



(51) МПК  
*C09K 8/584* (2006.01)  
*E21B 43/22* (2006.01)  
*E21B 43/40* (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2014153630, 31.05.2013

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
 31.05.2013

Дата регистрации:  
 10.11.2017

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:  
 31.05.2012 US 61/653,845

(45) Опубликовано: 10.11.2017 Бюл. № 31

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на  
 национальной фазе: 31.12.2014

(86) Заявка РСТ:  
 US 2013/043548 (31.05.2013)

(87) Публикация заявки РСТ:  
 WO 2013/181499 (05.12.2013)

Адрес для переписки:  
 129090, Москва, ул. Б. Спасская, 25, строение 3,  
 ООО "Юридическая фирма Городиский и  
 Партнеры"

(72) Автор(ы):

АББАС Сайед (US),  
 ЭЛОУ Пол Р. (US),  
 САНДЕРС Аарон В. (US),  
 ФАЛКОНЕ-ПОТТС Сьюзан К. (US)

(73) Патентообладатель(и):

ДАУГЛОБАЛ ТЕКНОЛОДЖИЗ ЭлЭлСи  
 (US)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
 о поиске: WO 2011/152856 A1, 08.12.2011. SU  
 1809012 A1, 15.04.1993. RU 2314413 C2,  
 10.01.2008. RU 2142557 C1, 10.12.1999. US  
 5033547 A, 23.07.1991. US 4380266 A,  
 19.04.1983. US 2009/0082483 A1, 26.03.2009. US  
 2010/0029799 A1, 04.02.2010. EP 505002 A2,  
 23.09.1992.

(54) СПОСОБ И КОМПОЗИЦИЯ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ НА ОСНОВЕ  
 СВЕРХКРИТИЧЕСКОГО ДИОКСИДА УГЛЕРОДА И НЕИОНОГЕННОГО ПОВЕРХНОСТНО-  
 АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА

(57) Реферат:

Изобретение относится к композициям для  
 извлечения нефти. Композиция для извлечения  
 нефти содержит: димерное неионогенное  
 поверхностно-активное вещество приведенной  
 структурной формулы I или его региоизомер и/  
 или тримерное неионогенное поверхностно-  
 активное вещество приведенной формулы II и  
 диоксид углерода. Способ извлечения нефти  
 содержит: обеспечение потока диоксида углерода

к нефтеносной залежи, введение указанного выше  
 димерного неионогенного поверхностно-  
 активного вещества или его региоизомера в поток  
 диоксида углерода для формирования смеси и  
 нагнетание смеси в нефтеносную залежь.  
 Изобретение развито в зависимых пунктах  
 формулы. Технический результат – повышение  
 эффективности способа. 2 н. и 7 з.п. ф-лы, 1 ил.,  
 3 табл., 3 пр.

RU 2 635 307 C1

RU 2 635 307 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*C09K 8/584* (2006.01)  
*E21B 43/22* (2006.01)  
*E21B 43/40* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014153630, 31.05.2013

(24) Effective date for property rights:  
31.05.2013

Registration date:  
10.11.2017

Priority:

(30) Convention priority:  
31.05.2012 US 61/653,845

(45) Date of publication: 10.11.2017 Bull. № 31

(85) Commencement of national phase: 31.12.2014

(86) PCT application:  
US 2013/043548 (31.05.2013)

(87) PCT publication:  
WO 2013/181499 (05.12.2013)

Mail address:  
129090, Moskva, ul. B. Spasskaya, 25, stroenie 3,  
OOO "Yuridicheskaya firma Gorodiskij i Partnery"

(72) Inventor(s):  
**ABBAS Sajed (US),**  
**ELOU Pol R. (US),**  
**SANDERS Aaron V. (US),**  
**FALKONE-POTTS Syuzan K. (US)**

(73) Proprietor(s):  
**DAU GLOBAL TEKNOLODZHIZ EIEISi (US)**

(54) **METHOD AND COMPOSITION TO INCREASE OIL RECOVERY ON BASIS OF SUPERCRITICAL CARBON DIOXIDE AND NONIONIC SURFACTANT**

(57) Abstract:

FIELD: oil and gas industry.

SUBSTANCE: oil recovery composition comprises: dimeric nonionic surfactant of the present structural formula I or a regioisomer thereof and/or trimeric nonionic surfactant of the present formula II and carbon dioxide. The oil recovery method comprises: providing a flow of carbon dioxide to the oil pool, introducing

said dimeric nonionic surfactant or its regioisomer into the carbon dioxide flow to form the mixture and injecting the mixture into the oil pool. The invention has been developed in the dependent claims.

EFFECT: improving the efficiency of the method.  
9 cl, 1 dwg, 3 tbl, 3 ex

RU 2 635 307 C1

RU 2 635 307 C1

Область, к которой относится изобретение

Варианты осуществления настоящего изобретения относятся к композициям для извлечения нефти, более конкретно, варианты осуществления настоящего изобретения относятся к композициям для извлечения нефти, включающим в себя неионогенное  
5 поверхностно-активное вещество, которое растворимо в диоксиде углерода.

Уровень техники

Для увеличения добычи углеводородов из подземных пластов, в которых углеводороды больше не движутся самотеком под действием естественных сил, применяют различные технологии. Такие технологии могут включать в себя, в числе  
10 прочих, нагнетание воды и/или последующую закачку смешивающегося с нефтью диоксида углерода. Нагнетание воды можно применять для добычи некоторого количества углеводородов, однако с применением такой технологии добывается только около трети углеводородов. В связи с этим, обычно процедуры нагнетания воды сопровождаются применением технологии увеличения нефтеотдачи пород, такой как  
15 закачка смешивающегося с нефтью газа. Закачку смешивающегося с нефтью газа можно осуществлять с применением диоксида углерода для снижения вязкости добываемой нефти, присутствующей в подземной породе, и увеличения продвижения углеводородов к промысловой скважине. Диоксид углерода, который действует в качестве растворителя, снижающего вязкость добываемой нефти, является эффективным и относительно  
20 недорогим смешивающимся с нефтью газом. Во время процедуры закачки смешивающегося с нефтью диоксида углерода диоксид углерода обычно находится в жидкой и/или сверхкритической фазе.

Однако закачка смешивающегося с нефтью диоксида углерода может сопровождаться рядом недостатков. Одной из главных встречающихся при этом проблем является  
25 недостаточное вытеснение нефти из подземной породы. Недостаточное вытеснение нефти происходит, когда газ, нагнетаемый в залежь во время процесса закачки смешивающегося с нефтью диоксида углерода, из-за низкой вязкости газа течет по путям с наименьшим сопротивлением, при этом обходя стороной значительные участки пласта. Когда газ обходит значительные участки пласта, в контакт с газом вступает  
30 меньшее количество добываемой нефти, при этом уменьшается вероятность того, что газ будет снижать вязкость добываемой нефти. Таким образом, газ, нагнетаемый во время процесса закачки смешивающегося с нефтью диоксида углерода, предназначен для "вытеснения" добываемой нефти к промысловой скважине путем снижения вязкости добываемой нефти. Однако когда газ не вступает в контакт с большей частью  
35 добываемой нефти, содержащейся в пласте, большая часть добываемой нефти остается в подземной породе, приводя к недостаточному вытеснению. Кроме того, из-за низкой плотности газа нагнетаемый газ может подниматься в верхнюю часть породы и "перекрывать" участки породы, приводя к преждевременному прорыву газа у промысловой скважины, и оставляя меньшее количество газа в пределах подземной  
40 породы для контактирования с добываемой нефтью, опять же уменьшая вероятность того, что газ будет снижать вязкость добываемой нефти.

