



УКРАЇНА

(19) UA (11) 25495 (13) C2

(51) 7 E21B43/27

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ КИСЛОТНОЇ ОБРОБКИ ПРИВИБІЙНОЇ ЗОНИ ПЛАСТА

(21) 97105193

(22) 24.10.1997

(24) 15.11.2001

(46) 15.11.2001, Бюл. № 10, 2001 р.

(72) Петриняк Володимир Андрійович, Єгер Дмитро Олександрович, Рибчак Омел'ян Володимирович, Пилипець Іван Андрійович, Рудий Мирослав Іванович

(73) ПІДПРИЄМСТВО "ДОЛИНАНАФТОГАЗ" АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО "УКРНАФТА", UA

(56) АС СССР № 836340, МПК E21B43/27, 1981 р.

(57) Спосіб кислотної обробки привибійної зони пласта, що включає послідовне протиснення в пласт блокуючого і кислотного розчинів, який відрізняється тим, що як блокуючий розчин в пласт послідовно протискають двома однаковими

порціями 5-10% фосфорну кислоту, між якими в стехіометричному співвідношенні до другої порції протискають одну із сполук лужноземельного металу, яка при взаємодії з фосфорною кислотою утворює нерозчинні фосфатні сполуки, а потім кислотний розчин при такому співвідношенні компонентів, мас. %:

фосфорна кислота	- 20-60
соляна, або азотна, або фтористоводнева кислота, або сіль фтористоводневої кислоти в перерахунку на HF	- 2-10
інгібітор корозії	- 0,05-0,5
поверхнево-активна речовина неіоногенного типу	- 0,1-0,5
вода	- решта.

Винахід відноситься до нафтогазовидобувної галузі, а саме до способів хімічної обробки привибійної зони пласта при інтенсифікації роботи видобувних і нагнітальних свердловин.

Відомим є спосіб обробки привибійної зони неоднорідного пласта, який включає перед протисненням кислотного розчину в пласт тимчасове блокування високопроникної частини розрізу свердловини сумішшю поліакриламідів і соляної кислоти (а.с. СРСР № 836340, E21B43/27, 1981 р.). Використання даного способу дозволяє діяти на менш проникну частину розрізу і підключати її в роботу покладу. Після цього в пласт протискають 15-50% водний розчин каустичної соди, який дозволяє розчинити осад поліакриламідів, в результаті чого проникність пласта повинна повністю відновитися. Недоліком даного способу є його невисока ефективність, особливо при використанні для інтенсифікації видобувних свердловин, що пов'язано з неможливістю повного відновлення проникності частини розрізу, що частково блокувалась. Так, при заміні у гідролізованому поліакриламіді, що утворився в пласті після протиснення туди каустичної соди, іонів натрію на іони лужноземельних металів, які завжди є наявними у пластовій воді, утворюються нерозчинні сполуки, що можуть стати причиною повної закупорки високопроникних пропластів.

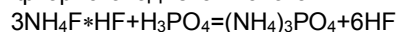
В основу даного винаходу було покладено завдання створити спосіб, в якому за рахунок вико-

ристання інших хімічних реагентів та зміни технологічних режимів забезпечується підвищення ефективності обробки.

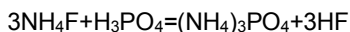
Це досягається шляхом послідовного нагнітання у свердловину блокуючого та кислотного розчину, при цьому як блокуючий розчин послідовно двома однаковими порціями протискають 5-10% фосфорну кислоту, між якими в стехіометричному співвідношенні до другої порції протискають одну із сполук лужноземельного металу, яка при взаємодії з фосфорною кислотою утворює нерозчинні у воді фосфатні сполуки, а як кислотний розчин використовують суміш, що містить компоненти у такому співвідношенні, мас. %:

фосфорна кислота	- 20-60
соляна, або азотна, або фтористоводнева кислота, або сіль фтористоводневої кислоти в перерахунку на фтористоводневу кислоту	- 2-10
інгібітор корозії	- 0,05-0,5
поверхнево-активна речовина неіоногенного типу	- 0,1-0,5
вода	- решта.

