

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **202392716** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2023.11.28

(51) Int. Cl. *C09K 8/03* (2006.01)
C09K 8/524 (2006.01)

(22) Дата подачи заявки
2022.03.28

**(54) КОМПОЗИЦИЯ С ЗАМЕДЛЕННЫМ ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ ИНГИБИТОРА
ОСАЖДЕНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ**

(31) 63/167,445

(32) 2021.03.29

(33) US

(86) PCT/IB2022/052856

(87) WO 2022/208322 2022.10.06

(71) Заявитель:
ЧЕМПИОНЭКС ЛЛК (US)

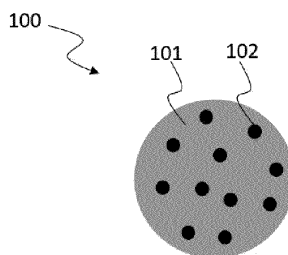
(72) Изобретатель:

Томсон Росс, Гурайеб Паула, Пауэлл
Кристин, Джаявикрамэйдж Рангана
(US)

(74) Представитель:

Гизатуллина Е.М., Христофоров
А.А., Угрюмов В.М., Тихонина О.В.,
Строкова О.В., Костюшенкова М.Ю.,
Гизатуллин Ш.Ф., Джермакян Р.В.
(RU)

(57) Раскрыты наночастицы для применения в обработке скважин, а также композиции и способы для их изготовления и использования. Наночастица может содержать материал-носитель и ингибитор осаждения асфальтенов. Ингибитор осаждения асфальтенов выполнен с возможностью высвобождения из материала-носителя. Наночастица может иметь размер от 10 до 500 нанометров (нм).



A1

202392716

202392716

A1

КОМПОЗИЦИЯ С ЗАМЕДЛЕННЫМ ВЫСВОБОЖДЕНИЕМ ИНГИБИТОРА ОСАЖДЕНИЯ АСФАЛЬТЕНОВ

ОПИСАНИЕ

Перекрестная ссылка на родственные заявки

[0001] По настоящей заявке испрашивается приоритет предварительной патентной заявки США № 63/167,445, поданной 29 марта 2021 года. Содержание указанной заявки включено в настоящую заявку посредством ссылки.

Область и предшествующий уровень техники, к которой относится настоящее изобретение

А. Область техники, к которой относится настоящее изобретение

[0002] Настоящее изобретение в целом относится к наночастицам, которые могут находить применение в качестве добавок для обработки скважины. Наночастицы могут содержать материал-носитель и ингибитор осаждения асфальтенов.

В. Предшествующий уровень техники настоящего изобретения

[0003] Асфальтены представляют собой тяжелую фракцию непереработанной нефти и содержат гетероциклические макромолекулы, у которых молекулярная масса составляет приблизительно от 700 до 1000 г/моль. Как правило, асфальтены присутствуют в углеводородных пластах. Асфальтены могут создавать проблемы, когда они дестабилизируются в растворе, приводя к образованию асфальтеновых отложений и осадков. Асфальтены могут оказываться дестабилизированными вследствие ряда факторов, таких как изменения температуры, давления, химического состава непереработанной нефти и/или скорости сдвига в процессе добычи нефти. Асфальтеновые отложения и осадки могут образовываться во всей нефтедобывающей системе, от внутренних нефтеносных пластов до насосов, включая трубопроводы, верхние части скважин, предохранительные клапаны, промысловые трубопроводы и поверхностные устройства, которые используются в процессе добычи нефти. Природа асфальтеновых отложений может зависеть от состава непереработанной нефти и/или от условий, в которых происходит образование отложений. Асфальтеновые отложения могут оказываться твердыми и углеподобными или вязкими и смолоподобными. Асфальтеновые отложения и осадки могут вызывать проблемы закупоривания, такого как закупоривание

устьев пор, которое может создавать блокады и приводить к снижению производительности. Асфальтеновые отложения могут увеличивать вязкость углеводородов, что может приводить к проблемам разделения. Асфальтеновые отложения и осадки могут вызывать неблагоприятные эффекты как в процессе добычи нефти, так и в процессе переработки нефти.

[0004] Ингибиторы осаждения асфальтенов могут находить применение в целях регулирования образования асфальтеновых отложений посредством регулирования осаждения асфальтенов. Известны разнообразные ингибиторы осаждения асфальтенов, которые способны предотвращать или уменьшать осаждение асфальтенов из непереработанной нефти, предотвращать или уменьшать образование асфальтеновых отложений на поверхностях, которые вступают в контакт с непереработанной нефтью, и/или способствовать удалению асфальтеновых отложений, которые уже образовались на поверхности. Например, в публикациях патентных заявок США 20170058185 и 20190177630 раскрыты ингибиторы осаждения асфальтенов, содержащие фенолальдегид и ароматические соединения в сердцевине, соответственно.

[0005] В типичном подходе к обработке скважинных пластов с применением ингибиторов осаждения асфальтенов предусмотрено введение ингибиторов через капиллярный канал в процессе непрерывной обработки нисходящей скважины. При этом могут оставаться необработанными части пласта, а также могут расходоваться большие количества ингибитора. Для осуществления обработки оказывается необходимой предварительно существующая инфраструктура, которая не может быть легко переоборудована для скважин, в которых проявляется внезапное начало образования асфальтеновых осадков/отложений.

