

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **038081**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2021.07.02

(21) Номер заявки
201892155

(22) Дата подачи заявки
2017.04.25

(51) Int. Cl. **C09K 8/68** (2006.01)
A61K 8/81 (2006.01)
C08F 20/56 (2006.01)
C09K 8/80 (2006.01)
C09K 8/88 (2006.01)
E21B 43/00 (2006.01)

(54) СОСТАВЫ И СПОСОБЫ

(31) **62/327,587**

(32) **2016.04.26**

(33) **US**

(43) **2019.05.31**

(86) **PCT/GB2017/051142**

(87) **WO 2017/187150 2017.11.02**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ИНДЕПЕНДЕНС ОЙЛФИЛД
КЕМИКАЛС ЛЛС (US)**

(72) Изобретатель:
Доусон Джеффри, Эшмор Эйден (US)

(74) Представитель:
**Поликарпов А.В., Соколова М.В.,
Путинцев А.И., Черкас Д.А., Игнатьев
А.В. (RU)**

(56) **US-A1-2014131039
WO-A1-2014186658
US-B1-8640774**

(57) Составы для гидроразрыва пласта получают посредством смешивания понижающего трение гранулированного водорастворимого полимера с понижающим трение составом обратной полимерной эмульсии в присутствии органофильной глины, без необходимости специализированного промышленного оборудования. Состав можно дозированно вводить в воду с получением жидкости для гидроразрыва пласта, которая, как было обнаружено, является более технически выгодной и экономически эффективной.

B1**038081****038081****B1**

Область техники

Изобретение относится к составам и способам и, в частности, хотя не исключительно, относится к составам для применения в качестве понизителей трения в жидкостях для гидроразрыва подземных пластов с высокой скоростью.

Гидроразрыв пласта представляет собой способ, применяемый для добычи нефти и газа из нетрадиционных залежей, таких как пласты угля, плотные песчаники и сланцы. В ходе способа жидкость для гидроразрыва подают со скоростью и давлением, которые необходимы для того, чтобы вызывать разрушение пласта посредством инициации возникновения растрескиваний или трещин в пласте. Эти трещины возникают в стволе скважины и радиально распространяются в пласт. Распространенной практикой в нетрадиционных залежах является иницирование проникновения в залежь с помощью небольшой порции кислоты, закачиваемой при малой скорости, с последующей закачкой водной текучей среды с низкой вязкостью (в основном включающей воду) при возрастающей скорости до достижения заданной высокой скорости. Высокие скорости обычно составляют от 8000 до 16000 л/мин (50 до 100 баррелей в минуту).

После достижения скорости обработки в текучую среду добавляют агент, препятствующий смыканию трещин, или расклинивающий агент при низкой концентрации. Обычно большинство расклинивающих агентов включают мелкозернистый песок, например 0,11 кг (0,25 фунта) песка размером 100 меш на 3,785 л (галлон) воды. По мере протекания процесса гидроразрыва пласта количество песка постепенно увеличивают, и в какой-то момент размер песка может быть увеличен до 40/70 или 30/50 меш. Полученная песчаная пробка, сформированная в трещине, является на порядки величины более проницаемой, чем слои пласта, и, соответственно, пробка позволяет поддерживать проводящий путь от пласта к скважине для извлечения пластовых флюидов. Концентрация расклинивающих агентов, как правило, составляет от 90719 до 226795 кг (от 200000 до 500000 фунтов) на стадию гидроразрыва, и количество воды может составлять от 317974 до 1748860 л (от 2000 до 11000 баррелей) воды. Количество стадий гидроразрыва в горизонтальной скважине может составлять от 5 до 75 стадий, но чаще от 10 до 50 стадий и чаще всего от 15 до 40 стадий.

Большинство составов для обработки пристволенной зоны во вновь пробуренных горизонтальных скважинах закачивают через обсадные трубы ствола скважины диаметром от 11,43 до 13,97 см (от 4,5 до 5,5 дюймов). Как следствие обычно используемых скоростей накачки, диаметра обсадной колонны и вязкости и плотности флюида жидкость для гидроразрыва имеет режим потока, который скорее является турбулентным, чем ламинарным потоком. Высокая степень турбулентности увеличивает давление нагнетания обычно до уровней, которые могут превышать давление разрыва обсадной колонны, что может быть опасным для целостности скважины. Для решения данной проблемы и предотвращения достижения опасно высокого давления жидкости для гидроразрыва обычно в нее добавляют небольшое количество (например, от 25 до 700 частей на миллион (ppm)) понижающего трение полимера.

Понижителями трения обычно являются полимеры или сополимеры полиакриламида, которые могут быть либо анионно-, либо катионно-заряженными. Обычно используемый сополимер полиакриламида состоит из статистически распределенного акриламида и соли акрилатного мономера. Акрилатный мономер может представлять собой акрилатную соль натрия, аммония или калия. Когда такой сополимер добавляют в жидкость для гидроразрыва, соль ионизируется, оставляя отрицательный заряд на полимере. Эти отрицательные заряды, вызывая отталкивание зарядов между акрилатными группами, могут повысить гидродинамический объем полимера, что приводит к улучшению свойств снижения трения. Вклад акрилатных солей в полимер может составлять от 0 до 50% (в мольных процентах), например, от 5 до 40% и чаще всего от 10 до 30%.

Помимо акрилатных солей можно использовать для той же цели сульфонатные соли при дополнительном преимуществе, заключающемся в более высокой стойкости к соленой воде. Вода, используемая в жидкости для гидроразрыва, может изменяться от относительно пресной до умеренно соленой. Сульфонатные соли, используемые в полиакриламидном сополимере, являются гораздо более стойкими к солям, позволяя использовать сополимер на основе сульфоната с водой, содержащей более 50000 ppm хлорида.

Полиакриламидный сополимер для жидкости для гидроразрыва обычно получают в виде обратной полимерной эмульсии, содержащей частицы полимера микронного и субмикронного размера, диспергированные в масляном носителе и стабилизированные одним или более неионогенными поверхностно-активными веществами. Содержание полимера в эмульсии может составлять от 5 до 50 мас.%, но обычно составляет от 10 до 40 мас.% и чаще всего составляет от 15 до 30 мас.%. Одним из преимуществ обратной эмульсии является простота ее использования при операциях закачки. Обычно содержание в жидкости для гидроразрыва составляет от 25 до 1000 ppm, но чаще от 50 до 500 ppm и чаще всего от 75 до 300 ppm. Чаще всего концентрацию приравнивают к рабочей концентрации от 0,95 до 3,79 л (0,25 до 1,0 галлонов) эмульсии понизителя трения на 3785 л (1000 галлонов) жидкости для гидроразрыва (при концентрации в галлонах обозначается "галлон на тысячу" или "г/т"). Низкие рабочие концентрации от 0,95 до 3,79 л на 3785 л жидкости для гидроразрыва (0,25 до 1,0 г/т) эмульсии понизителей трения, добавляемых в рабочее оборудование гидроразрыва, такое как смеситель и, в частности, корпус смесителя, упрощают

обращение с обратными эмульсиями при их использовании.

Несмотря на простоту в обращении и перекачке обратная эмульсия является относительно дорогой, в частности из-за стоимости масла и поверхностно-активных веществ, используемых для получения эмульсии. Количество воды, обрабатываемой понизителями трения, может составлять от 3785 до 56781 л (от 1000 до 15000 галлонов) обратной эмульсии на скважину. Следовательно, стоимость понизителей трения может вносить основной вклад в стоимость гидравлического разрыва пласта.

Гранулированные полиакриламидные полимеры и сополимеры имеются в продаже по более низкой цене, чем обратные эмульсии. Однако, хотя цена гранулированных понизителей трения существенно ниже, технологически более сложным является обеспечение простоты их использования в процессе гидравлического разрыва пласта. Например, приготовление концентрированного водного раствора понизителей трения, как в US 8211835, для разбавления путем закачки небольших объемов водного раствора в пласт, является нецелесообразным. Понизители трения представляют собой водорастворимые полимеры с большой молекулярной массой. При добавлении в воду и гидратировании, за исключением очень слабых концентраций, полимеры могут значительно увеличить вязкость раствора. Большинство полимеров или сополимеров акриламида ограничены концентрацией до приблизительно 3 мас.%, после которой раствор становится слишком вязким для перекачки в области применения для разрыва пласта. Кроме того, стоимость транспортировки, хранения и обработки составов, которые в основном представляют собой воду с 3 мас.% полимера, делают непривлекательными сопутствующие затраты. Другим недостатком гранулированных материалов является необходимость их обработки партиями или псевдопартиями, чтобы обеспечить достаточное время для гидратации концентрата, которая обычно занимает от 15 до 60 мин. Из-за такого времени гидратации добавление гранул в режиме непрерывного процесса, обычно применяемом при гидравлическом разрыве пласта, является неэффективным и нецелесообразным.