Як сіль фтористоводневої кислоти пропонується використовувати біфторид амонію ($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF}$) або фторид амонію (NH_4F), або їх суміш ($\text{NH}_4\text{F} \cdot \text{HF} + \text{NH}_4\text{F}$). При взаємодії біфториду або фториду амонію з фосфорною кислотою утворюється фтористоводнева кислота:



(19) UA (11) 25495 (13) C2



Суттєвими відмінностями запропонованого способу є:

1) протиснення в пласт як блокуючої рідини 5-10% фосфорної кислоти і однієї із сполук лужноземельного металу, яка при взаємодії з фосфорною кислотою утворює нерозчинні у воді фосфатні сполуки,

2) протиснення в пласт 5-10% фосфорної кислоти здійснюють двома порціями, між якими протискують в пласт у стехіометричному відношенні до другої порції H_3PO_4 одну із сполук лужноземельного металу,

3) компонентний склад кислотного розчину, що включає фосфорну кислоту (20-60%), соляну або азотну, або фтористоводневу кислоту, або сіль фтористоводневої кислоти в перерахунку на HF (2-10%), інгібітор корозії (0,05-0,5%), ПАР неіоногенного типу (0,1-0,5%) і воду - решта до 100%.

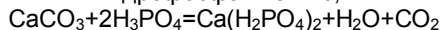
При взаємодії фосфорної кислоти низької концентрації (5-10%), наприклад, з карбонатом кальцію або магнію, які можуть застосовуватись як окремо, так і знаходитись у складі породи пласта, в залежності від його вмісту можуть утворювати три ряди солей:



фосфат кальцію,



гідрофосфат магнію,



дигідрофосфат кальцію,

із вказаних солей добре розчиняються у воді тільки дигідрофосфати кальцію або магнію, гідрофосфати кальцію або магнію є малорозчинними, а фосфати кальцію або магнію у воді практично не розчиняються.

При протисненні в пласт з неоднорідною проникністю 5-10% фосфорної кислоти як блокуючого розчину вона перш за все буде проникати у високопроникну частину розрізу і там взаємодіяти з карбонатами пласта. Так як концентрація фосфорної кислоти є невисокою, то в більшості випадків пройде її повна нейтралізація з утворенням нерозчинних фосфатів, які будуть випадати в осад і знижувати проникність високопроникної частини продуктивного пласта (див. табл. 1, № взірця 1, 2, 4, 5). Однак, у випадку коли у пласті буде недостатньо карбонатів для повної нейтралізації фосфорної кислоти вслід за нею в пласт протискують, наприклад, 5-20% водний розчин крейди, який і приведе до поглиблення реакції нейтралізації, тобто заміни в утвореному дигідрофосфаті атомів водню на кальцій і переходом його у нерозчинний фосфат, який можна розчинити тільки в сильних кислотах - соляній або азотній (див. табл. 1, вз. 5).

Протиснення в пласт розчину крейди, нейтралізація за рахунок цього фосфорної кислоти з утворенням нерозчинних фосфатів та осідання в порових каналах крейди спричиняють значне зниження проникності пласта. Подальше протиснення другої порції 5-10% фосфорної кислоти, яка буде взаємодіяти з осівшою крейдою і відповідно утворювати фосфати, сприяє подальшому пониженню проникності.

Лабораторні дослідження показали, що саме при концентрації 5-10% швидкість розчинення карбонатів є максимальною (див. табл. 2), а отже утворення фосфатів при цьому проходитиме на невеликій віддалі від стовбура свердловини, де площа фільтрації є найменшою, що сприяє найбільшому зниженню проникності.

Використання запропонованого способу дозволяє одночасно з обробкою низькопроникної частини пласта збільшити і глибину його обробки. Це досягається за рахунок використання кислотного розчину, що містить 30-60% фосфорної кислоти. Збільшення глибини обробки досягається завдяки зменшенню швидкості розчинення породи кислотним розчином. При цьому чим більший вміст фосфорної кислоти у суміші, тим менша швидкість розчинення (див. табл. 3). Так, швидкість розчинення карбонатів запропонованим кислотним розчином є в 1,3-4,4 рази нижча, ніж для 10% соляної кислоти, яка широко використовується для обробки привибійної зони пласта.

Введення до складу кислотного розчину поряд з фосфорною кислотою іншої кислоти (або соляної, або азотної, або фтористоводневої) призводить до деякого зростання швидкості розчинення породи, однак це дозволяє розчиняти компоненти, які у самій фосфорній кислоті не розчиняються, як наприклад, фосфати, а у випадку використання HF - силікати. Застосування фосфорної кислоти концентрацією більше 60% неефективно, так як призводить до зниження коефіцієнту збільшення проникності гірських порід.