Краткое раскрытие настоящего изобретения

[0006] Было сделано открытие, которое обеспечивает решение по меньшей мере одной или нескольких из проблем, связанных с обработкой подземных пластов (например, коллекторов) и/или скважин, представляющих собой, например, нефтяные, газовые и водяные скважины, с применением ингибиторов осаждения асфальтенов. Согласно одному аспекту это решение может быть основано на разработке наночастицы, которая может содержать материал-носитель и один или несколько ингибиторов осаждения асфальтенов. Наночастица может быть структурированной таким образом, чтобы иметь способность высвобождения одного или нескольких ингибиторов осаждения асфальтенов в течение пролонгированных или продолжительных периодов времени. Согласно одному

аспекту наночастица может быть структурированной таким образом, чтобы ингибитор осаждения асфальтенов имел возможность присоединения к материалу-носителю. Наночастица может обеспечивать профиль медленного высвобождения ингибитора осаждения асфальтенов после введения в скважины или подземные пласты. Согласно некоторым аспектам профиль высвобождения может составлять по меньшей мере 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000 или 4000 суток или более, или от 10 суток до 500 суток, или от 20 суток до 365 суток, или от 500 суток до 2500 суток, или от 500 суток до 2000 суток, или от 10 суток до 10 лет после обработки скважины. Время, в течение которого наночастица продолжает высвобождать в существенных концентрациях один или несколько ингибиторов осаждения асфальтенов, может варьироваться в зависимости от производительности скважины. Это, в свою очередь, может уменьшать затраты, расходы и общую неэффективность вследствие необходимости осуществления непрерывной или более периодической обработки скважины, например, с применением процессов, которые в настоящее время используются в целях промышленной обработки скважин. Согласно одному конкретному аспекту ингибитор осаждения асфальтенов, содержащий наночастицы согласно настоящему изобретению может находить применение для обработки подземных пластов и/или скважин в процессе обработки под давлением. Подземные пласты и/или скважины могут быть обработаны с применением наночастиц согласно настоящему изобретению и доступной в настоящее время инфраструктуры. Согласно определенным аспектам от 2000 килограммов (кг) до 50000 кг наночастиц можно использовать для обработки, такой как обработка под давлением, подземных пластов и/или скважин для получения от 300000 баррелей до 8000000 баррелей добываемой нефти.

[0007] Один аспект настоящего изобретения относится к наночастице, которая содержит высвобождающийся ингибитор осаждения асфальтенов. Наночастица может дополнительно содержать материал-носитель. Ингибитор осаждения асфальтенов может пропитывать наночастицу изнутри, и/или он может быть прикреплен или иным образом присоединен по меньшей мере к части наружной поверхности наночастицы. Например, наночастица может содержать матрицу материала-носителя, и ингибитор осаждения асфальтенов в наночастице (i) может пропитывать матрицу изнутри, (ii) может быть окружен матрицей и/или (iii) может быть прикреплен или иным образом присоединен по меньшей мере к части поверхности матрицы. Наночастица может иметь размер, составляющий от 10 нм до 500 нм. Этот размер может быть определен диаметром наночастицы. Согласно определенным аспектам наночастица может иметь размер, составляющий от 50 нм до 400 нм. Согласно некоторым аспектам наночастица может

содержать от 5 мас.% до 95 мас.% материала-носителя и 5 мас.% до 95 мас.% ингибитора осаждения асфальтенов. Согласно некоторым конкретным аспектам наночастица может содержать от 20 мас.% до 80 мас.% материала-носителя и от 20 мас.% до 80 мас.% ингибитора осаждения асфальтенов. Согласно некоторым аспектам матрица материала-носителя может представлять собой пористую матрицу. Согласно некоторым аспектам матрица материала-носителя может представлять собой открытоячеистую пористую матрицу. Согласно некоторым аспектам материал-носитель может содержать металлоидную матрицу (например, матрицу на основе диоксида кремния), полимерную матрицу, углеродную матрицу, матрицу на основе оксида переходного или постпереходного металла, липидную матрицу, восковую матрицу, матрицу на основе оксида металла второй группы или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам материал-носитель может содержать матрицу на основе диоксида кремния. Согласно некоторым аспектам матрица на основе диоксида кремния может содержать пористый диоксид кремния. Согласно некоторым аспектам матрица на основе диоксида кремния может содержать открытоячеистый пористый диоксид кремния. Открытоячеистый пористый диоксид кремния может представлять собой микропористый, мезопористый или макропористый диоксид кремния. Согласно некоторым конкретным аспектам открытоячеистая пористая матрица (например, матрица на основе диоксида кремния) может содержать поры, имеющие средний размер пор от 0,1 нм до 200 нм. Согласно некоторым аспектам по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов в наночастице может содержаться в порах пористой матрицы, такой как открытоячеистая пористая матрица на основе диоксида кремния. Согласно определенным аспектам наночастица может иметь состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую составляют сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и оболочка, содержащая матрицу материала-носителя. Согласно определенным аспектам оболочка может содержать пористую матрицу на основе диоксида кремния, такую как открытоячеистая пористая матрица на основе диоксида кремния. Согласно определенным аспектам 90 мас.% или более сердцевины, по отношению к полной массе сердцевины, может составлять ингибитор осаждения асфальтенов. Согласно определенным аспектам оболочка может дополнительно содержать ингибитор осаждения асфальтенов, и по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов в оболочке может содержаться в порах пористой матрицы оболочки и/или прикрепляться по меньшей мере к части поверхности оболочки. Согласно некоторым аспектам у содержащей матрицу носителя и ингибитор осаждения асфальтенов наночастицы отсутствует состоящая из сердцевины и оболочки структура. Согласно некоторым аспектам матрица носителя может составлять

объем наночастицы, а ингибитор осаждения асфальтенов может присоединяться или иным образом прикрепляться к наружной поверхности матрицы носителя, и/или по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов в наночастице может содержаться в порах пористой матрицы материала-носителя. Согласно некоторым аспектам в содержащей матрицу носителя и ингибитор осаждения асфальтенов наночастице может отсутствовать или практически отсутствовать металл. Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать полимерную матрицу. Согласно некоторым аспектам полимерная матрица может содержать полимер, такой как полиолефин, парафиновый воск, жирный глицерид, полиакриламид, полистирол, эпоксид, сложный полиэфир или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам полимер может иметь температуру плавления, составляющую от 30°C до 300°C. Согласно некоторым конкретным аспектам полимер может иметь температуру плавления, составляющую 50°C до 200°C. Согласно некоторым аспектам полимерная матрица может содержать полиолефин. Согласно некоторым аспектам полиолефин может представлять собой полиэтилен. Согласно некоторым аспектам полиэтилен может представлять собой окисленный полиэтилен. Согласно некоторым конкретным аспектам полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, может иметь (i) среднемассовую молекулярную массу (M_w), составляющую от 2000 г/моль до 20000 г/моль, и/или (ii) температуру плавления, составляющую от 30°C до 300°C, предпочтительно от 50°C до 200°C. Согласно определенным аспектам полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, может образовывать объем частицы, и ингибитор осаждения асфальтенов может пропитывать частицу изнутри, например, распределяться, охватывая весь объем частицы, и может присоединяться или иным образом прикрепляться к наружной поверхности частицы. Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать матрица на основе оксида переходного металла. Согласно определенным аспектам переходный металл может представлять собой титан. Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать матрицу на основе оксида постпереходного металла. Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать углеродную матрицу. Согласно некоторым аспектам углеродная матрица может представлять собой пористую углеродную матрицу. Согласно некоторым аспектам углеродная матрица может представлять собой открытоячеистую пористую углеродную матрицу. Согласно некоторым конкретным аспектам открытоячеистая пористая углеродная матрица может содержать поры, имеющие средний размер от 2 нм до 50 нм. Согласно определенным аспектам наночастица может содержать липидную матрицу. Согласно определенным аспектам наночастица может содержать восковую матрицу. Согласно определенным аспектам наночастица может содержать

