



(51) МПК

C09K 8/12 (2006.01)
C09K 8/512 (2006.01)
C09K 8/52 (2006.01)
C09K 8/68 (2006.01)
C09K 8/74 (2006.01)
C09K 8/88 (2006.01)
E21B 43/04 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2013129785/04, 30.11.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
30.11.2011

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
 30.11.2010 US 61/418,211;
 21.11.2011 US 13/301,240

(43) Дата публикации заявки: 10.01.2015 Бюл. № 1

(45) Опубликовано: 10.05.2016 Бюл. № 13

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: US 2007/254018 A1 01.11.2007. US 2005/230113 A1 20.10.2005. US 5382371 A 17.01.1995. С.MALTESH ET AL: "Effect of the degree of hudrolysis of polyacrylamide on its interacnions with poly(ethylene oxide) and poly (vinylpyrrolidone)". MACROMOLECULES, vol.24, pages 5775-5778, 11.02.1991. E.UMANA ET AL: "Preparation of new membranes by complex formation (см. прод.)

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 01.07.2013

(86) Заявка РСТ:
US 2011/062653 (30.11.2011)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2012/075145 (07.06.2012)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,
 ООО "Юридическая фирма Городисский и
 Партнеры"

(72) Автор(ы):

САЛЛИВАН Филип Ф. (US),
 ХАТЧИНС Рик Д. (US),
 МИРАКЯН Андрей (US),
 ТАСТИН Гэри Джон (GB),
 ЛИНЬ Лицзюнь (US)

(73) Патентообладатель(и):

ШЛЮМБЕРГЕР ТЕКНОЛОДЖИ Б.В. (NL)

(54) ИНТЕРПОЛИМЕРНЫЙ СШИТЫЙ ГЕЛЬ И СПОСОБ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к гелю для обработки скважин, способу получения геля для обработки скважин, способу получения восстановленного геля и способу обработки скважины. Гель для обработки скважин содержит более 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим

сшивающим агентом. Неметаллический сшивающий агент содержит полилактам. Технический результат - получение геля, обладающего хорошим контролируванием гелеобразования в скважине. 4 н. и 9 з.п. ф-лы, 4 табл., 7 ил.

(56) (продолжение):

of itaconic-acrylamide copolymer with polyvinylpyrrolidone: studies on gelation mechanism by light scattering", J.Membr.SCI., vol.157, pages 85-96, 21.04.1998. S.K.CHATTERJEE ET AL: "Study of copolymer-copolymer interactions and formation of intermacromolecular complexes", J.POL. SCI., vol.22, pages 3697-3703, 16.12.1983. EA 9009 B1 26.10.2007. RU 2138629 C1 27.09.1999. RU 2133337 C1 20.07.1999.

R U
2 5 8 3 4 2 9
C 2

R U
2 5 8 3 4 2 9
C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.

C09K 8/12 (2006.01)
C09K 8/512 (2006.01)
C09K 8/52 (2006.01)
C09K 8/68 (2006.01)
C09K 8/74 (2006.01)
C09K 8/88 (2006.01)
E21B 43/04 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2013129785/04, 30.11.2011

(24) Effective date for property rights:
30.11.2011

Priority:

(30) Convention priority:
30.11.2010 US 61/418,211;
21.11.2011 US 13/301,240

(43) Application published: 10.01.2015 Bull. № 1

(45) Date of publication: 10.05.2016 Bull. № 13

(85) Commencement of national phase: 01.07.2013

(86) PCT application:
US 2011/062653 (30.11.2011)(87) PCT publication:
WO 2012/075145 (07.06.2012)

Mail address:

129090, Moskva, ul. B. Spasskaja, 25, stroenie 3,
OOO "Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery"

(72) Inventor(s):

SALLIVAN Filip F. (US),
KHATCHINS Rik D. (US),
MIRAKJAN Andrej (US),
TASTIN Geri Dzhon (GB),
LIN Litszjun (US)

(73) Proprietor(s):

SHLJUMBERGER TEKNOLODZHI B.V. (NL)

(54) **INTERPOLYMER CROSSLINKED GEL AND METHOD OF USE**

(57) Abstract:

FIELD: chemistry.

SUBSTANCE: well treatment gel contains more than 1 wt % of a polyacrylamide crosslinked with a non-metallic crosslinking agent. The non-metallic

crosslinking agent contains poly lactam.

EFFECT: obtaining a gel having good gellation control in a well.

13 cl, 4 tbl, 7 dwg

C 2
6 2 4 3 8 5 2
R UR U
2 5 8 3 4 2 9
C 2

ССЫЛКИ НА РОДСТВЕННЫЕ ЗАЯВКИ

Данная заявка испрашивает приоритет предварительной заявки на патент США 61/418211, зарегистрированной 30 ноября 2010 года, и заявки США 13/301240, зарегистрированной 21 ноября 2011 года, которые таким образом включены в этот документ путем ссылки в полном объеме.

ЗАЯВЛЕНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНО ФИНАНСИРУЕМОГО ИЗ ФЕДЕРАЛЬНОГО БЮДЖЕТА ИССЛЕДОВАНИЯ ИЛИ РАЗРАБОТКИ

К данному случаю не относится.

ИМЕНА УЧАСТНИКОВ СОГЛАШЕНИЯ О СОВМЕСТНЫХ ИССЛЕДОВАНИЯХ

К данному случаю не относится.

ВКЛЮЧЕНИЕ ПУТЕМ ССЫЛКИ МАТЕРИАЛА, ПРЕДСТАВЛЕННОГО НА CD

К данному случаю не относится.

УРОВЕНЬ ТЕХНИКИ

Высказывания в этом разделе просто предоставляют справочную информацию, относящуюся к настоящему изобретению, и не вправе представлять собой известный уровень техники.

В прошлом для достижения гелеобразования использовались различные способы, включая смеси, запускаемые корректировкой уровня водородного показателя pH, температурой и т.п. Попытки использовать гели для устранения потерь жидкости в высокопористых подземных пластах включают введение кислого раствора после раствора полимера для получения гелеобразования. Однако гелеобразование обычно происходит так быстро, что достаточное глубинное затрамбовывание не получается эффективным в наиболее проницаемых пластах, где это необходимо. Другие попытки включают введение воды, полимера и сшивающего агента, способного образовывать гель из полимера. Сшивающие агенты являются обычно изолированными поливалентными металлическими катионами, которые перемешиваются и к которым для получения эффекта гелеобразования непосредственно перед введением в подземный пласт добавляется кислота. Однако когда кислота предварительно смешивается с композицией, способной к гелеобразованию, гелеобразование может происходить слишком быстро, что делает необходимым сдвиг загущенного полимера для того, чтобы иметь возможность получить надлежащее введение, а это снижает эффективность геля.

Кроме того, на глубинное гелеобразование влияет контролируемое гелеобразование силиката натрия. Также полимеры ранее загущались в проницаемых зонах ионами бората, доставляемыми различными способами. Однако образование геля, который хорошо бы контролировался в скважине в отношении гелеобразования, прочности и композиции геля, остается недостижимой целью.

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ ВИДОВ ЧЕРТЕЖЕЙ

На фиг. 1 показано графическое представление влияния разбавления на модули G' и G'' гелей согласно вариантам воплощения настоящего изобретения;

На фиг. 2 показано графическое представление влияния температуры на вязкость гелей по Грейсу согласно вариантам воплощения настоящего изобретения;

На фиг. 3 показано графическое представление различных полиакриламидов, сшитых с поливинилпирролидоном (ПВП) при 6%;

На фиг. 4 показано графическое представление влияния концентрации сшивающего агента на прочность гелей согласно вариантам воплощения настоящего описания;

На фиг. 5 показано графическое представление влияния молекулярного ПВП на

прочность геля согласно вариантам воплощения настоящего описания;

На фиг. 6 показано графическое представление гелей согласно вариантам воплощения настоящего описания, имеющего низкую плотность бурового раствора (Mw) частично гидролизованного полиакриламида (ЧГПА) ~ 0,5 миллиона Mw с 5% гидролизом; и

5 На фиг. 7 показано графическое представление неионных полиакриламидных (ПАМ) (то есть с 0% гидролизом) гелей с ПВП согласно вариантам воплощения настоящего описания.

ПОДРОБНОЕ ОПИСАНИЕ

Вначале следует отметить, что в разработке любого такого фактического
10 воплощения, как в любом инженерном или конструкторском проекте, могут быть приняты решения, зависящие от воплощения, для достижения конкретных целей разработчиков, такие как, согласование со связанной системой и ограничения, связанные с бизнесом, которые могут быть различны от одного воплощения к другому. Кроме того, следует учитывать, что такие опытно-конструкторские работы могут быть
15 длительными, но, тем не менее, будут обычной работой по проектированию, изготовлению и сборке для специалистов в данной области, имеющих преимущество данного изобретения. Кроме того, композиция, используемая/описанная здесь, может содержать также некоторые компоненты, помимо цитируемых. В кратком изложении и в подробном описании каждое числовое значение следует читать когда-либо,
20 подразумевая рядом с ним слово «около» (кроме случаев, когда это слово уже непосредственно присутствует), и затем читать снова без него, если иное не указано в контексте. Кроме того, в кратком изложении и в подробном описании следует также понимать, что когда пределы концентрации описаны как полезные или подходящие или тому подобные, то предполагается, что сюда входит любая и каждая концентрация
25 в этих пределах, включая конечные точки, как указано. Например «диапазон в пределах от 1 до 10» следует рассматривать как указание на каждое возможное число в непрерывном отрезке между около 1 и около 10. Таким образом, даже если имеются конкретные точки данных или нет никаких точек данных, явно определенных или упомянутых в пределах этого диапазона или даже когда никаких точек данных нет в
30 пределах диапазона, следует понимать, что изобретатели признают и подразумевают, что все и любые точки данных в пределах диапазона следует рассматривать как указанные и что изобретатели имеют в виду весь диапазон и все точки в пределах данного диапазона.

В описании и формуле изобретения слово «около» включает в себя также «при».

35 Для помощи специалистам в понимании подробного описания ниже даются следующие определения.

Термин «обработка» или «обработка» относится к любой подземной операции, которая использует жидкость в сочетании с нужной функцией и/или для желаемой цели. Термин «обработка» или «обработка» не предполагает какого-либо конкретного
40 действия со стороны жидкости.

Термины «трещинообразование» и «гидроразрыв пласта» относятся к процессам и способам разрушения геологического пласта и создания разрывов, т.е. формации вокруг ствола скважины, путем закачки жидкости при очень высоких давлениях (давление выше определенного давления смыкания трещины), с тем, чтобы увеличить дебит
45 добычи или скорость введения в углеводородный резервуар. В ином случае в способах трещинообразования используются традиционные технологические приемы, известные специалистам в данной области.

Применяемая в данном документе новая схема нумерации для группы периодической

системы элементов используется, как в журнале «Chemical and Engineering News» (Новости химии и инженерии), 63(5), 27 (1985).

Применяемый в настоящем документе термин «жидкая композиция» или «жидкая среда» относится к материалу, который является жидким в состоянии использования. К примеру, жидкая среда может быть водой и/или органическим растворителем, который находится в состоянии выше точки замерзания и ниже точки кипения материала при конкретном давлении. Жидкая среда может также относиться к сверхкритической жидкости.