Другой подход заключается в обеспечении оборудования вблизи скважины, которое может помочь осуществлять дозирование и гидратацию гранулированных полиакриламидных полимеров или сополимеров. Однако помимо приготовления водного концентрированного раствора, закачивание которого может быть затруднено, внедрение и управление процессом может быть дорогостоящим, в частности, если рассматривать стоимость оборудования, топлива, необходимого для работы оборудования, обслуживания и потребность в дополнительном персонале. Общие производственные затраты могут быть подобными производственным затратам процесса с обратными полимерными эмульсиями.

Из этого следует, что существует потребность в понизителе трения, который является менее дорогостоящим при использовании, чем обратные эмульсии на основе полиакриламида, не обладая недостатками использования гранулированных полимеров или сополимеров полиакриламида. Более того, конечно желательно, чтобы какой-либо новый понизитель трения обладал свойствами, соответствующими или превосходящими свойства существующих понизителей. В частности, для понизителя трения желательно, чтобы трение при использовании снижалось насколько возможно больше, максимальное снижение трения достигалось быстро при минимальной задержке между смешиванием понизителя трения с водой жидкости для гидроразрыва и достижением максимального снижения трения в жидкости для разрыва. Если можно достичь большего снижения трения, могут быть снижены скорость и/или давление, создаваемые в насосах, используемых для закачки жидкости для гидроразрыва в продуктивный пласт; или альтернативно, создаваемые скорость и/или давление можно поддерживать на высоком уровне при достижении большего снижения трения, что приводит к подаче жидкости для гидроразрыва при более высоком давлении на поверхность излома, тем самым улучшая эксплуатационные качества гидроразрыва. В результате, возможно снизить количество стадий, требующихся для гидроразрыва подземной формации.

Целью предпочтительных воплощений изобретения является решение вышеуказанных проблем.

Целью предпочтительных воплощений является обеспечение состава для использования в понизителе трения, который является менее дорогостоящим, чем соответствующая полиакриламидная обратная эмульсия и/или обладает преимуществами при использовании по сравнению с гранулированными полиакриламидами.

Целью предпочтительных воплощений является обеспечение состава, который относительно быстро обращается при использовании, так что его эффект снижения трения не задерживается значительно при использовании после контакта с водой, используемой в процессе гидроразрыва пласта.

Целью предпочтительных воплощений является обеспечение состава, который позволяет получить высокий уровень снижения трения.

В соответствии с первым аспектом изобретения предложен состав (A), например, для использования в жидкости для гидроразрыва пласта, включающий:

- (i) флюид (D), включающий масляную фазу, и
- (ii) частицы водорастворимого полимера (C).

Если в настоящем документе не указано иное, "rpm" относится к "массовым частям на миллион" и "мас.%" относятся к процентному содержанию компонента, исходя из массового соотношения.

Указанные частицы указанного полимера (C) предпочтительно диспергированы в указанной масляной фазе соответствующим образом в виде отдельных твердых частиц.

Флюид (D) может представлять собой любую текучую среду, которая включает химическую добав-

ку для использования в жидкости для гидроразрыва пласта. Например, указанный флюид (D) может включать любые добавки, которые желательно включать в жидкость для гидроразрыва пласта, например выбранные из понизителей трения (например, водорастворимых полимеров), ингибиторов коррозии, частиц расклинивающего агента, кислот, регулирующих водоотдачу добавок, биоцидов, поверхностно-активных веществ и ингибиторов солеотложения, добавок для стабилизации глин, вспенивающих веществ, ингибиторов отложения парафинов, гелеобразующих агентов, добавок для регулирования уровня pH, буферных растворов, сшивающих агентов, окисляющих агентов, ферментов и разлагающих гель веществ.

Указанный флюид (D) предпочтительно включает понизитель трения, например водорастворимый полимер.

Указанный флюид (D) предпочтительно является обратной эмульсией, включающей водорастворимый полимер (B) и указанную масляную фазу. Указанный полимер (B) предпочтительно включает повторяющиеся звенья акриламида.

Как описано в данном документе, состав (A) может иметь преимущества в техническом плане по сравнению с сопоставимыми составами, поскольку он быстро обрабатывается при контакте с водой жидкости для гидроразрыва пласта (таким образом, время до достижения целевого снижения трения может быть относительно небольшим), и он обеспечивает снижение трения в большей степени. Кроме того, состав (A) может быть более дешевым при изготовлении и закупке по сравнению, например, с составом, состоящим из одной обратной эмульсии, которая включает сравнимое количество понижающей трения добавки, например полимера, включающего повторяющиеся звенья акриламида. Однако поскольку оборудование, используемое для обработки и доставки состава (A) для получения жидкости для гидроразрыва пласта, является таким же, как используемое для состава, состоящего из обратной эмульсии, отсутствуют дополнительные затраты, связанные с применением состава (A). Кроме того, состав (A) благодаря быстрой гидратации полимеров в нем можно использовать в процессе непрерывного добавления. Преимущества предпочтительных составов описаны в представленных далее конкретных примерах.

Предпочтительно состав (A) предназначен для добавления в водный раствор, например воду, с получением жидкости для гидроразрыва пласта, которую можно применять при гидроразрыве пласта подземной формации. Состав (A) соответствующим образом используют для снижения коэффициента трения водной жидкости при турбулентном потоке, например, в ходе гидроразрыва пласта подземной формации. Как следствие, насос, используемый для закачки жидкости для гидроразрыва пласта, может работать с пониженной скоростью и/или давлением, или при заданном давлении насоса более высокое давление от насоса можно передавать на поверхность излома. Состав (A) соответствующим образом используют для снижения трения или сопротивления посредством подавления турбулентности, присутствующей в воде с высоким градиентом скорости указанной жидкости для гидроразрыва пласта, и следовательно, воду можно перекачивать при более высоких скоростях. Состав (A) также очень быстро может достигать максимального уровня снижения трения.

Указанный флюид (D), например указанная обратная эмульсия, может включать по меньшей мере 15 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 25 мас.% указанной масляной фазы. Состав (A) может включать менее 70 мас.% или менее 50 мас.% указанной масляной фазы. Полимер (B) соответствующим образом диспергирован в масляной фазе.

Указанный флюид (D), например указанная обратная эмульсия, может включать по меньшей мере 15 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 25 мас.% полимера (B). Он может включать менее 50 мас.% или менее 40 мас.% полимера (B). Указанное выше количество полимера (B) представлено в пересчете на сухое вещество.

Полимер (B) соответствующим образом гидратирован. Например, полимер (B) может включать до 70, 60, 50 или 40 мас.% воды. Полимер (B) обычно включает по меньшей мере 10 мас.%, по меньшей мере 14 мас.% или по меньшей мере 20 мас.% воды. В указанном флюиде (D), например в указанной обратной эмульсии, полимер (B) соответственно представляет собой гидратированный полимер, который диспергирован в масляной фазе. Гидратированный полимер обычно находится в форме частиц микронных или субмикронных размеров (например, 0,1-100 мкм, предпочтительно от 0,5 до 10 мкм). Обратная эмульсия обычно включает поверхностно-активное вещество для стабилизации эмульсии.

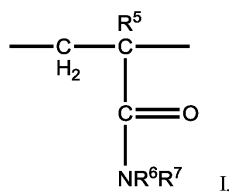
Указанный флюид (D), например указанная обратная эмульсия, может включать по меньшей мере 15 мас.% воды, предпочтительно по меньшей мере 20 мас.% воды. Он может включать менее 40 мас.% воды. Вода может обеспечить гидратацию полимера (B).

В предпочтительном воплощении указанный флюид (D), например указанная обратная эмульсия, включает 15-40 мас.% указанной масляной фазы, 15-40 мас.% полимера (B) и 15-40 мас.% воды. Указанный флюид (D) может включать 1-10 мас.% поверхностно-активных(ого) веществ(а), как описано в данном документе.

Предпочтительно указанный полимер (B) является ионным полиакриламидом. Полимер (B) может включать 0-50 молн.%, предпочтительно 5-40 молн.%, более предпочтительно 10-30 молн.% ионных повторяющихся звеньев. Остальное соответственно состоит из неионных повторяющихся звеньев акриламида. Хотя полимер (B) может быть анионным или катионным полиакриламидом, предпочтительно он яв-

ляется анионным полиакриламидом. Полимер (В) может быть частично гидролизованным акриламидом.