Для увеличения эффективности способа закачки смешивающегося с нефтью диоксида углерода было предложено использовать в таком способе пенообразующий агент или  
45 поверхностно-активное вещество, чтобы способствовать формированию в породе эмульсии. Эмульсия может обеспечивать кажущуюся вязкость, в 100-1000 раз превышающую вязкость нагнетаемого газа, следовательно, эмульсия может замедлять поток газа в ту часть пласта, которая ранее была отмыта (при заводнении). Другими словами, эмульсия может служить для блокировки тех зон подземной породы, в которых

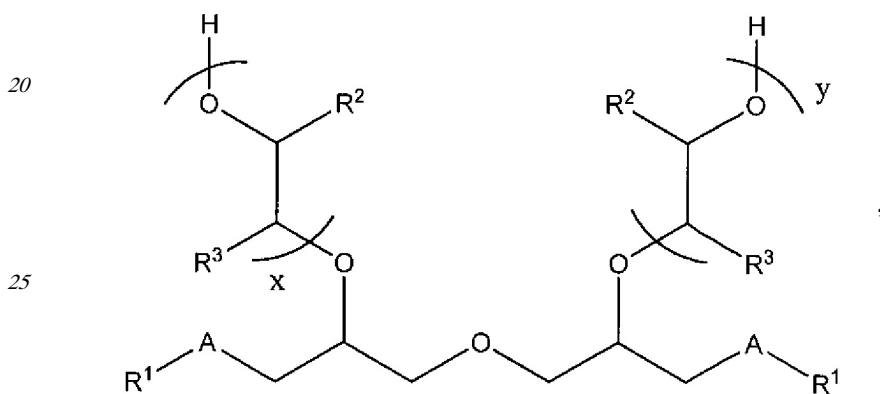
газ может выбирать себе кратчайший путь, и тем самым уменьшать его стремление образовывать каналы в высокопроницаемых для газа разрывах в породе, трещинах или слоях и направлять его к ранее не охваченным вытеснением участкам подземной породы. В связи с этим эмульсия может заставлять газ вытеснять извлекаемые запасы углеводородов из менее истощенных участков залежи в направлении промышленной скважины.

Сущность изобретения

Настоящее изобретение обеспечивает способы формирования композиции предшественника поверхностно-активного вещества, включающие в себя смешивание 1,2-диола и основания для формирования смеси и нагревание смеси до температуры в диапазоне от 20°C до 350°C в течение периода времени от 2 часов до 1000 часов с формированием при этом композиции предшественника поверхностно-активного вещества.

Настоящее изобретение обеспечивает композицию для извлечения нефти, включающую в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество формулы I или его региоизомер:

(Формула I)



в которой каждый  $R^1$  независимо представляет собой гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 20 атомов углерода; каждый из  $R^2$  и  $R^3$  независимо представляет собой атом H или гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 10 атомов углерода; каждый A независимо представляет собой атом кислорода или  $CH_2$ -группу; x и y независимо составляют от 0 до 100 при условии, что (x+y) составляет от 1 до 200. Композиция для извлечения нефти включает в себя диоксид углерода.

Настоящее изобретения обеспечивает способ, включающий в себя обеспечение потока диоксида углерода в нефтеносный пласт, введение димерного неионогенного поверхностно-активного вещества формулы I в поток диоксида углерода для формирования смеси, и нагнетание смеси в нефтеносный пласт.

Приведенный выше раздел "Сущность настоящего изобретения" не предполагает описания каждого раскрытого варианта осуществления изобретения или каждого возможного осуществления настоящего изобретения. Описание, которое следует далее, более конкретно поясняет иллюстративные варианты осуществления изобретения. В нескольких местах на протяжении заявки, рекомендации обеспечиваются посредством перечней примеров, где примеры можно применять в различных комбинациях. В каждом случае приводимый перечень служит только в качестве репрезентативной группы и не должен интерпретироваться как исчерпывающий перечень.

Краткое описание чертежей

На фиг. 1 проиллюстрирована диаграмма зависимости перепада давления от времени, связанной с композицией для извлечения нефти согласно одному или нескольким вариантам осуществления настоящего изобретения.

#### Подробное описание

5 Здесь описаны способы формирования композиций предшественников поверхностно-активных веществ. Такие композиции предшественников поверхностно-активных веществ можно применять для формирования неионогенных поверхностно-активных веществ. Неионогенные поверхностно-активные вещества можно включать в композицию для извлечения нефти, например, в композицию, которая применима для  
10 добычи углеводородов из нефтеносной залежи. В качестве примера способ формирования композиции предшественника поверхностно-активного вещества может включать в себя смешивание 1,2-диола и основания, для формирования смеси, и нагревание смеси до температуры в диапазоне от 20°C до 350°C в течение периода времени от 2 часов до 1000 часов с формированием при этом композиции  
15 предшественника поверхностно-активного вещества.

Варианты осуществления настоящего изобретения могут обеспечивать преимущества, такие как обеспечение повышенного количества требуемого продукта, такого как димер, по сравнению с другими способами формирования композиций предшественников  
20 поверхностно-активных веществ. Дополнительно варианты осуществления настоящего изобретения могут обеспечивать снижение количества нежелательного продукта, такого как тример, обеспечивая при этом повышенные количества димера, по сравнению с другими способами формирования композиций предшественников поверхностно-активных веществ.

Способы формирования композиции предшественника поверхностно-активного  
25 вещества могут включать в себя смешивание 1,2-диола и основания для формирования смеси. Диолы представляют собой соединения, которые содержат две гидроксильные группы. Гидроксильная группа представляет собой функциональную группу, содержащую атом кислорода, соединенный ковалентной связью с атомом водорода. 1,2-диолы представляют собой соединения, которые содержат две гидроксильных  
30 группы, которые находятся на соседних атомах углерода. Примеры 1,2-диолов среди других 1,2-диолов включают в себя, но не ограничиваются перечисленным, простой 2-этилгексильный эфир глицерина, 1,2-пропандиол, 1,2-бутандиол, 1,2-пентандиол, 1,2-гександиол, 1,2-гептандиол, 1,2-октандиол, 1,2-декандиол, 1,2-додекандиол, 1,2-тетрадекандиол, простой изопропиловый эфир глицерина, простой изобутиловый эфир  
35 глицерина, простой 2-пропилгептиловый эфир глицерина или их комбинацию.

Основание представляет собой соединение или атом, имеющий доступную пару электронов, способную образовывать ковалентную связь с атомом водорода. Примеры оснований, среди других оснований, включают в себя, но не ограничиваются  
40 перечисленным, карбонат лития, карбонат натрия, карбонат калия, гидроксид лития, гидроксид натрия, гидроксид калия, гидроксид цезия, гидроксид кальция, гидроксид бария, оксид магния, оксид кальция, оксид бария, оксид цинка, оксид церия, бикарбонат натрия, гидрид лития, гидрид натрия, гидрид калия или их комбинацию.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, 1,2-диол и основание можно смешивать в мольном отношении, находящемся в диапазоне от 10000  
45 моль 1,2-диола: 1 моль основания до 1 моль 1,2-диола: 10 моль основания. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 10000:1 до 1:10 включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, 1,2-диол и основание можно смешивать в мольном отношении 1,2-диола к основанию в диапазоне от верхнего

предела, равного 10000:1, 5000:1 или 1000:1, до нижнего предела, равного 1:10, 2:10 или 5:10. Например, 1,2-диол и основание можно смешивать в мольном отношении 1,2-диола к основанию в диапазоне от 10000:1 до 1:10, от 5000:1 до 2:10 или от 1000:1 до 5:10.

5 Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, смесь, полученную путем смешивания 1,2-диола и основания, можно нагревать до температуры в диапазоне от 20°C до 350°C. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 20°C до 350°C включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, смесь, полученную путем смешивания 1,2-диола и основания, можно нагревать до температуры в диапазоне от нижнего предела, равного 20°C, 25°C, 30°C, до верхнего предела, равного 350°C, 300°C или 250°C. Например, смесь, полученную путем смешивания 1,2-диола и основания, можно нагревать до температуры в диапазоне от 20°C до 350°C, от 25°C до 300°C или от 30°C до 250°C.

15 Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения смесь, полученную путем смешивания 1,2-диола и основания, можно нагревать до температуры, которая обсуждалась выше, в течение периода времени от 2 часов до 1000 часов. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 2 часов до 1000 часов включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, смесь, полученную путем смешивания 1,2-диола и основания, можно нагревать до температуры, которая обсуждалась выше, в течение периода времени в диапазоне от нижнего предела, равного 2 часам, 5 часам или 10 часам, до верхнего предела, равного 1000 часам, 750 часам или 500 часам. Например, смесь, полученную путем смешивания 1,2-диола и основания, можно нагревать до температуры, которая обсуждалась выше, в течение периода времени от 2 часов до 1000 часов, от 5 часов до 750 часов или от 10 часов до 500 часов.