Если не указано иное, термин «полимер» или «олигомер» используется в настоящем документе взаимозаменяемо, и оба относятся к гомополимерам, сополимерам, интерполимерам, терполимерам и т.п. Аналогичным образом, сополимер может быть полимером, содержащим по меньшей мере два мономера, необязательно, с другими мономерами. Когда говорится, что полимер содержит мономер, то этот мономер присутствует в полимере в полимеризованной форме мономера или в производной форме мономера. Однако для удобства фразы, включающая (соответствующий) мономер или подобный, используется в сокращенном виде.

Используемый в настоящем документе термин «гель» относится к твердой или полутвердой, желеобразной композиции, которая может иметь свойства, начиная от мягких и слабых, до твердых и жестких. Термин «гель» относится к значительно разбавленной сшитой смеси, которая демонстрирует отсутствие течения при нахождении в стационарном состоянии, которое по весу является в основном жидкостью, но ведет себя подобно твердым телам, благодаря трехмерной сшитой сети внутри жидкости. Это поперечные связи в жидкости, которые придают гелю его структуру (прочность) и вносят вклад в его клейкость. Соответственно гели являются коллоидным раствором молекул жидкости в твердом веществе, в котором это твердое вещество является дисперсной средой, а жидкость является недисперсной средой. В одном из вариантов воплощения изобретения считается, что гель присутствует, когда модуль упругости G' больше, чем модуль вязкости G'' , при измерении реометром пульсирующего сдвига (например, Bohlin CVO 50) при частоте 1 Гц и 20°C. Измерение этих модулей хорошо известно каждому, кто имеет хотя бы минимальные знания в данной области техники, и описано в книге An Introduction to Rheology (Введение в реологию), авторы - Н.А. Barnes, J.F. Hutton и К. Walters, Elsevier, Amsterdam (1997), которая в полном объеме включена в этот документ путем ссылки на нее.

Используемый в настоящем документе термин «дегидратация», как и «дегидратация геля», относится к удалению воды или любого растворителя, присутствующего в геле. Дегидратация может быть получена путем применения нагрева, пониженного давления, сушки вымораживанием или любого их сочетания.

Используемый в настоящем документе термин «сушка вымораживанием» относится к процессу, известному специалистам в данной области также под названиями «лиофилизация» или «сушка сублимацией», который представляет собой процесс обезвоживания, при котором температура материала понижается (например, замораживанием материала), а затем окружающее давление уменьшается, что позволяет воде, замерзшей в материале, сублимироваться непосредственно из твердой фазы в газовую фазу.

Термин «полиакриламид» относится к чистому полиакриламидному гомополимеру или сополимеру с почти нулевым количеством акрилатных групп, частично гидролизованному полиакриламидному полимеру или сополимеру со смесью из акрилатных групп и акриламидных групп, образованных гидролизом, и к сополимерам,

содержащим акриламид, акриловую кислоту и/или другие мономеры. Гидролиз акриламида в акриловую кислоту происходит при повышенных температурах и усиливается при кислых или щелочных условиях. Продуктом реакции является аммиак, который увеличивает рН кислого или нейтрального растворов. За исключением тяжелых условий, гидролиз полиакриламида, как правило, прекращается при около 66%, представляющих точку, где каждый акриламид находится между двумя акрилатными группами и их пространственные ограничения не позволяют гидролизу продолжаться. Полиакриловая кислота образуется из акрилатного мономера и эквивалентна 100% гидролизованному полиакриламиду.

В одном варианте воплощения гель состоит из более 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом.

Неметаллические сшивающие агенты не включают металлов, а вместо этого органические молекулы, олигомеры, полимеры и тому подобное. В одном варианте воплощения неметаллический сшивающий агент содержит полилактамы. Соответственно, в одном варианте воплощения изобретения гель состоит из более 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом, причем неметаллический сшивающий агент содержит полилактамы.

В одном варианте воплощения неметаллический сшивающий агент содержит полилактамы. Полилактамы включают любой олигомер или полимер, имеющий функциональные свойства подвешенного лактама (циклического амида). Полилактамы могут быть гомополимерами, сополимерами, блок-сополимерами, привитыми полимерами или любым другим их сочетанием, содержащим от 3 до 20 атомов углерода в лактамной функциональной группе, подвешенной к основной цепи полимера. Примеры включают полиалкил-беталактамы, полиалкил-гаммалактамы, полиалкил-дельталактамы, полиалкил-эпсилонлактамы, полиалкилен-беталактамы, полиалкилен-гаммалактамы, полиалкилен-дельталактамы, полиалкилен-эпсилонлактамы и т.п.

Другие примеры полилактамов включают полиалкиленпирролидоны, полиалкиленкапролактамы, полимеры, содержащие винслактамы (2-азабицикло[2.2.1]гепт-5-ен-3-он), дециллактамы, ундециллактамы, лауриллактамы и т.п. Заменители алкила или алкилена в этих полимерах могут включать, в одном из вариантов воплощения, любой полимеризуемый заместитель, имеющий от 2 до 20 атомов углерода, например, винил, аллил, пипериленил, циклопентадиенил или т.п. В одном из вариантов воплощения неметаллический сшивающий агент является поливинилпирролидоном, поливинилкапролактамом или их сочетанием. В одном из вариантов воплощения неметаллический сшивающий агент включает в себя полилактамы, такой как поливинилпирролидон, имеющий средневесовой молекулярный вес более или около 10000 г/моль и менее или около 2 миллионов г/моль. В одном из вариантов воплощения неметаллический сшивающий агент включает в себя поливинилпирролидон, имеющий средневесовой молекулярный вес более или около 50000 г/моль и менее или около 0,4 миллионов г/моль.

В одном из вариантов воплощения гель, содержит полиакриламид, сшитый неметаллическим сшивающим агентом, гель, содержащий более 1 мас.% полиакриламида, сшитого полилактамом.

В одном из вариантов воплощения полиакриламид имеет средневесовой молекулярный вес более или около 0,5 млн. г/моль или полиакриламид имеет средний молекулярный вес от около 1 миллиона до около 20 миллионов г/моль.

В одном из вариантов воплощения полиакриламид является частично гидролизованным полиакриламидом, имеющим степень гидролиза от 0 или 0,01%

вплоть до менее или около 40%, или от 0 или 0,05% вплоть до менее или около 20%, или от 0 или 0,1% вплоть до менее или около 50%.

В одном из вариантов воплощения гель содержит полиакриламид, сшитый с неметаллическим сшивающим агентом, где полиакриламид присутствует в геле в концентрации более или около 1 мас.%, или более или около 2 мас.% и менее или около 10 мас.%, исходя из общего веса геля.

В одном из вариантов воплощения гель имеет рН менее или около 3 или более или около 9, где рН геля определяется как рН 5%-го сочетания геля с водой. В альтернативном варианте воплощения рН геля определяется как рН, определенный с помощью смоченного рН-зонда в контакте с гелем, например, смоченным индикаторной бумагой рН.

В одном из вариантов воплощения гель, согласно настоящему описанию, имеет комплексную вязкость более или около 100 Па·с при менее или около 0,01 Гц.

В одном из вариантов воплощения гель имеет $G'-G''$ более или около 0,10, когда определяется с использованием реометра пульсирующего сдвига с частотой 1 Гц и при 20°C.

В одном из вариантов воплощения способ для получения геля включает контактирование композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида, как описано в данном документе, с неметаллическим сшивающим агентом, как описано здесь, содержащим полилактам при рН более или около 9 или менее или около 3 при температуре и в течение времени, достаточного для получения геля, где концентрация полиакриламида в геле более чем около 1 мас.% и где количество неметаллического сшивающего агента, контактирующего с полиакриламидом, достаточно для получения геля, имеющего концентрацию неметаллического сшивающего агента в геле более или около 1 мас.%, исходя из общего веса геля.

В одном из вариантов воплощения композиция, содержащая более или около 3 мас.% полиакриламида является раствором, дисперсией, эмульсией, шламом или водным раствором, водной эмульсией, водной дисперсией или водным шламом. В одном из вариантов воплощения неметаллический сшивающий агент является твердым веществом или раствором, эмульсией, коллоидным раствором (дисперсией), шламом или водным раствором, водной дисперсией, водной эмульсией или водным шламом при контакте с полиакриламидной композицией.

В одном из вариантов воплощения композиция, содержащая более или около 3 мас.% полиакриламида, контактирует с неметаллическим сшивающим агентом во время смешивания, перемешивания, при сдвиге, во время взбалтывания и/или т.п. для получения геля. В одном из вариантов воплощения композиция, содержащая более или около 3 мас.% полиакриламида, контактирует с неметаллическим сшивающим агентом при температуре более или около 20°C в течение периода времени от около 1 минуты до около 30 дней. В одном из вариантов воплощения композиция, содержащая более или около 3 мас.% полиакриламида, контактирует с неметаллическим сшивающим агентом при температуре более или около 30°C, более или около 40°C, более или около 50°C, более или около 60°C, в течение времени от около 1 минуты до около 10 дней, от около 5 минут до около 24 часов или любого их сочетания.

В одном из вариантов воплощения количество полиакриламида, присутствующее в водной композиции, достаточно для получения геля, имеющего концентрацию полиакриламида более или около 2 мас.% и менее или около 10 мас.%, исходя из общего веса геля. В одном из вариантов воплощения количество неметаллического сшивающего агента, контактирующего с полиакриламидом, достаточно для получения геля,

имеющего концентрацию неметаллического сшивающего агента в геле более или около 2 мас.%, и менее или около 10 мас.%, исходя из общего веса геля.

В одном из вариантов воплощения способ получения концентрата геля включает контактирование водной композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам при рН более или около 9, при температуре и в течение периода времени, достаточных для получения геля, когда полиакриламид имеет средневесовой молекулярный вес более или около 0,5 млн. г/моль, когда концентрация полиакриламида в геле более или около 1 мас.%, а концентрация неметаллического сшивающего агента в геле более или равна около 1 мас.%, исходя из общего веса геля; и дегидратацию геля для получения концентрата геля.

В одном из вариантов воплощения дегидратация геля включает нагревание, сушку вымораживанием или иное обезвоживание геля для получения концентрата геля. В одном из вариантов воплощения размер частиц концентрата геля может быть уменьшен для облегчения последующей регидратации и, таким образом, восстановления влагосодержания концентрации геля для получения восстановленного геля.

В одном из вариантов воплощения способ получения восстановленного геля включает контактирование водной композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам при первом рН более или около 9, при первой температуре и в течение первого периода времени, достаточных для получения первого геля, когда полиакриламид имеет средневесовой молекулярный вес более или около 0,5 млн. г/моль, когда концентрация полиакриламида в первом геле более или равна около 1 мас.% и концентрация неметаллического сшивающего агента в первом геле более или равна около 1 мас.%, исходя из общего веса первого геля; дегидратацию первого геля для получения концентрата геля; и контактирование концентрата геля с водным раствором при втором рН при второй температуре и в течение второго периода времени, достаточных для получения восстановленного геля. В одном из вариантов воплощения концентрат геля восстанавливается при втором рН более или около 8 или менее или около 5.

В одном из вариантов воплощения гель, получаемый согласно настоящему описанию, поглощает воду при контакте с водным раствором. В одном из вариантов воплощения гель при контакте с водой потребляет более или около 100 мас.% воды или более или около 200 мас.% воды, исходя из веса присутствующего геля.

В одном из вариантов воплощения гель образуется при рН более или около 9 и остается в виде геля, когда рН данного геля опускается ниже 9 или когда рН данного геля опускается ниже около 7, ниже около 5 и/или ниже около 3. Соответственно, в одном из вариантов воплощения гели согласно настоящему описанию являются необратимыми после образования, рН стабильный после их образования или возможно сочетание их обоих.