матрицу на основе оксида металла второй группы. Ингибитор осаждения асфальтенов может представлять собой подходящий ингибитор осаждения асфальтенов, который известен в технике. Согласно определенным аспектам могут быть использованы имеющиеся в продаже ингибиторы осаждения асфальтенов, в том числе, но без ограничения, FLOTREAT DF 267 от компании Clariant, FLOTREAT DF 15980 от компании Clariant, FATHOM XT SUBSEA525 от компании Baker Hughes, ASPH16507A от компании NALCO Champion и ASI 1262 от компании Total Additives.

[0008] Согласно некоторым аспектам ингибитор осаждения асфальтенов может физически удерживаться и/или прикрепляться с возможностью отделения, например, образовывать химические связи, адсорбироваться или иным образом присоединяться к материалу-носителю. Ингибитор осаждения асфальтенов может химически прикрепляться посредством ионной связи, ковалентной связи, водородной связи или ван-дер-ваальсовского взаимодействия к материалу-носителю. Согласно некоторым аспектам ингибитор осаждения асфальтенов может адсорбироваться на материале-носителе. Ингибитор осаждения асфальтенов может быть выполнен с возможностью высвобождения из наночастицы регулируемым образом в течение продолжительного периода времени (составляющего, например, по меньшей мере 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000 или 4000 суток или более, или от 10 суток до 500 суток, или от 20 суток до 365 суток, или от 500 суток до 2500 суток, или от 500 суток до 2000 суток, или от 10 суток до 10 лет после обработки скважины). Согласно определенным аспектам от 2000 кг до 50000 кг наночастиц может быть использовано в целях обработки, такой как обработка под давлением, подземных пластов и/или скважин для получения от 300000 баррелей до 8000000 баррелей добываемой нефти. Согласно определенным аспектам наночастица может дополнительно содержать модифицирующее поверхность вещество. Модифицирующее поверхность вещество может пропитывать изнутри наночастицу, и/или может присоединяться или иным образом прикрепляться на поверхности наночастицы. Согласно определенным аспектам модифицирующее поверхность вещество может присоединяться или иным образом прикрепляться на поверхности наночастицы. Согласно определенным аспектам модифицирующее поверхность вещество может представлять собой сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат, хлорид цетилтриметиламмония, бромид цетилтриметиламмония, 3-аминопропилтриэтоксисилан, н-октадецилтриметоксисилан или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам материал-носитель может содержать полимерную матрицу, и наночастица может

содержать модифицирующее поверхность вещество, присоединенное или иным образом прикрепленное на поверхности наночастицы. Согласно некоторым аспектам модифицирующее поверхность вещество, которое содержит полимерная матрица наночастицы, может представлять собой сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам состоящая из сердцевины и оболочки наночастица может содержать модифицирующее поверхность вещество, присоединенное или иным образом прикрепленное на поверхности наночастицы. Согласно определенным аспектам модифицирующее поверхность вещество состоящей из сердцевины и оболочки наночастицы может представлять собой 3-аминопропилтриэтоксисилан и/или н-октадецилтриметоксисилан. Согласно некоторым конкретным аспектам модифицирующее поверхность вещество состоящей из сердцевины и оболочки наночастицы может представлять собой 3-аминопропилтриэтоксисилан. Согласно некоторым аспектам состоящая из сердцевины и оболочки наночастица может дополнительно содержать поверхностно-активное вещество в сердцевине. Согласно некоторым конкретным аспектам поверхностно-активное вещество может представлять собой катионное поверхностно-активное вещество, такое как хлорид цетилтриметиламмония, бромид цетилтриметиламмония или любые их комбинации.

[0009] Кроме того, раскрыты способы изготовления наночастиц согласно настоящему изобретению. Способ может включать введение ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с материалом-носителем с образованием наночастицы. Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать полимерную матрицу, и способ может включать введение в контакт полимера, ингибитора осаждения асфальтенов и непрерывной фазы, представляющей собой, например, несмешивающийся растворитель, при температуре выше температуры плавления полимера с образованием эмульсии содержащий полимер и ингибитор осаждения асфальтенов, и охлаждение эмульсии с образованием наночастицы, содержащей полимер и ингибитор осаждения асфальтенов. Согласно определенным аспектам полимер и ингибитор осаждения асфальтенов могут быть введены в контакт с образованием смеси, имеющей температуру, которая составляет более чем температура плавления полимера, и смесь может быть введена в контакт с несмешивающимся растворителем с образованием эмульсии. Полимер и ингибитор осаждения асфальтенов могут образовывать прерывистую капельную фазу, и несмешивающийся растворитель может образовывать непрерывную фазу эмульсии. Полимер и/или ингибитор осаждения асфальтенов могут быть нагреты до, в течение, и/или после введения в контакт друг с другом с образованием смеси, имеющей