25 Способы формирования композиции предшественника поверхностно-активного вещества, которые описаны здесь, можно использовать для формирования композиций предшественников поверхностно-активных веществ. Например, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя непрореагировавший 1,2-диол, димер 1,2-диола и тример 1,2-диола, в числе прочих.

30 Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, композицию предшественника поверхностно-активного вещества можно подвергать разделению для удаления одного или нескольких непрореагировавших 1,2-диолов, димеров 1,2-диолов и тримеров 1,2-диолов.

35 Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя от 50 мол.% димера 1,2-диола до 100 мол.% димера 1,2-диола, где мол.% рассчитан, исходя из количества молей непрореагировавшего 1,2-диола, количества молей димера 1,2-диола, и количества молей тримера 1,2-диола. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 50 мол.% до 100 мол.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя димер 1,2-диола в диапазоне от нижнего предела, равного 50 мол.%, 55 мол.% или 60 мол.%, до верхнего предела, равного 100 мол.%, 97 мол.% или 95 мол.%. Например, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя количества димера 1,2-диола в диапазоне от 50 мол.% до 100 мол.%, от 55 мол.% до 97 мол.% или от 60 мол.% до 95 мол.%. Как упомянуто выше, для некоторых областей применения, таких как области применения, связанные с использованием растворимости ПАВ в диоксиде углерода, востребованным продуктом является димер, например, димер 1,2-диола. Следовательно, для областей

применения, которые связаны с использованием растворимости ПАВ в диоксиде углерода, димер, который обладает меньшей молекулярной массой по сравнению с тримером и другими высокомолекулярными олигомерами, и большей растворимостью в диоксиде углерода, является более востребованным.

5 Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя от 0,50 мол.% тримера 1,2-диола до 15 мол.% тримера 1,2-диола, где мол.% рассчитан, исходя из количества молей непрореагировавшего 1,2-диола, количества молей димера 1,2-диола и количества молей тримера 1,2-диола. Все отдельно взятые значения и  
10 поддиапазоны от 0,50 мол.% до 15 мол.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя количество тримера 1,2-диола в диапазоне от нижнего предела, равного 0,50 мол.%, 1 мол.% или 2 мол.%, до верхнего предела, равного 15 моль%, 12,5 мол.% или 10 мол.%. Например, композиции  
15 предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя количество тримера 1,2-диола в диапазоне от 0,50 мол.% до 15 мол.%, от 1 мол.% до 12,5 мол.% или от 2 мол.% до 10 мол.%. Как упомянуто выше, для некоторых областей применения, таких как области применения, связанные с использованием растворимости ПАВ в диоксиде углерода, тример, например, тример 1,2-диола, является нежелательным  
20 продуктом. Следовательно, для областей применения, которые связаны с использованием растворимости ПАВ в диоксиде углерода, тример, который обладает более высокой молекулярной массой по сравнению с димером, и меньшей растворимостью в диоксиде углерода, является нежелательным продуктом.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, композиции  
25 предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя от 5 мол.% непрореагировавшего 1,2-диола до 25 мол.% непрореагировавшего 1,2-диола, где мол.% рассчитан, исходя из количества молей непрореагировавшего 1,2-диола, количества молей димера 1,2-диола и количества молей тримера 1,2-диола. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 5 мол.% до 25 мол.% включительно включены в настоящее  
30 описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут включать в себя количество непрореагировавшего 1,2-диола в диапазоне от нижнего предела, равного 5 мол.%, 7,5 мол.% или 10 мол.%, до верхнего предела, равного 25 мол.%, 22,5 мол.% или 20 мол.%. Например, композиции предшественников поверхностно-активных веществ могут  
35 включать в себя количество непрореагировавшего 1,2-диола в диапазоне от 5 мол.% до 25 мол.%, от 7,5 мол.% до 22,5 мол.% или от 10 мол.% до 20 мол.%. Как упомянуто выше, для некоторых областей применения непрореагировавший 1,2-диол является нежелательным продуктом. Непрореагировавшие продукты, например, непрореагировавший 1,2-диол, могут увеличить затраты на добычу и/или уменьшать  
40 экономическую эффективность добычи и, следовательно, являются нежелательными.

Как упомянуто выше, композиции предшественников поверхностно-активных веществ, полученные с помощью способов, раскрытых в настоящем описании, можно применять для формирования неионогенных поверхностно-активных веществ. Однако  
45 неионогенные поверхностно-активные вещества, которые обсуждались выше, можно получать с помощью других способов. Поверхностно-активные вещества могут уменьшать поверхностное натяжение на межфазной границе между двумя флюидами и могут использоваться для формирования дисперсии, такой как эмульсия или пена. Поверхностно-активные вещества представляют собой соединения, содержащие в своей

молекуле гидрофильную часть, например головную группу, и гидрофобную часть, например хвост. Некоторые поверхностно-активные вещества содержат одну гидрофильную головную группу и один гидрофобный хвост. Другие поверхностно-активные вещества, такие как димерные поверхностно-активные вещества, которые также могут упоминаться как поверхностно-активные вещества гемини-типа, включают в себя два поверхностно-активных вещества, например, молекулы двух поверхностно-активных веществ, химически связанные вместе мостиковой группой (спейсером). Тримерные поверхностно-активные вещества могут содержать три поверхностно-активных вещества, например, молекулы трех поверхностно-активных веществ, химически связанные вместе двумя мостиковыми группами (спейсерами). В качестве примера тримерные поверхностно-активные вещества могут включать в себя три головных группы и три хвоста или две головных группы и три хвоста. Неионогенные поверхностно-активные вещества представляют собой поверхностно-активные вещества, которые в растворе не имеют электрического заряда.

Неионогенные поверхностно-активные вещества могут быть востребованы в некоторых областях применения, например, в некоторых способах извлечения нефти. Другие поверхностно-активные вещества, такие как анионные поверхностно-активные вещества, могут обладать высоким сродством к горной породе в пределах нефтеносной залежи, например, высоким сродством к карбонатной породе. Поверхностно-активные вещества с высоким сродством к горной породе могут адсорбироваться горной породой, приводя к потере поверхностно-активных веществ. При некоторых способах извлечения нефти для выравнивания профиля приемистости и регулирования подвижности флюидов при заводнении можно использовать эмульсии, что может повышать эффективность такого способа в отношении вытеснения нефти. Без присутствия поверхностно-активных веществ возможность формирования эмульсии в пределах нефтеносной залежи менее вероятна, что может привести к преждевременному прорыву и недостаточному вытеснению нефти. Неионогенные поверхностно-активные вещества преимущественно обладают менее значительным сродством к горной породе в пределах нефтеносной залежи по сравнению с другими поверхностно-активными веществами. Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения неионогенные поверхностно-активные вещества, например, димерное неионогенное поверхностно-активное вещество и/или тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество, которые обсуждались выше, образованные из обсуждаемых здесь композиций предшественников поверхностно-активных веществ, можно использовать в композиции для извлечения нефти и/или в способе извлечения нефти.