В одном из вариантов воплощения гель образуется при концентрации полиакриламида, подходящей для производства геля, имеющего концентрацию полиакриламида, которая более или равна около 1 мас.%, исходя из общего веса геля, а затем гель разбавляется растворителем, например, водным растворителем, и этот разбавленный гель сохраняет G' , который выше, чем G'' , что указывает на наличие геля. Соответственно, в одном из вариантов воплощения гели согласно настоящему описанию необратимы после образования и являются стабильными после разбавления от 1 мас.% разбавления вплоть до свыше 1000 мас.% разбавления, исходя из общего количества присутствующего геля. Соответственно, разбавление 1:1 геля вплоть до

разбавления 10:1 и выше геля для получения разбавленной композиции приводит к разбавленной композиции, содержащей гель.

В одном из вариантов воплощения гели образуются и/или восстанавливаются при температуре более или около 20°C или более или около 30°C или более или около 40°C или более или около 50°C. В одном из вариантов воплощения гели, по сути, сохраняют все те же физические свойства (то есть, являются стабильными) при температуре более или около 20°C, и менее или около 150°C, или менее или около 120°C, или менее или около 110°C, или менее или около 100°C, или менее или около 90°C.

В одном из вариантов воплощения способ обработки скважины включает введение композиции, содержащей полиакриламид, сшитый неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам, в скважину. Соответственно, в одном из вариантов воплощения гель является предварительно образованным и затем вводимым в ствол скважины.

В одном из вариантов воплощения способ обработки скважины включает введение композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида, в скважину; введение композиции, содержащей неметаллический сшивающий агент, включающий полилактам, в ствол скважины и введение жидкости, регулирующей pH, в скважину в количестве, достаточном (или рассчитанном, что будет достаточным) для получения pH скважинного раствора более или около 9 или менее или около 3 для получения на месте геля, содержащего более или около 1 мас.% полиакриламида и более или около 1 мас.% неметаллического сшивающего агента, исходя из количества геля. Специалистам в данной области очевидно, что измерения в скважине часто получить невозможно. Соответственно, достаточные количества могут быть определены на основе расчетов, которые включают предположения о скважинных условиях. Кроме измерений реологических свойств, наличие геля в скважине может быть определено и другими индикаторами.

В одном из вариантов воплощения количество полиакриламида, присутствующее в полиакриламидной композиции, вводимой в скважину, достаточно для получения геля, имеющего концентрацию полиакриламида более или около 2 мас.% и менее или около 10 мас.%, исходя из общего веса геля. В одном из вариантов воплощения количество неметаллического сшивающего агента, вводимого в скважину, достаточно для получения геля, имеющего концентрацию неметаллического сшивающего агента в геле более или около 2 мас.% и менее или около 10 мас.%, исходя из общего веса геля.

В одном из вариантов воплощения композиция содержит более или около 3 мас.% полиакриламида и неметаллический сшивающий агент, а жидкость регулирования pH вводится в ствол скважины отдельно, одновременно или в любом их сочетании. Соответственно, в одном из вариантов воплощения композиция, содержащая полиакриламид, и композиция, содержащая неметаллический сшивающий агент, могут быть объединены и затем введены в ствол скважины до или после введения жидкости для регулирования pH в ствол скважины. В одном из вариантов воплощения композиция, содержащая полиакриламид, и жидкость регулирования pH могут объединяться и затем вводиться в ствол скважины до или после введения композиции, содержащей неметаллический сшивающий агент, в ствол скважины. В одном из вариантов воплощения композиция, содержащая неметаллический сшивающий агент и жидкость регулирования pH, может объединяться и затем вводиться в ствол скважины до или после введения композиции, содержащей полиакриламид, в ствол скважины.

В одном из вариантов воплощения жидкость регулирования pH является водным раствором, содержащим основание, кислоту, pH буфер или любое их сочетание. В одном

из вариантов воплощения жидкость регулирования рН содержит гидроксид натрия, карбонат натрия, серную кислоту, соляную кислоту, органическую кислоту, двуокись углерода или любое сочетание.

5 В одном из вариантов воплощения способ обработки скважины включает введение композиции, содержащей концентрат геля, в скважину, причем этот концентрат геля содержит полиакриламид, сшитый неметаллическим сшивающим агентом, включающим полилактам, где полиакриламид имеет средневесовой молекулярный вес более или около 0,5 млн. г/моль, для получения восстановленного геля *in situ*, восстановленный 10 гель содержит более или около 1 мас.% полиакриламида и более или около 1 мас.% неметаллического сшивающего агента, исходя из количества геля, рассчитанного быть присутствующим. В одном из вариантов воплощения концентрат геля - это гель, описываемый в этом документе, который был высушен вымораживанием или иным образом обезвожен или из него была удалена по меньшей мере часть растворителя для получения концентрата геля.

15 В одном из вариантов воплощения жидкость для обработки скважины содержит гель, включающий более чем 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом, причем этот неметаллический сшивающий агент содержит полилактам.

20 В одном из вариантов воплощения жидкость для обработки скважины содержит первую композицию, включающую более или около 3 мас.% полиакриламида; и вторую композицию, включающую неметаллический сшивающий агент, содержащий полилактам.

25 В одном из вариантов воплощения жидкость для обработки скважины содержит концентрат геля, включающий полиакридамид (называемый еще полилакриламидом), сшитый неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам.

30 В одном из вариантов воплощения композиции и/или гели могут содержать воду, то есть, водный гель и/или органический растворитель. Органический растворитель может быть выбран из группы, состоящей из дизельного топлива, керосина, парафинового масла, сырой нефти, сжиженного попутного газа, толуола, ксилола, эфира, сложного эфира, минерального масла, биодизеля, растительного масла, животного жира и их смесей. Конкретные примеры подходящих органических растворителей включают ацетон, ацетонитрил, бензол, 1-бутанол, 2-бутанол, 2-бутанон, *t*-бутиловый спирт, тетрахлорид углерода, хлорбензол, хлороформ, циклогексан, 1,2-дихлорэтан, диэтиловый эфир, диэтиленгликоль, диглим (простой диметиловый эфир диэтиленгликоля), 1,2-35 диметоксиэтан (глим, ДМЭ), диметилэфир, дибутилэфир, диметилформамид (ДМФ), диметилсульфоксид (ДМСО), диоксан, этанол, этилацетат, этиленгликоль, глицерин, гептаны, гексаметилфосфорамида (ГМФА), гексаметилфосфорный триамид (ГМФТ), гексан, метанол, метил-*t*-бутиловый эфир (МТБЭ), метиленхлорид, *N*-метил-2-пирролидинон (НМП), нитрометан, пентан, петролейный эфир (лигроин), 1-пропанол, 40 2-пропанол, пиридин, тетрагидрофуран (ТГФ), толуол, триэтиламин, *o*-ксилол, *m*-ксилол, *p*-ксилол, их сочетания или/и т.п.

Дополнительные растворители включают ароматические нефтяные фракции, терпены, моно-, ди- и триглицериды насыщенных или ненасыщенных жирных кислот, в том числе природные и синтетические триглицериды, алифатические сложные эфиры, такие как 45 метиловые сложные эфиры смеси уксусной, янтарной и глутаровой кислот, алифатические эфиры гликолей, такие как монобутиловый эфир этиленгликоля, минеральные масла, такие как вазелиновое масло, хлорированные растворители, как 1,1,1-трихлорэтан, перхлорэтилен и метиленхлорид, дезодорированный керосин,

5 сольвент-нафту, парафины (включая линейные парафины), изопарафины, олефины (особенно линейные олефины) и алифатические или ароматические углеводороды (такие как толуол). Пригодны терпены, включая d-лимонен, l-лимонен, дипентен (также известный как l-метил-4-(l-метилэтиленил)-циклогексен), мирцен, альфа-пинен, линалоол

10 Дальнейшие примеры органических жидкостей включают длинноцепочечные спирты (одноатомные спирты и гликоли), сложные эфиры, кетоны (включая дикетоны и поликетоны), нитриты, амиды, амины, циклические эфиры, линейные и разветвленные эфиры, эфиры гликоля (такие, как монобутиловый эфир этиленгликоля), полигликолевые
 15 эфиры, пирролидоны как N-(алкил или циклоалкил)-2-пирролидоны, N-алкил пиперидоны, N,N-диалкилалканоламиды, N,N,N',N'-тетраалкилмочевины, диалкилсульфоксиды, пиридины, гексаалкилфосфорные триамиды, 1,3-диметил-2-имидазолидинон, нитроалканы, нитросоединения ароматических углеводородов, сульфоланы, бутиролактоны и алкилен- или алкилкарбонаты. К ним относятся
 20 полиалкиленгликоли, эфиры полиалкиленгликоля, например, моно(алкиловые или ариловые) эфиры гликолей, моно(алкиловые или ариловые) эфиры полиалкиленгликолей и поли(алкиловые и/или ариловые) эфиры полиалкиленгликолей, моноалканоатные сложные эфиры гликолей, моноалканоатные сложные эфиры полиалкиленгликолей, сложные эфиры полиалкиленгликоля, такие как поли(алкиловые и/или ариловые)
 25 сложные эфиры полиалкиленгликолей, диалкилэфиры полиалкиленгликолей, диалканоатные сложные эфиры полиалкиленгликолей, N-(алкил или циклоалкил)-2-пирролидоны, пиридин и алкилпиридины, диэтиловый эфир, диметоксиэтан, метилформиат, этилформиат, метилпропионат, ацетонитрил, бензонитрил, диметилформамид, N-метилпирролидон, этиленкарбонат, диметилкарбонат,
 30 пропиленкарбонат, диэтилкарбонат, этилметилкарбонат и дибутилкарбонат, лактоны, нитрометан и нитробензолсульфоны. Органическая жидкость также может быть выбрана из группы, состоящей из тетрагидрофурана, диоксана, диоксолана, метилтетрагидрофурана, диметилсульфона, тетраметилсульфона и тиофена.

В одном из вариантов воплощения жидкость для обработки скважины, также
 35 известная как жидкость-носитель, может включать любую базовую жидкость для гидравлического разрыва пласта, известную в данной области техники. Некоторые примеры жидкости-носителя, не имеющие ограничительного характера, включают гидратируемые гели (например, гуары, полисахариды, ксантан, гидроксиэтилцеллюлозу и т.д.), сшитый гидратируемый гель, загущенную кислоту (например, на основе геля),
 40 кислотную эмульсию (например, масляную внешнюю фазу), энергизированную жидкость (например, пену на основе N₂ или CO₂) и жидкость на основе нефти, включая желированную, вспененную или иным образом загущенную нефть. Кроме того, жидкость-носитель может быть соляным раствором и/или может включать соляной раствор.

В одном из вариантов воплощения жидкость обработки скважины может включать
 45 увеличитель вязкости, который может содержать вязкоупругое поверхностно-активное вещество. Вязкоупругое поверхностно-активное вещество может быть выбрано из группы, состоящей из катионных, анионных, цвиттерионных, амфотерных, неионных и их сочетаний. Некоторые примеры, не имеющие ограничительного характера, - приведенные в патентах США 6435277 (Qu и другие) и 6703352 (Dahayanake и другие), каждый из которых включен в этот документ посредством ссылки. Вязкоупругие поверхностно-активные вещества, когда используются отдельно или в сочетании, способны образовывать мицеллы, которые формируют структуру в водной среде,

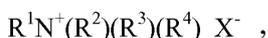
способствующую увеличению вязкости жидкости (также называются «загущающие мицеллы»). Эти жидкости обычно готовятся путем смешивания в надлежащих количествах вязкоупругих поверхностно-активных веществ, подходящих для получения требуемой вязкости. Вязкость жидкостей с вязкоупругими поверхностно-активными веществами может объясняться трехразмерной структурой, образуемой этими компонентами в жидкостях. Когда концентрация поверхностно-активных веществ в вязкоупругой жидкости значительно превысит критическую концентрацию, и в большинстве случаев в присутствии электролита, молекулы поверхностно-активного вещества скапливаются в такие формы, как мицеллы, которые могут взаимодействовать и образовывать сеть, демонстрирующую вязкоупругие характеристики.