температуру, которая составляет более чем температура плавления полимера. Несмешивающийся растворитель может не смешиваться с полимером и ингибитором осаждения асфальтенов. Согласно некоторым аспектам несмешивающийся растворитель может представлять собой воду, уксусную кислоту, бутанол, этиленгликоль, ацетилацетон или любые их комбинации, предпочтительно воду. Согласно некоторым аспектам модифицирующее поверхность вещество может быть введено в контакт с несмешивающимся растворителем до, в течение и/или после введения смеси в контакт с несмешивающимся растворителем. Согласно определенным аспектам смесь, содержащая, например, полимер и ингибитор осаждения асфальтенов, может дополнительно содержать модифицирующее поверхность вещество, и модифицирующее поверхность вещество может быть введено в контакт с несмешивающимся растворителем и/или со смесью. Модифицирующее поверхность вещество может представлять собой неионогенное поверхностно-активное вещество, анионное поверхностно-активное вещество, катионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество, цвиттер-ионное поверхностно-активное вещество, блок-сополимер, органическое соединение или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам модифицирующее поверхность вещество, используемые для изготовления содержащей полимер и ингибитор осаждения асфальтенов наночастицы, может содержать сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат или любые их комбинации. Без намерения ограничиваться теорией считается, что модифицирующее поверхность вещество может регулировать образование капель эмульсии и/или стабилизировать синтезированные наночастицы. Согласно определенным аспектам модифицирующее поверхность вещество может присоединяться или иным образом прикрепляться на поверхности наночастицы. Согласно определенным аспектам полимер может представлять собой полиолефин, парафиновый воск, жирный глицерид, полиакриламид, полистирол, эпоксид, сложный полиэфир или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам полимер может представлять собой полиолефин. Согласно некоторым аспектам полиэтилен может представлять собой окисленный полиэтилен.

[0010] Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать матрицу на основе оксида металла или оксида металлоида (например, матрицу на основе диоксида кремния). Способ может включать введение ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с предшественником оксида металла или оксида металлоида (например, диоксида кремния) с образованием наночастицы, содержащей оксид металла или оксид металлоида (например, диоксид кремния) и ингибитор осаждения асфальтенов. Согласно

определенным аспектам предшественник диоксида кремния может представлять собой алкоксид кремния, из которого образуется матрица на основе диоксида кремния. Согласно некоторым конкретным аспектам алкоксид кремния может представлять собой пропилтриметоксисилан. Согласно некоторым аспектам полученная наночастица может иметь состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую составляют сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и оболочка, содержащая матрицу на основе оксида металла или оксида металлоида (например, диоксида кремния). Согласно некоторым аспектам ингибитор осаждения асфальтенов и предшественник оксида металла или оксида металлоида (например, диоксида кремния) может быть введен в контакт в растворе. Согласно определенным аспектам ингибитор осаждения асфальтенов и/или предшественник оксида металла или оксида металлоида (например, диоксида кремния) может быть добавлен в раствор при температуре от 50°C до 90°C. Согласно некоторым аспектам способ дополнительно включает добавление катализатора в раствор. Катализатор может катализировать образование оксида металла или оксида металлоида (например, диоксида кремния) из предшественника оксида металла или оксида металлоида (например, диоксида кремния). Согласно некоторым аспектам катализатор может представлять собой триэтанолламин и/или гидроксид аммония, предпочтительно триэтанолламин. Согласно определенным аспектам раствор может иметь значение pH, составляющее от 6 до 11, предпочтительно от 7,5 до 11, после добавления катализатора. Согласно некоторым аспектам способ может включать добавление поверхностно-активного вещества в раствор. Согласно некоторым аспектам поверхностно-активное вещество, которое используется для получения наночастицы, содержащей оксид металла или оксид металлоида (например, диоксид кремния) и ингибитор осаждения асфальтенов и состоящей из сердцевины и оболочки, может представлять собой катионное поверхностно-активное вещество. Согласно некоторым аспектам катионное поверхностно-активное вещество может представлять собой галогенид цетилтриметиламмония, такой как хлорид цетилтриметиламмония и/или бромид цетилтриметиламмония, предпочтительно бромид цетилтриметиламмония. Согласно некоторым аспектам поверхностно-активное вещество может содержаться в сердцевине получаемой наночастицы, состоящей из сердцевины и оболочки. Согласно определенным аспектам способ может включать добавление модифицирующего поверхность вещества в раствор, где модифицирующее поверхность вещество может присоединяться и/или прикрепляться к наружной поверхности оболочки и наночастицы. Согласно некоторым конкретным аспектам модифицирующее поверхность вещество, которое добавляется в

раствор, может представлять собой (3-аминопропил)триэтоксисилан (APTES) и/или н-октадецилтриметоксисилан, предпочтительно (3-аминопропил)триэтоксисилан.

[0011] Один аспект относится к композиции для обработки скважин, содержащей множество наночастиц согласно настоящему изобретению. Множество наночастиц может иметь средний размер, составляющий от 10 нм до 500 нм, предпочтительно 50 нм до 400 нм. Согласно некоторым аспектам композиция для обработки скважин может представлять собой текучую среду. Согласно некоторым аспектам композиция для обработки скважин может представлять собой дисперсию. Согласно некоторым аспектам композиция для обработки скважин может дополнительно содержать растворитель. Растворитель может представлять собой воду, водный раствор соли, органический растворитель, кислый водный раствор, морскую воду с низким содержанием сульфатов, водный раствор карбоната натрия, поверхностно-активное вещество, другую промывочную текучую среду или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам множество наночастиц может быть диспергировано в растворителе. Согласно определенным аспектам растворитель может содержать вода. Согласно определенным аспектам растворитель может содержать органический растворитель. Согласно некоторым аспектам органический растворитель может содержать ароматические углеводороды, такие как ароматические углеводороды C₆-C₁₅. Согласно определенным аспектам органический растворитель может содержать толуол, ксилол, ароматические углеводороды C₉, ароматические углеводороды C₁₀ или любые их комбинации. Имеющийся в продаже органический растворитель, который может быть использован, может представлять собой, но без ограничения, SHELLSOL A150 (растворитель на основе ароматических углеводородов C₉-C₁₀), который продает компания Shell Chemicals. Композиция для обработки скважин может представлять собой композицию с регулируемым высвобождением, которая способна высвобождать ингибитор осаждения асфальтенов в течение продолжительного периода времени, составляющего, например, по меньшей мере 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000, или 4000 суток или более, или от 10 суток до 500 суток, или от 20 суток до 365 суток, или от 500 суток до 2500 суток, или от 500 суток до 2000 суток, или от 10 суток до 10 лет после обработки скважины. Согласно определенным аспектам композиция для обработки скважин, содержащая от 2000 кг до 50000 кг наночастиц, может быть использована для обработки, такой как обработка под давлением, подземных пластов и/или скважин в целях получения от 300000 баррелей до 8000000 баррелей добываемой нефти.