Указанный полимер (В) предпочтительно включает повторяющееся звено, которое включает возможно замещенный акриламид, например алкилакриламид (например, метакриламид) или N,N-диалкилакриламид (например, N,N-диметилакриламид). Указанный возможно замещенный акриламид может иметь формулу (I)



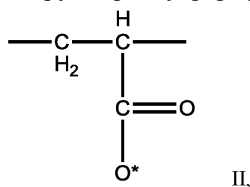
где R^5 , R^6 и R^7 независимо представляют собой атом водорода или возможно замещенный (предпочтительно незамещенный) C_{1-4} алкил, предпочтительно C_{1-2} алкил, более предпочтительно метильную группу.

В формуле (I) R^5 , R^6 и R^7 предпочтительно представляют собой атомы водорода.

В среднем, отношение количества других повторяющихся звеньев в полимере (В), деленного на количество повторяющихся звеньев формулы (I), может составлять менее 0,6; 0,5; 0,4; 0,3 или 0,2. Указанное отношение может составлять по меньшей мере 0,0025, по меньшей мере 0,005, по меньшей мере 0,05 или по меньшей мере 0,1.

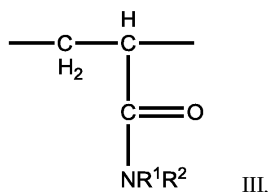
Указанный полимер (В) может включать (например, в сочетании с повторяющимся звеном формулы (I)) повторяющееся звено, которое включает акрилатный или сульфонатный фрагмент, например, акрилатную или сульфонатную соль или пирролидонный фрагмент. Полимеры, которые включают сульфонатные соли, могут быть предпочтительными, когда состав используют с водой, которая содержит большое количество жестких ионов, например ионы магния, кальция, стронция, бария или железа.

Указанный полимер (В) может включать повторяющееся звено формулы (I) в сочетании с повторяющимся звеном, включающим группировку формулы (II)



где фрагмент O^* представляет собой фрагмент O^- или ковалентно связан с другим атомом или группой;

повторяющимся звеном, включающим группировку винилпирролидона, или повторяющимся звеном, включающим группировку формулы III



где R^1 и R^2 независимо выбраны из атома водорода и возможно замещенной алкильной группы. Возможно замещенная алкильная группа может представлять собой электрически нейтральное гидрофобное вещество. Возможно замещенная алкильная группа может включать группировку $-\text{SO}_3\text{R}^3$, где R^3 выбран из атома водорода и катионного фрагмента, например катиона щелочного металла, в частности Na^+ . Указанная возможно замещенная алкильная группа может включать от 1 до 36, предпочтительно от 1 до 20, более предпочтительно от 1 до 10 атомов углерода. Указанное повторяющееся звено может происходить из AMPS и/или может быть на основе AMPS.

Полимер (В) может быть получен из одного или более следующих мономеров:

катионных мономеров - метакрилоилоксиэтилтриметиламмоний хлорида, метакриламидопропилтриметиламмоний хлорида, акрилоилоксиэтилтриметиламмоний хлорида, диметилдиаллиламмоний хлорида;

анионных мономеров - акрилата натрия, 2-акриламидо-2-метилпропансульфоната натрия;

неионных мономеров - акриламида, метакриламида, N,N диметилакриламида, винилпирролидона.

Полимер (В) может включать одновалентные (например, NH_4^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ или Cs^+), двухвалентные (например, Be^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} или Zn^{2+}) или трехвалентные (например, Fe^{3+} или Al^{3+}) катионы. Предпочтительно полимер включает одновалентные катионы, причем предпочтительным является Na^+ .

Указанный полимер (В) предпочтительно включает повторяющиеся звенья акриламида и акрилата,

например повторяющиеся звенья акрилата натрия.

Указанный полимер (В) может иметь молекулярную массу по меньшей мере 200000 Да, предпочтительно по меньшей мере 500000 Да, более предпочтительно по меньшей мере 1000000 Да. Молекулярная масса может составлять менее 50000000 Да или менее 30000000 Да. Молекулярная масса, описанная в данном документе, может быть измерена посредством измерения характеристической вязкости (см. стандарт ISO 1628/1-1984-11-01) и использования корреляции характеристической вязкости/молекулярной массы по уравнению Марка-Хоувинка.

Флюид (D) выбирают из широкого диапазона типов полиакриламидных эмульсий, включающих, например, KemFlow A-4251, KemFlow A4355, KemFlow A-4356, KemFlow A-4358, KemFlow A-4361, KemFlow A-4366 (Kemira, Atlanta, Ga., USA); FLOJET DR-7000/FLOJET DR-3046 (SNF, Riceboro, Ga., USA); Sedifloc 320A и Sedifloc, 331A (3F Chimica, Charlotte, N.C., USA), содержащие анионные вещества, и Alcomer-788 и Alcomer-889 (BASF, Florham Park, N.J., USA) в качестве катионных полиакриламидных эмульсий.

Указанная масляная фаза состава (A) обычно включает гидрофобную жидкость, которая обычно является инертной. Указанная гидрофобная жидкость может представлять собой углеводород. Она может быть выбрана из парафиновых углеводородов, нафтеновых углеводородов, ароматических углеводородов, бензола, ксилола, толуола, минеральных масел, дизельного топлива, керосина, лигроина (включая гидроочищенный лигроин), петролатума, изопарафиновых растворителей с разветвленной цепью, углеводородов с разветвленной цепью, насыщенных, линейных и/или разветвленных парафиновых углеводородов и их сочетаний. Указанная жидкость может включать натуральное, модифицированное или синтетическое масло или растительное масло, такое как каноловое масло, кокосовое масло, рапсовое масло и т.п.

Когда указанный флюид (D), например указанную обратную эмульсию, стабилизируют с помощью поверхностно-активного вещества, указанное поверхностно-активное вещество может иметь число ГЛБ (гидрофильно-липофильный баланс) от 2 до 10, в некоторых случаях от 3 до 9 и в других случаях от 3 до 7.

Как используют в данном документе, число ГЛБ рассчитывают, используя известный в технике метод расчета, основанный на химических группах в составе молекулы. В методе используют следующее уравнение:

$$HLB=7+m*Hh+n*Hl,$$

где m представляет собой количество гидрофильных групп в молекуле; Hh представляет собой показатель гидрофильности гидрофильных групп; n представляет собой количество липофильных групп в молекуле; и Hl представляет собой показатель липофильности липофильных групп.

Неограничивающие примеры подходящих поверхностно-активных веществ включают

моно-, ди- и полиглицериновые эфиры жирных кислот, например моноолеат, диолеат, моностеарат, дистеарат и пальмитостеарат. Такие сложные эфиры могут быть получены, например, посредством этерификации моно-, ди- и полиглицерина или смесей полигидроксильированных спиртов, таких как этиленгликоль, диэтиленгликоль, дипропиленгликоль, 1,4-бутандиол, 1,2,4-бутантриол, глицерин, триметилпропан, сорбит, неопентилгликоль и пентаэритрит;

сорбитановые эфиры жирных кислот, например сорбитан моноолеат, сорбитан диолеат, сорбитан триолеат, сорбитан моностеарат и сорбитан тристеарат;

маннитоловые эфиры жирных кислот, например маннитол монолаурат или маннитол монопальмитат;

пентаэритритоловые эфиры жирных кислот, например пентаэритритол мономиристат, пентаэритритол монопальмитат и пентаэритритол дипальмитат;

полиэтиленгликоль-сорбитановые эфиры жирных кислот, более конкретно моноолеат;

полиэтиленгликоль-маннитоловые эфиры жирных кислот, более конкретно моноолеаты и триолеаты;

эфиры жирных кислот и глюкозы, например глюкозы моноолеат и глюкозы моностеарат;

триметилпропан дистеарат;

продукты реакции изопропиламида с олеиновой кислотой;

глицерин-сорбитановые эфиры жирных кислот;

этоксильированные алкиламины;

гексадецилфталат натрия;

децилфталатнатрия и

растворимые в масле алканоламиды.

К подходящим активным веществам относятся вещества, продаваемые под торговыми марками SPAN™ и TWEEN™.

Общее количество поверхностно-активных веществ в указанном флюиде (D), например в указанной обратной эмульсии, может составлять по меньшей мере приблизительно 0,1 мас.%, по меньшей мере 0,5 мас.% или по меньшей мере 1 мас.%. Общее количество может составлять 10 мас.% или менее 5 мас.% или менее 2,5 мас.%.