В общем, частично подходящие цвиттерионные поверхностно-активные вещества имеют такую формулу:



в которой R является алкильной группой, содержащей от около 11 до около 23 атомов углерода, которая может быть разветвленной или иметь прямую цепочку и которая может быть насыщенной или ненасыщенной; a, b, a' и b' - каждая от 0 до 10, a и m' - каждая от 0 до 13; a и b - каждая 1 или 2, если m не равно 0, и (a + b) - от 2 до 10, если m равно 0; a' и b' - каждая 1 или 2, когда m' - не равно 0, а (a' + b') - от 1 до 5, если m равно 0; (m + m') - от 0 до 14; а CH₂CH₂O может быть также OCH₂CH₂. В некоторых вариантах воплощения используется цвиттерионное поверхностно-активное вещество семейства бетаина.

[0063] Примеры катионных вязкоупругих поверхностно-активных веществ включают аминные соли и четвертичные аминные соли, описанные в патентах США под номерами 5979557 и 6435277, которые включены в данный документ посредством ссылки. Примеры подходящих катионных вязкоупругих поверхностно-активных веществ включают катионные поверхностно-активные вещества, имеющие структуру:



где R¹ имеет от около 14 до около 26 атомов углерода и может быть разветвленной или иметь прямую цепочку, ароматической, насыщенной или ненасыщенной и может содержать карбонил, амид, ретроамид, имид, мочевины или амин; R², R³ и R⁴ каждая самостоятельно - это водород или алифатическая группа от C₁ до C₆, которая может быть такой же или отличной, разветвленной или с прямой цепочкой, насыщенной или ненасыщенной и одной или более чем одной, из которых может быть заменена группой, которая делает группу R², R³ и R⁴ более гидрофильной; группы R², R³ и R⁴ могут быть включены в гетероциклическую кольцевую структуру из 5- или 6-членов, которая включает атом азота; группы R², R³ и R⁴ могут быть одинаковыми или разными; R¹, R², R³ и/или R⁴ могут содержать одну или более этиленоксидных и/или пропиленоксидных частей; а X - это анион. Подходят также смеси таких соединений. В следующем примере R¹ состоит из от около 18 до около 22 атомов углерода и может содержать карбонил, амид или амин, а R², R³ и R⁴ - такие же, как любые другие, и содержат от 1 до около 3 атомов углерода.

Подходят также вязкоупругие амфотерные поверхностно-активные вещества. Примеры смесей амфотерных поверхностно-активных веществ включают таковые, описанные в патенте США № 6703352, например, оксиды аминов. Другие примеры

смесей вязкоупругих поверхностно-активных веществ включают таковые, описанные в патентах США № 6239183; 6506710; 7060661; 7303018; и 7510009, например, амидоаминовые оксиды. Эти ссылки включены в данный документ во всей их полноте. Смеси цвиттеронных поверхностно-активных веществ и амфотерных поверхностно-активных веществ являются приемлемыми. Пример - это смесь около 13% изопропанола, около 5% 1-бутанола, около 15% монобутилового эфира этиленгликоля, около 4% натрия хлорида, около 30% воды, около 30% кокоамидопропилбетаина и около 2% кокоамидопропиламин оксида.

Смесь вязкоупругих поверхностно-активных веществ может также основываться на любом подходящем анионном поверхностно-активном веществе. В некоторых вариантах воплощения анионное поверхностно-активное вещество - это алкилсаркозинат. Алкилсаркозинат может, как правило, иметь любое количество атомов углерода. Алкилсаркозинаты могут иметь от около 12 до около 24 атомов углерода. Алкилсаркозинаты могут иметь от около 14 до около 18 атомов углерода. Конкретные примеры количества атомов углерода включают 12, 14, 16, 18, 20, 22 и 24 атомов углерода. Анионное поверхностно-активное вещество представляется химической формулой:



где R^1 - гидрофобная цепь, имеющая от около 12 до около 24 атомов углерода, R^2 - водород, метил, этил, пропил или бутил, а X - карбоксил или сульфонил. Гидрофобная цепь может быть алкильной группой, алкенильной группой, алкиларилалкильной группой или алкоксиалкильной группой. Конкретные примеры гидрофобной цепи включают тетрадециловую группу, гексадециловую группу, октадециловую группу, октадециловую группу и докозеновую группу. Примеры включают гидрофобные цепи, производные от остатков карбоновой кислоты, имеющих от 10 до 30 атомов углерода или от 12 до 22 атомов углерода. В одном из вариантов воплощения остатки карбоновых кислот являются производными карбоновых кислот, выбранных из группы, состоящей из каприновой кислоты, ундециловой кислоты, лауриновой кислоты, тридекановой кислоты, миристиновой кислоты, пентадекановой кислоты, пальмитиновой кислоты, маргариновой кислоты, стеариновой кислоты, нонадециловой кислоты, арахидоновой кислоты, генэйкозановой кислоты, бегеновой кислоты, трикозановой кислоты, лигноцериновой кислоты, пентакозановой кислоты, церотиновой кислоты, гептакозановой кислоты, монтановой кислоты, нонакозановой кислоты, меллисиновой кислоты, миристолеиновой кислоты, пальмитолеиновой кислоты, сапиеновой кислоты, олеиновой кислоты, элаидиновой кислоты, вакценовой кислоты, линолевой кислоты, линоэлаидиновой кислоты, α -линоленовой кислоты, арахидоновой кислоты, эйкозапентаеновой кислоты, эруковой кислоты, докозагексаеновой кислоты, свободной кислоты, присутствующей в природной смоле и их сочетания.

В одном из вариантов воплощения жидкость-носитель включает кислоту, хелатирующий агент или их оба. Трещина может быть обычным двухкрыльным гидроразрывом, но в некоторых вариантах воплощения может быть разъединенной трещиной и/или пустотами, такими как образованные кислотной обработкой. Жидкость-носитель может включать хлористоводородную кислоту, фтористоводородную кислоту, бифторид аммония, муравьиную кислоту, уксусную кислоту, молочную кислоту, гликолевую кислоту, малеиновую кислоту, винную кислоту, сульфаминовую кислоту, яблочную кислоту, лимонную кислоту, метилсульфаминовую кислоту, хлоруксусную кислоту, амино-поликарбоновую кислоту, 3-гидроксипропионовую кислоту, полиамино-

поликарбоную кислоту и/или соль любой кислоты. В некоторых вариантах воплощения жидкость-носитель включает полиамино-поликарбоную кислоту, тринатрий гидроксил-этил-этилен-диаминтриацетат, моноаммониевые соли гидроксил-этил-этилен-диаминтриацетата или моносодиевые соли гидроксил-этил-этилен-диаминтетраацетата. Выбор любой кислоты в качестве жидкости-носителя зависит от цели кислоты, например, разъедание пласта, аварийная очистка, удаление кислотореактивных частиц и т.д. а также по совместимости с пластом, совместимости с жидкостями в пласте и совместимости с другими компонентами трещинообразующего раствора и с вытеснительными жидкостями или другими жидкостями, которые могут присутствовать в стволе скважины. Выбор кислоты для жидкости-носителя, как понимается в данной области техники, основывается на характеристиках конкретных вариантов воплощения и описания в этом документе.

Композиция может включать смесь частиц из расклинивающего наполнителя. Выбор расклинивающего наполнителя предполагает поиск компромиссного решения с учетом экономических и практических соображений. Критерии для выбора типа расклинивающего наполнителя, его размера, распределения размеров при выборе смешанных расклинивающих наполнителей и концентрации основаны на необходимой бесконечно малой проводимости и могут быть выбраны компетентным специалистом в данной области. Такие расклинивающие наполнители могут быть природными или синтетическими (включая, но не ограничиваясь только ими: стеклянную дробь, керамическую дробь, песок и бокситы), с покрытием или содержать химические вещества; более одного может использоваться последовательно или в смеси разных размеров или различных материалов. Расклинивающий наполнитель может быть покрыт смолой (отверждаемый) или предварительно отвержден покрытой смолой. Расклинивающие наполнители и гравий в одной или разных скважинах или обработках могут быть тем же материалом и/или того же размера, а термин «расклинивающий наполнитель» в данном описании подразумевает включение гравия. В некоторых вариантах воплощения в качестве необычного расклинивающего наполнителя могут использоваться частицы неправильной формы. В целом используемый расклинивающий наполнитель будет иметь средний размер частиц от около 0,15 мм до около 4,76 мм (от около 100 до около 4 американских меш) или от около 0,15 мм до около 3,36 мм (от около 100 до около 6 американских меш), более или от около 0,15 мм до около 4,76 мм (от около 100 до около 4 американских меш), в частности, но не ограничиваясь этим, от 0,25 мм до 0,42 мм (40/60 меш), от 0,42 мм до 0,84 мм (20/40 меш), от 0,84 мм до 1,19 мм (16/20 меш), от 0,84 мм до 1,68 мм (12/20 меш) и от 0,84 мм до 2,38 мм (8/20 меш) размеров материала. Обычно расклинивающий наполнитель будет присутствовать в шламе в концентрации от около 0,12 до около 0,96 кг/л, или от около 0,12 до около 0,72 кг/л, или от около 0,12 до около 0,54 кг/л. В некоторых растворах расклинивающий наполнитель может быть в концентрации до 16 PPA (1,92 кг/л). Если шлам вспенен, то расклинивающий наполнитель будет присутствовать в концентрации до 20 PPA (2,4 кг/л). Композиция шламового раствора - это не композиция цементного раствора.

Данная композиция может включать зернистые материалы с определенным распределением частиц по размерам. Примеры жидкостей для обработки с высоким содержанием частиц (HSCF), в котором может использоваться разлагающийся каучук, описаны в патентах США 7789146; 7784541; 2010/0155371; 2010/0155372; 2010/0243250 и 2010/0300688; все они полностью включаются в данный документ путем ссылки.

Кроме того, композиция может включать разлагающийся материал. В некоторых вариантах воплощения разлагающийся материал включает по меньшей мере лактид,

гликолид, алифатический сложный полиэфир, поли(лактид), поли(гликолид), поли(ϵ -капролактон), сложный поли(ортоэфир), поли(гидроксипропанат), алифатический поликарбонат, поли(фосфазен) или поли(ангидрид). В некоторых вариантах воплощения, разлагающийся материал включает по меньшей мере поли(сахарид), декстран, целлюлозу, хитин, хитозан, белок, поли(аминокислоту) или поли(этиленоксид), а также сополимер, включающий поли(молочную кислоту) и поли(гликолевую кислоту). В некоторых вариантах воплощения разлагающийся материал содержит сополимер, включающий первую часть, которая включает по меньшей мере одну функциональную группу из гидроксильной группы, группы карбоновой кислоты и группы гидрокарбоновой кислоты, сополимер, дополнительно включающий вторую часть, содержащую по меньшей мере гликолевую кислоту или молочную кислоту.