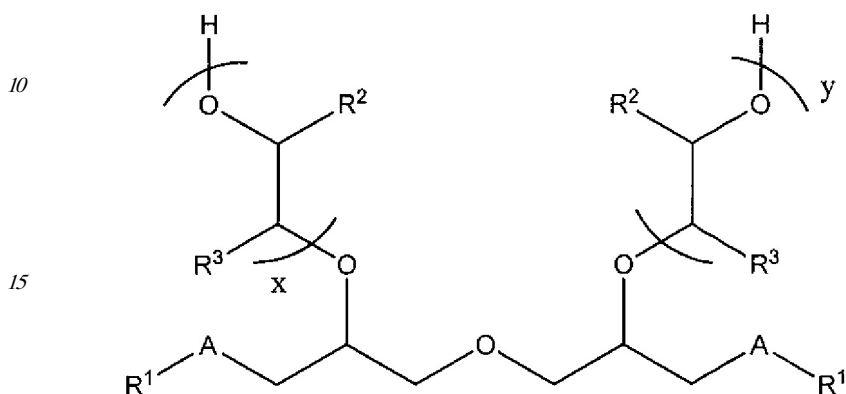
Неионогенные поверхностно-активные вещества, например, димерное неионогенное поверхностно-активное вещество и/или тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество, которые обсуждались выше, можно образовывать с помощью процедуры алкоксилирования. В качестве примера композиции предшественников поверхностно-активных веществ, например, обсуждаемые здесь димер 1,2-диола и/или тример 1,2-диола, можно подвергать реакции депротонирования, которая включает в себя депротонирующий агент, такой как основание, например, гидроксид калия, среди других депротонирующих агентов. После реакции депротонирования непрореагировавший 1,2 диол, депротонированный димер 1,2-диола и/или депротонированный тример 1,2-диола можно подвергать реакции алкоксилирования путем взаимодействия с оксидом, таким как этиленоксид, пропиленоксид или бутиленоксид, выбранных среди других оксидов. Другие процедуры алкоксилирования, такие как процедуры алкоксилирования с использованием нейтрального катализатора и/или кислотного катализатора, можно



применять для получения неионогенных поверхностно-активных веществ, например, для получения обсуждаемых здесь димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и/или тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения димерное неионогенное поверхностно-активное вещество может быть представлено следующей формулой I или его региоизомером:

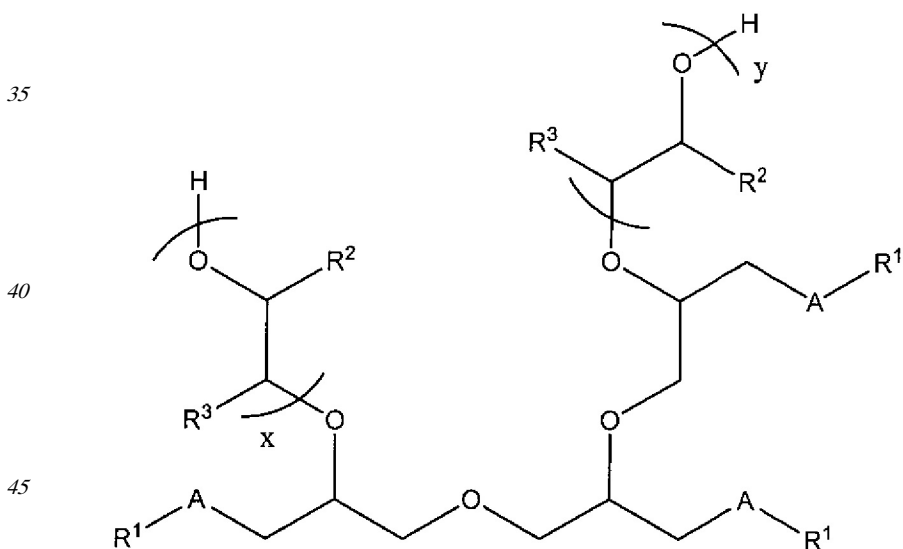
(Формула I)



В формуле I каждый  $R^1$  независимо представляет собой гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 20 атомов углерода; каждый из  $R^2$  и  $R^3$  независимо представляет собой атом H или гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 10 атомов углерода; каждый A независимо представляет собой атом кислорода или  $CH_2$ -группу; x и y независимо составляют от 0 до 100 при условии, что значение  $(x+y)$  составляет от 1 до 200. Например, значение  $(x+y)$  может быть равно 1, 2, 3 или другому целому числу вплоть до 200 включительно. Гидрокарбильная группа может включать в себя алкильную группу, алкенильную группу, алкинильную группу, арильную группу или их комбинацию.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество может быть представлено следующей формулой II или его региоизомером:

(Формула II)



В формуле II каждый  $R^1$  независимо представляет собой гидрокарбильную группу,

содержащую от 1 до 20 атомов углерода; каждый из  $R^2$  и  $R^3$  независимо представляет собой атом Н или гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 10 атомов углерода; каждый А независимо представляет собой атом кислорода или  $\text{CH}_2$ -группу;  $x$  и  $y$  независимо составляют от 0 до 100 при условии, что значение  $(x+y)$  составляет от 1 до 200. Например, значение  $(x+y)$  может быть равно 1, 2, 3 или другому целому числу вплоть до 200 включительно. Гидрокарбильная группа может включать в себя алкильную группу, алкенильную группу, алкинильную группу, арильную группу или их комбинацию.

Как упомянуто выше, неионогенные поверхностно-активные вещества, например, обсуждаемые здесь, димерное неионогенное поверхностно-активное вещество и/или тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество, можно включать в композицию для извлечения нефти. Например, согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество формулы I и диоксид углерода.

Композицию для извлечения нефти, которая раскрыта в настоящем описании, можно использовать, например, для формирования дисперсии, такой как эмульсия или пена. Дисперсии, например, эмульсию диоксида углерода в воде, можно стабилизировать путем применения поверхностно-активного вещества. Следовательно, в некоторых областях применения, таких как области применения, связанные с извлечением нефти, для использования могут быть востребованы поверхностно-активные вещества, которые являются активными на поверхности раздела диоксид углерода - вода, а также растворяются в диоксиде углерода и воде, такие как обсуждаемое здесь димерное неионогенное поверхностно-активное вещество и/или тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество. Эмульсия может служить для блокировки зон нефтеносной залежи, в которых рабочий флюид может выбирать себе кратчайший путь, и тем самым уменьшать его стремление образовывать каналы в высокопроницаемых для газа разрывах в породе, трещинах или слоях и направлять рабочий флюид в ранее не охваченные вытеснением участки нефтеносной залежи. В связи с этим эмульсия может способствовать тому, чтобы заставить рабочий флюид вытеснять извлекаемые запасы углеводородов, например нефти, из менее истощенных участков нефтеносной залежи в направлении промысловой скважины, приводя к извлечению нефти.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя диоксид углерода. Диоксид углерода может представлять собой газообразный диоксид углерода, жидкий диоксид углерода, сверхкритический диоксид углерода или его комбинации. Как понятно специалисту в данной области техники, диоксид углерода находится в жидкой фазе, когда подвергается воздействию давления около 1000 фунтов на квадратный дюйм (фунт/кв.дюйм) и температуры ниже приблизительно  $31^\circ\text{C}$ . Кроме того, при давлении около 1000 фунт/кв.дюйм диоксид углерода может переходить в сверхкритическую фазу, когда температура поднимается выше  $31^\circ\text{C}$ . Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, по меньшей мере, часть диоксида углерода представляет собой диоксид углерода в сверхкритическом состоянии.

Кроме того, согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, диоксид углерода можно использовать вместе с одним или несколькими дополнительными компонентами. Примеры дополнительных компонентов включают в себя, но не ограничиваются перечисленным, углеводородные флюиды, дисульфид углерода, карбонилсульфид, азот, сульфид водорода и их комбинации, среди других дополнительных флюидов. Концентрация дополнительного компонента может иметь

различающиеся значения для различных областей применения и/или различающихся нефтеносных залежей.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество в таком количестве, что концентрация димерного неионогенного поверхностно-активного вещества в диоксиде углерода составляет от 0,01 мас.% до 1,0 мас.%, в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 0,01 мас.% до 1,0 мас.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиция для извлечения нефти может включать в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество в диапазоне концентраций (в диоксиде углерода) от нижнего предела, равного 0,01 мас.%, 0,03 мас.%, 0,05 мас.%, до верхнего предела, равного 1,0 мас.%, 0,95 мас.% или 0,90 мас.%, в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода. Например, композиция для извлечения нефти может включать в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество, где концентрация димерного неионогенного поверхностно-активного вещества в диоксиде углерода составляет от 0,01 мас.% до 1,0 мас.%, от 0,03 мас.% до 0,95 мас.% или от 0,05 мас.% до 0,90 мас.% в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество в таком количестве, что концентрация тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества в диоксиде углерода составляет от 0,00001 мас.% до 1,0 мас.% в расчете на общую массу тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 0,00001 мас.% до 1,0 мас.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиция для извлечения нефти может включать в себя тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество в диапазоне концентраций (в диоксиде углерода) от нижнего предела, равного 0,00001 мас.%, 0,03 мас.%, 0,05 мас.% до верхнего предела, равного 1,0 мас.%, 0,95 мас.% или 0,90 мас.%, в расчете на общую массу тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода. Например, композиция для извлечения нефти может включать в себя тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество, где концентрация тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества в диоксиде углерода составляет от 0,00001 мас.% до 1,0 мас.%, от 0,03 мас.% до 0,95 мас.% или от 0,05 мас.% до 0,90 мас.% в расчете на общую массу тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя воду. В данном контексте вода может включать в себя, например, насыщенный раствор соли, реликтовую воду, поверхностную воду, дистиллированную воду, воду, насыщенную углекислотой, морскую воду или их комбинацию. Воду можно нагнетать во время осуществления способа извлечения нефти и/или вода может присутствовать в нефтеносной залежи до нагнетания в нефтеносную залежь диоксида углерода, димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и/или тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент, например,

