордеев, В.Г.Новожилов. Исследование свойств низкоконцентрированных растворов ПАВ и композиций на их основе для вытеснения остаточной нефти («Нефтяное хозяйство», №9, 2000.- С.55-56], згідно з яким у нафтоносні обводнені пласти закачують водний низькоконцентрований (до 1%) розчин реагента МДС (готовий реагент із іоноактивною поверхнево-активною речовини, наприклад, сульфонулу і лугу NaOH). Цей розчин МДС дозволяє отримати відмиваючу здатність до 95%, тобто на першій стадії його застосування відбувається додаткове відмивання нафти зі стінок пор нафтоносного пласта, що призводить до збільшення процентного вмісту нафти у продукції експлуатаційних нафтових свердловин.

Недоліком такого способу відмивання залишкової нафти є те, що через деякий час обводненість продукції експлуатаційних нафтових свердловин знову збільшується, оскільки водний розчин МДС продовжує циркулювати по раніше сформованих водою високопроникних каналах у нафтоносному пласті і відмиває нафту тільки в цих каналах, а не проникає в низькопроникні ділянки нафтоносного пласта.

Найбільш близьким до запропонованого є відомий спосіб обробки неоднорідних за проникністю продуктивних пластів, що включає послідовне нагнітання водного міцелярного розчину, розчину полімеру та води, а як розчин полімеру передбачає використання суміші гамма-опроміненого поліакриламід у 2-8% по нафтових сульфонатах міцелярному розчині, після якого у пласт додатково нагнітають другу порцію водного міцелярного розчину, а як воду використовують або прісну, або пластову воду, або їх суміш [патент України №34127А, Е21В43/27 Спосіб обробки неоднорідних по проникності продуктивних пластів, 15.02.2001, бюл. №1, 2001р.].

Використання запропонованого способу дозволяє селективне діяти лише на весь продуктивний пласт однієї свердловини (одночасно на високопроникний і низькопроникний пропластки цього пласта), збільшити коефіцієнт витиснення нафти із привибійної зони однієї свердловини, проводити блокування високопроникних пропластків пласта виключно у перфораційних отворах цієї свердловини, що забезпечує ефективне їх деблокування.

Недоліком вказаного способу є те, що він ефективно може бути застосований лише для проведення обробок привибійних зон продуктивних пластів водонагнітальних свердловин, а не всього нафтоносного пласта чи його певної ділянки, які

охоплені системою підтримування пластового тиску з використанням кушової насосної станції, а як розчин поверхнево-активної речовини передбачає використання тільки водного міцелярного розчину нафтових сульфонатів, який має незадовільні відмивні властивості на межі контакту із пластовою нафтою і породою нафтоносного пласта різних нафтових родовищ.

В основу винаходу покладено задачу вдосконалення способу обробки неоднорідних за проникністю продуктивних нафтоносних пластів, який дозволив би використовувати як розчин поверхнево-активної речовини водний розчин Ріпоксу-6, а також дозволив би задіяти обробкою всю нафтоносну ділянку пласта, що охоплена системою підтримування пластового тиску з використанням технологічного обладнання кушової насосної станції. Це дасть можливість підвищити нафтовіддачу пласта по всій його площі.

Задача вирішується завдяки тому, що у способі обробки неоднорідних за проникністю продуктивних нафтоносних пластів, що включає послідовне нагнітання водного розчину полімеру, водного розчину поверхнево-активної речовини і води, згідно з винаходом у всі водонагнітальні свердловини нафтоносного продуктивного пласта, який задіяний кушовою насосною станцією системи підтримування пластового тиску, по чергово закачують водний розчин індикаторного реагента, на основі аналізу продукції видобувних нафтових свердловин визначають гідравлічні зв'язки між водонагнітальними і видобувними свердловинами, як розчин поверхнево-активної речовини вибирають 1-2%-ий водний розчин Ріпоксу-6, на основі встановленні гідравлічних зв'язків, віддалей між свердловинами, проникності і потужності продуктивного пласта, а також заданого контуру охоплення водним розчином Ріпоксу-6 розраховують об'єм розчину поліакриламід для заповнення порового простору високопроникних колекторів пласта і об'єм водного розчину Ріпоксу-6, закачують у всі водонагнітальні свердловини розраховані об'єми водного розчину поліакриламід, зупиняють процес закачування водного розчину поліакриламід на 24-36 год. для загущення розчину поліакриламід у високопроникних порах нафтоносного пласта, закачують у всі водонагнітальні свердловини розраховані об'єми водного розчину Ріпоксу-6, зупиняють процес закачування водного розчину Ріпоксу-6 на 36-48 год. для гідрофілізації породи пласта водним розчином Ріпоксу-6, після чого відновлюють закачування води у всі водонагнітальні свердловини.