В некоторых вариантах воплощения композиция может, кроме того, дополнительно содержать дополнительные добавки, включая, но не ограничиваясь, кислоты, добавки регулирования водоотдачи, газ, ингибиторы коррозии, ингибиторы отложений, катализаторы, агенты стабилизации глин, биоциды, понизители трения, их сочетания и т.п. Например, в некоторых вариантах воплощения может потребоваться вспенить хранимую композицию с использованием газа, такого как воздух, азот или двуокись углерода.

Композиция может использоваться для проведения различных подземных обработок, включая, но не ограничиваясь, буровые операции, операции гидравлического разрыва пласта и операции заканчивания скважин (например, гравийную засыпку). В некоторых вариантах воплощения композиция может использоваться для обработки части подземного пласта. В некоторых вариантах воплощения композиция может быть введена в ствол скважины и попадать в подземный пласт в качестве жидкости для обработки. Например, жидкости для обработки может быть позволено, вступить в контакт с подземным пластом на определенный период времени. В некоторых вариантах воплощения жидкости для обработки может быть позволено, вступить в контакт с углеводородами, жидкостями пласта и/или последовательно вводимыми жидкостями для обработки. Через определенное время жидкость для обработки может быть возвращена через скважину. В некоторых вариантах воплощения жидкость для обработки может использоваться в обработке с целью гидроразрыва пласта.

Данный способ подходит также для засыпки гравием, или для гидроразрыва пласта и засыпки гравием в одной операции (называемой, например обработкой «гидроразрыв и засыпка», STIMPAC (торговая марка от Schlumberger) или по-иному), которые также широко используются для стимулирования добычи углеводородов, воды и других текучих сред из подземных пластов. Эти операции предусматривают закачивание данной композиции и расклинивающего агента/материала закрепления при гидравлическом разрыве пласта или гравия (материалы, обычно используемые в качестве расклинивающих наполнителей при гидравлическом разрыве пласта) при засыпке гравием. В низкопроницаемых пластах цель гидравлического разрыва пласта, как правило, образовывать длинные трещины с высокой удельной поверхностью, которые значительно увеличивают проход для потока жидкости из пласта в ствол скважины. В высокопроницаемых пластах обычная цель гидравлического разрыва пласта - создать короткую, широкую, сильно проводящую трещину для обхода повреждения вблизи ствола скважины, возникшего при бурении и/или заканчивании, для обеспечения хорошего прохождения текучей среды между пластовым резервуаром и стволом скважины, а также для увеличения площади поверхности, доступной для потока жидкости в ствол скважины.

Варианты воплощения

Исходя из этого, в настоящем изобретении приводятся следующие варианты воплощения:

5 А. Гель, содержащий более чем 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом, причем неметаллический сшивающий агент содержит полилактам.

В. Гель по варианту воплощения А, отличающийся тем, что полиакриламид имеет степень гидролиза меньше или равную около 40%.

10 С. Гель по варианту воплощения А или В, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит более или около 1 мас.% поливинилпирролидона, поливинилкапролактама или их сочетания независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес больше или около 10000 г/моль и меньше или около 2 миллионов г/моль.

Д. Гель согласно варианту воплощения А, В или С, имеющий рН менее или около 3 или более или около 9.

15 Е. Гель по варианту воплощения А, В, С или Д, имеющий комплексную вязкость более или около 100 Па·с при менее или около 0,01 Гц.

Ф. Гель по варианту воплощения А, В, С, Д или Е, отличающийся тем, что $G' - G''$ больше или около 0,1 Па·с, когда определяется с использованием реометра пульсирующего сдвига с частотой 1 Гц и при 20°C.

20 Г. Способ получения геля, включающий:

контактирование композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида, с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам при рН более или около 9 или менее или около 3 при температуре и в течение периода времени, достаточных для получения геля, отличающийся тем, что концентрация полиакриламида 25 в геле составляет более чем около 1 мас.%, исходя из общего веса геля.

Н. Способ по варианту воплощения Г, отличающийся тем, что количество неметаллического сшивающего агента, контактирующего с полиакриламидом, достаточно для получения геля, имеющего концентрацию неметаллического сшивающего агента в геле более или около 1%, исходя из общего веса геля.

30 I. Способ по варианту воплощения Г или Н, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактам или их сочетание независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес более или около 10000 г/моль и менее или около 2 миллионов г/моль.

35 J. Способ по варианту воплощения Г, Н или I, отличающийся тем, что температура равняется более или около 50°C.

К. Способ получения концентрата геля, включающий: контактирование композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам при рН более или около 9 и при температуре в течение периода времени, достаточных для получения геля,

40 отличающийся тем, что концентрация полиакриламида в геле составляет более чем около 1 мас.%, и дегидратацию геля для получения концентрата геля.

Л. Способ согласно варианту воплощения К, отличающийся тем, что обезвоживание геля включает сушку вымораживанием.

45 М. Способ по варианту воплощения К или Л, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактам или их сочетание независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес более или около 10000 г/моль и менее или около 2 миллионов г/моль, и

где концентрация неметаллического сшивающего агента в геле более или около 1 мас.%, исходя из общего веса геля.

5 N. Способ получения восстановленного геля, включающий: контактирование композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам при первой рН более или около 9 и при первой температуре в течение первого периода времени, достаточных для получения первого геля,

10 отличающийся тем, что концентрация полиакриламида в первом геле составляет более чем около 1 мас.%, и дегидратацию первого геля для получения концентрата геля; и

контактирование концентрата геля с водным раствором при второй рН при второй температуре и в течение второго периода времени, достаточных для получения восстановленного геля.

15 O. Способ по варианту воплощения N, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактам или их сочетание независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес более или около 10000 г/моль и менее или около 2 миллионов г/моль, и

где концентрация неметаллического сшивающего агента в первом геле более или около 1 мас.%, исходя из общего веса первого геля.

20 P. Способ обработки скважины, включающий:

введение композиции, содержащей гель, в скважину, отличающийся тем, что гель содержит более 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам, исходя из общего количество имеющегося геля.

Q. Способ обработки скважины, включающий:

25 введение композиции, содержащей более или около 3 мас.% полиакриламида, в скважину;

введение композиции, содержащей неметаллический сшивающий агент, содержащий полилактам в ствол скважины, и

30 введение жидкости, регулирующей рН, в скважину в количестве, достаточном для получения рН внутрискважинного раствора более или около 9 или менее или около 3, для получения геля на месте, содержащего более чем около 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом,

35 отличающийся тем, что композиция, содержащая более или около 3 мас.% полиакриламида, композиция, содержащая неметаллический сшивающий агент, и жидкость регулирования рН, вводятся в ствол скважины отдельно, одновременно или в любом их сочетании.

R. Способ по варианту воплощения Q, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактам или их сочетание независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес более 40 или около 10000 г/моль и менее или около 2 миллионов г/моль, и

где количество вводимого неметаллического сшивающего агента достаточно для получения на месте геля, имеющего концентрацию неметаллического сшивающего агента более или около 1 мас.%, исходя из общего веса геля на месте.

S. Способ обработки скважины, включающий:

45 введение композиции, содержащей концентрат геля, в скважину, причем концентрат геля включает полиакриламид, сшитый с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам для получения на месте восстановленного геля, содержащего более чем около 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим

агентом.

Т. Способ по варианту воплощения S, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактан или их сочетание и имеет средневесовой молекулярный вес более или около 10000 г/моль и

5 концентрация неметаллического сшивающего агента в восстановленном геле больше или около 1 мас.%, исходя из общего веса восстановленного геля.

Т. Жидкость обработки скважины, содержащая гель, включающий более чем 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом, причем

10 неметаллический сшивающий агент содержит полилактан.

U. Жидкость обработки скважины включает первую композицию, содержащую более или около 3 мас.% полиакриламида; и

вторую композицию, содержащую неметаллический сшивающий агент, включающий полилактан.

15 V. Жидкость для обработки скважины, содержащая концентрат геля, включающий полиакриламид, сшитый неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактан.

Примеры

В следующих примерах показано, что гели согласно данному изобретению могут

20 быть получены при температуре окружающей среды при условии, что раствор имеет щелочной pH, и могут быть получены с кислым pH при нагревании. Во всех случаях полученные гели будут очень упругими и липкими по своей природе. Гели будут впитывать, и вспучиваться при помещении в воду, поглощая ее более 200% от своего

25 веса. В отличие от интерполимерных комплексов с низким pH, описываемых в литературе, прозрачные гели, представленные в данном изобретении, необратимы к изменениям в pH и имеют отличную высокотемпературную стабильность. Образование геля может происходить при температуре окружающей среды или при повышенной

30 температуре, пока pH является щелочным. Было обнаружено, что гель не образуется путем связывания водорода и, таким образом, это не комплекс, как видно при низких pH, а результат необратимой химической реакции между полиакриламидом и

35 неметаллическим сшивающим агентом. Когда неметаллический сшивающий агент является полилактаном, например, поливинилпирролидоном (ПВП), сшивание происходит в результате разрыва кольца, где лактамное кольцо открыто для установления соединения между группой акриламида или акрилата и группой лактама

Частично гидролизованный полиакриламид (ЧГПА) при 3% и поливинилпирролидон (ПВП) при 3-6% образуют очень упругий гель при нагревании. Было также обнаружено, что нагревание не требуется, если pH был щелочной, но гель будет образовываться в

40 кислых условиях при нагревании. Предполагается, что нагрев генерирует щелочные свойства дальнейшим гидролизом ЧГПА, вырабатывая ионы аммония, которые поднимают pH и запускают гелеобразование. Сканирующая электронная микроскопия и микроснимки высушенных гелей согласно данному изобретению, полученные на фазово-контрастном микроскопе, показывают гели, имеющие линейный волокнистый

45 характер и возможное образование в них полых пузырьков.

Гель, полученный из 3% ЧГПА и 6% ПВП, поглощал достаточно воды (200 мас.%) и давал прочный гель с окончательной концентрацией 1% ЧГПА и 2% ПВП. Однако было обнаружено, что смешивание 1% ЧГПА и 2% ПВП в воде при условиях образования геля не производит геля. Соответственно, было обнаружено, что гели

согласно данному изобретению образуются уникальным способом, а это позволяет предположить, что для получения гелей, имеющих окончательную концентрацию полиакриламида от 0,5 до 1 мас.%, концентрация композиции полиакриламида должна быть изначально выше, чем 1 мас.%, обычно от по меньшей мере около 2% до по
5 меньшей мере около 3 мас.%, и затем, впоследствии разбавлена добавлением неметаллического сшивающего агента для получения гелей, имеющих окончательную концентрацию полиакриламида от 0,5% до 1 мас.%.

Кроме того, были приготовлены гели с различными молекулярными массами, концентрациями и уровнем гидролиза ЧГПА, и были оценены различные молекулярные
10 массы ПВП.

Кроме того, данные показывают, что гель может быть высушен сублимацией, и позже восстановлен гидратированием частиц концентрата геля с целью получения восстановленного геля. С целью контроля воды возможно задерживаемое температурой гелеобразование. Другие способы включают использование этих частиц геля в качестве
15 понизителей трения, стимуляторов замедленной вязкости при гидроразрыве пласта, закупоривающего агента для интенсификации добычи с помощью вязкости и гелеобразования, создания временной пробки, водопоглощающего геля для контроля воды и маловязкой очистительной жидкости, которая генерирует вязкость по скважине для подъема песка и других твердых веществ на поверхность.

