

Корисна модель належить до нафтогазовидобувної промисловості, зокрема збільшення продуктивності нафтових і газових свердловин за допомогою гідравлічного розриву пласта (ГРП) та стосується рідин, які використовують при виконанні даної операції.

Близьким до запропонованої корисної моделі є спосіб проведення гідророзриву пласта [1], який включає послідовне нагнітання рідини розриву і рідини носія із закріплювачем тріщин, де як рідина розриву і рідина-носії застосовується поперечно-зшитий гель, причому закачують спочатку високов'язку рідину розриву, а потім рідину-носії меншої в'язкості.

Недоліком даного способу є те, що технологія операції не передбачає підтримання стабільної заданої в'язкості рідини розриву і рідини носія пропанту упродовж усього часу проведення операції. Зменшення в'язкості рідини розриву в процесі проведення операції призводить до зменшення розмірів утворюваних тріщини. Також відбувається випадання пропанту з рідини, утруднюється його транспортування по тріщині, і, як наслідок, нерівномірне заповнення тріщин та їх змикання. В результаті отримують відхилення від дизайну операції та передчасне зростання тиску закачування і зупинку внаслідок досягнення максимального тиску. Все це суттєво зменшує ефективність гідравлічного розриву пласта.

Відомий також спосіб і матеріали для гідравлічного розриву пласта (патент Україна. № UA125332) [2].

Спосіб стосується рідини для проведення ГРП типу безводної суспензії, яка містить безводну рідину, яка не змішується з водою, в якій дисперговано зшивальний боратний агент і олеофільну поверхнево-активну речовину, причому безводна суспензія забезпечує затримку зшивання зшивального агента і здатного до гідратації полімеру, такого як гуар або похідні гуару.

Недоліком даного способу є те, що при закачуванні цієї рідини, в пласті утворюється третя фаза в порах, яка негативно впливає на пласт, знижуючи його фільтраційно-ємнісні властивості.

Відомий спосіб проведення ГРП, в якій рідини розриву включають полімерні системи на основі гуарових похідних зі зшивачами, в'язкоеластичні ПАР-системи, газовані піни, а також стандартні добавки - інгібітори, ПАР, біоциди, брейкери патент США № US 6776235, МПК E21 B43/26, 2004 р., "Hydraulic fracturing method"[3].

Однак недоліком є низькі структурно-реологічні властивості рідини для ГРП, а також кольматація пласта продуктами розпаду при високих концентраціях гуару в рідині і, як наслідок, зменшення фільтраційних властивостей пласта та продуктивності свердловини.

В основу корисної моделі поставлена задача виконати такий спосіб проведення гідророзриву, який би при оптимальній кількості реагентів забезпечував стабільність рідини розриву, тобто при зміні параметрів середовища ця рідина мала б здатність відновлювати свої реологічні властивості, а також відбувалася її повна деструкція після донесення пропанту в тріщину.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб проведення гідравлічного розриву пласта, що включає нагнітання у свердловину рідини для гідророзриву з гелеутворювача, стабілізатора солей, прискорювача та сповільнюючих зшивачів, стабілізаторів глини, деемульгаторів та комбінації твердих і рідких деструкторів, який проводять при витраті насосів - 3 м³/хв, нагнітанням подушки, об'єм якої складає 28 м³ від загального об'єму 85,2 м³, при цьому кількість пропанту складає 22 тонни, який подають з концентрацією від 100 до 900 кг/м³, причому на кінцевому етапі проводять продавдення загеленим сольовим розчином густиною 1,10 г/см³ в об'ємі 15,5 м³, після чого проводять технічну витримку протягом 24 години.

Рідини гідророзриву на водній основі зазвичай в своєму складі містять полімерні загусники, такі, як смоли, камедь, гуари, целюлоза та її похідні, крохмаль, ксантан, та їх суміші. Особливо популярні дериватизовані та недериватизовані гуари з характеристичною в'язкістю понад 14 сПз, зазвичай - більше 20 сПз. Завдяки цьому здійснюють регулювання фільтрації рідини в пласт, зниження втрат тиску на тертя та осідання пропанту в тріщині.

Для забезпечення такої в'язкості, рідину завантажують гелеутворювачем більше ніж 6 г/л. Пропонований спосіб відрізняється тим, що завантаження гелеутворювача здійснюють в межах 2,8 г/л. Зменшення концентрації полімеру у рідині знижує негативний вплив на продуктивний пласт, а також дозволяє зменшити загальний об'єм рідини, необхідний для проведення ГРП. Цим також досягається збільшення видобутку вуглеводнів порівняно з використанням традиційних рідин. Для збільшення в'язкості до 450 сПз та стабільності рідин при високих температурах часто використовують зшивачі агенти, які включають розчинні сполуки бору, цирконію або титану, що забезпечують зв'язування полімерних ланцюгів і покращують реологічні властивості рідини. Та для деструкції найчастіше використовують рідкі та капсульовані деструктори з амонієм персульфатом.