При попаданні кислотного розчину у високопроникну частину пласта, що є заблокованою, спостерігається розчинення фосфатів за рахунок наявності у кислотному розчині азотної або соляної кислоти, а це відповідно спричиняє до часткового відновлення проникності. Таким чином, використання запропонованого способу дозволяє розширити профіль обробки неоднорідного пласта за рахунок часткового блокування високопроникної частини розрізу з одночасним збільшенням глибини обробки за рахунок використання фосфорної кислоти високої концентрації. А наявність у складі кислотного розчину соляної, або азотної, або фтористоводневої кислоти дозволяє діяти на компоненти пласта, які не розчиняються у самій фосфорній кислоті.

Технологія проведення запропонованого способу є наступною. Свердловину зупиняють на час проведення обробки. Проводяться підготовчі роботи, характерні для звичайних кислотних обробок. Готують необхідні об'єми 5-10% фосфорної кислоти та кислотного розчину і їх в ємностях кислотозовів доставляють на свердловину. Готують безпосередньо на свердловині в чанах цементувального агрегату водний розчин крейди. Обв'язують гирло свердловини з насосними агрегатами: один - на нагнітання в НКТ, а другий - в затрубний простір. У свердловину по НКТ при відкритій засувці на затрубному 5-10% фосфорну кислоту, мінералізовану воду (нафту) в кількості 0,5-1 м³, яка служить буфером, водний розчин крейди, знову буфер із мінералізованої води або нафти (0,5-1 м³) і далі кислотний розчин. Доставивши 5-10% фосфорну кислоту в затрубний простір вище інтервалу перфорації, приступають до про-

тиснення її в пласт насосним агрегатом, підключеним до затрубного простору. Протискують послідовно у пласт приблизно 0,5 заготовленого об'єму 5-10% фосфорної кислоти, буферну рідину, водний розчин крейди, знову фосфорну кислоту, що залишилась, буферну кислоту та кислотний розчин. Кислотний розчин протискують у пласт водою, обробленою ПАР, або нафтою. Після витримки на реагування свердловину освоюють.

Об'єм 5-10% фосфорної кислоти для блокування високопроникної частини розрізу вибирають із розрахунку $6-12 \text{ м}^3$, що складає $0,1-0,2 \text{ м}^3$ на 1 м розкритого інтервалу пласта. Об'єм і концентрацію суспензії карбонату кальцію або магнею вибирають приблизно в стехіометричному відношенні до половини об'єму фосфорної кислоти, що використовується для блокування, але не більше 6 м^3 . Об'єм кислотного розчину вибирають із розрахунку $6-24 \text{ м}^3$, виходячи із досвіду проведення кислотних обробок на даному родовищі із врахуванням параметрів пласта, що підлягає обробці, та кількості раніше проведених обробок. При повторенні обробки, об'єм кислотного розчину поступово збільшується.

Рецептура кислотного розчину вибирається в залежності від колектора. При обробці карбонатних пластів до фосфорної кислоти додають соляну або азотну кислоту, а теригенних - фторис-

товодневу кислоту. Об'єм протискувальної рідини вибирається із умови повного протиснення кислотного розчину із свердловини в пласт та глибини його обробки.

Порядок приготування запропонованих розчинів такий.

Приклад 1

У $42,75 \text{ г}$ ($42,75 \text{ мас.}\%$) води послідовно розчиняють $0,05 \text{ г}$ ($0,05 \text{ мас.}\%$) катапіну КИ-1, $0,1 \text{ г}$ ($0,1 \text{ мас.}\%$) неонолу АФ₉-12, $23,8 \text{ г}$ ($20 \text{ мас.}\%$ H_3PO_4 та $3,8 \text{ мас.}\%$ води) 84% розчину фосфорної кислоти та $33,3 \text{ г}$ ($10 \text{ мас.}\%$ HCl і $23,3 \text{ мас.}\%$ води) 30% розчину соляної кислоти.

Приклад 2

У $43,7 \text{ г}$ ($43,7 \text{ мас.}\%$) води послідовно розчиняють $0,1 \text{ г}$ ($0,1 \text{ мас.}\%$) ХОСП-10, $0,3 \text{ г}$ ($0,3 \text{ мас.}\%$) синтанолу, $47,6 \text{ г}$ ($40 \text{ мас.}\%$ H_3PO_4 і $7,6 \text{ мас.}\%$ води) 84% розчину фосфорної кислоти та $8,3 \text{ г}$ ($5 \text{ мас.}\%$ HNO_3 і $3,3 \text{ мас.}\%$ води) 60% розчину азотної кислоти.