В одном ряду примеров способ получения гелей - это смешивание растворов полиакриламида с растворами различных полилактамных полимеров при различных
20 условиях и затем определение, образуется ли гель. Были оценены условия температуры окружающей среды и повышенной температуры и несколько уровней pH от кислых до щелочных. За растворами в отношении образования геля велось наблюдение от
25 нескольких дней до недель. После образования геля он характеризовался с помощью визуального наблюдения, реологических измерений свойств и эффектов разбавления водой или кислыми растворами с образованным гелем. Гели с низким pH характеризовались отделением свободной воды, которая неизменно образовывалась из порции геля, и оценкой этой порции геля.

30 Образование геля

Процедура перемешивания для получения гелей должна полностью гидратировать ЧГПА с деионизированной водой при помощи верхнеприводной мешалки, со скоростью 600 об/мин. Во избежание образования комков или сгустков порошковый
35 полиакриламидный полимер постепенно добавлялся в плечо завихрения в течение 20-секундного периода. Перемешивание продолжалось около часа или до тех пор, пока все полимерные частицы были полностью гидратированы, что определялось по визуальному наблюдению. Далее добавлялся неметаллический сшивающий агент, и перемешивание продолжалось также до полной гидратации или растворения. pH смеси измерялся перед разделением образца на несколько частей. Каждая часть была затем
40 скорректирована на различные уровни pH с помощью растворов 10% HCl или 10% NaOH. Окончательный pH измерялся и записывался. Наличие гелей периодически оценивалось с помощью визуального наблюдения. Например, жидкость с 3% ЧГПА и 6% ПВП готовилась следующим образом:

3 грамма ЧГПА были добавлены в 97 грамм деионизированной воды и выполнялось
45 перемешивание до полной гидратации для получения точного 3 мас.% раствора.

6 грамм поливинилпирролидона (ПВП) затем добавлялось в раствор и перемешивалось до полного растворения. Это приводит к раствору, в котором 2,83 мас.% ЧГПА и 5,66 масс% ПВП, хотя об нем говорится как об имеющем 3% ЧГПА и

6% ПВП.

Затем измерялся изначальный рН смеси и смесь разделялась на 4 части. рН каждой части раствора был затем скорректирован к номинальным значениям 1, 3 и 9 с помощью 10% HCl или 10% NaOH. Четвертая порция имела изначальный рН смеси.

5 Реологическая характеристика

Реология измерялась при низкой температуре (менее 80°C) реометром Болина с 25 мм чашкой и грузиком отвеса, работающим в динамическом режиме (частота развертки при 10% механическом напряжении). Получившиеся модули (G' , G'') определялись с помощью реометра пульсирующего сдвига при 1 Гц и 20°C, а комплексная вязкость использовалась для оценки образования геля. Когда G' по меньшей мере на 0,1 или по меньшей мере на 1 или по меньшей мере на 5 или по меньшей мере на 10 Па·с больше, чем G'' , то это позволяет предположить существование геля, а значение G' дает количественную оценку прочности геля. Когда G'' больше, чем G' , то предполагается наличие жидкости и отсутствие образования геля. Если материал, проходящий проверку, следует правилу Кокс-Меркса, то комплексная вязкость должна быть сопоставима с вязкостью устойчивого состояния.

Для получения реологических данных использовался вискозиметр модели 50 Grace 5600, который давал больше возможностей, чем способ чаши и отвеса. Образование вязкости гелей отслеживалось при добавлении 50 мл раствора в чашку, закреплении чашки и приложения давления азота примерно 400 psi (фунтов на кв. дюйм) до начала нагрева. С возрастанием температуры вязкость изначально вязкого флюида будет уменьшаться (тепловое разжижение) до определенного момента, когда начнется гелеобразование и вязкость начнет увеличиваться. Степень гелеобразования отслеживается по окончательной получаемой вязкости.

25 Визуальные наблюдения

Результаты внешнего скрининга образования геля показаны в таблице 1. Для перечисленных полимеров ЧГПА молекулярный вес и % гидролиза приводятся в скобках в первой строке заголовка и указывается концентрация. Вторая строка заголовка показывает концентрацию неметаллического сшивающего агента. Номинальный рН отображается слева от оставшихся строк данных. Для каждой ячейки наблюдение записывается. "N" показывает отсутствие гелеобразования, а "G" указывает на гелеобразование. Фазоотделяемый гель, состоящий из геля и избыточной воды, обозначается как "P/S". Фактически измеренный рН раствора показан в скобках. Эти наблюдения были в общем записаны после одной недели наблюдений и представляют состояние на тот момент. Большинство гелей было образовано в течение нескольких дней, хотя один образец катионного полиакриламида загустился сразу же.

Для целей данного документа приведен мас.% ЧГПА, сопровождаемый средневесовым молекулярным весом, выраженным либо в виде миллионов дальтонов (MDa), либо в граммах на моль (г/моль), сопровождаемый % гидролиза ЧГПА, выраженного в виде мас.%. Соответственно, заголовок: 2% ЧГПА, 12,5 MDa, 30% Гид. представляет собой композиция, содержащая 2 мас.% ЧГПА, имеющий средневесовой молекулярный вес 12,5 миллионов дальтонов и 30 мас.% гидролиза акриламида в акрилат. Кроме того, средневесовой молекулярный вес может быть сокращен к написанию «MW», что указывает на г/моль. Соответственно, 3% ПВП, 300k MW представляет 3 мас.% композиции поливинилпирролидона (ПВП), где ПВП имеет средневесовой молекулярный вес 300000 г/моль.

Таблица 1

		2% ЧГПА 12,5 MDa 30% Гид.	2% ЧГПА 6 MDa 30% Гид.	2% ЧГПА 12 MDa 5% Гид.	2% ЧГПА 12 MDa 12% Гид.	2% ЧГПА 11 MDa 20% Гид.
	pH	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW
	3	N (3,0)	N (2,6)	N (2,5)	N (2,4)	N (2,4)
	5,6	N (6,7)	N (6,9)	N (5,2)	G (5,9)	N (5,6)
	9	N (9,1)	N (8,9)	N (9,1)	G (9,1)	N (8,9)
		2% ЧГПА 12,5 MDa 30% Гид.	2% ЧГПА 6 MDa 30% Гид.	2% ЧГПА 12 MDa 5% Гид.	2% ЧГПА 12 MDa 12% Гид.	2% ЧГПА 11 Mda 20% Гид.
	pH	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW
	3	N (3,0)	N (3,0)	P/S (2,7)	P/S (2,4)	N (2,9)
	5,6	N (6,4)	N (6,6)	N (5,1)	G (5,3)	N (6,1)
	9	N (9,2)	N (9,1)	G (9,1)	G (9,1)	N (9,2)
		3% ЧГПА 12,5 MDa 30% Гид.	3% ЧГПА 6 MDa 30% Гид.	3% ЧГПА 12 MDa 5% Гид.	3% ЧГПА 12 MDa 12% Гид.	3% ЧГПА 11 MDa 20% Гид.
	pH	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW	3% ПВП 300k MW
	3	N (2,5)	P/S (2,8)	G (2,8)	G (2,5)	N (2,7)
	5,6	G (6,7)	G (6,7)	G (5,5)	G (6,1)	G (6,4)
	9	G (9,0)	G (9,0)	G (9,0)	G (9,3)	G (9,1)
		3% ЧГПА 12,5 MDa 30% Гид.	3% ЧГПА 6 MDa 30% Гид.	3% ЧГПА 12 MDa 5% Гид.	3% ЧГПА 12 MDa 12% Гид.	3% ЧГПА 11 MDa 20% Гид.
	pH	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW
	3	N (2,6)	P/S (2,7)	G (2,5)	G (3,0)	N (2,7)
	5,6	G (6,5)	N (6,5)	G (5,1)	G (5,3)	G (6,1)
	9	G (9,4)	G (9,4)	G (9,4)	G (9,2)	G (9,0)

Как показано в таблице 1, ЧГПА оценивался при концентрациях 2% и 3 мас.%. Эта серия охватывает молекулярные веса от 6 до 12,5 миллионов дальтонов и уровни гидролиза от 5 до 30%. Неметаллический сшивающий агент включает 3 мас.% и 6 мас.% ПВП с подтвержденным молекулярным весом 300 000 дальтонов.

В общем, гели образовывались с помощью 3% и 6% ПВП, когда использовался 3% ЧГПА, но не с 2% ЧГПА. Однако ЧГПА-полимеры с молекулярной массой 12 миллионов давали гель при 2%. При ПВП с низким pH ЧГПА с более низким гидролизом загущался, тогда как при более высоких уровнях (20% или более) либо фаза отделялась, либо гелеобразования не происходило. Во всех случаях с ЧГПА разделение фаз было ограничено режимом низкого pH, ниже 4. Почти в каждом случае pH 9 или более приводил к гелеобразованию 3% ЧГПА при температуре окружающей среды.

Показанные в таблице 2 результаты получены с ЧГПА, имеющим отличные молекулярные веса и уровни гидролиза от тех, что представлены в таблице 1. С ЧГПА очень близкие результаты к показанным в таблице 1 являются очевидными. ЧГПА-полимеры с низким молекулярным весом не показали никакой реакции при 5%, а это свидетельствует о том, что концентрация и молекулярный вес являются существенными факторами при образовании геля. Катионный ЧГПА первоначально загущается немедленно, но позже фаза отделяется при всех уровнях pH выше 3. Наблюдение через 3 недели показывает, что образец с pH 11,2 прозрачен и загущен. При pH ниже 3 образец оставался загущенным.

	3% ЧГПА 5 MDa 10% Гид.	2% ЧГПА 5 MDa 10% Гид.	2% ЧГПА 5 MDa 10% Гид.			
pH	3% ПВП	4% ПВП	5% ПВП	6% ПВП	4% ПВП	6% ПВП

	300k MW	300k MW	300k MW	300k MW	300k MW	300k MW
1	N (1,2)	P/S (1,1)	P/S (1,1)	P/S (1,0)	N (2,85)	P/S (1,4)
3	G (3,0)	N (3,2)	P/S (2,9)	P/S (3,0)	-	-
5,6	G (4,9)	N (5,2)	N (5,7)	N (5,6)	N (5,6)	N (4,5)
9	G (9,1)	N (9,0)	G (9,0)	G (9,2)	N (9,2)	N (9,1)
	3% ЧГПА 5 MDa 10% Гид.	3% ЧГПА 5 MDa 10% Гид.	5% ЧГПА 0,5 MDa 5% Гид.	5% ЧГПА 0,5 MDa 1% Гид.	3% ЧГПА 9 MDa 30% Гид. катион.	
pH	4% ПВП 2,5k MW	6% ПВП 2,5k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW	
1	-	-	-	-	G (2,6)	
3	N (3,0)	N (3,0)	N (3,0)	N (2,9)	P/S (5,0)	
5,6	G (5,1)	G (5,1)	N (5,0)	N (3,9)	P/S (9,2)	
9	G (9,0)	G (9,0)	N (9,0)	N (8,9)	P/S (11,2)	
11	G (11,5)	G (11,0)	-	-	-	

В таблице 3 приводятся результаты, полученные с негидролизированным полимером или чистым полиакриламидом. Исходя из заключений, полученных о ЧГПА, видны существенные различия. Разделение фаз происходило при высоком pH, а гелеобразование - при более низких уровнях pH. Характер гелеобразования был очень чувствительным к концентрации ПВП, где при 3% происходило гелеобразование, а при 6% фаза отделялась.