Водорастворимый полимер (C) предпочтительно, по существу, нерастворим в масляной фазе указанного флюида (D), например указанной обратной эмульсии. Предпочтительно полимер растворим в воде, например, при концентрации по меньшей мере 10, 20 или 30 мас.%.

Указанный водорастворимый полимер (С) предпочтительно включает атомы кислорода, предпочтительно он способен образовывать водородные связи с водой.

Указанный водорастворимый полимер (С) может включать одну или более группировок, обычно в повторяющемся звене, выбранных из $-C(O)NH_2$, $-COO^-$, $-O-$ и четвертичного аммония, например алкил четвертичного аммония, такой как в группировке $-N^+(CH_3)_3$. Группировка $-C(O)NH_2$ может быть частью повторяющегося звена акриламида. Группировка $-COO^-$ может быть частью повторяющегося звена акрилата (например, соли акриловой кислоты). Фрагмент $-O-$ может быть частью эфирной или гидроксильной группы.

В одном воплощении указанный полимер (С) представляет собой полиэтиленоксид. Он может иметь среднюю молекулярную массу от 100000 до 20000000 Да, например от 1000000 до 10000000 Да.

В предпочтительном воплощении указанный полимер (С) включает повторяющееся звено акриламида. Предпочтительно полимер представляет собой полиакриламид и более предпочтительно представляет собой частично гидролизированный полиакриламид. Предпочтительно полимер (С) является ионным полиакриламидом. Полимер (С) может включать 0-50 мольн.%, предпочтительно 5-40 мольн.%, более предпочтительно 10-30 мольн.% ионных повторяющихся звеньев. Остальное соответственно представляет собой неионные повторяющиеся звенья акриламида. Хотя полимер (С) может быть анионным или катионным полиакриламидом, предпочтительно он является анионным полиакриламидом.

Указанный полимер (С) предпочтительно включает повторяющееся звено, которое включает акриламид, например, формулы (I), указанной выше.

В среднем, отношение количества повторяющихся звеньев в полимере (С), деленного на количество повторяющихся звеньев формулы (I), может составлять менее 0,6; 0,5; 0,4; 0,3 или 0,2. Указанное отношение может составлять по меньшей мере 0,0025, по меньшей мере 0,005, по меньшей мере 0,05 или по меньшей мере 0,1.

Указанный полимер (С) может включать повторяющееся звено, которое включает группировку акрилата, сульфоната или пирролидона, например акрилатную соль или сульфонатную соль. Полимеры, которые включают сульфонатные соли, могут быть предпочтительными, когда состав используют с водой, содержащей большое количество жестких ионов, как описано выше.

Указанный полимер (С) может включать повторяющееся звено формуле (I), как описано выше, в сочетании с

повторяющимся звеном, включающим группировку формулы (II), как указано выше, или

повторяющимся звеном, включающим группировку винилпирролидона, или

повторяющимся звеном, включающим группировку формулы (III), как указано выше,

где R^1 и R^2 независимо выбраны из атома водорода и возможно замещенной алкильной группы.

Возможно замещенная алкильная группа может представлять собой электрически нейтральное гидрофобное вещество. Возможно замещенная алкильная группа может включать группировку $-SO_3R^3$, где R^3 выбран из атома водорода и катионного фрагмента, например катиона щелочного металла, в особенности, Na^+ . Указанная возможно замещенная алкильная группа может включать от 1 до 36, предпочтительно от 1 до 20, более предпочтительно от 1 до 10 атомов углерода.

Полимер (С) может быть получен из одного или более из следующих:

катионных мономеров - метакрилоилоксиэтилтриметиламмоний хлорида, метакриламидопропилтриметиламмоний хлорида, акрилоилоксиэтилтриметиламмоний хлорида, диметилдиаллиламмоний хлорида;

анионных мономеров - акрилата натрия, 2-акриламидо-2-метилпропансульфоната натрия;

неионных мономеров - акриламида, метакриламида, N,N диметилакриламида, винилпирролидона.

Полимер (С) может включать одновалентные (например, NH_4^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ или Cs^+), двухвалентные (например, Be^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Cu^{2+} или Zn^{2+}) или трехвалентные (например, Fe^{3+} или Al^{3+}) катионы. Предпочтительно полимер включает одновалентные катионы, причем предпочтительным является Na^+ .

Указанный полимер (С) предпочтительно включает повторяющиеся звенья акриламида и акрилата, например повторяющиеся звенья акрилата натрия.

Указанный полимер (С) может иметь молекулярную массу по меньшей мере 200000 Да, предпочтительно по меньшей мере 500000 Да, более предпочтительно по меньшей мере 1000000 Да. Молекулярная масса может составлять менее 50000000 Да или менее 30000000 Да. Молекулярная масса может быть измерена как указано выше.

Примеры полимера (С) включают твердые (порошкообразные) полиакриламиды, включающие KemFlow A-5156, KemFlow A-5157, KemFlow A-5251, KemFlow A-5252, KemFlow A-5253, KemFlow A-5254, KemFlow A-5351, KemFlow A-5352, KemFlow A-5353, KemFlow A-5354, KemFlow A-5356 (Kemira, Atlanta, Ga., USA); Sedifloc 7030HM, Sedifloc 7030NHM (3F Chimica, Charlotte, N.C., USA).

Как указано выше, указанные частицы указанного полимера (С) предпочтительно диспергированы в указанной масляной фазе, обычно в виде отдельных твердых частиц. Частицы могут быть в форме порошка, гранул или хлопьев. Если не указано иное, размеры частиц измеряют, как описано выше. Указанные частицы предпочтительно имеют средний диаметр по меньшей мере по меньшей мере 100 мкм, по

меньшей мере 200 мкм или по меньшей мере 300 мкм. Указанный средний диаметр частиц может быть менее 1000 мкм, например менее 700 мкм или менее 500 мкм.

По меньшей мере 90 мас.%, предпочтительно по меньшей мере 98 мас.%, более предпочтительно приблизительно 100 мас.% указанных частиц указанного водорастворимого полимера (C) имеют диаметр более 1 мкм, более 10 мкм или более 20 мкм. Указанные частицы указанного водорастворимого полимера (C) обычно имеют диаметр менее 2000 мкм или менее 1100 мкм.

Указанные частицы предпочтительно включают по меньшей мере 85 мас.%, предпочтительно 95 мас.% указанного полимера (C). Указанные частицы могут включать менее 15 мас.%, предпочтительно менее 5 мас.% воды.

В составе (A) отношение (X), определяемое как количество указанного флюида (D) в мас.ч. (например, указанной обратной эмульсии), деленное на количество указанных частиц в мас.ч., обычно составляет от 1 до 12, предпочтительно от 2 до 10, более предпочтительно от 3 до 8.

В составе (A) отношение (Y), определяемое как количество полимера (B) в масс. ч., деленное на количество полимера (C) в мас.ч., обычно составляет от 5:1 до 1:5, предпочтительно 3:1 до 1:3, более предпочтительно от 2:1 до 1:2.

В составе (A) отношение (Z), определяемое как количество указанной масляной фазы в мас.ч., деленное на количество полимера (C) мас.ч., обычно составляет от 0,1 до 2, предпочтительно от 0,1 до 1,2, более предпочтительно от 0,3 до 1,0.

Указанный состав (A) может включать суспендирующий агент для облегчения суспендирования указанных гранул в составе. Указанный состав может включать менее 1 мас.%, например менее 0,75 мас.% суспендирующего агента. Смесь может включать по меньшей мере 0,1 мас.% суспендирующего агента.

Указанный суспендирующий агент может быть органотфильным. Он обычно нерастворим в составе (A). Предпочтительно агент представляет собой глину, например органотфильную глину.

Органотфильная глина, которая ассоциирует с маслянистыми поверхностями и отталкивается водными поверхностями, может быть продуктом реакции очищенной смектитной глины (такой как гекторит, бентонит, аттапульгит, сепиолит, монтмориллонит и т.д.) и четвертичной аммониевой соли. Она включает глину с покрытием (или лигнит), например, глину, покрытую четвертичным амином жирной кислоты. Покрытие придает глине способность диспергироваться в масле. Примеры органотфильных глин включают глины, раскрытые в US 20070197711 и US 20100305008, включенные в данный документ посредством ссылки. Глины, включенные в данный документ, представляют собой бентониты, такие как глины BENTONE® от Elementis Specialties, Inc. и Claytone SF, продукт от Southern Clay Products. Кроме того, такие органотфильные глины могут представлять собой ионообменные глины, см., например, US 20010056149, включенный в данный документ посредством ссылки.