[0012] Следующий аспект относится к способу обработки подземного пласта (например, коллектора или скважины с необсаженным стволом) или ствола скважины.

Способ включает впрыскивание композиции для обработки скважин, которая описана в настоящем документе, в ствол скважины. Ствол скважины может пересекать подземный пласт. Подземный пласт может представлять собой углеводородный пласт. Согласно некоторым аспектам обработка может представлять собой обработку под давлением подземного пласта скважины или ствола скважины. Согласно некоторым аспектам обработка может представлять собой непрерывную обработку или обработку с применением труболовки подземного пласта скважины или ствола скважины.

[0013] Согласно некоторым аспектам обработка под давлением с применением ингибитора осаждения асфальтенов обработка под давлением может быть осуществлена посредством закачивания композиции, содержащей наночастицу согласно настоящему изобретению, в продуктивный пласт и фиксацию наночастицы внутри пласта. Согласно одному аспекту обработка под давлением может включать любую одну стадию, любую комбинацию стадий или все из следующих стадий: (1) предварительная промывочная стадия, которая может включать впрыскивания порции текучей среды, которая может содержать химические вещества, например, кислоты, комплексообразующие вещества, поверхностно-активные вещества, биоциды и другие вещества, в целях очистки (предварительной промывки) производственного трубопровода и ствола скважины, (2) введение композиции, содержащей наночастицу, в пласт, и/или (3) введение дополнительного промывочного раствора в целях дополнительного закачивания композиции, содержащей наночастицу согласно настоящему изобретению, в пласт. Согласно определенным аспектам предварительная промывка текучая среда может содержать взаимный растворитель, поверхностно-активное вещество, органический растворитель, ингибитор осаждения асфальтенов (беспримесный, например, не прикрепленный к материалу-носителю) или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам эксплуатация скважины может быть приостановлена в течение некоторого периода времени после введения дополнительного промывочного раствора. Согласно определенным аспектам эксплуатация скважины может быть приостановлена в течение от 12 часов до 36 часов после введения дополнительного промывочного раствора. Согласно некоторым аспектам промежуточные стадии могут быть осуществлены между стадиями, например, между стадией (1) предварительной промывки и стадией (2) промывки и/или между стадией (2) промывки и стадией (3) дополнительной промывки.

[0014] Кроме того, в контексте настоящего изобретения раскрыты аспекты 1-50. Аспект 1 представляет собой наночастицу, содержащую материал-носитель и ингибитор осаждения асфальтенов, причем ингибитор осаждения асфальтенов выполнен с возможностью высвобождения из материала-носителя, и при этом наночастица имеет

размер, составляющий от 10 нанометров (нм) до 500 нм. Аспект 2 представляет собой наночастицу согласно аспекту 1, имеющую размер от 50 нм до 400 нм. Аспект 3 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-2, причем наночастица содержит от 5 мас.% до 95 мас.%, предпочтительно от 20 мас.% до 80 мас.%, материала-носителя и от 5 мас.% до 95 мас.%, предпочтительно от 20 мас.% до 80 мас.%, ингибитора осаждения асфальтенов. Аспект 4 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-3, в которой ингибитор осаждения асфальтенов физически удерживается внутри материала-носителя и/или прикрепляется к материалу-носителю посредством ионной связи, ковалентной связи, водородной связи, ван-дер-ваальсовского взаимодействия или адсорбции на поверхности материала-носителя. Аспект 5 представляет собой наночастицу согласно аспекту 4, в которой ингибитор осаждения асфальтенов адсорбируется на поверхности материала-носителя. Аспект 6 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-5, причем по меньшей мере часть поверхности наночастицы содержит модифицирующее поверхность вещество. Аспект 7 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-6, в которой материал-носитель содержит матрицу на основе диоксида кремния, полимерную матрицу, углеродную матрицу, матрицу на основе оксида переходного или постпереходного металла, липидную матрицу, восковую матрицу, матрицу на основе оксида металла второй группы или любые их комбинации. Аспект 8 представляет собой наночастицу согласно аспекту 7, в которой матрица представляет собой открытаячеистую пористую матрицу. Аспект 9 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-8, в которой материал-носитель представляет собой матрицу на основе диоксида кремния. Аспект 10 представляет собой наночастицу согласно аспекту 9, в котором матрица на основе диоксида кремния представляет собой открытаячеистую пористую матрицу на основе диоксида кремния, предпочтительно имеющую средний размер пор от 2 нм до 50 нм. Аспект 11 представляет собой наночастицу согласно аспекту 10, в которой по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов содержится в порах пористой матрицы на основе диоксида кремния. Аспект 12 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-11, причем наночастица имеет состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую составляют сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов и пористая оболочка, содержащая материал-носитель. Аспект 13 представляет собой наночастицу согласно аспекту 12, причем наночастица имеет диаметр от 250 нм до 350 нм, толщина оболочки составляет 50 нм до 150 нм, и/или при этом по меньшей мере 90 мас.% сердцевины, по отношению к полной массе сердцевины, составляет ингибитор осаждения асфальтенов. Аспект 14 представляет собой наночастицу

согласно любому из аспектов 12-13, в которой оболочка содержит ингибитор осаждения асфальтенов по меньшей мере на части поверхности оболочки и/или в порах оболочки. Аспект 15 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 6-14, в котором материал-носитель представляет собой матрицу на основе диоксида кремния, и модифицирующее поверхность вещество представляет собой 3-аминопропилтриэтоксисилан и/или н-октадецилтриметоксисилан, предпочтительно 3-аминопропилтриэтоксисилан, и наночастица дополнительно содержит катионное поверхностно-активное вещество, предпочтительно бромид цетилтриметиламмония (СТАВ). Аспект 16 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-8 и 12-14, в которой материал-носитель представляет собой полимерную матрицу. Аспект 17 представляет собой наночастицу согласно аспекту 16, в которой полимерная матрица содержит полиолефин. Аспект 18 представляет собой наночастицу согласно аспекту 17, в котором полиолефин представляет собой полиэтилен, предпочтительно окисленный полиэтилен. Аспект 19 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 16-18, в которой полимерная матрица имеет температуру плавления, составляющую от 30°C до 300°C, предпочтительно от 50°C до 200°C. Аспект 20 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-19, в которой ингибитор осаждения асфальтенов выполнен с возможностью высвобождения из наночастицы в течение продолжительного периода времени. Аспект 21 представляет собой наночастицу согласно любому из аспектов 1-20, причем от 2000 кг до 50000 кг наночастиц оказываются достаточными в целях обработки подземных пластов и/или скважин для получения 300000 баррелей до 8000000 баррелей добываемой нефти.