	3% ПА 6 MDa 0% Гид.	3% ПА 6 MDa 0% Гид.
pH	3% ПВП 300k MW	6% ПВП 300k MW
1	N(1,1)	P/S (1,15)
3	P/S (3,0)	P/S (3,5)
5,6	P/S (4,0)	P/S (7,5)
9	G (9,1)	P/S (8,9)

SEM

Снимки сканирующей электронной микроскопии (SEM) высушенного геля ЧГПА-ПВП показывают интересную структуру, напоминающую трубки и волокнистую оболочку, в которой выстроились волокна. Анализ показывает отверстия, которые представляются выходами тоннелей, образованными выровненным гелем. Выравнивание волокнистой сети легко различимо. Наружная стенка вполне сглажена.

Реология - Болин

Динамическая реология обеспечивает дополнительное исследование гелей.

На фигуре 1 показано, что гель может образоваться при 3% ЧГПА, но не при 1%. 3% гель был разбавлен водой, имеющей вес в два раза больше его, что привело к тому же общей композиции ЧГПА и ПВП, как и в образце с 1% ЧГПА. G' разбавленного геля превышает значение G'' , указывающее на то, что гель действительно существует, то время как смесь 1% ЧГПА предполагает существование вязкой жидкости, поскольку G' меньше, чем G'' . G' для разбавленного примера намного выше, чем для образца 1% ЧГПА. Кроме того, модули геля довольно независимы от температуры, но жидкость показывает снижение модулей с температурой. Таким образом, реакция, которая произошла в растворе с 3% ЧГПА и 6% ПВП, является после разбавления необратимой. Это также показывает, что механизм гелеобразования зависит от способа.

Реология - Grace

Для наблюдения начала гелеобразования с температурой был использован

вискозиметр Grace 5600. Температура ускоряет реакцию и, к тому же, может увеличить уровень гидролиза ЧГПА или полиакриламида при наличии основания.

На фигуре 2 в примерах показана смесь 3% ЧГПА и 6% ПВП, которая нагревается в вискозиметре. Гель был испытан при нескольких температурах от 200 до 280°F. Все испытания при температурах привели к образованию подобных гелей от 600 до 800 сР. Жидкости при 260 и 280°F показывают возрастания вязкости, которые свидетельствуют о начале процесса гелеобразования. После охлаждения жидкостей происходило их полное загущение.

На фигуре 3 показано сравнение между различными базовыми полимерами с ПВП при 6%. Подобные гели образуются для ЧГПА, негидролизованного полиакриламида (ПАА) и катионного полиакриламида (КПАА).

Была подготовлена серия образцов с различными количествами неметаллического сшивающего агента, и она приведена в таблице 4. Все гели были подготовлены при pH 12 с ЧГПА, имеющим средневесовой молекулярный вес 5 Мг/моль и 10% гидролиз и с ПВП с Mw 55k (тысяч) в качестве неметаллического сшивающего агента. Как показывают данные в этом варианте воплощения, для получения геля необходимо минимум 2% ЧГПА. При этой концентрации ЧГПА необходимо минимум 2% ПВП. С повышенной до 3% концентрацией ЧГПА минимум необходимого ПВП снижается до 1%.

Таблица 4

ПВП (мас.%)↓	1% ЧГПА 6 МДа 10% Гид.	2% ЧГПА 6 МДа 10% Гид.	3% ЧГПА 6 МДа 10% Гид.
6	Гелеобразования не происходит	Гель	Гель
5	Гелеобразования не происходит	Гель	Гель
4	Гелеобразования не происходит	Гель	Гель
3	Гелеобразования не происходит	Гель	Гель
2	Гелеобразования не происходит	Гель	Гель
1	-	Гелеобразования не происходит	Гель
0,5	-		Гелеобразования не происходит

Влияние концентрации ПВП на гели ЧГПА-ПВП

На фигуре 4 показано влияние концентрации сшивающего агента (концентрация ПВП) на прочность геля. Все гели были подготовлены, используя ПВП с Mw 55k. Как показывают данные, при 1% ПВП гель уже образуется. Повышение концентрации ПВП дает более прочный гель. Когда ПВП достигает 5%, дальнейшее увеличение концентрации ПВП больше не увеличивает прочность геля.

Влияние ПВП Mw на смеси ЧГПА-ПВП

На фигуре 5 показано влияние молекулярного веса ПВП на прочность геля. Во всех примерах используются 3% ЧГПА и 6% ПВП с различными ПВП Mw. Как показывают данные, ПВП Mw имеет значительное влияние на прочность геля. Среди всех испытанных Mw 55k было оптимально. Все сшивающие агенты с более высоким или низким Mw приводили к более слабым смесям, что показано более низкими комплексными вязкостями по сравнению с гелем с 55k.

Гели с низким Mw ЧГПА с ПВП

Как показано на фигуре 6, ЧГПА с относительно низким молекулярным весом подходят для использования. ЧГПА с низким Mw в 0,5 миллиона Mw с 5% гидролизом загущается с ПВП. Как показывают данные, концентрация ЧГПА, необходимая для производства геля, была выше, чем ЧГПА с более высокой молекулярной массой.

Неионные полиакриламидные гели с ПВП

Как показано на фигуре 7, неионный полиакриламид (то есть, с 0% гидролиза) также производил гели с ПВП. 3% ПАМ, Mw 6 миллионов г/моль и 6% ПВП 55k.

ЧГПА, смешанный с другим ЧГПА, не образует геля

Сравнительная композиция, включающая ЧГПА с низкомолекулярным весом (0,5 М г/моль, 5% гидролиз) был объединен с ЧГПА с 5 М г/моль при 10% гидролизе для определения, возникнет ли реакция переамидирования с целью образования геля между самими молекулами полиакриламида. Как и ожидалось, эксперименты показали, что при рН 12 гелеобразования не происходит. Эти данные позволяют предположить, что пирролидоновое кольцо полилактама более химически активно и необходимо для осуществления реакции по получению гелей согласно данному изобретению.

Порядок добавления сшивающего агента и ЧГПА

Было установлено, что порядок добавления ЧГПА и неметаллического сшивающего агента не имеет значения для образования гелей согласно данному изобретению. Был выполнен эксперимент с целью выяснения, будет ли корректировка рН до 12 перед добавлением ПВП образовывать гель с ЧГПА в отличие от повышения рН до 12 после добавления ПВП. Был сделан вывод, что порядок не имеет значения. Прочный гель образовывался, когда рН был увеличен до 12 сначала перед добавлением ПВП и когда рН был увеличен до 12 после добавления ПВП.

Обезвоживание гелей и восстановление гелей

Был подготовлен гель согласно данному изобретению, содержащий 3 мас.% ЧГПА и 6 мас.% ПВП при рН 12. Гель был высушен сублимацией для получения концентрата геля, имеющего менее 1 мас.% воды. Концентрат геля был затем регидратирован путем смешивания с водой для получения восстановленного геля, имеющего по существу те же свойства, что и гель перед сублимационной сушкой.

Вышеизложенное представление информации и описание является иллюстративным и пояснительным. Специалистам в данной области знаний понятно, что различные изменения в размерах, форме и материалах, а также в деталях проиллюстрированной схемы, или сочетания элементов, описанные здесь, могут быть осуществлены в пределах сферы применения настоящего изобретения.

Хотя изобретение было проиллюстрировано и подробно описано в чертежах и вышеприведенном описании, их следует рассматривать в качестве объясняющих, но не ограничивающих в том понимании, что только некоторые варианты воплощения были показаны и описаны, и что под действие данного изобретения подпадают все изменения и модификации, соответствующие его духу и сфере применения. Следует понимать, что хотя слова, такие как «предпочтительный», «предпочтительно», «предпочитаемый», «более предпочтительный» или «примерный», использованные в описании выше, указывают, что таким образом описанные возможности могут быть более желательными или характерными, тем не менее, они могут и не быть необходимыми, а варианты воплощения, где они не используются, тоже могут включаться в область применения изобретения, которая определяется нижеследующей формулой изобретения. При чтении формулы изобретения предполагается, что слова, такие как «один», «по меньшей мере один» или «по меньшей мере одна часть», используются без намерения ограничить формулу изобретения только одним элементом, если иное не оговорено в формуле изобретения. Когда используется выражение «по меньшей мере часть» и/или «часть», то элемент может включать часть и/или весь элемент, если специально не оговорено обратное.

Хотя выше были описаны подробно только несколько вариантов воплощения настоящего изобретения, специалистам в данной области техники понятно, что в пределах сферы применения идеи этого изобретения возможны многие видоизменения. Следовательно, такие видоизменения должны быть включены в область применения

данного изобретения, как это определено в формуле изобретения. В пунктах формулы изобретения части формулы изобретения «средства плюс функция» предназначены для охвата описанных здесь структур, как выполняющих описанную функцию, и не только структурные эквиваленты, но и также эквивалентные структуры. Таким образом, хотя
5 гвоздь и винт могут не быть структурными эквивалентами, в том смысле, что гвоздь использует цилиндрическую поверхность для крепления деревянных частей вместе, тогда как винт использует винтовую поверхность, в среде крепления деревянных частей гвоздь и винт могут быть эквивалентными структурами. Заявитель определено выражает намерение не применять 35 U.S.C. § 112, пункт 6, в отношении каких-либо ограничений
10 какого-либо из пунктов формулы изобретения, представленных в этом документе, за исключением тех, в которых в формуле изобретения прямо используются слова «предназначен для» вместе со связанной с ними функцией.

Формула изобретения

15 1. Гель для обработки скважин, содержащий более 1 мас.% полиакриламида, сшитого неметаллическим сшивающим агентом, причем неметаллический сшивающий агент содержит полилактам.

2. Гель по п. 1, отличающийся тем, что полиакриламид имеет степень гидролиза меньше или равную 40%.

20 3. Гель по п. 1 или 2, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит более или равно 1 мас.% поливинилпирролидона, поливинилкапролактама или их сочетания независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес больше или равный 10000 г/моль и меньше или равный 2 млн г/моль.

4. Гель по п. 1, имеющий рН меньше или равный 3 или больше или равный 9.

25 5. Гель по п. 1, имеющий комплексную вязкость больше или равную 100 Па·с при меньше или равно 0,01 Гц.

6. Гель по п. 1, отличающийся тем, что $G'-G''$ составляет больше или равно 0,1 Па·с, когда определяется с использованием реометра пульсирующего сдвига при частоте 1 Гц и 20°C.

30 7. Способ получения геля для обработки скважин, включающий:

контактирование композиции, содержащей больше или равно 3 мас.% полиакриламида, с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактам при рН больше или равном 9 или меньше или равном 3, при температуре и в течение периода времени, достаточных для получения геля, отличающийся тем, что концентрация
35 полиакриламида в геле составляет более 1 мас.%, исходя из общего веса геля.

8. Способ по п. 7, отличающийся тем, что количества неметаллического сшивающего агента, контактирующего с полиакриламидом, достаточно для получения геля, имеющего концентрацию неметаллического сшивающего агента в геле больше или равную 1 мас.%, исходя из общего веса геля.

40 9. Способ по пп. 7, 8, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактама или их сочетание независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес больше или равный 10000 г/моль и меньше или равный 2 млн г/моль.