Указанный состав (A) может иметь вязкость, измеренную как описано в данном документе, менее 1000 сПз. Вязкость может составлять по меньшей мере 200 сП.

Вязкость обычно измеряют при 511 с^{-1} с помощью вискозиметра типа Fann Model 35 с пружиной F1, балансиrom B1 и ротором R1 (при температуре 25°C и давлении 1 атмосфера).

Сумма количества в мас.% указанного флюида (D), например обратной эмульсии, и количества в мас.% указанных частиц в составе (A) может составлять по меньшей мере 80 мас.%, по меньшей мере 90 мас.% или по меньшей мере 95 мас.%. Остальное может составлять, например, указанный суспендирующий агент и/или другие добавки, традиционно применяемые в жидкостях для гидроразрыва пласта, например биоциды.

В предпочтительном воплощении указанный состав (A) включает
от 70 до 90 мас.% указанного флюида (D), например указанной обратной эмульсии;
от 10 до 30 мас.% указанных частиц и
от 0 до 1 мас.% суспендирующего агента.

Состав (A) может включать менее 1 мас.% поверхностно-активных веществ и может включать по меньшей мере 0,01 мас.% поверхностно-активных веществ.

Состав (A) предпочтительно вступает в контакт с водой с получением жидкости для гидроразрыва пласта. Таким образом, изобретение распространяется, во втором аспекте, на способ получения жидкости для гидроразрыва пласта, включающий приведение состава (A) в контакт с водой. В результате контакта и/или смешивания состава (A) с водой обратная эмульсия обращается и полимер (A) смешивается с водой и/или сольбилизируется водой. Полученная таким образом жидкость для гидроразрыва демонстрирует более низкое трение при использовании, по сравнению с трением воды в отдельности (и по сравнению с использованием, например, обратной эмульсии, включающей полимер (B) в отсутствие частиц полимера (C)) и/или такого более низкого трения быстро достигают при контакте состава (A) и воды.

Было обнаружено преимущество, заключающееся в том, что указанный состав (A) можно быстро диспергировать в жидкости для гидроразрыва пласта без образования комков частиц полимера (C).

Вода, которую смешивают с составом (A) и/или которая образует большую часть жидкости для гидроразрыва пласта, описанной в данном документе, может происходить из любого подходящего ис-

точника. Она может представлять собой питьевую воду, поверхностную воду, морскую воду, соляной раствор, сточные воды, воду водоносного горизонта или попутно добываемую воду. Ссылки в данном документе на количество воды, в частности в контексте воды, которая образует большую часть описанной жидкости для гидроразрыва пласта, соответственно относятся к воде, включающей компоненты, присутствующие в источнике воды, такие как растворенные соли, встречающиеся в морской воде.

Способ может включать получение жидкости для гидроразрыва пласта, которая включает от 25 до 5000 ppm, от 25 до 1000 ppm или от 250 до 1000 ppm состава (A) в водной жидкости, например в воде.

В способе другие добавки можно приводить в контакт с составом (A) после и/или одновременно с водой. Указанные другие добавки выбирают из ингибиторов коррозии, частиц расклинивающего агента, кислот, регулирующих водоотдачу добавок, биоцидов, поверхностно-активных веществ и ингибиторов солеотложения, добавок для стабилизации глин, вспенивающих веществ, ингибиторов отложения парафинов, гелеобразующих агентов, добавок для регулирования уровня pH, буферных растворов, сшивающих агентов, окисляющих агентов, ферментов и разлагающих гель веществ.

Предпочтительно, на некоторых стадиях в способе, в жидкость для гидроразрыва пласта вводят один или более расклинивающих агентов. Расклинивающий агент может иметь размер по меньшей мере 0,105 мм (140 меш США); он может иметь размер менее 4 мм (5 меш США). Расклинивающий агент можно выбирать из песка, боксита и искусственных материалов средней или высокой прочности. Расклинивающий агент предназначен для ограничения закрытия трещин гидроразрыва при снятии гидравлического давления, которое вызывает гидроразрыв.

Предпочтительно, на некоторых стадиях указанная жидкость для гидроразрыва пласта включает от 2,9 до 54 мас.%, например от 5 до 40 мас.% расклинивающих агентов.

Соответственно, в третьем аспекте изобретения обеспечивают жидкость для гидроразрыва пласта (например, реагент на водной основе для гидроразрыва пласта), причем указанная жидкость для гидроразрыва пласта включает:

- водорастворимый полимер (B);
- водорастворимый полимер (C);
- гидрофобную жидкость, соответствующим образом полученную из указанного флюида (D) (например, указанной обратной эмульсии), как описано в первом аспекте; и

воду.

Указанная жидкость для гидроразрыва пласта может быть получена, как описано во втором аспекте. Указанный водорастворимый полимер (B), указанный водорастворимый полимер (C) и указанная гидрофобная жидкость могут быть такими, как описано в первом аспекте. Указанная жидкость для гидроразрыва пласта может включать любой компонент, включенный в состав (A) по первому аспекту, из которого она может быть получена.

Указанная жидкость для гидроразрыва пласта (не учитывая любые возможные расклинивающие агенты, которые могут быть введены во флюид) может включать по меньшей мере 99 мас.% воды.

В соответствии с четвертым аспектом изобретения обеспечивают способ гидроразрыва пласта подземной формации, включающий приведение формации в контакт с жидкостью для гидроразрыва пласта, полученной способом по второму аспекту и/или описанной в третьем аспекте.

Указанный способ предпочтительно включает гидроразрыв пласта подземной формации, через которую проходит скважина, посредством закачки в скважину жидкости для гидроразрыва пласта под давлением, достаточным для создания системы трещин.

В соответствии с пятым аспектом изобретения предложен способ получения состава (A) в соответствии с первым аспектом, включающий:

- (а) выбор флюида (D), включающего масляную фазу (например, обратной эмульсии, включающей масляную фазу и водорастворимый полимер (B)), и
- (б) приведение указанного флюида (D) (например, указанной обратной эмульсии) в контакт с частицами водорастворимого полимера (C).

За исключением воды, ассоциированной в указанном флюиде (D) (например, в указанной обратной эмульсии), указанный способ предпочтительно осуществляют в присутствии менее 5 мас.% воды. Предпочтительно, в способе указанный флюид (D) (например, указанную обратную эмульсию) и полимер (C) не смешивают с водой.

Было обнаружено преимущество, заключающееся в том, что указанные частицы полимера (C) могут быстро диспергироваться во флюиде (D) без образования комков из частиц полимера (C).

В соответствии с шестым аспектом изобретения предложена установка, расположенная рядом с подземной формацией и предназначенная для подачи жидкости для гидроразрыва пласта в формацию, включающая:

- (I) емкость, содержащую состав (A) в соответствии с первым аспектом;
- (II) систему подачи воды;
- (III) насос (PI) для дозирования состава (A) из указанной емкости в указанную систему подачи воды, чтобы соответствующим образом сформировать по меньшей мере часть жидкости для гидроразрыва пласта;

(IV) трубопровод для подачи жидкости для гидроразрыва пласта в формацию; и

(V) насос (P2) для закачки жидкости для гидроразрыва пласта через указанный трубопровод в формацию.

Любой аспект любого изобретения, описанного в данном документе, может быть объединен с любым признаком, описанным в любом другом аспекте любого изобретения или воплощения, описанного в данном документе, с учетом внесения необходимых изменений.

Далее в качестве примера описаны конкретные воплощения изобретения со ссылками на прилагаемые чертежи, где

на фиг. 1 представлен график распределения частиц по размерам (в объемных процентах в зависимости от диаметра частиц (мкм)) для гранул полиакриламида (ГП);

на фиг. 2 - график снижения трения в % в зависимости от времени для составов, описанных в примере 3;

на фиг. 3 - график снижения трения в % в зависимости от времени для составов, описанных в примере 4;

на фиг. 4 - график снижения трения в % в зависимости от времени для составов, описанных в примере 5;

на фиг. 5 - график снижения трения в % в зависимости от времени для составов, описанных в примере 6.

Сделаны ссылки на следующие материалы.

Эмульсионный полимер (ЭП) - промышленно выпускаемая композиция эмульсионного понизителя трения, поставляемая как HiRate 605, выпускаемая Independence Oilfield Specialties и включающая приблизительно 20 мас.% анионного частичного гидролизованного полиакриламидного сополимера, находится в виде обратной эмульсии с водой и поверхностно-активными веществами при приблизительно 25 мас.% непрерывной масляной фазы, включающей гидроочищенный легкий нефтяной продукт перегонки.

Органофильная глина (ОГ) - Claytone SF от BYK.