Приклад 3

У $23,2 \text{ г}$ ($23,2 \text{ мас.}\%$) води послідовно розчиняють $0,5 \text{ г}$ ($0,5 \text{ мас.}\%$) катапіну КИ-1, $0,5 \text{ г}$ ($0,5 \text{ мас.}\%$) ОП-10, $71,4 \text{ г}$ ($60 \text{ мас.}\%$ H_3PO_4 і $11,4 \text{ мас.}\%$ води) 84% розчину фосфорної кислоти та $4,4 \text{ г}$ ($2 \text{ мас.}\%$ HF і $2,4 \text{ мас.}\%$ води) 45% розчину фтористоводневої кислоти.

Таблиця 1

Результати лабораторних досліджень щодо використання 5-10% розчинів фосфорної кислоти для тимчасового блокування пласта

№ взірця	Фізичні параметри взірця			Рідина насичення	Склад і концентрація протисненого розчину	Кількість протисненого через взірець розчину, $V_{\text{п}}$	Проникність взірця після протиснення розчину, 10^{-3} мкм^2	Кратність зміни проникності по відношенню, %	
	Пористість, %	Карбонатність, %	Початкова проникність по рідині насичення, 10^{-3} мкм^2					До початкової	До попередньої
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	10,7	10,6	3,2	2% розчин хлористого кальцію (CaCl_2)	5% H_3PO_4	8	1,2	37,5	37,5
* розчин виходить із взірця мутний, утворюється осад									
2	10,8	4,7	23,7	2% розчин CaCl_2	5% H_3PO_4 послідовне протиснення через взірець 10% водного р-ну крейди CaCO_3 і 5% H_3PO_4 30% H_3PO_4 + 10% HCl	3 2 $V_{\text{пор р-ну крейди}}$ + 2 $V_{\text{пор H}_3\text{PO}_4}$ 5	17,1 13,3 25,2	72,1 56,2 106,3	72,1 77,8 189,5
3 прототип	11,2	3,7	24,4	2% розчин CaCl_2	0,5% ПАА + 20% HCl 20% NaOH	2,5 $V_{\text{пор ПАА}}$ + 2,5 $V_{\text{пор HCl}}$ 3 $V_{\text{пор}}$	7,2 15,1	29,5 61,9	29,5 209,7
4	10,9	8,7	6,7	2% розчин CaCl_2	10% H_3PO_4 послідовне протиснення через взірець 10% водного розчину CaCO_3 і 10% H_3PO_4 10% HNO_3	1,5 1,5 $V_{\text{пор водного розчину крейди}}$ і 1,5 $V_{\text{пор 10\% H}_3\text{PO}_4}$ 5	4,7 3,8 7,1	70,1 56,7 106	70,1 80,9 186,8
5	10,5	3,2	23,7	2% розчин CaCl_2	10% H_3PO_4 послідовне протиснення через взірець 10% водного розчину CaCO_3 і 10% H_3PO_4 40% H_3PO_4 + 10% HCl	5 1,5 $V_{\text{пор водного розчину CaCO}_3}$ і 1,5 $V_{\text{пор H}_3\text{PO}_4}$ 3	26,2 19,8 27,0	110,5 83,5 113,9	110,5 75,5 136,4

Таблиця 2

Залежність швидкості розчинення крейди від концентрації
фосфорної кислоти при температурі 60°C

Концентрація H_3PO_4 , %	2	4	8	10	15
Швидкість розчинення крейди, $\text{г/м}^2\cdot\text{с}$	9,7	27,7	38,1	30,2	25,8

Таблиця 3

Розчиняюча здатність відомих і запропонованих кислотних розчинів

№ п/п	Склад, мас.%				Швидкість розчинення крейди кислотним розчином при 20°С, г/м ² ·с
	H ₃ PO ₄	Інша кислота		вода	
		найменування	вміст		
1	10	-	-	90	18,0
2	10	HCl	10	80	42,3
3	10	HF	3	87	34,6
4	10	HNO ₃	5	85	38,0
5	20	HF	3	77	22,2
6	30	HF	3	67	18,1
7	40	HF	3	57	11,1
8	60	HF	3	37	6,5
9	20	HCl	10	70	23,1
10	30	HCl	10	70	19,2
11	60	HNO ₃	5	35	7,2
12	-	HCl	10	90	28,7

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 50 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22