10. Способ получения восстановленного геля, включающий:

45 контактирование композиции, содержащей больше или равно 3 мас.% полиакриламида, с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактама, при первом рН больше или равном 9, при первой температуре и в течение первого периода времени, достаточных для получения первого геля,

отличающийся тем, что концентрация полиакриламида в первом геле более 1 мас.%, дегидратацию первого геля для получения концентрата геля; и контактирование концентрата геля с водным раствором при втором рН, при второй температуре и в течение второго периода времени, достаточных для получения восстановленного геля.

5 11. Способ по п. 10, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактан или их сочетание независимо друг от друга и имеет средневесовой молекулярный вес больше или равный 10000 г/моль и меньше или равный 2 млн г/моль, и где концентрация неметаллического сшивающего агента в первом геле больше или равна 1 мас.%, исходя из общего веса
10 первого геля.

12. Способ обработки скважины, включающий введение композиции, содержащей концентрат геля, в скважину, причем концентрат геля включает полиакриламид, сшитый с неметаллическим сшивающим агентом, содержащим полилактан для получения на месте восстановленного геля, содержащего более 1 мас.% полиакриламида, сшитого
15 неметаллическим сшивающим агентом.

13. Способ по п. 12, отличающийся тем, что неметаллический сшивающий агент содержит поливинилпирролидон, поливинилкапролактан или их сочетание, имеет средневесовой молекулярный вес больше или равный 10000 г/моль и меньше или равный 2 млн г/моль и где концентрация неметаллического сшивающего агента в
20 восстановленном геле больше или равна 1 мас.%, исходя из общего веса восстановленного геля.

25

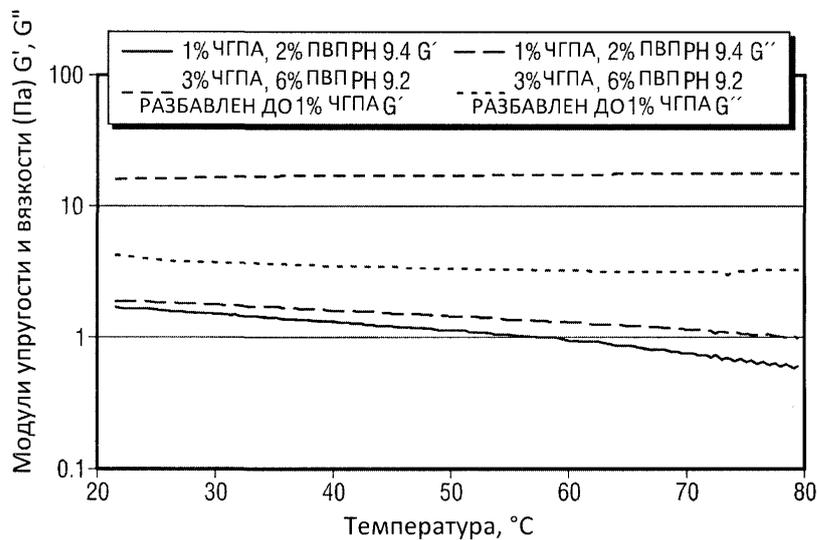
30

35

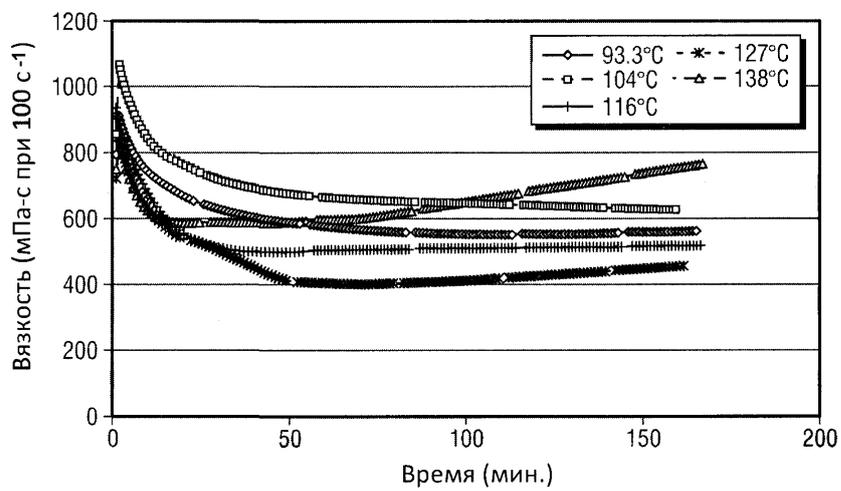
40

45

1/4

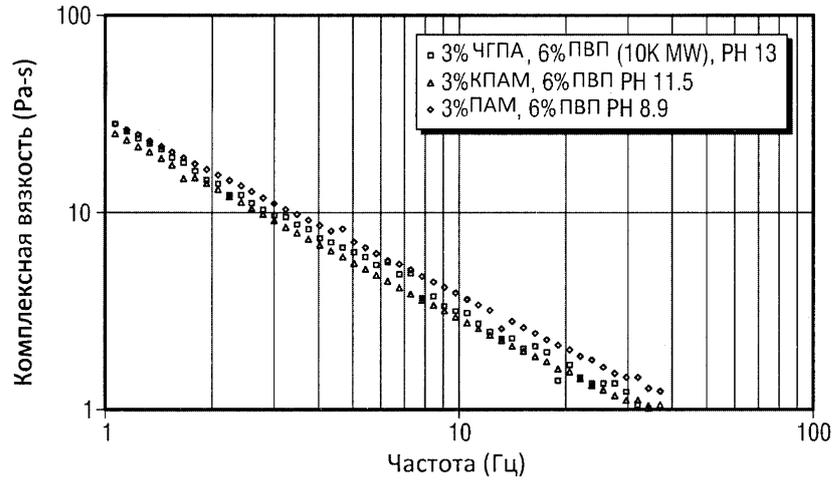


Фиг. 1

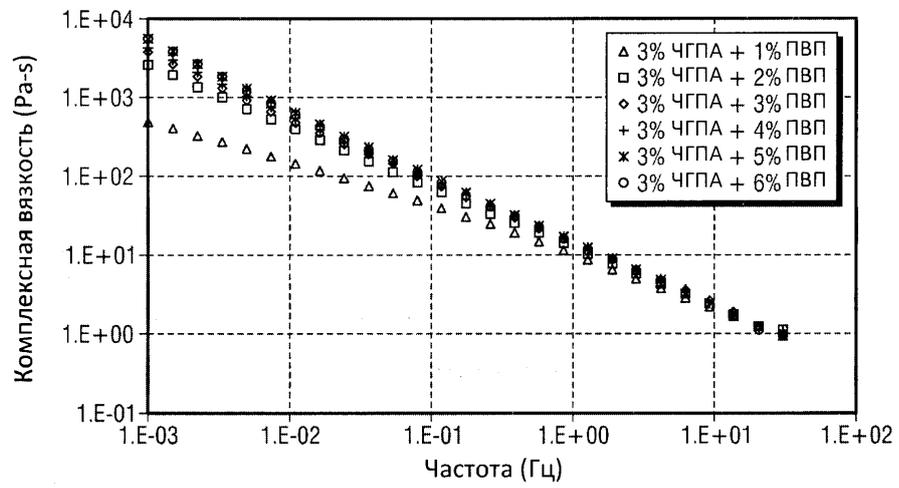


Фиг. 2

2/4

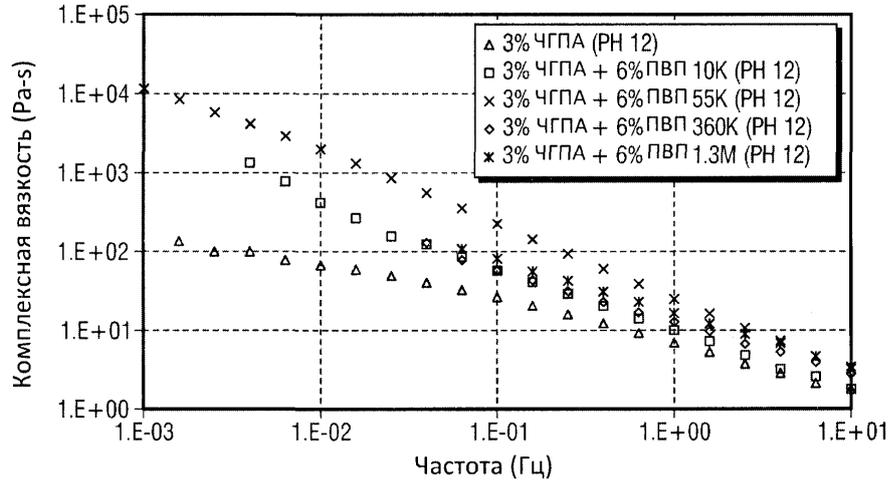


Фиг. 3

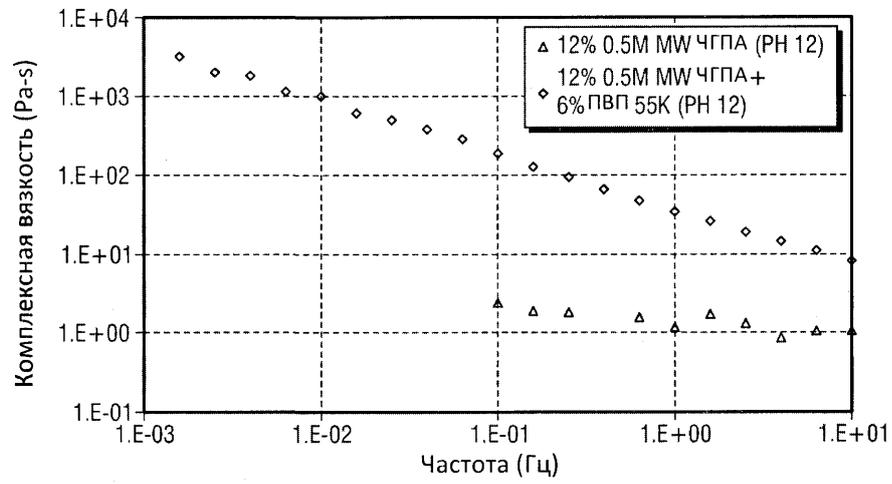


Фиг. 4

3/4

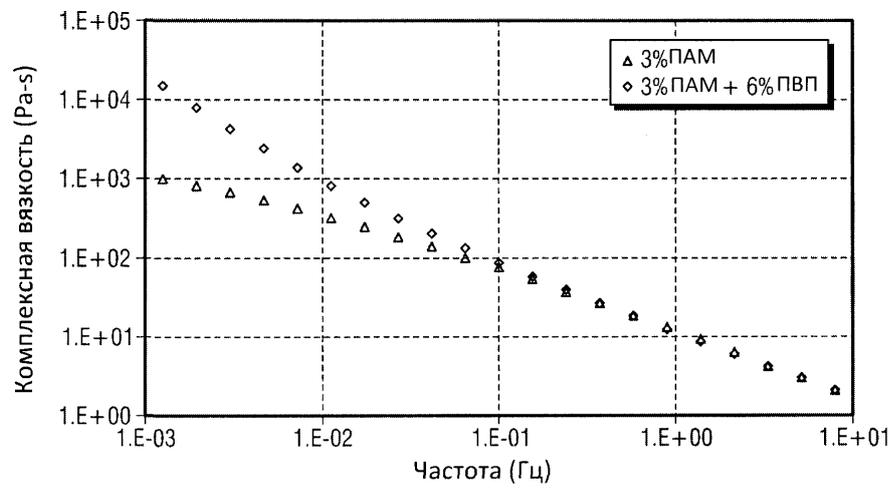


Фиг. 5



Фиг. 6

4/4



Фиг. 7