



УКРАЇНА

(19) UA (11) 76716 (13) C2
(51) МПК
E21B 43/32 (2006.01)
E21B 43/22 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ОБМЕЖЕННЯ ПРИПЛИВУ ПЛАСТОВИХ ВОД У СВЕРДЛОВИНУ

1

(21) 20021210771
(22) 29.12.2002
(24) 15.09.2006
(46) 15.09.2006, Бюл. № 9, 2006 р.
(72) Рибчак Омелян Володимирович, Дирів Іван Петрович, Гнип Михайло Петрович, Петриняк Володимир Андрійович, Рудий Мирослав Іванович, Пилипець Іван Андрійович, Ровенчак Володимир Адамович
(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УК-РНАФТА"
(56) UA 25495, C2, 15.11.2001
SU 1030534, A, 23.07.1983
US 2272672, 10.02.1942
RU 2071547, C1, 10.01.1997
RU 2093673, C1, 20.10.1997
US 4459214, 10.07.1984
US 4566976, 28.01.1986

2

RU 2209302, C2, 27.07.2003
(57) Спосіб обмеження припливу пластових вод у свердловину шляхом блокування обводнених зон в її продуктивному розрізі продуктами реакції, що утворюються в пласті в процесі протиснення в нього реагуючих між собою розчинів, одним із яких є хлорид кальцію, який відрізняється тим, що в пласт послідовно однаковими порціями щонайменше два рази протискують розчин хлориду кальцію концентрацією від 5 % до 15 % та розчин з водневим показником більше шести, який утворюється в результаті змішування гідроксиду натрію або калію з нітрлотриметилфосфоновою кислотою при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

гідроксид натрію або калію	3-10
нітрлотриметилфосфонова кислота	2-8
вода	решта.

Винахід відноситься до нафтогазовидобувної промисловості, а саме до технології зниження припливів пластової води у нафтових свердловинах.

Відомий спосіб ізоляції низькопроникного пласта у свердловині шляхом протиснення в нього висококонцентрованого розчину хлористого кальцію [а.с. СРСР №1030534 А Е21В331/138 опубл.23.07.83 р.]. Згідно з цим способом блокування зон поглинання і водопримивів відбувається за рахунок кристалізації нагрітого перед нагнітанням у свердловину до температури (50-80)°C насиченого розчину хлористого кальцію в процесі його охолодження.

Однак відомий спосіб має обмежені можливості і не вирішує питання ізоляції припливу пластових вод у свердловинах з пластовими температурами більше 50°C.

Крім того, ізоляція хлористим кальцієм не є довготривалою, так як хлористий кальцій розчиняється у воді і навіть при незначній фільтрації води буде поступово вимиватися із пласта.

Відомий також, вибраний як прототип, спосіб ізоляції припливу пластових вод осадом, що утво-

рюється в поровому просторі пласта в результаті реагування між собою водних розчинів карбонату натрію (Na_2CO_3) і хлориду кальцію (CaCl_2), які протискують у пласт послідовно [пат. США №2272672, кл. 166 - 21, 1942р.]. Відсутність змішування у стовбурі свердловини реагуючих між собою розчинів карбонату натрію і хлориду кальцію забезпечують буферною рідиною, якою і регулюють початок утворення осаду.

Недоліком даного способу є його невисока ефективність та нераціональне використання технологічних розчинів (карбонату натрію і хлориду кальцію), так як при послідовному протисненні в пласт тільки незначна їх частина змішується і буде використана для утворення осаду карбонату кальцію. Крім того, утворений осад має низькі структурно-механічні властивості і буде руйнуватися під час подальшого протиснення розчину хлориду кальцію в пласт.

В основу даного винаходу було поставлено завдання створення способу, в якому за рахунок використання нових реагентів, часткової заміни реагуючих між собою розчинів та зміни технології їх протиснення в пласт забезпечується підвищен-

(19) UA (11) 76716 (13) C2

ня ефективності робіт з обмеження припливу пластових вод у свердловини.

Поставлене завдання вирішується шляхом послідовного протиснення в пласт щонайменше двох разів однакових порцій розчину хлориду кальцію (CaCl_2) концентрацією від 5% до 15% та розчину з водневим показником (рН) більше шести, який утворюється в результаті розчинення в прісній воді від 3% до 10% гідроксиду натрію (NaOH) або калію (KOH) і від 2% до 8% нітрлотриметилфосфонової кислоти (НТФК) $[\text{N}(\text{CH}_2\text{PO}_3\text{H}_2)_3]$.