[0015] Аспект 22 представляет собой композицию для обработки скважин включающий множество наночастиц согласно любому из аспектов 1-21. Аспект 23 представляет собой композицию для обработки скважин согласно аспекту 22, в которой множество наночастиц имеет средний размер частиц, составляющий от 10 нм до 500 нм, предпочтительно от 50 нм до 400 нм. Аспект 24 представляет собой композицию для обработки скважин согласно любому из аспектов 22-23, причем композиция представляет собой текучую среду. Аспект 24 представляет собой композицию для обработки скважин согласно любому из аспектов 22-24, причем композиция для обработки скважин содержит от 2000 кг до 50000 кг наночастиц, которые оказываются достаточными в целях обработки подземных пластов и/или скважин для получения от 300000 баррелей до 8000000 баррелей добываемой нефти. Аспект 26 представляет собой композицию для обработки скважин согласно любому из аспектов 22-25, в которой дополнительно содержатся вода, поверхностно-активное вещество, органический растворитель или любые их комбинации.

Аспект 27 представляет собой композицию для обработки скважин согласно аспекту 26, в которой вода представляет собой водный раствор соли, кислый водный раствор, морскую воду с низким содержанием сульфатов, водный раствор карбоната натрия или любые их комбинации.

[0016] Аспект 28 представляет собой способ обработки подземного пласта или ствола скважины, причем способ включает впрыскивание композиции согласно любому из аспектов 22-27 в ствол скважины, и при этом скважины пересекает подземный пласт. Аспект 29 представляет собой способ согласно аспекту 28, в котором обработка представляет собой обработку под давлением подземного пласта или ствола скважины. Аспект 30 представляет собой способ согласно аспекту 29, в котором обработка под давлением включает: (а) впрыскивание предварительной промывочной композиции в ствол скважины для вытеснения текучих сред в стволе скважины и/или для кондиционирования подземного пласта; (b) последующее впрыскивание композиции согласно любому из аспектов 22-27 в ствол скважины в условиях, достаточных для того, чтобы композиция согласно любому из аспектов 22-27 вступала в контакт с подземным пластом; и (с) последующее впрыскивание дополнительной промывочной композиции в ствол скважины в целях увеличения удерживания композиции согласно любому из аспектов 22-27 в подземном пласте. Аспект 31 представляет собой способ согласно аспекту 28, в котором обработка представляет собой непрерывную обработку или обработку с применением труболовки подземного пласта или ствола скважины.

[0017] Аспект 32 представляет собой способ изготовления наночастицы согласно любому из аспектов 1-21, причем способ включает введение ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с материалом-носителем с образованием наночастицы. Аспект 33 представляет собой способ согласно аспекту 32, в котором материал-носитель содержит полиэтиленовую матрицу и способ включает: введение полиэтилена в контакт с ингибитором осаждения асфальтенов при температуре выше температуры плавления полиэтилена с образованием эмульсии, содержащей полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов; и охлаждение эмульсии с образованием наночастицы, содержащей полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов. Аспект 34 представляет собой способ согласно аспекту 33, в котором полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов могут быть введены в контакт с образованием смеси, имеющей температуру выше температуры плавления полиэтилена, и эта смесь может быть введена в контакт с несмешивающимся растворителем с образованием эмульсии, причем непрерывная фаза эмульсии содержит несмешивающийся растворитель, и прерывистая капельная фаза эмульсии содержит полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов. Аспект 35 представляет собой способ

согласно аспекту 34, в котором несмешивающийся растворитель представляет собой воду, уксусную кислоту, бутанол, этиленгликоль, ацетилацетон или любые их комбинации, предпочтительно воду. Аспект 36 представляет собой способ согласно аспекту 34 или 35, в котором модифицирующее поверхность вещество вводится в контакт с несмешивающимся растворителем, до, в течение и/или после введения смеси в контакт с несмешивающимся растворителем. Аспект 37 представляет собой способ согласно аспекту 36, в котором модифицирующее поверхность вещество представляет собой неионогенное поверхностно-активное вещество, анионное поверхностно-активное вещество, катионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество, цвиттер-ионное поверхностно-активное вещество, блок-сополимер, органическое соединение или любые их комбинации. Аспект 38 представляет собой способ согласно любому из аспектов 36-37, в котором модифицирующее поверхность вещество представляет собой сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат или любые их комбинации. Аспект 39 представляет собой способ согласно аспекту 32, в котором материал-носитель содержит матрицу на основе диоксида кремния, и способ включает введение ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с предшественником диоксида кремния с образованием наночастицы, содержащей диоксид кремния и ингибитор осаждения асфальтенов. Аспект 40 представляет собой способ согласно аспекту 39, в котором предшественник диоксида кремния представляет собой алкоксид кремния. Аспект 41 представляет собой способ согласно любому из аспектов 39-40, в котором по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов в наночастице содержится внутри открытоячеистых пор матрицы на основе диоксида кремния. Аспект 42 представляет собой способ согласно любому из аспектов 39-41, в котором наночастица имеет состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую составляют сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и оболочка, содержащая матрицу на основе диоксида кремния. Аспект 43 представляет собой способ согласно любому из аспектов 39-42, в котором ингибитор осаждения асфальтенов и предшественник диоксида кремния вводятся в контакт в растворе. Аспект 44 представляет собой способ согласно аспекту 43, дополнительно включающий добавление катализатор в раствор, причем катализатор катализирует образование диоксида кремния из предшественника диоксида кремния. Аспект 45 представляет собой способ согласно аспекту 44, в котором катализатор представляет собой триэтаноламин и/или гидроксид аммония, предпочтительно триэтаноламин. Аспект 46 представляет собой способ согласно любому из аспектов 43-45, дополнительно включающий добавление поверхностно-активного