Рецептури рідин у способі проведення гідравлічного розриву пласта розроблялися в лабораторії та впроваджувався у свердловинах з застосуванням методик API, необхідного обладнання та програмного забезпечення. У рецептурі використовувалися хімічні реагенти, які були протестовані в лабораторії (таблиця).

Таблиця

Хімічні реагенти, які використовувались в дослідженні

S	Стабілізатор солей	Д-глюконат натрію з кремнієм діоксидом кристалізованим	0,5	кг/м ³
W	Прискорений зшивач	Етиленгліколь з тетраборатом натрію з водою	1	л/м ³
D	Повільний зшивач	Улексит на основі дизельного палива	2,2	л/м ³
N	Гелеутворювач	Гуарова камедь/смола, гуар	2,8	кг/м ³
G	Стабілізатор Глин	Етиленгліколь з холін бікарбонатом	2	л/м ³
X	Деемульгатор ПАВ	Суміш ПАВ з водою	1	л/м ³
C	Деструктор рідкий	Амоній персульфат	0,2	л/м ³
Z	Деструктор капсульований	Капсульований амоній персульфат	0,015	кг/м ³

Основними етапами тестування на стабільність зшитого гелю були наступні: бралась проба зшитого гелю та переміщалася в реометрі Brookfield. У камері, де знаходилася проба, відтворювались пластові умови, тиск та температура, які максимально наближені до тих, які виникають під час гідравлічного розриву. На фігурі зображено результати дослідження на стабільність рідини ГРП.

З даного графіка можна зробити висновок, що дана система при інтенсивному перемішуванні (моделювання динаміки закачування) поводить себе стабільно. Упродовж досить тривалого часу, який співмірний з часом закачування, рідина має в'язкість в межах 450-500 сПз. Тобто ця рідина у застосуванні способу проведення гідравлічного розриву пласта буде зберігати необхідну в'язкість упродовж всього процесу гідророзриву, забезпечуючи стабільну роботу при температурі до 80 °С. Завдяки зменшенню концентрації гуару та використанню стабілізаторів солей, рідина мінімізує утворення залишків після деструкції. Цей метод особливо корисний для пластів з низькою проникністю, таких як сланці або вапняк, з проникністю від 10 нанодарсі до 1,0 мД.

Приклад виконання способу.

Після тестування способу проведення гідравлічного розриву пласта рідиною в лабораторії, з даною рецептурою та наступними параметрами: Глибина свердловини 3390 м; інтервал перфوراції 3366-3376 м, перфораторами ЗПК-62м 18 spm; тип пласта - пісковик газонасичений; ефективна товщина - 3 м; скін - 10; проникність - 0,3 мД; температура - 78 °С; пористість - 11 %.

Дизайн проведення робіт наступний: роботу проводять при витраті насосів - 3 м /хв. Спочатку нагнітання "подушки", об'єм якої складає 28 м³ від загального об'єму 85,2 м³. Кількість пропанту - 22 тонни, який подають з концентрацією від 100 до 900 кг/м³. На кінцевому етапі проводять продавку загеленим сольовим розчином густиною 1,10 г/см³ в об'ємі 15,5 м³. Після чого проводять технічну витримку протягом 24 години. Після цього освоюють свердловину за допомогою колтубінга та запускають її в експлуатацію. Дебіт свердловини зростає з 5 тис м³ до 38 тис м³ газу.

Після проведеного аналізу (за проведеними нами промисловими даними) гідравлічного розриву пласта оцінюють розмір та характеристики тріщини: довжину тріщини 126 м; висоту 25,7 м; ширина 0,33 см; Безрозмірна провідність тріщини 1,95; провідність тріщини - 73,86 мД; коефіцієнт загальної фільтрації 23,836 Дарси.

Таким чином, запропонований спосіб проведення гідророзриву дозволяє провести операцію без ускладнень в повному обсязі, при менших концентраціях гелеутворювача, та збільшити провідність привибійної зони пласта і збільшити дебіт свердловини.

Джерела інформації:

1. Спосіб проведення гідророзриву пласта. Патент України № 50554 А від 15.10.2002., МПК E21B43/26.

2. Спосіб та матеріали для гідравлічного розриву пластів з уповільненим зшиванням гелеутворюючих агентів. Патент Україна. № UA125332, МПК C09K 8/60, B01F 3/12. № заявки: а201701978; заявл. 28.08.2015; опубл. 23.02.2022, Бюл. № 8.

3. Патент США № US 6776235, МПК E21 B43/26, 2004 р., "Hydraulic fracturing method"