Суттєвими відмінностями запропонованого способу від відомого є:

- утворення в пласті гелеподібного осаду, що закупорює поровий простір, яке відбувається за рахунок взаємодії розчину хлориду кальцію і розчину, що утворюється після змішування гідроксиду натрію або калію та нітрлотриметилфосфонової кислоти;
- протиснення в пласт розчину хлориду кальцію і розчину, що утворюється після змішування NaOH або KOH і НТФК, яке здійснюють послідовно не менше двох разів однаковими порціями;
- використання для реагування в пласті з хлоридом кальцію розчину, що утворюється в результаті розчинення у воді від 3% до 10% NaOH або KOH та від 2% до 8% НТФК, і має $\text{pH} > 6$;
- використання для взаємодії в пласті розчину хлориду кальцію концентрацією від 5% до 15%.

Отримання в пласті гелеподібного осаду, що є сумішшю складного поліядерного комплексу кальцію і гідроксиду кальцію, забезпечується взаємодією розчину хлориду кальцію відповідної концентрації та розчину, який утворився в результаті реагування NaOH або KOH та НТФК і має $\text{pH} > 6$. Під час взаємодії розчину хлориду кальцію з вищесказаним по складу, але з $\text{pH} \leq 6$, спостерігається також випадання осаду, але у вигляді пластівців (див. табл.1 №5, 8, 9, 13). Згідно з результатами лабораторних досліджень коефіцієнт зниження проникності в результаті блокування порового простору продуктами реакції взаємодії розчину хлориду кальцію і розчину, що утворюється в результаті змішування NaOH або KOH з НТФК і має $\text{pH} \leq 6$ є незначним і складає від 54% до 85,6% (табл.2 № вз. 8403, 4046, 1245а). Аналогічне зниження проникності взірців можна досягнути і під час використання відомої технології ізоляції припливу пластових вод (прототипу) (табл.2 № вз. 30206 і 3000).

У той же час при використанні запропонованої технології, що передбачає блокування обводнених зон продуктами реакції взаємодії розчину хлориду кальцію і розчину, який утворюється в результаті реагування NaOH або KOH і НТФК та має $\text{pH} > 6$, що забезпечується деяким надлишком лугу, досягається майже повне припинення фільтрації (табл.2 № вз. 57, 12456, 3013а, 3013б).

Оптимальним співвідношенням компонентів при змішуванні для утворення розчину, що пропонується для реагування в пласті з хлоридом кальцію, є використання від 3% до 10% NaOH або KOH, від 2% до 8% НТФК і решта - води до 100%.

Використання менше 3% гідроксиду натрію або калію і менше 2% НТФК навіть при забезпеченні утворення розчину з $\text{pH} > 6$ є нераціональним,

так як під час реагування його з хлоридом кальцію при співвідношенні 1:1 утворюється менше 10% осаду від об'єму змішуваних розчинів, а структура утвореного гелі легко руйнується (табл.1 № вз. 1, 2). При використанні такого розчину для обмеження припливу пластових вод можна забезпечити зниження проникності не більше ніж у два рази (табл.2 № вз. 3014а, 61).

Використання більше 10% NaOH або KOH і більше 8% НТФК для утворення розчину також не доцільно, так як кількість утвореного осаду в результаті його взаємодії з розчином хлориду кальцію майже не збільшується (табл.1 №19, 21), а витрата реагентів зростає. Не відмічено і суттєвої зміни коефіцієнта зниження проникності взірців в результаті взаємодії у їх поровому просторі розчину хлориду кальцію і розчину, що утворюється за рахунок змішування більше 10% NaOH або KOH та більше 8% НТФК (табл.2 № вз. 3015, 3020а).

Концентрація хлориду кальцію від 5% до 10%, як показують розрахунки, є достатньою для повної заміни іонів натрію або калію в розчині, що утворився після змішування від 3% до 10% NaOH або KOH, від 2% до 8% НТФК і решта води до 100%. Збільшення концентрації хлориду кальцію більше 15%, як показують результати лабораторних досліджень (табл.2 № вз. 17, 18, 20, 21 та табл.2 № вз. 57, 3013а, 3015, 3020а), не впливає на кількість утвореного осаду і його блокуючу здатність.