вещества в раствор. Аспект 47 представляет собой способ согласно аспекту 46, в котором поверхностно-активное вещество представляет собой катионное поверхностно-активное вещество. Аспект 48 представляет собой способ согласно аспекту 47, в котором катионное поверхностно-активное вещество представляет собой галогенид цетилтриметиламмония, такой как хлорид цетилтриметиламмония и/или бромид цетилтриметиламмония, предпочтительно бромид цетилтриметиламмония. Аспект 49 представляет собой способ согласно любому из аспектов 39-48, дополнительно включающий добавление модифицирующего поверхность вещества, содержащего алкилсилоксан с длинной алкильной цепью, в раствор. Аспект 50 представляет собой способ согласно аспекту 49, в котором модифицирующее поверхность вещество содержит (3-аминопропил)триэтоксисилан (APTES).

[0018] Термин «выполненный с возможностью высвобождения», который относится к композиции для обработки подземных скважин, означает, что в условиях использования, например, в подземной скважине, ингибитор осаждения асфальтенов может подвергаться диссоциации, десорбции, гидролизу, разрушению химических связей или оказываться иным образом отделенным от матрицы материала-носителя в составе наночастицы и доступным для использования в соответствующих заданных целях, представляющих собой, например, предотвращение образования, уменьшение образования и/или удаления асфальтеновых отложений в подземной скважине.

[0019] Термин «ингибитор осаждения асфальтенов» может означать одно или несколько химических соединений, комбинацию химических соединений и/или композицию, содержащую одно или несколько химических соединений, которые предотвращают или уменьшают осаждение асфальтенов из переработанной нефти, предотвращает или уменьшает осаждение асфальтенов на поверхностях, которые вступают в контакт с переработанной нефтью, и/или способствуют удалению асфальтеновых отложений, которые уже образовались на поверхности, или любые их комбинации.

[0020] Термин «регулируемое высвобождение в течение продолжительного периода времени» относится к скорости высвобождения ингибитора осаждения асфальтенов из наночастицы. Он может означать, что ингибитор осаждения асфальтенов, который находится в среде использования, такой как, например, подземная скважина, высвобождается из наночастицы в течение более продолжительного периода времени, чем в том случае, если бы ингибитор осаждения асфальтенов не был присоединен, адсорбирован или иным образом прикреплен к материалу-носителю наночастицы согласно настоящему изобретению.

[0021] Термины «пластовая текучая среда» или «пластовые текучие среды» означают жидкости и газы, которые присутствуют в пласте. Неограничительные примеры, пластовой текучей среды представляют собой жидкие и газообразные углеводороды, вода, водный раствор соли, содержащие серу и/или азот углеводороды, неорганические жидкости и газы и т. п.

[0022] Термины «приблизительно» или «около» означают приближение, которое понимает обычный специалист в данной области техники. Согласно неограничительному варианту осуществления эти термины означают приближение с точностью в пределах 10%, предпочтительно в пределах 5%, предпочтительнее в пределах 1% и наиболее предпочтительно в пределах 0,5%.

[0023] Термины «мас.%», «об.%» или «мол.%» означают массовое, объемное или молярное процентное содержание компонента, соответственно, по отношению к полной массе, полному объему или полному числу молей материала, в котором содержится данный компонент. В качестве неограничительного примера, содержание 10 граммов компонента в 100 граммах материала представляет собой 10 мас.% компонента.

[0024] Термин «практически» и соответствующие вариации используются для обозначения диапазонов в пределах 10%, в пределах 5%, в пределах 1% или в пределах 0,5%.

[0025] Термины «ингибирование», или «уменьшение», или «предотвращение», или «избежание», или любые вариации указанных терминов, которые используются в формуле и/или описании настоящего изобретения, означают любое измеримое уменьшение или полное ингибирование для достижения желательного результата. Термин «эффективный», который используется в формуле и/или описании настоящего изобретения, означает достаточность для достижения желательного, предполагаемого или заданного результата.

[0026] Использование грамматических форм единственного числа в сочетании с любыми из терминов «включающий», «охватывающий», «содержащий» или «имеющий» в формуле или описании настоящего изобретения может означать «один», но также соответствует значениям «один или несколько», «по меньшей мере один» и «один или более чем один».

[0027] Наночастицы и способы согласно настоящему изобретению могут «содержать», «состоять в основном», или «состоять» из конкретных элементов, ингредиентов, компонентов, композиций и т. д., которые раскрыты в описании настоящего изобретения. Что касается переходного выражения «состоящий в основном из», согласно одному неограничительному аспекту основные и новые характеристики

одной или нескольких наночастиц согласно настоящему изобретению представляют собой их способность обеспечивать регулируемое высвобождение ингибитора осаждения асфальтенов в течение продолжительного периода времени в течение использования (например, в подземных скважинах) и/или возможность введение наночастиц посредством процесса обработки под давлением.

[0028] Слова «включающий» (а также любые формы слова «включающий», такие как «включают» и «включает»), «имеющий» (а также любые формы слова «имеющий», такие как «имеют» и «имеет»), «охватывающий» (а также любые формы слова «охватывающий», такой как «охватывают» и «охватывает») или «содержащий» (а также любые формы слова «содержащий», такие как «содержат» и «содержит») представляют собой включительные или неограничительные термины, которыми не исключаются дополнительные неперечисленные элементы или стадии способа.

[0029] Другие задачи, признаки и преимущества настоящего изобретения становятся очевидными из следующих фигур, подробного описания и примеров. Однако следует понимать, что хотя указанные фигуры, подробное описание и примеры представляют конкретные варианты осуществления настоящего изобретения, они представлены исключительно в качестве иллюстрации и не предназначены в качестве ограничения. Кроме того, предусмотрено, что изменения и модификации в пределах идеи и объема настоящего изобретения становятся очевидными для специалистов в данной области техники из данного подробного описания.

Краткое описание фигур

[0030] На фиг. 1A и 1B представлены схематические изображения поперечных сечений наночастиц согласно определенным аспектам настоящего изобретения.