Гранулированный полиакриламид (ГП) - промышленно выпускаемая композиция понизителя трения в виде частиц, включающая >90% анионного частично гидролизованного полиакриламидного сополимера. Анализ размеров частиц материала представлен на фиг. 1. Анализ выполняли с помощью анализатора размера частиц LS13320, выпускаемого Beckman Coulter. Материал имеет объемный медианный диаметр частиц 320,8 мкм, объемный средний размер частиц 323,2 мкм, самые крупные частицы имеют размер 948 мкм, а самые мелкие - 27,4 мкм.

Вода, используемая при испытаниях (В), относится к водопроводной воде следующего состава:

Ионы	Концентрация (мг/л)
Кальций	13,80
Магний	1,64
Барий	0,05
Бор	0
Железо	0
Натрий	244,56
Хлорид	226,27
Сульфат	16,50
Фосфаты	0,06
Бикарбонаты	280,60
Карбонаты	6,40
Калий	2,93
Кремний	9,42
pH	8,90
Относительная плотность	1,00
Общее количество растворенных твердых веществ (ppm)	811,64

В общем, составы для жидкости для гидроразрыва пласта получают посредством смешивания гранулированного водорастворимого понижающего трение полимера (гранулированного полиакриламида (ГП)) с понижающим трение составом обратной полимерной эмульсии (эмульсионным полимером (ЭП)), возможно в присутствии органофильной глины, без потребности в специальном промышленном оборудовании. Смесь можно добавлять в воду с получением жидкости для гидроразрыва пласта, которая оказалась в высшей степени преимущественной технически и экономически эффективной.

В примере 1 описано получение потенциально пригодных составов для испытаний, в примере 2 описана общая методика испытаний в кольцевом контуре потока. В примерах 3-6 описана проведенная оценка и результаты для ряда составов.

Пример 1. Получение потенциально пригодных составов для испытаний.

Следующие составы А-1, А-2, А-3 и В-1 приготавливали посредством смешивания компонентов, указанных в таблице, в количестве, подходящем для получения суспензий с плотностью и вязкостью,

указанными в табл. 1. В общем, в способе в эмульсионный полимер (ЭП) добавляют глину для диспергирования и активации глины. Добавляют гранулированный полиакриламид (ГП) и смесь хранят при температуре и давлении окружающей среды.

Таблица 1

Обозначение состава	Плотность кг/м ³ (фунт/гал)	Эмульсионный полимер (ЭП) (масс.%)	Органофильная глина (ОГ) (масс.%)	Гранулированный полиакриламид (ГП) (масс.%)	Вязкость суспензии (сПз)
Смесь А-1	1071,5 (8,942)	79,30	0,51	20,19	378
Смесь А-2	1071,9 (8,946)	79,42	0,35	20,22	349
Смесь А-3	1070,9 (8,937)	79,61	0,20	20,18	340
Смесь В-1	1063,5 (8,875)	81,55	0,35	18,11	320

Пример 2. Общая методика испытаний составов в кольцевом контуре потока.

Устройство для испытаний в кольцевом контуре потока состояло из двух последовательно соединенных труб 3,05 м (10 футов), одна 19,05 мм (³/₄ дюйма) и другая 12,7 мм (¹/₂ дюйма). Воду для испытаний хранили в баке объемом 18,9л (5 галлонов), оборудованном верхнеприводной мешалкой. Обеспечивали циркуляцию флюида через трубы и бак с использованием винтового насоса. Скорость потока в каждом испытании поддерживали постоянной, составляющей 22,7 л/мин (6 гал/мин) или 37,85 л/мин (10 гал/мин). Изначально воду (В), используемую при испытаниях, закачивали в течение двух минут при постоянной скорости для формирования базового уровня. По прошествии двух минут испытываемый понизитель трения добавляли в бак при интенсивном перемешивании в течение 30 с для обеспечения однородного распределения понизителя трения, также и при протекании через кольцевой контур потока. После 30 с интенсивного перемешивания скорость мешалки снижали для медленного перемешивания компонентов в остальной части испытаний.

Непрерывно регистрировали падение давления по длине каждой трубы, скорость потока через каждую трубу и температуру флюида, причем данные собирали со скоростью одна точка измерения в секунду. Каждое испытание осуществляли в течение 18 мин. По завершении каждого испытания скорость потока, температуру и снижение трения в процентах (рассчитывали как 1 - (AP FR/AP воды) наносили на график в зависимости от времени.

Пример 3. Оценка составов (первая серия экспериментов).

В первой серии экспериментов проводили исследование составов, описанных в табл. 2 ниже, используя контур потока примера 2 при скорости 22,71 л/мин (6 гал/мин).

Таблица 2

№ примера	Обозначение состава	Загрузка (л/т) (г/т)	Вязкость (сПз)	pH	Время обращения (с)	Макс. % снижение трения
3a (Сравн.)	Эмульсионный полимер (ЭП)	1,89 (0,50)	1,13	8,05	62	73
3b (Сравн.)	Эмульсионный полимер (ЭП)	0,95 (0,25)	0,98	8,09	70	69
3c	Смесь А-1	0,95 (0,25)	1,17	8,02	22	73
3d	Смесь А-2	0,95 (0,25)	1,17	8,00	21	73
3e	Смесь А-3	0,95 (0,25)	1,16	8,03	22	73

Следует отметить что "г/т" обозначает "галлоны на тысячу галлонов", и эта единица измерения принята в технике.

Результаты испытания смеси в кольцевом контуре потока представлены в табл. 1 и на фиг. 2. Результаты показывают, что максимальное снижение трения для базового уровня 1,89 л/т (0,50 г/т) (пример 3a) составляло 73%, и время обращения составляло 62 с. Когда количество составляло половину, сравнивали 0,95 л/т (0,25 г/т) в примере 3b, максимальное снижение составляло только 69%, и время обращения составляло 70 с.

Однако при включении различного количества порошкообразного понижающего трение полимера (т.е. гранулированного полиакриламида (ГП)) в эмульсионный полимер (ЭП), как описано в примерах 3c, 3d и 3e, максимальное снижение трения составляет 73%, и время обращения значительно меньше (21-22 с) по сравнению с составом примера 3b, который не включает гранулированного полиакриламида (ГП), а включает только эмульсионный полимер (ЭП).

На фиг. 2 представлены более низкие скорости обращения смесей примера 3a и 3b по сравнению со смесями примеров 3c-3e, которые включают различное количество гранулированного полиакриламида (ГП). Кроме того, составы примеров 3c-3e, каждый из которых содержит приблизительно 20 мас.% по-

рошкообразного полиакриламида и различное количество органофильной глины, показывают близкие к идентичным свойства по всем трем кривым на фиг. 2, расположенным одна над другой.

Пример 4. Оценка составов (вторая серия экспериментов).

Во второй серии экспериментов исследуемые составы, подробно представленные в табл. 3, подвергали процедуре примера 3, но с применением в качестве базового уровня 0,95 л/т (0,25 г/т) состава, который включает только эмульсионный полимер (ЭП). Этот пример является примером 4а (сравнительным). Его сравнивают с примером 4б (сравнительным), в котором используют уменьшенную концентрацию 0,38 г/т (0,1 г/т) состава эмульсионного полимера (ЭП) и с составами А-1, А-2 и А-3 при концентрации 0,38 г/т (0,1 г/т), как описано в примерах 4с, 4д и 4е. В табл. 3 ниже приведены сведения о составах, используемых в экспериментах, и полученные результаты, которые представлены графически на фиг. 2.

Таблица 3

№ примера	Обозначение состава	Загрузка (л/т) (г/т)	Вязкость (сПз)	рН	Время обращения	Макс. % снижение трения
4а (Ср.)	Эмульсионный полимер (ЭП)	0,95 (0,25)	0,98	8,09	70	69
4б (Ср.)	Эмульсионный полимер (ЭП)	0,38 (0,1)	0,84	8,12	108	53
4с	Смесь А-1	0,38 (0,1)	0,99	7,98	27	72
4д	Смесь А-2	0,38 (0,1)	0,99	8,16	29	72
4е	Смесь А-3	0,38 (0,1)	0,97	8,02	28	73

Результаты, приведенные в табл. 2 и на фиг. 3, показывают, для примера 4а (который включает только эмульсионный полимер (ЭП) при 0,95 л/т (0,25 г/т), максимальное снижение трения 60 % и время обращения 70 с. При снижении загрузки до 0,38 г/т (0,1 г/т) эмульсионного полимера (ЭП) (пример 4б), ухудшились эксплуатационные качества, при этом максимальное снижение трения уменьшилось до 53% и время обращения увеличилось до 108 с, - оба эти фактора приводили бы к высокому давлению закачки в процессе гидроразрыва пласта. Напротив, примеры 4с, 4д и 4е показали, что смеси А-1, А-2 и А-3 обеспечивают максимальное снижение трения 72% при времени обращения 27-29 с, и эти результаты превосходят результаты для примеров 4а и 4б и даже превосходят пример 3а (сравнительный), в котором используют эмульсионный полимер (ЭП) при гораздо более высокой загрузке 1,89 л/т (0,50 г/т).