Протиснення розчину хлориду кальцію і розчину, що утворюється після змішування NaOH або KOH і НТФК, здійснюють послідовно однаковими порціями не менше двох разів. При послідовному протисненні в пласт йде поршневе витиснення одним розчином другого, а тому взаємодія відбувається, в основному, тільки в зоні їх контакту, що в кінцевому результаті призводить до нераціонального використання розчинів. Поділивши розчини на декілька порцій, які по чергову протискують в пласт, можна збільшити об'єми розчинів, що контактують між собою, причому кількість реагуючих розчинів збільшують пропорціонально кількості протиснутих порцій одного і другого розчинів.

Технологія обмеження припливу пластових вод згідно запропонованого способу є наступною. Проводять підготовчі роботи, характерні для проведення ізоляційних робіт в свердловинах. Готують необхідні об'єми хлориду кальцію концентрацією 5-15% і розчину, який утворюється в результаті розчинення в воді від 3% до 10% NaOH або KOH та від 2% до 8% НТФК і доставляють приготівлені розчини в автоцистернах на свердловину. Обв'язують устя свердловини з двома насосними агрегатами типу УНІ - 630х700 або АСФ - 1050: один - для нагнітання в колону насосно-компресорних труб (НКТ), спущених у свердловину, а другий - в затрубний простір. У свердловину по колоні НКТ при відкритій засувці на затрубному просторі подають приготований розчин хлориду кальцію, прісну воду з додачею поверхнево-активної речовини (ПАР), наприклад, водного розчину полімеру або нафти в кількості 0,5-1м³, яка служить буфером, та приготований розчин, що утворився в результаті додачі до NaOH або KOH нітрлотриметилфосфонової кислоти. Доставивши розчин хлориду кальцію в затрубний простір вище

верхньої границі розкритого інтервалу, а розчин, що утворився в результаті додачі до NaOH або КОН НТФК, до башмака колони НКТ, починають послідовне їх протиснення однаковими порціями в пласт шляхом почергового нагнітання протискуючої рідини насосним агрегатом, підключеним до затрубного простору, та насосним агрегатом, підключеним до колони НКТ.

Кількість порцій кожного із розчинів, що протискують у пласт, вибирають в залежності від приймальності свердловини і об'ємів реагуючих між собою розчинів, однак при цьому кількість порцій повинна бути не менше двох.

Об'єм протискуючої рідини вибирають із умови забезпечення повного протиснення у пласт розчинів, поданих у свердловину. Як протискуючу рідину пропонується використовувати водний розчин ПАР, мінералізовану (пластову) воду, нафту. Під час використання у якості протискуючої рідини мінералізованої води необхідно зразу за розчином, що утворився в результаті додачі до NaOH або КОН НТФК, подати в колону НКТ буфер із прісної води з ПАР (водного розчину полімеру, нафти) в кількості 0,5-1 м³. Після витримки протягом 12 годин на реагуванні свердловину освоюють.

Якщо в процесі протиснення чергової порції розчину хлориду кальцію або розчину, що утворився в результаті додачі до NaOH або КОН НТФК, різко зростає тиск до величини тиску випробуван-

ня на герметичність експлуатаційної колони, необхідно шляхом нагнітання протискуючої рідини в колону НКТ або затрубний простір видалити решту розчинів із свердловини.

Об'єми взаємодіючих у пласті розчинів (розчину хлориду кальцію і розчину, що утворився в результаті додачі до NaOH або КОН НТФК) залежать від геолого-промислових умов і їх вибирають однаковими із розрахунку від 0,1 до 0,3 м³ на 1 м ефективної товщини пласта.

Порядок приготування запропонованих розчинів наступний.

Приклад 1. Для приготування 1 м³ 10% хлориду кальцію необхідно до 974,7 кг (0,9747 м³) прісної чистої води додати 108,3 кг хлориду кальцію.

Приклад 2. Для приготування 1 м³ розчину, що утворюється в результаті змішування до 5% NaOH, 4% НТФК і 91% води, необхідно спочатку до 999 кг (0,999 м³) чистої прісної води додати 54,9 кг NaOH добре перемішати, а тоді ще додати 43,9 кг НТФК і знову добре перемішати.