непрореагировавший реагент, оставшийся от синтеза димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и/или тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества. Примеры непрореагировавшего реагента включают в себя, но не ограничиваются перечисленным, 1,2-диол, димерный диол и тримерный диол. Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент в таком количестве, что концентрация непрореагировавшего реагента в диоксиде углерода составляет от 0,00001 мас.% до 1,0 мас.% в расчете на общую массу непрореагировавшего реагента и диоксида углерода. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 0,00001 мас.% до 1,0 мас.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент в диапазоне концентраций (в диоксиде углерода) от нижнего предела, равного 0,00001 мас.%, 0,03 мас.%, 0,05 мас.% до верхнего предела, равного 1,0 мас.%, 0,95 мас.% или 0,90 мас.%, в расчете на общую массу непрореагировавшего реагента и диоксида углерода. Например, композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент, где концентрация непрореагировавшего реагента в диоксиде углерода составляет от 0,00001 мас.% до 1,0 мас.%, от 0,03 мас.% до 0,95 мас.% или от 0,05 мас.% до 0,90 мас.% в расчете на общую массу непрореагировавшего реагента и диоксида углерода.

В одном или нескольких вариантах осуществления изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя одну или нескольких добавок. Примеры таких добавок включают в себя, но не ограничиваются перечисленным, ингибиторы коррозии, совместно применяемые поверхностно-активные вещества, например, отличающиеся от обсуждаемого здесь димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и/или от тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества, ингибиторы отложения солей, антиоксиданты или их комбинацию. Композиция для извлечения нефти для различных областей применения и/или для различающихся нефтеносных залежей может включать в себя одну или несколько отличающихся добавок. Концентрация одной или нескольких добавок в композиции для извлечения нефти может иметь разные значения для различных областей применения и/или для различающихся нефтеносных залежей.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения, таких как варианты, в которых воду и неионогенное поверхностно-активное вещество совместно нагнетают в нефтеносный пласт, композиция для извлечения нефти может включать в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество в таком количестве, что концентрация димерного неионогенного поверхностно-активного вещества в воде составляет от 0,01 мас.% до 5 мас.% в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и воды. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 0,01 мас.% до 5 мас.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиция для извлечения нефти может включать в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество в диапазоне концентраций в воде от нижнего предела, равного 0,01 мас.%, 0,03 мас.%, 0,05 мас.% до верхнего предела, равного 5 мас.%, 2 мас.% или 1 мас.%, в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и воды. Например, композиция для извлечения нефти может включать в себя димерное неионогенное поверхностно-активное вещество, где концентрация димерного неионогенного поверхностно-активного вещества в воде составляет от 0,01 мас.% до 5 мас.%, от 0,03 мас.% до 2 мас.% или от 0,05 мас.% до 1 мас.% в расчете на общую массу димерного

неионогенного поверхностно-активного вещества и воды.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество в таком количестве, что концентрация тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества в воде составляет от 0,00001 мас.% до 5 мас.% в расчете на общую массу тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества и воды. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 0,00001 мас.% до 5 мас.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиция для извлечения нефти может включать в себя тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество в диапазоне концентраций в воде от нижнего предела, равного 0,00001 мас.%, 0,03 мас.%, 0,05 мас.%, до верхнего предела, равного 5 мас.%, 2 мас.% или 1 мас.%, в расчете на общую массу тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества и воды. Например, композиция для извлечения нефти может включать в себя тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество, где концентрация тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества в воде составляет от 0,00001 мас.% до 5 мас.%, от 0,03 мас.% до 2 мас.% или от 0,05 мас.% до 1 мас.% в расчете на общую массу тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества и воды.

Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент, например, непрореагировавший реагент, оставшийся от синтеза димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и/или тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества. Примеры непрореагировавшего реагента включают в себя, но не ограничиваются перечисленным, 1,2 диол, димерный диол и тримерный диол. Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент в таком количестве, что концентрация непрореагировавшего реагента в воде составляет от 0,00001 мас.% до 5 мас.% в расчете на общую массу непрореагировавшего реагента и воды. Все отдельно взятые значения и поддиапазоны от 0,00001 мас.% до 5 мас.% включительно включены в настоящее описание и раскрыты в настоящем описании; например, композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент в диапазоне концентраций в воде от нижнего предела, равного 0,00001 мас.%, 0,03 мас.%, 0,05 мас.%, до верхнего предела, равного 5 мас.%, 2 мас.% или 1 мас.%, в расчете на общую массу непрореагировавшего реагента и воды. Например, композиция для извлечения нефти может включать в себя непрореагировавший реагент, где концентрация непрореагировавшего реагента в воде составляет от 0,00001 мас.% до 5 мас.%, от 0,03 мас.% до 2 мас.% или от 0,05 мас.% до 1 мас.% в расчете на общую массу непрореагировавшего реагента и воды.

Композицию для извлечения нефти, которая раскрыта в настоящем описании, можно использовать для осуществления способа извлечения нефти. Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения способ извлечения нефти может включать в себя обеспечение потока диоксида углерода к нефтеносной залежи; введение димерного неионогенного поверхностно-активного вещества формулы I в поток диоксида углерода для формирования смеси; и нагнетание смеси в нефтеносную залежь. Как отмечалось выше, неионогенное поверхностно-активное вещество растворимо в диоксиде углерода и, следовательно, диоксид углерода и неионогенное поверхностно-активное вещество можно диспергировать в воде, например, в воде, находящейся в нефтеносной залежи, с формированием эмульсии. Согласно ряду вариантов осуществления настоящего

изобретения эмульсию можно формировать в нефтеносной залежи. Как отмечалось выше, эмульсия применима в таких областях применения, как способы извлечения нефти. Согласно ряду вариантов осуществления настоящего изобретения способ извлечения нефти может включать в себя введение тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества формулы II в поток диоксида углерода; и нагнетание смеси, например, диоксида углерода, димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества в нефтеносную залежь. В случае различных областей применения и/или различающихся нефтеносных залежей смеси можно закачивать в нефтеносную залежь при разных условиях, например, при разной скорости нагнетания, температуре и давлении.

## ПРИМЕРЫ

### Пример 1

Композицию предшественника поверхностно-активного вещества формировали следующим способом по примеру 1. Простой 2-этилгексилловый эфир глицерина (15,143 грамм, 74,12 миллимоль (ммоль)) и карбонат калия (0,148 грамм, 1 мас.%) добавляли в 50-миллилитровую (мл) круглодонную колбу с холодильником. Чтобы обеспечить инертную окружающую среду, в колбу добавляли азот. Содержимое колбы нагревали до 200°C и поддерживали указанную температуру при перемешивании в течение 343 часов, получая при этом композицию предшественника поверхностно-активного вещества (13,732 грамм), полученную по примеру 1. Для определения компонентов композиции предшественника поверхностно-активного вещества, которые показаны в таблице 1, применяли газовую хроматографию.