Використання запропонованого способу дозволить створити нові гідравлічні зв'язки між водонагнітальними і експлуатаційними нафтовими свердловинами через незадіяні раніше у видобутку нафтоносні ділянки продуктивного пласта. В результаті зросте реальна нафтовіддача пласта, зменшиться обводненість продукції видобувних свердловин, а також зменшиться об'єм закачуваної води у продуктивний пласт для підтримування пластового тиску.

Це обумовлено тим, що в'язкість водного розчину поліакриламід після його розчинення у воді і

певної витримки в часі і при перебуванні у статичі зросте, а внаслідок набухання поліакриламід убудеться його зчеплення із стінками високопроникних каналів продуктивного пласта. Подальше закачування водного розчину Ріпоксу-6 приведе до утворення у низькопроникних колекторах нафтоносного пласта нових каналів для фільтрації нафти. Наявність у воді Ріпоксу-6 в результаті гідрофілізації водним розчином Ріпоксу-6 стінок колектора пласта призведе до ефективного відмивання цим розчином нафти у новостворених каналах, яка в подальшому буде витискуватись закачуваною водою в напрямку до видобувних свердловин.

Вибір концентрації поліакриламід у водних розчинах для закачування здійснюють шляхом проведення експериментальних досліджень, наприклад, на витисній установці з використанням реальних кернів породи продуктивного пласта, а також на основі результатів вимірювання міжфазного натягу на межі контакту між пластовою нафтою і водним розчином Ріпоксу-6 при пластових умовах. Ріпокс-6 - це неіоногенна поверхнево-активна речовина, яка синтезована із ріпакової олії і, на відміну від концентрату нафтових сульфонатів, який є іоногенним, має високі відмивні властивості на всіх границях розділу фаз (незалежно від хімічного складу пластової нафти, води і породи нафтоносного пласта).

За оптимальну концентрацію розчину поліакриламід у водному розчині вибирають таку, при якій перепад тиску на керні породи при прокачуванні через нього водного розчину поліакриламід у порівнянні із прокачуванням води при такій же швидкості фільтрації зросте приблизно у 1,2...1,3 рази.

За оптимальну концентрацію Ріпоксу-6 у водному розчині для закачування вибирають таку, при якій міжфазний натяг при пластових умовах на межі контакту пластова нафта - водний розчин Ріпоксу-6 досягне мінімального усталеного значення (наприклад, 0,1-0,25 мН/м, при цьому концентрація Ріпоксу-6 у воді буде знаходитися в діапазоні 1-2%) з урахуванням коефіцієнта адсорбції Ріпоксу-6 на стінках механічного обладнання в процесі закачування.

Як індикаторні реагенти для дослідження гідравлічних зв'язків між водонагнітальними і експлуатаційними нафтовими свердловинами використовують, наприклад, азотні сполуки (аміачна селітра  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ , сечовина  $\text{H}_2\text{NCONH}_2$ , тіосечовина  $\text{H}_2\text{NSCNH}_2$ ), які після закачування повинні бути у продукції видобувних нафтових свердловин.

Кількість необхідного поліакриламід для часткового закупорювання високо проникних каналів нафтоносних пластів розраховують з урахуванням визначеної згідно вище приведеного його концентрації у водному розчині, віддалей між водонагнітальними і експлуатаційними свердловинами, в продукції яких були виявлені індикаторні реагенти, потужності продуктивного пласта, пористості його високо проникних колекторів.

Кількість водного розчину Ріпоксу-6 для закачування розраховують з урахуванням визначеної згідно вищеприведеного оптимальної концентрації

Ріпоксу-6 у водному розчині, а також величини заданого контуру охоплення водним розчином Ріпоксу-6 продуктивного пласта.