Пример 5. Оценка составов (третья серия экспериментов).

Повторяли методику примера 3 с использованием более высокого расхода 37,85 л/мин (10 гал/мин). Результаты подробно представлены в табл. 4 ниже и на фиг. 3, и сравнивали использование базовых эмульсий (эмульсионный полимер (ЭП)) (примеры 5а и 5б) с использованием составов, включающих смеси эмульсионного полимера (ЭП) и гранулированного полиакриламида (ГП).

Результаты показывают, что применение эмульсионного полимера (ЭП) в отдельности при загрузке 1,89 л/т (0,50 г/т) (пример 5а) позволяет получить максимальное снижение трения 72% и время обращения 106 с. Снижение загрузки эмульсионного полимера (ЭП) до 0,95 л/т (0,25 г/т) (пример 5б) позволяет получить максимальное снижение трения 59% и время обращения 141 с. Напротив, составы, которые включают эмульсионный полимер (ЭП) и гранулированный полиакриламид (ГП) при загрузке 0,95 л/т (0,25 г/т), показывают максимальное снижение трения 73-76% и время обращения 19-28 с, что является более эффективным и более выгодным, чем более высокие загрузки базовой эмульсии.

Пример 6. Оценка составов (четвертая серия экспериментов).

В следующем эксперименте свойства смеси А-2 сравнивают со свойствами смеси В-1. Испытания проводили при расходе 37,85 л/мин (10 гал/мин), используя загрузку 0,95 л/т (0,25 г/т) и 0,38 г/т (0,1 г/т) эмульсий. Данные представлены в табл.4. Согласно таблице существуют небольшие различия между смесями В-1 и А-2 при загрузке 0,95 л/т (0,25 г/т). Однако смесь А-2 обеспечивала несколько лучшие эксплуатационные качества, чем смесь В-1 при загрузке 0,38 г/т (0,1 г/т).

Таблица 4

№ примера	Обозначение состава	Загрузка (л/т) (г/т)	Вязкость (сПз)	рН	Время обращения	Макс. % снижение трения
6а	Смесь В-1	0,38 (0,1)	1,0	8,36	25	72
6б	Смесь А-2	0,38 (0,1)	0,96	8,17	26	74
6с	Смесь В-1	0,95 (0,25)	1,16	8,22	20	76
6д	Смесь А-2	0,95 (0,25)	1,18	8,10	19	76

Результаты также обобщены на фиг. 5.

В качестве альтернативы смешивания гранулированного полиакриламида (ГП) с эмульсионным полимером (ЭП) гранулированный полиакриламид может быть добавлен в другие неводные добавки, которые применяют в ходе гидроразрыва пласта. Добавки могут включать неводные гуаровые суспензии и неводные сшивающие агенты.

Пример 7. Применение в горизонтальных скважинах.

Смесь продукта, обозначенную в примере 1 как смесь А-1, использовали в нескольких горизонтальных скважинах для достижения значительного снижения давления обработки при заканчивании гидроразрыва пласта. В частности, скважина составляла 3749 м (12300 футов) и была построена с обсадной колонной диаметром 140 мм (5,5 дюймов). Программа гидроразрыва для данных скважин включала обеспечение подушки реагента на водной основе объемом 31798 л (8400 гал), затем примерно 1828353 л (483000 гал) флюида реагента на водной основе при скорости от 14308 до 15899 л (3780 до 4200 гал) в мин рабочей жидкости с использованием смеси А1 для вытеснения 272155 кг (600000+ фунтов) расклинивающего агента. Смесь А-1 продукта закачивали при скоростях от 2,65 до 3,79 л/3785 л (от 0,7 до 1,0 гал/1000 гал) рабочей жидкости в зависимости от давления обработки. Помимо понизителя трения рабочая жидкость также включала 0,57 л/3785 л (0,15 гал/1000 гал) ингибитора образования накали органического фосфоната и 0,95 л/3785 л (0,25 гал/1000 гал) 50% водного раствора глутаральдегида в качестве биоцида. Концентрацию расклинивающего агента быстро увеличивали при работе от 59,91 до 269,6 кг/см³ (от 0,5 до 2,25 ф/гал).

Смесь А-1 обеспечивали в "одноразовых" пластиковых емкостях объемом 1250 л (330 гал), подсоединенных в их нижней части через быстроразъемное соединение типа "КАМ" 51 мм (2"). Пластиковые емкости были располжены на грузовой платформе или на стойке для пластиковых емкостей, где использовали гидростатическое давление для содействия в подаче продукта к химическому насосу. Затем устанавливали гибкие шланги для химических веществ диаметром 51 мм (2 дюйма) от пластиковой емкости к насосу Waukesha среднего радиуса действия. Время от времени использовали мембранный насос для заправки химической линии в зависимости от расстояния от химических инъекционных насосов. После зарядки линии мембранный насос убирали. Предпочтительной точкой впрыска смеси А-1 была сторона всасывания сливного насоса смесителя. Однако смеситель производителя насоса не имел доступной точки, так что смесь А-1 нагнетали с помощью насоса Waukesha в бак смесителя производителя насоса. С помощью насосов Waukesha отводили продукт через химическую линию диаметром 51 мм (2 дюйма) приблизительно на 6,1 м (20 фут) до бака смесителя.

Смесь А1 нагнетали как единственный понизитель трения и достигали технологической цели значительного снижения давления обработки. Давление обработки составляет от 52-66 МПа (7,500-9,500 фунтов на кв. дюйм), в среднем 61-63 МПа (8,800-9,200 фунтов на кв. дюйм) при от 14309 до 15899 л (от 3780 до 4200 гал.) в мин.

Из приведенных выше примеров можно оценить, что использование составов, включающих эмульсионный полимер (ЭП) и гранулированный полиакриламид (ГП), значительно более выгодно, чем использование эмульсионного полимера (ЭП) по отдельности. Например, время, проходящее от первоначального введения составов в воду до максимального снижения трения, меньше, чем при использовании эмульсионного полимера (ЭП) в отдельности, и максимальное снижение трения в %, достигаемое для составов, больше, чем при эквивалентной загрузке эмульсионного полимера (ЭП) в отдельности. Указанное выше позволяет насосам, используемым для закачки жидкостей для гидроразрыва пласта, включающих составы, работать при пониженных скоростях и/или давлениях, или большее снижение трения может быть достигнуто для данной скорости/давления насоса, что позволяет подавать жидкость для гидроразрыва пласта при более высоком давлении на поверхность излома.

Кроме того, поскольку в описанных составах применяют меньшее количество дорогостоящего эмульсионного полимера (ЭП), затраты на понизитель трения могут быть значительно снижены без необходимости применения специального промышленного оборудования и связанных с этим расходов на топливо и рабочую силу.

Изобретение не ограничено деталями приведенного выше воплощения (воплощений). Изобретение распространяется на любой новый признак или любое новое сочетание признаков, раскрытых в данном описании (включая прилагаемые формулы изобретения, реферат и чертежи), или к любой новой стадии или любому новому сочетанию стадий любого раскрытого способа или технологии.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Состав (А) для применения в жидкости для гидроразрыва пласта, включающий:

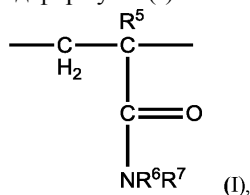
(i) флюид (D), включающий масляную фазу, в котором указанный флюид (D) представляет собой обратную эмульсию, включающую водорастворимый полимер (B) и указанную масляную фазу, в которой указанная обратная эмульсия содержит 15-40 мас.% указанной масляной фазы, 15-40 мас.% полимера (B) и 15-40 мас.% воды; и

(ii) частицы водорастворимого полимера (C), где указанные частицы указанного полимера (C) дис-

пергированы в указанной масляной фазе в виде отдельных твердых частиц.

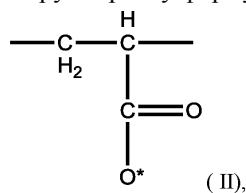
2. Состав (А) по п.1, в котором указанный полимер (В) включает повторяющиеся звенья акриламида.