Таблица 1	
Композиция предшественника поверхностно-активного вещества (полученная по примеру 1)	
Простой 2-этилгексилловый эфир глицерина (непрореагировавший)	14 мол.%
Димерный диол	82 мол.%
Тримерный диол	4 мол.%

### Пример для сравнения А

Композицию предшественника поверхностно-активного вещества формировали следующим способом по примеру для сравнения А. Простой 2-этилгексилловый эфир глицерина (7,050 грамм, 34,51 ммоль) и гидроксид натрия (0,138 г, 3,45 ммоль, 10 мас.%) добавляли в 100-мл колбу. Чтобы обеспечить инертную окружающую среду, в колбу добавляли азот. Содержимое колбы нагревали до 60°C и поддерживали указанную температуру при перемешивании в течение 30 минут. Для удаления из колбы воды применяли вакуум. К содержимому колбы постепенно, в течение более 1 часа добавляли простой 2-этилгексилглицидиловый эфир (3,214 грамм, 17,25 ммоль). Затем содержимое колбы нагревали до 90°C и поддерживали указанную температуру при перемешивании в течение 6,5 часов. Затем содержимое колбы растворяли в гексане, нейтрализовали раствором HCl (1N), промывали насыщенным раствором соли и сушили органический слой над сульфатом магния. Летучие компоненты выпаривали, получая при этом композицию предшественника поверхностно-активного вещества по примеру для сравнения А. Для определения компонентов композиции предшественника поверхностно-активного вещества, которые показаны в таблице 2, применяли газовую хроматографию.

### Пример для сравнения В

Композицию предшественника поверхностно-активного вещества формировали следующим способом по примеру для сравнения В. Простой 2-этилгексилловый эфир глицерина (6,525 грамм, 31,94 ммоль) и гидроксид натрия (0,128 грамм, 3,19 ммоль, 10

мол.%) добавляли в 100-мл колбу. Чтобы обеспечить инертную окружающую среду, в колбу добавляли азот. Содержимое колбы нагревали до 60°C и поддерживали указанную температуру при перемешивании в течение 30 минут. Для удаления из колбы воды применяли вакуум. К содержимому колбы постепенно, в течение более 2 часов добавляли простой 2-этилгексилглицидиловый эфир (6,544 грамм, 35,13 ммоль). Затем содержимое колбы нагревали до 90°C и поддерживали указанную температуру при перемешивании в течение 17 часов. Летучие компоненты выпаривали, получая при этом композицию предшественника поверхностно-активного вещества, полученную по примеру для сравнения В. Для определения компонентов композиции предшественника поверхностно-активного вещества, которые показаны в таблице 2, применяли газовую хроматографию.

Таблица 2		
	Композиция предшественника поверхностно-активного вещества (полученная по примеру для сравнения А)	Композиция предшественника поверхностно-активного вещества (полученная по примеру для сравнения В)
Простой 2-этилгексилглицидиловый эфир глицерина (непрореагировавший)	24 мол.%	0 мол.%
Димерный диол	66 мол.%	59 мол.%
Тримерный диол	8 мол.%	41 мол.%

Данные таблиц 1-2 показывают, что композиция предшественника поверхностно-активного вещества, полученная по примеру 1, содержала более значительный мол.% димерного диола по сравнению с композицией предшественника поверхностно-активного вещества, полученной по примеру для сравнения А, и композицией предшественника поверхностно-активного вещества, полученной по примеру для сравнения В. Кроме того, данные таблиц 1-2 показывают, что композиция предшественника поверхностно-активного вещества, полученная по примеру 1, содержала менее значительный мол.% тримерного диола по сравнению с композицией предшественника поверхностно-активного вещества, полученной по примеру для сравнения А, и композицией предшественника поверхностно-активного вещества, полученной по примеру для сравнения В.

Синтез неионогенного поверхностно-активного вещества

Неионогенное поверхностно-активное вещество, применимое в композиции для извлечения нефти, которая обсуждалась выше, получали следующим образом. Синтез неионогенного поверхностно-активного вещества осуществляли в реакторе Syntex PPR<sup>®</sup> (реактор высокого давления параллельного типа).

Композицию предшественника поверхностно-активного вещества (2 ммоль), полученную согласно способу по примеру 1, добавляли в контейнер с 1 мл сухого диметоксиэтана. Затем к содержимому контейнера добавляли гидрид калия (0,15 ммоль). Спустя приблизительно 5 минут, к содержимому контейнера добавляли пропиленоксид (16 ммоль).

Контейнер загружали в гнездо реактора Syntex PPR<sup>®</sup>, нагнетали азот до давления 50 фунт/кв.дюйм и нагревали до температуры 110°C, поддерживая указанную температуру в течение 18 часов. После чего в контейнер нагнетали азот до избыточного давления 50 фунт/кв.дюйм. К содержимому контейнера при 110°C с помощью шприцевого насоса Isco добавляли этиленоксид (44 ммоль) и перемешивали содержимое контейнера в течение 3 часов, поддерживая при этом температуру 110°C и получая неионогенное поверхностно-активное вещество. Исходя из процентного содержания (моль %) реагентов, в результате такого синтеза получали 82 мол.% димерного неионогенного поверхностно-активного вещества формулы I, которая обсуждалась

выше, 4 мол.% тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества формулы II, которая обсуждалась выше, и 14 мол.% непрореагировавших реагентов, включая простой 2-этилгексильный эфир глицерина, димерный диол и тримерный диол.

Неионогенное поверхностно-активное вещество для сравнения

5 Неионогенное поверхностно-активное вещество для сравнения (C<sub>18</sub>-5PO-15EO)

готовили следующим образом. Реактор (9-литровый) продували азотом и затем добавляли в реактор гранулы 1-октадеканола (1200 грамм) и гидроксида калия (5,25 грамм). Через реактор семь раз прокачивали азот для удаления атмосферного кислорода. В реактор приблизительно при 23°C нагнетали азот (приблизительно до давления 120  
10 килопаскалей). Содержимое реактора нагревали до 130°C при перемешивании. К содержимому реактора более трех часов добавляли пропиленоксид (1300 грамм), поддерживая при этом температуру содержимого реактора при 130°C, после чего содержимое реактора выщелачивали в течение дополнительных 3 часов. Затем к содержимому реактора на 4 одинаковых этапах добавляли этиленоксид (2165 грамм)  
15 в течение более 90 минут с 2-х часовым периодом выщелачивания после каждого этапа. После чего содержимое реактора охлаждали до 65°C и нейтрализовали при суспендировании с силикатом магния. Затем взвесь фильтровали, получая при этом неионогенное поверхностно-активное вещество для сравнения (C<sub>18</sub>-5PO-15EO).

20 Растворимость неионогенного поверхностно-активного вещества в CO<sub>2</sub>

Для определения растворимости в диоксиде углерода неионогенного поверхностно-активного вещества, примененного в композиции для извлечения нефти, которая обсуждалась выше, применяли измерения точки помутнения. Измерения точки помутнения раствора неионогенного поверхностно-активного вещества, которое  
25 синтезировано выше, в сверхкритическом диоксиде углерода осуществляли с помощью тензиометра IFT-820-P, предназначенного для измерения поверхностного натяжения жидкостей методом висючей капли (Tetco, Inc.), который модифицировали таким образом, чтобы IFT-ячейка могла обеспечивать измерения растворимости неионогенного  
поверхностно-активного вещества в сверхкритическом диоксиде углерода.

30 Модифицированная ячейка включала в себя емкость (42 мл) высокого давления, два хомутовых нагревателя, теплоизоляционные оболочки и два окна из закаленного боросиликатного стекла, выдерживающего высокое давление, для облегчения визуального наблюдения за внутренним содержимым модифицированной ячейки. На одно из окон помещали источник рассеянного света для освещения внутреннего  
35 содержимого модифицированной ячейки, а со стороны другого окна устанавливали видеомикроскоп Rame-Hart, чтобы получать изображения внутреннего содержимого модифицированной ячейки. На одной линии с системой помещали аккумулятор (1 литр, OFI Testing Equipment, Inc.), чтобы варьировать давление внутри модифицированной ячейки путем перекачки флюида насосом в аккумулятор или из аккумулятора в  
40 модифицированную ячейку. Аккумулятор, выполненный с возможностью удерживать жидкий диоксид углерода, с одной стороны подсоединяли к модифицированной ячейке с помощью теплоизолированной трубки, с другой стороны с помощью теплоизолированной трубки аккумулятор подсоединяли к деионизованной воде. Две стороны аккумулятора были разделены плавающим поршнем. Аккумулятор  
45 устанавливали внутрь лабораторной печи Blue M (модель # DC-256-B-ST350, Thermal Product Solutions), так чтобы весь аккумулятор мог нагреваться до той же температуры, что и модифицированная ячейка. Для регулирования давления со стороны водного тракта аккумулятора применяли гидравлический насос с пневматическим приводом



Haskel MS-71 (Pneumatic and Hydraulic Co.), и благодаря этому регулировали давление внутри модифицированной ячейки. На подводящий трубопровод для воды устанавливали регулятор обратного давления Tescom (6000 фунт/кв.дюйм, компания Emerson Process Management) для регулирования давления со стороны водного тракта аккумулятора, а также для использования его в качестве клапана сброса давления - предохранительного устройства для предотвращения превышения допустимого давления в системе. Добавляли подводящий трубопровод для жидкого диоксида углерода с другим гидравлическим насосом с пневматическим приводом Haskel MS-71 для подачи в модифицированную ячейку диоксида углерода. Пружину внутри такого насоса MS-71 удаляли для того, чтобы поршень насоса функционировал более медленно, чтобы избежать мгновенного испарения диоксида углерода внутри рабочей полости насоса. Общий объем модифицированной ячейки, аккумулятора и всех соединительных трубок согласно оценке составлял приблизительно 1050 миллилитров (мл). Объем модифицированной ячейки и трубок согласно оценке составлял около 50 мл, в то время как измеренный объем аккумулятора составлял 1000 мл.