Технологічна схема закачування водного розчину поліакриламід і водного розчину Ріпоксу-6 показана на фіг., де 1 - резервуар ємністю  $100\text{м}^3$  для зберігання Ріпоксу-6 100%-ої концентрації, 2 - резервуар ємністю  $20\text{м}^3$  для зберігання водного розчину поліакриламід 50%-ої концентрації, 3 - дозуючі насоси (НД 1,0-160/160), 4 - засувки низького тиску (робочий тиск  $\leq 1,0\text{МПа}$ ), 5 - засувки високого тиску (робочий тиск  $\leq 16\text{МПа}$ ), 6 - трубопровід високого тиску (робочий тиск  $\leq 16\text{МПа}$ ), 7 - водонагнітальні трубопроводи (робочий тиск  $\leq 16\text{МПа}$ ), 8 - водорозподільна гребінка, 9 - насосні агрегати кушової насосної станції, 10 - трубопроводи низького тиску (робочий тиск  $\leq 1,0\text{МПа}$ ), 11 - зворотний клапан (робочий тиск  $\leq 20\text{МПа}$ ), 12 - рідинні лічильники.

Технологія реалізації запропонованого способу з використанням технологічного обладнання кушової насосної станції полягає у наступному.

У водонагнітальний трубопровід 7 однієї із водонагнітальних свердловин вводять індикаторний реагент і шляхом проведення хімічного аналізу продукції всіх видобувних нафтових свердловин виявляють його появу і час, протягом якого він проходив у пластових умовах від нагнітальної до кожної із видобувних свердловин. Аналогічно проводять дослідження з іншими водонагнітальними свердловинами. На основі отриманих результатів визначають гідравлічні зв'язки між водонагнітальними і видобувними свердловинами, швидкість фільтрації закачуваної води у пластових умовах.

Як поверхнево-активний реагент у водному розчині вибирають реагент Ріпокс-6, відмивні властивості якого не залежать від хімічного складу пластова нафти, води і породи нафтоносного пласта і є кращими в порівнянні з іншими поверхнево-активними речовинами (наприклад, нафтовими сульфонатами).

На основі встановлених гідравлічних зв'язків між водонагнітальними і експлуатаційними нафтовими свердловинами, визначених швидкостей фільтрації і заданого контура охоплення водним розчином Ріпоксу-6 продуктивного пласта, проникності і потужності продуктивного пласта розраховують об'єм водного розчину поліакриламід для заповнення перового простору високопроникних каналів продуктивного пласта і об'єм водного розчину Ріпоксу-6 для закачування в низькопроникні ділянки продуктивного пласта. Розраховують сумарний об'єм поліакриламід (50%-ої концентрації) і об'єм Ріпоксу-6 (100%-ої концентрації), які необхідні для проведення обробки продуктивного пласта, які розміщують відповідно в резервуарах 2 і 1 (див. приведений малюнок).

За допомогою відповідних переключень засувки низького тиску 4 і засувки високого тиску 5 насосами 3 через зворотний клапан 11, трубопровід високого тиску 6, водяні лічильники 12 закачують водний розчин поліакриламід (50%-ої концентрації) безпосередньо у водонагнітальні трубопроводи 7 відповідних водонагнітальних свердловин. Концентрація 1-2% поліакриламід у водному роз-

чині підтримується засувками 5 шляхом встановлення відповідного співвідношення між витратою води у водонагнітальних лініях і витратою 50%-го водного розчину поліакриламід, що подається у відповідну водонагнітальну свердловину через рідинний лічильник 12.

При цьому закачування 50%-го водного розчину поліакриламід у водонагнітальні трубопроводи можна здійснювати або одночасно у всі трубопроводи (при умові достатності продуктивностей дозуючих насосів 3), або послідовно в кожній із трубопроводів, або у певну їх комбінацію одночасно.

Після закачування розрахованої кількості водного розчину поліакриламід у водонагнітальні свердловини процес закачування призупиняють на 24-36 год. для загущення розчину поліакриламід у пластових умовах у високопроникних колекторах продуктивного пласта.

Після цього Ріпокс-6 100%-ої концентрації із резервуара 1 дозуючими насосами 3 закачують у водонагнітальні лінії 7 з такою витратою, щоб у закачуваному розчині у кожній із водонагнітальних ліній мала місце раніше визначена концентрація Ріпоксу-6 (наприклад 1-2%). Після закачування всього розрахованого об'єму Ріпоксу-6 закачування розчину у водонагнітальні свердловини призупиняють на 36...48 год. для проходження реакції щодо гідрофілізації поверхні породи пласта з метою відмиву нафти у низькопроникних колекторах продуктивного пласта.