При використанні для приготування 1 м³ аналогічного розчину замість кристалічного NaOH рідкого концентрацією 43% необхідно до 926,0 кг (0,926 м³) чистої прісної води додати 127,7 кг (0,0875 м³) товарного NaOH добре перемішати, а тоді ще додати 43,9 кг НТФК і знову добре перемішати.

Таблиця 1

Результати лабораторних досліджень щодо реагування розчину хлориду кальцію і розчину, що утворився при змішуванні гідроксиду натрію або калію і НТФК

№ п/п	Концентрація розчину Ca-Cl ₂	Співвідношення компонентів при змішуванні, мас. %					Співвідношення об'ємів розчину CaCl ₂ і утвореного розчину при реагуванні	Об'єм утвореного желеподібного осаду при реагуванні розчинів у відношенні до об'єму використаних для реагування розчинів, %		рН фільтрату	Примітка
		NaOH	КОН	НТФК	Вода	рН розчину		см ³			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2,0	2,0	-	1,9	96,1	11	1:1	0,8	8	8	Гелеподібний осад. Структура легко руйнується
2	2,0	-	2,2	1,9	96,1	11	1:4	0,3	4	7	Гелеподібний осад. Структура легко руйнується
3	2,0	2,0	-	1,9	96,1	11	2:1	1,4	9,3	6	Гелеподібний осад. Структура легко руйнується
4	2,0	3,0	-	1,9	95,1	12	1:1	0	0	12	Осад відсутній
5	2,0	-	2,0	2,0	96,0	2	1:1	2,3	3	4	Осад у вигляді пластівців
6	5,0	3,0	-	2,0	95,0	12	1:1	7,2	72	11	Гелеподібний осад
7	5,0	-	3,0	2,0	95,0	12	1:1	6,9	69	10	Гелеподібний осад
8	2,0	3,0	-	3,5	93,5	6	1:1	0,7	7,0	6	Осад у вигляді пластівців
9	5,0	2,0	-	2,4	95,6	6	1:1	1,0	10	6	Осад у вигляді пластівців
10	5,0	-	5,0	2,0	95,0	12	1:1	8,0	80	11	Гелеподібний осад
11	5,0	5,0	-	5,0	90,0	11	1:1	8,2	82	10	Гелеподібний осад
12	10,0	-	5,0	2,0	93,0	12	1:1	8,0	80	11	Гелеподібний осад
13	10,0	3,0	-	3,5	93,5	6	1:1	6,5	65	6	Осад у вигляді пластівців
14	10,0	10,0	-	5,0	85,0	12	1:1	8,2	86	12	Гелеподібний осад
15	15,0	-	10,0	4,0	86,0	12	1:1	8,8	88	12	Гелеподібний осад

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	15,0	10,0	-	8,0	82,0	12	1:1	8,9	89	12	Гелеподібний осад
17	20,0	10,0	-	8,0	82,0	12	1:1	9,0	90	12	Гелеподібний осад
18	25	10,0	-	8,0	82,0	12	1:1	8,8	88	12	Гелеподібний осад
19	15,0	15,0	-	10,0	75,0	12	1:1	9,0	90	12	Гелеподібний осад
20	30,0	5,0	-	5,0	90,0	12	1:1	9,6	96	12	Гелеподібний осад
21	20,0	12,0	-	10,0	80,0	12	1:1	9,0	90	11	Гелеподібний осад

Таблиця 2

Результати лабораторних досліджень щодо використання продуктів реакції взаємодії розчину хлориду кальцію і розчину, що утворюється при змішуванні NaOH або KOH і НТФК або розчину Na₂CO₃ для обмеження припливу пластових вод