В систему добавляли неионогенное поверхностно-активное вещество (в жидкой фазе, приблизительно 0,385 г; при этом 0,046 г добавляли в модифицированную ячейку и 0,355 г добавляли со стороны CO<sub>2</sub>-тракта аккумулятора).

Перед добавлением диоксида углерода со стороны водного тракта аккумулятора полностью закачивали деионизованную воду, чтобы переместить поршень на отметку "нулевой" объем. Деионизованную воду (500 мл) откачивали со стороны водного тракта аккумулятора по мере того, как добавляли жидкий диоксид углерода (20°C, 500 мл) со стороны CO<sub>2</sub>-тракта аккумулятора, где диоксид углерода смешивался с неионогенным поверхностно-активным веществом. При 20°C плотность жидкого диоксида углерода составляла приблизительно 0,774 г/мл. Диоксид углерода, подаваемый насосом MS-71, создавал во всей системе давление приблизительно 2300 фунт/кв. дюйм перед тем, как подводящий трубопровод для диоксида углерода перекрывали, и давали системе прийти в равновесие в течение нескольких минут, чтобы дать возможность поверхностно-активному веществу раствориться в диоксиде углерода. Общая масса диоксида углерода в системе согласно расчетам составляла приблизительно 385,0 грамм; 29,3 грамм в модифицированной ячейке и 355,7 грамм в аккумуляторе. Исходя из общей массы диоксида углерода в системе, неионогенное поверхностно-активное вещество добавлялось в систему в количестве приблизительно 1000 частей на миллион (ч/млн.).

Для проведения соответствующих испытаний устанавливали температуры в модифицированной ячейке и печи Blue M на 40°C, 60°C и 80°C, и применяли гидравлический насос Haskel MS-71, чтобы увеличивать давление в системе до тех пор, пока внутреннее содержимое модифицированной ячейки не станет совершенно прозрачным (приблизительно 2500 фунт/кв.дюйм), что определяли визуально на экране компьютера, соединенного с видеомикроскопом Rame-Hart. В таком состоянии система достигала равновесия приблизительно в течение 2 часов, чтобы достичь равновесия при заданной температуре. После достижения равновесия на подводящем трубопроводе для воды использовали регулятор обратного давления Tescom (6000 фунт/кв.дюйм) для медленного снижения давления в системе до тех пор, пока не начинало осаждаться неионогенное поверхностно-активное вещество. Давление, при котором наблюдаются первые признаки осаждения, соответствует точке помутнения неионогенного поверхностно-активного вещества при заданной температуре. Установленные точки помутнения приведены в таблице 3.

Растворимость в  $\text{CO}_2$  неионогенного поверхностно-активного вещества, взятого для сравнения

Измерения точки помутнения неионогенного поверхностно-активного вещества для сравнения были проведены со следующим изменением: вместо неионогенного поверхностно-активного вещества, которое получено из композиции предшественника поверхностно-активного вещества по примеру 1, применяли неионогенное поверхностно-активное вещество для сравнения. Установленные точки помутнения представлены в таблице 3.

Таблица 3			
	Температура испытания 40°C	Температура испытания 60°C	Температура испытания 80°C
Неионогенное поверхностно-активное вещество (полученное из композиции предшественника поверхностно-активного вещества по примеру 1)	Точка помутнения		
	2430 фунт/кв.дюйм	3495 фунт/кв.дюйм	4100 фунт/кв.дюйм
	Визуальный контроль растворимости		
	Частично растворимо в $\text{CO}_2$	В основном растворимо в $\text{CO}_2$	Полностью растворимо в $\text{CO}_2$
Неионогенное поверхностно-активное вещество для сравнения	Точка помутнения		
	---	---	---
	Визуальный контроль растворимости		
	В основном нерастворимо в $\text{CO}_2$	В основном нерастворимо в $\text{CO}_2$	В основном нерастворимо в $\text{CO}_2$

Растворимость устанавливали путем визуального контроля. В таблице 3 оценка "частично растворимо" относится к тому случаю, когда приблизительно одна половина (по объему) испытуемого поверхностно-активного вещества остается нерастворенной в  $\text{CO}_2$ ; оценка "в основном растворимо" относится к тому случаю, когда приблизительно треть (по объему) испытуемого поверхностно-активного вещества остается нерастворенной в  $\text{CO}_2$ ; оценка "полностью растворимо" относится к тому случаю, когда приблизительно не остается нерастворенного в  $\text{CO}_2$  испытуемого поверхностно-активного вещества; и оценка "в основном нерастворимо" относится к тому случаю, когда приблизительно более одной половины (по объему) испытуемого поверхностно-активного вещества остается нерастворенной в  $\text{CO}_2$ .

Данные таблицы 3 показывают, что неионогенное поверхностно-активное вещество (полученное из композиции предшественника поверхностно-активного вещества по примеру 1) растворимо в  $\text{CO}_2$  и обладает более значительной растворимостью в  $\text{CO}_2$  при каждой из заданных в испытании температур по сравнению с неионогенным поверхностно-активным веществом для сравнения ( $\text{C}_{18}$ -5PO-15EO). Данные таблицы 3 указывают, что неионогенное поверхностно-активное вещество (полученное из композиции предшественника поверхностно-активного вещества по примеру 1) среди других областей применения применимо в областях применения, в которых востребована растворимость ПАВ в  $\text{CO}_2$ , таких как композиции для извлечения нефти и/или способы извлечения нефти.

Испытание ответной реакции пород

Испытание ответной реакции пород, которое используют для испытания способов извлечения нефти, осуществляли с помощью Тестера реакции пород фирмы Chandler Engineering (FRT, модель 6100).

FRT-тестер содержал два кернодержателя, которые можно использовать по отдельности или вместе, одновременно или последовательно. Для испытания ответной реакции пород применяли один кернодержатель, содержащий отдельный керн (диаметр 1,5 дюйма и длина 12 дюймов, песчаник Buff Berea с проницаемостью по воздуху 200-

300 миллиарды, поставляемый фирмой Kocurek Industries). Керн заворачивали в оберточную пленку Saran™, затем в алюминиевую фольгу, и затем помещали внутрь соответствующей резиновой манжеты Aflas® 90, которую затем помещали в кернодержатель Хаслера. Горное давление керна поддерживали приблизительно на 500 фунт/кв.дюйм выше внутреннего давления. Перед нагнетанием флюидов керн нагревали до требуемой температуры. Перед нагнетанием флюиды предварительно нагревали до температуры керна, чтобы минимизировать влияние на керн нагрева и охлаждения. Для измерения перепада давления между торцами керна вплоть до 50 фунт/кв.дюйм применяли преобразователь дифференциального давления. Перепады давления между торцами керна, превышающие 50 фунт/кв.дюйм, измеряли как разницу давлений между ячейками преобразователей давления "на входе" и "на выходе".