Після проходження реакції з водним розчином Ріпоксу-6 відновлюють закачування води у водонагнітальні свердловини з такою витратою, яка мала місце до початку процесу обробки продуктивного пласта.

Приклад здійснення способу з обробки продуктивного пласта з однією водонагнітальною і двома нафтовидобувними свердловинами. Після проведення робіт з визначення напрямків фільтраційних потоків індикаторними реагентами було виявлено, що водонагнітальна свердловина має гідралічні фільтраційні зв'язки із двома нафтовидобувними свердловинами. При цьому віддалі від нагнітальної свердловини до видобувних свердловин становлять відповідно 250 м і 500 м, середні швидкості фільтрації у вказаних напрямках стано-

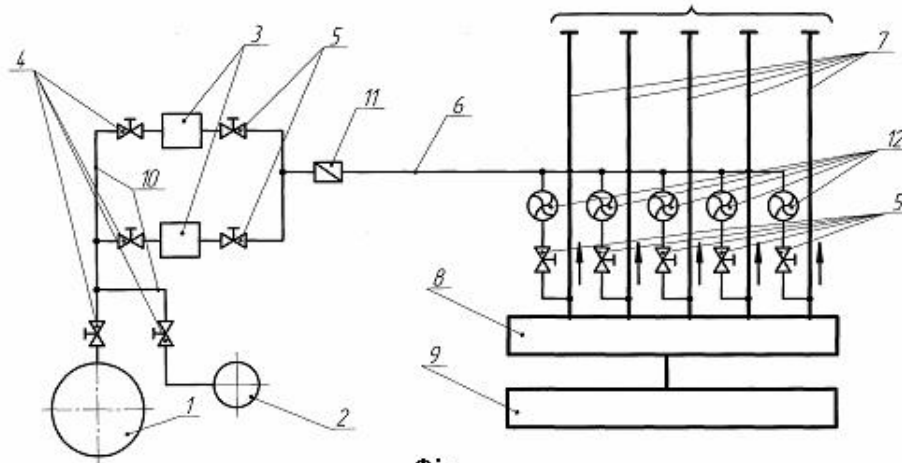
влять відповідно 5 м/год і 7 м/год. Середня потужність нафтоносного пласта 5 м, пористість високопроникних ділянок нафтоносного пласта становить 13%. В процесі підтримування пластового тиску використовують пластову воду з витратою через водонагнітальну свердловину 10 м<sup>3</sup>/год. Проведені експериментальні дослідження на витисній установці з високопроникним керном породи продуктивного пласта показали, що для збільшення гідралічного опору в 1,2 рази необхідно використовувати 1% водний розчин поліакриламід, а для досягнення мінімального міжфазного натягу на межі контакту пластова нафта - водний розчин Ріпоксу-6 необхідна його 1%-на концентрація. Проведені відповідні розрахунки показали, що для заповнення високопроникного порового простору від водонагнітальної до 2-х видобувних свердловин необхідно 15 м<sup>3</sup> поліакриламід 50%-ої концентрації, а для створення 50-ти метрового контуру охоплення водним розчином Ріпоксу-6 необхідно 95 м<sup>3</sup> Ріпоксу-6 100%-ої концентрації.

Вказані 50%-й водний розчин поліакриламід і Ріпоксу-6 (100%-ої концентрації) розміщують відповідно у резервуарах об'ємом 20 м<sup>3</sup> і 100 м<sup>3</sup>. Технологічно з'єднують резервуар об'ємом 20 м<sup>3</sup> із водним розчином 50% концентрації поліакриламід через дозуючий насос із нагнітальною лінією водонагнітальної свердловини і включають процес закачування поліакриламід з витратою 0,1 м<sup>3</sup>/год.

Після закачування всього розчину поліакриламід зупиняють процес закачування на 30 год. для загущення розчину поліакриламід.

Після вказаної часової витримки під'єднують на вхід дозуючого насосу резервуар із Ріпоксом-6 і включають його закачування у водонагнітальну свердловину із витратою 0,1 м<sup>3</sup>/год. Після закачування всього Ріпоксу-6 процес закачування призупиняють на 40 год., після чого продовжують закачування води з витратою 10 м<sup>3</sup>/год.

Таким чином застосування запропонованого способу дозволить досягнути такого технічного результату від його використання, а саме: охопити видобутком незадіяні раніше ділянки нафтоносного пласта, підвищити нафтовіддачу нафтоносного пласта в цілому, зменшити обводненість продукції видобувних свердловин.



Фиг.