Номер взірця	Концентрація розчину CaCl ₂	Розчин, що утворився в результаті змішування NaOH або KOH і НТФК					Концентрація розчину Na ₂ CO ₃	Кратність, послідовність і об'єми протиснутих через вірець розчинів	Проникність взірця, 10 ⁻³ мкм ²		Коефіцієнт зміни про- никності K ₁ /K ₂ ×100%	Примітка
		NaOH	KOH	НТФК	Вода	pH розчину			до протис- нення роз- чинів, K ₁	після проти- снення роз- чинів, K ₂		
8403	10,0	3,0	-	3,5	93,5	6	-	7 раз послі- довно поче- ргово по 0,8 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а по- тім розчину, що утворив- ся після змішування NaOH і НТФК	29,9	22,8	76,3	
4046	5,0	2,0	-	2,4	95,6	6	-	8 раз послі- довно поче- ргово по 1,2 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а по- тім розчину, що утворив- ся після змішування NaOH і НТФК	31,1	16,8	54,0	
57	20,0	10,0	-	10,0	80,0	12	-	4 раз послі- довно поче- ргово по 1 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а по- тім розчину, що утворив- ся після змішування NaOH і НТФК	379,5	21,8	5,7	
1245a	25,0	-	5,0	5,0	90,0	2,0	-	10 раз послі- довно поче- ргово по 1,1 Vп спо- чатку розчи- ну CaCl ₂ , а потім розчи- ну, що утво- рився після змішування KOH і НТФК	70,8	60,5	85,6	
1245б	10,0	10,0	-	5,0	85,0	12	-	8 раз послі- довно поче- ргово по 1,1 Vп спочатку	81,8	1,1	1,3	Після зачи- щення тор- ців взірця з обох боків.

								розчину CaCl ₂ , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і НТФК				проникність збільшилась від 1,1x10 ⁻³ до 2,0x10 ⁻³ мкм ²
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

9081	10,0	5,0	-	5,0	90,0	11	-	10 раз послідовно почергово по 1,0 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і НТФК	35,4	9,4	26,6	Після зачищення торців взірця з обох боків, проникність збільшилась від 9,4x10 ⁻³ до 12,1x10 ⁻³ мкм ²
7696a	8,5	6,0	-	5,0	89	12	-	14 раз послідовно почергово по 0,8 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і НТФК	26,2	2,6	9,9	Після зачищення торців взірця з обох боків, проникність збільшилась від 2,6x10 ⁻³ до 3,1x10 ⁻³ мкм ²
7696b	15,0	-	10,0	4,0	86,0	12	-	10 раз послідовно почергово по 0,92 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а потім розчину, що утворився після змішування KOH і НТФК	26,4	1,8	6,8	
3013a	20,0	10,0	-	8,0	82,0	12	-	6 раз послідовно почергово по 0,97 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і НТФК	188,8	0,4	0,2	Після зачищення торців взірця з обох боків, проникність збільшилась від 0,4x10 ⁻³ до 0,7x10 ⁻³ мкм ²
3013b	5,0	3,0	-	2,0	95,0	12	-	6 раз послідовно почергово по 0,97 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і НТФК	187,0	0,8	4,3	
3014a	3,0	2,0	-	1,8	96,2	12	-	10 раз послідовно почергово по 1 Vп спочатку розчину CaCl ₂ , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і НТФК	35,2	16,7	50,3	Після зачищення торців взірця з обох боків, проникність збільшилась від 16,7x10 ⁻³ до 17,7x10 ⁻³ мкм ²
3014b	5,0	-	3,0	2,0	95,0	12	-	10 раз послідовно почергово по 1 Vп	33,3	2,8	8,4	Після зачищення торців взірця з обох

11

76716

12

								спочатку розчину CaCl_2 , а потім розчину, що утворився після змішування КОН і НТФК				боків, проникність збільшилась від $2,8 \times 10^{-3}$ до $4,1 \times 10^{-3} \text{ мкм}^2$
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

61	4	-	2,5	1,9	96,1	12	-	6 раз послідовно почергово по 1,2 Vп спочатку розчину CaCl_2 , а потім розчину, що утворився після змішування KOH і HТФК	92,7	53,8	58,0	
3015	20,0	15,0	-	11,0	84,0	12	-	8 раз послідовно почергово по 1,1 Vп спочатку розчину CaCl_2 , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і HТФК	47,2	2,7	5,7	
3020a	30,0	15,0	-	12,0	83,0	11	-	7 раз послідовно почергово по 0,98 Vп спочатку розчину CaCl_2 , а потім розчину, що утворився після змішування NaOH і HТОК	63,4	4,1	6,5	
3020б	10	-	-	-	-	-	10	1 раз послідовно почергово по 1,2 Vп спочатку розчину CaCl_2 , а потім розчин Na_2CO_3	65,0	57,2	88	Прототип
3000	10	-	-	-	-	-	10	10 раз послідовно почергово по 0,9 Vп спочатку розчину CaCl_2 , а потім розчин Na_2CO_3	27,7	15,6	56,3	Прототип

Vп - початковий поровий об'єм взірця.