3. Состав (А) по п.2, в котором указанный полимер (В) содержит повторяющееся звено, которое включает возможно замещенный акриламид формулы (I)



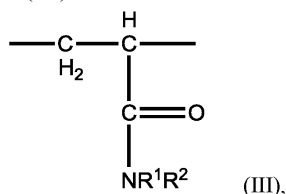
где R^5 , R^6 и R^7 независимо представляют собой атом водорода или возможно замещенную алкильную группу C_{1-4} , в сочетании с

повторяющимся звеном, включающим группировку формулы (II)



где фрагмент O^* представляет собой фрагмент O^- или ковалентно связан с другим атомом или группой;

повторяющимся звеном, включающим группировку винилпирролидона, или повторяющимся звеном, включающим группировку формулы (III)



где R^1 и R^2 независимо выбраны из атома водорода и возможно замещенной алкильной группы.

4. Состав (А) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный полимер (В) представляет собой ионный полиакриламид.

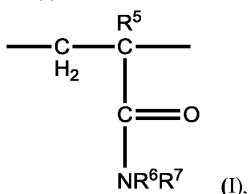
5. Состав (А) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный полимер (В) включает 5-40 мольн.% ионных повторяющихся звеньев.

6. Состав (А) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный полимер (В) содержит повторяющееся звено, которое включает группировку акрилата, сульфоната или пирролидона.

7. Состав (А) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанная масляная фаза включает гидрофобную жидкость.

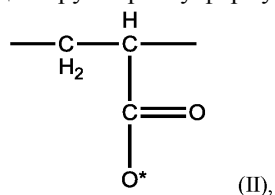
8. Состав (А) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный водорастворимый полимер (С) включает одну или более группировок, выбранных из $-\text{C}(\text{O})\text{NH}_2$, $-\text{COO}^-$ и четвертичного аммония.

9. Состав (А) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный водорастворимый полимер (С) независимо от указанного полимера (В) содержит повторяющееся звено, которое включает возможно замещенный акриламид формулы (I)



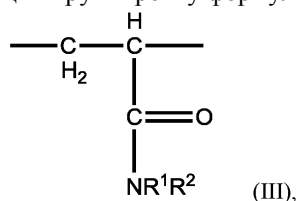
где R^5 , R^6 и R^7 независимо представляют собой атом водорода или возможно замещенную алкильную группу C_{1-4} , в сочетании с

повторяющимся звеном, включающим группировку формулы (II)



где фрагмент O^* представляет собой фрагмент O^- или ковалентно связан с другим атомом или группой;

повторяющимся звеном, включающим группировку винилпирролидона или повторяющимся звеном, включающим группировку формулы (III)



где R^1 и R^2 независимо выбраны из атома водорода и возможно замещенной алкильной группы.

10. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный полимер (C) является ионным полиакриламидом.

11. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанные частицы водорастворимого полимера (C) имеют средний диаметр по меньшей мере 100 мкм.

12. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, в котором отношение (X), определяемое как количество указанного флюида (D), деленное на количество указанных частиц водорастворимого полимера (C) в мас.ч., составляет 1-12.

13. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, в котором отношение (Y), определяемое как количество полимера (B) в мас.ч., деленное на количество полимера (C) в мас.ч., составляет от 5:1 до 1:5.

14. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, в котором отношение (Z), определяемое как количество указанной масляной фазы в мас.ч., деленное на количество полимера (C) в мас.ч., составляет 0,1-2,0.

15. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, включающий суспендирующий агент для облегчения суспендирования указанных частиц водорастворимого полимера (C) в составе.

16. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, в котором указанный состав (A) имеет вязкость менее 1000 сП, измеренную при 511 с^{-1} с помощью вискозиметра типа Farm Model 35 с пружиной F1, балансиrom B1 и ротором R1 (при температуре 25°C и давлении 1 атмосфера).

17. Состав (A) по любому из предшествующих пунктов, включающий

70-90 мас.% указанного флюида (D);

10-30 мас.% указанных частиц водорастворимого полимера (C); и

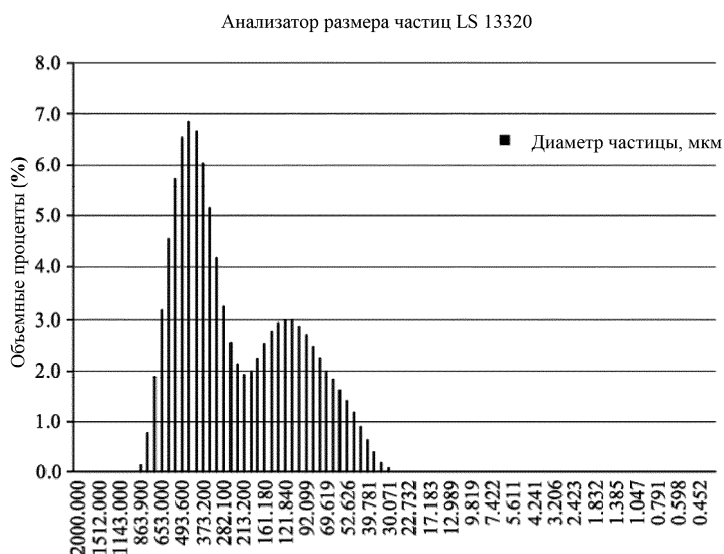
0-1 мас.% суспендирующего агента.

18. Способ гидроразрыва пласта подземной формации, включающий приведение формации в контакт с жидкостью для гидроразрыва пласта, которая включает состав (A) по любому из предшествующих пунктов в сочетании с водной жидкостью.

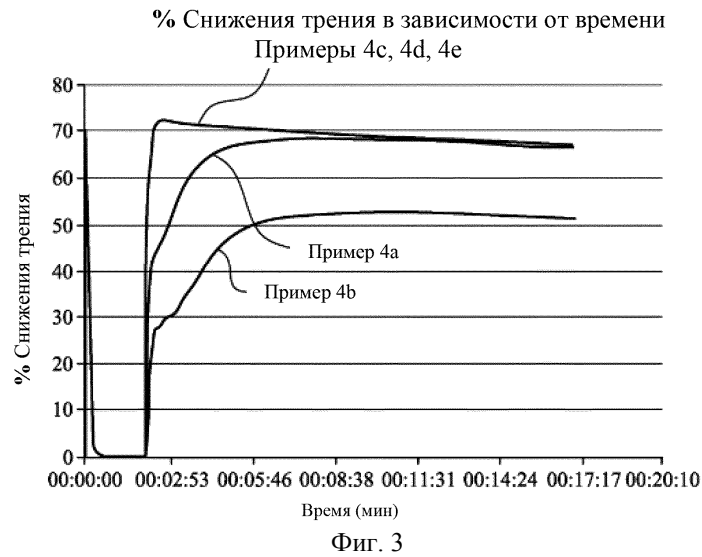
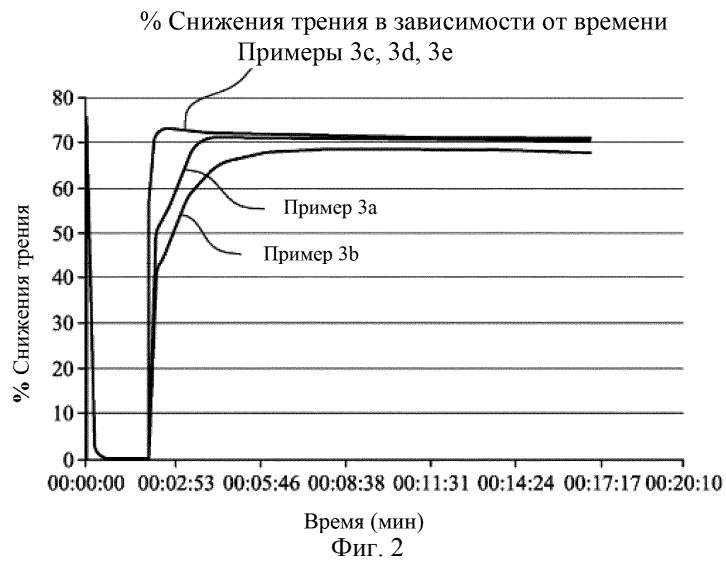
19. Способ получения состава (A) по любому из пп. 1-17, включающий:

(а) выбор флюида (D), включающего масляную фазу и водорастворимый полимер (B), где указанный флюид (D) представляет собой обратную эмульсию, включающую указанный водорастворимый полимер (B), воду и указанную масляную фазу; и

(б) приведение указанного флюида (D) в контакт с частицами водорастворимого полимера (C).



Фиг. 1





Фиг. 5