Керн насыщали неионогенным поверхностно-активным веществом (полученным из композиции предшественника поверхностно-активного вещества по примеру 1) путем нагнетания ~2 поровых объемов раствора (1 мас.%) поверхностно-активного вещества в насыщенном солевом растворе. Затем в керн совместно нагнетали насыщенный солевой раствор, включающий в себя 1 мас.% неионогенного поверхностно-активного вещества (полученного из композиции предшественника поверхностно-активного вещества по примеру 1; скорость потока: 0,1 миллилитров/минута) и CO<sub>2</sub> (скорость потока: 0,9 миллилитров/минута) для формирования композиции (пример 2) для извлечения нефти, включающей в себя диоксид углерода, димерное неионогенное поверхностно-активное вещество формулы I,

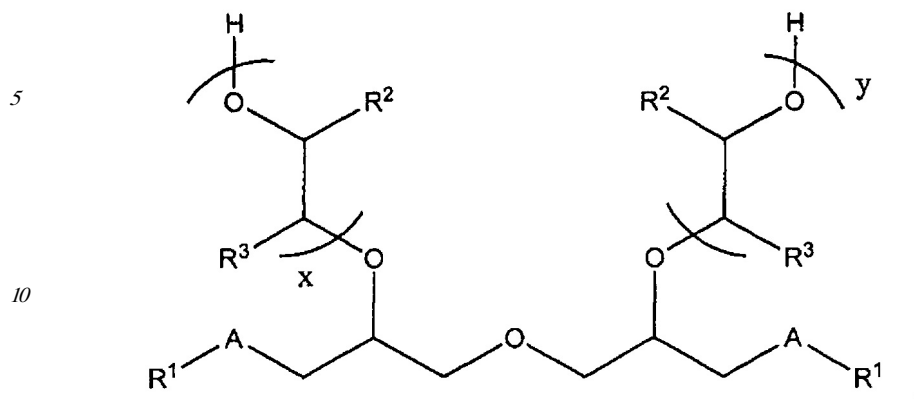
которая обсуждалась выше, и тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество формулы II, которая обсуждалась выше. Насыщенный солевой раствор и CO<sub>2</sub> совместно нагнетали в керн при 1500 фунт/кв.дюйм и 23°C. Перепад давления между торцами керна измеряли в течение 10,5 часов.

На фигуре 1 проиллюстрирована зависимость перепада давления от времени, связанная с применением композиции для извлечения нефти согласно одному или нескольким вариантам осуществления настоящего изобретения. Данные, приведенные на фигуре 1, показывают увеличение перепада давления между торцами керна со временем. Такое увеличение перепада давления указывало на формирование эмульсии в керне.

#### (57) Формула изобретения

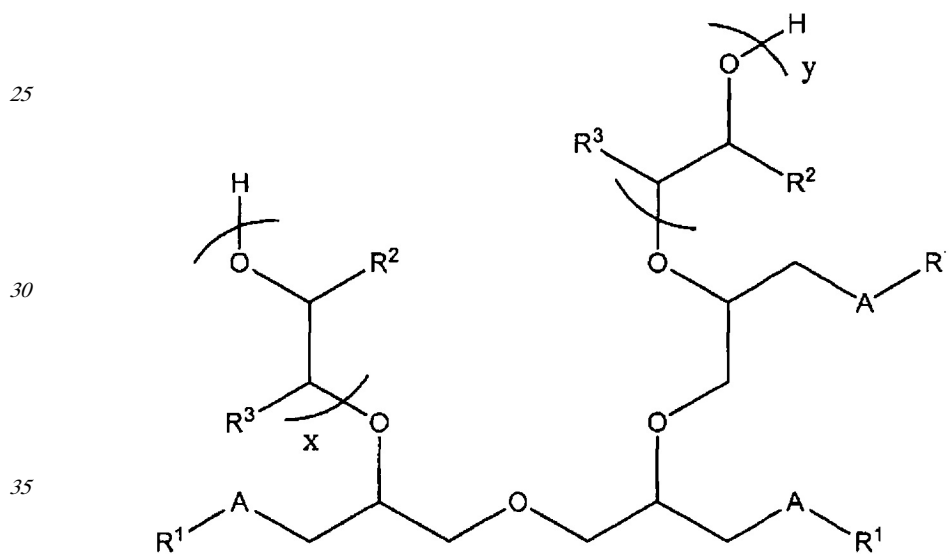
1. Композиция для извлечения нефти, содержащая:  
димерное неионогенное поверхностно-активное вещество формулы I или его региоизомер

(Формула I)



в которой каждый  $R^1$  независимо представляет собой гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 20 атомов углерода; каждый из  $R^2$  и  $R^3$  независимо представляет собой атом Н или гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 10 атомов углерода; каждый А независимо представляет собой атом кислорода или  $CH_2$ -группу;  $x$  и  $y$  независимо составляют от 0 до 100 при условии, что  $(x+y)$  составляет от 1 до 200; и/или тримерное неионогенное поверхностно-активное вещество формулы II или его региоизомер

(Формула II)



в которой каждый  $R^1$  независимо представляет собой гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 20 атомов углерода; каждый из  $R^2$  и  $R^3$  независимо представляет собой атом Н или гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 10 атомов углерода; каждый А независимо представляет собой атом кислорода или  $CH_2$ -группу;  $x$  и  $y$  независимо составляют от 0 до 100 при условии, что  $(x+y)$  составляет от 1 до 200; и диоксид углерода.

2. Композиция по п. 1, в которой концентрация димерного неионогенного поверхностно-активного вещества в диоксиде углерода составляет от 0,01 до 1,0 мас.% в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода.

3. Композиция по п. 1, в которой концентрация тримерного неионогенного поверхностно-активного вещества в диоксиде углерода составляет от 0,01 до 1,0 мас.% в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода.

5 4. Композиция по п. 1, в которой по меньшей мере часть диоксида углерода представляет собой сверхкритический диоксид углерода.

5. Композиция по любому из пп. 1-4, дополнительно включающая в себя воду.

6. Композиция по п. 5, в которой диоксид углерода и димерное неионогенное поверхностно-активное вещество диспергируют в воде с формированием эмульсии.

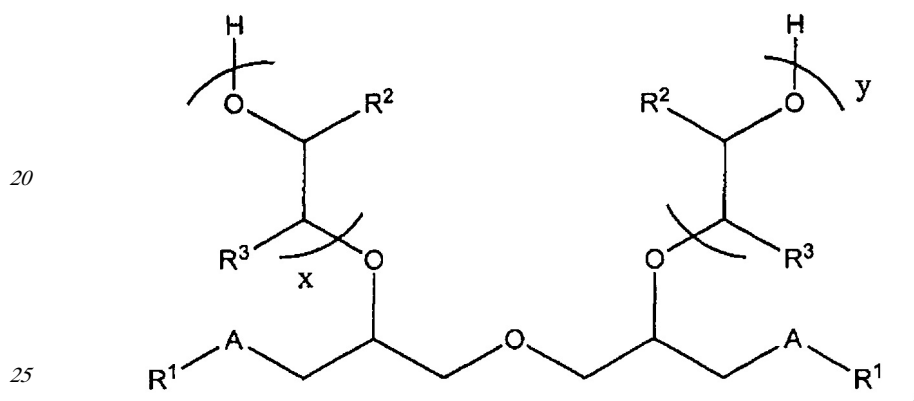
10 7. Способ извлечения нефти, содержащий:

обеспечение потока диоксида углерода к нефтеносной залежи;

введение димерного неионогенного поверхностно-активного вещества формулы I или его региоизомера

(Формула I)

15



20

25

в которой каждый  $R^1$  независимо представляет собой гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 20 атомов углерода; каждый из  $R^2$  и  $R^3$  независимо представляет собой атом H или гидрокарбильную группу, содержащую от 1 до 10 атомов углерода; каждый A независимо представляет собой атом кислорода или  $CH_2$ -группу; x и y независимо составляют от 0 до 100 при условии, что  $(x+y)$  составляет от 1 до 200, в поток диоксида углерода для формирования смеси; и нагнетание смеси в нефтеносную залежь.

30

8. Способ по п. 7, в котором концентрация димерного неионогенного поверхностно-активного вещества в диоксиде углерода составляет от 0,01 до 1,0 мас.% в расчете на общую массу димерного неионогенного поверхностно-активного вещества и диоксида углерода.

35

9. Способ по любому из пп. 7-8, включающий в себя диспергирование диоксида углерода и димерного неионогенного поверхностно-активного вещества в воде с формированием эмульсии.

40

45

1/1

ФИГ.1