[0031] На фиг. 2A и 2B представлены схематические изображения поперечных сечений наночастиц согласно другим аспектам настоящего изобретения.

[0032] На фиг. 3A и 3B представлены схематические изображения поперечных сечений наночастиц согласно дополнительным аспектам настоящего изобретения.

[0033] На фиг. 4A и 4B представлены схематические изображения поперечных сечений наночастиц согласно следующим аспектам настоящего изобретения.

[0034] На фиг. 5 представлено схематическое изображение способа обработки подземной скважины с использованием наночастиц согласно настоящему изобретению, содержащих ингибитор осаждения асфальтенов.

[0035] На фиг. 6А, 6В, 6С и 6D представлены распределения по размерам частиц для содержащих ингибитор осаждения асфальтенов и полиэтилен наночастиц, которые получены в примере 1, с использованием анионного поверхностно-активного вещества (фиг. 6А) и катионного поверхностно-активного вещества (фиг. 6В). Представлены полученное методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) изображение наночастиц, полученных в примере 1 с использованием анионного поверхностно-активного вещества (фиг. 6С) и катионного поверхностно-активного вещества (фиг. 6D).

[0036] На фиг. 7А и фиг. 7В представлены полученные методами СЭМ и просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) изображения, соответственно, частиц мезопористого диоксида кремния, полученного в примере 2, демонстрирующие сферическую морфологию частиц и размер частиц от 200 до 400 нм. Мезопористый материал имеет размер пор в диапазоне от 2 нм до 50 нм.

[0037] На фиг. 8А и 8В представлены полученные методом ПЭМ изображения наночастиц, содержащих ингибитор осаждения асфальтенов и мезопористый диоксид кремния. На фиг. 8А представлена морфология оболочки из мезопористого диоксида кремния и сердцевины, содержащей ингибитор осаждения асфальтенов, и на фиг. 8В представлена пористая природа частиц.

Подробное раскрытие настоящего изобретения

[0038] Было сделано открытие, которое предлагает состоящие из наночастиц носители для ингибиторов осаждения асфальтенов. Указанные состоящие из наночастиц носители могут обеспечивать продолжительное или пролонгированное высвобождение ингибитора осаждения асфальтенов в среде его использования, например, в подземной нефтяной скважине, газовой скважине, водяной скважине или в любом подземном коллекторе. Регулируемое высвобождение таких добавок в течение продолжительного периода времени уменьшает или устраняет необходимость повторной обработки скважин или подземных пластов (например, углеводородных коллекторов) с применением ингибиторов осаждения асфальтенов, что обеспечивает экономию материальных и трудовых ресурсов, а также снижает риски воздействия на окружающую среду. Данное открытие основано на физическом удерживании ингибитора осаждения асфальтенов внутри матрицы материала-носителя и/или на связывании или адсорбции ингибитора осаждения асфальтенов на матрице материала-носителя наночастиц. Матрица материала-носителя может представлять собой матрицу на основе диоксида кремния, полимерную матрицу, углеродную матрицу, матрицу на основе оксида переходного или

постпереходного металла, липидную матрицу, восковую матрицу, матрицу на основе оксида металла второй группы или любые их комбинации.

[0039] Согласно настоящему изобретению предложен изящный путь, который обеспечивает берегающие экономические и трудовые затраты способы введения в скважины содержащих ингибиторы осаждения асфальтенов наночастиц таким образом, чтобы они высвобождали ингибиторы осаждения асфальтенов в течение продолжительного периода времени, в таком режиме, в котором уменьшается или устраняется необходимость повторной обработки скважин с применением ингибитора. Кроме того, согласно настоящему изобретению предложены эффективные способы введения ингибитора осаждения асфальтенов в текучие среды, используемые для добычи других текучих сред (например, нефти и газа) из подземных пластов. Например, предусмотрено введение ингибитор осаждения асфальтенов в добавки для буровых текучих сред (добавки для буровых растворов), текучие среды для повышения добычи нефти (EOR) и т. д.

[0040] Структура наночастиц согласно настоящему изобретению также допускает их использование в процессах обработки под давлением вместо типичного подхода к процессам непрерывной обработки. Преимущество процессов обработки под давлением по сравнению с процессами непрерывной обработки для ингибиторов осаждения асфальтенов заключается в том, что процессы обработки под давлением обработка под давлением способны с большей полнотой защищать подземные пласты (например, коллекторы) и/или скважины (например, нефтяные, газовые и водяные скважины). Согласно некоторым аспектам эта более надежная защита может быть обеспечена следующими условиями: (1) пролонгированное высвобождение одного или нескольких ингибиторов осаждения асфальтенов из материалов матрицы носителя в составе наночастиц согласно настоящему изобретению, (2) размер наночастиц, который позволяет им размещаться и удерживаться в подземные пластах и/или скважинах и/или (3) материалы матрицы носителя, которые остаются устойчивыми или неповрежденными в течение продолжительных периодов времени (составляющих 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000 или 4000 суток или более) после введения в подземные пласты и/или скважины. Следующее преимущество заключается в том, что могут быть предотвращены расходы и создание инфраструктуры в связи с непрерывным впрыскиванием в подземные пласты и/или скважины. Структура наночастиц согласно настоящему изобретению преимущественно открывает возможность промышленного использования обработки под давлением подземных пластов и/или скважин с применением ингибиторов осаждения асфальтенов.

[0041] Указанные выше и другие неограничительные аспекты настоящего изобретения обсуждаются более подробно в следующих разделах.

А. Наночастицы, содержащие ингибиторы осаждения асфальтенов

[0042] Наночастицы, содержащие ингибиторы осаждения асфальтенов согласно настоящему изобретению, могут содержать материал-носитель и ингибитор осаждения асфальтенов, прикрепленный к материалу-носителю таким образом, что небольшие, но эффективные количества ингибитора осаждения асфальтенов могут быть удалены из наночастиц в течение некоторого периода времени. Наночастица может содержать от 5 мас.% до 95 мас.%, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 и 95 мас.% материала-носителя, и от 5 мас.% до 95 мас.%, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90 и 95 мас.% ингибитора осаждения асфальтенов. Массовое соотношение материала-носителя и ингибитора осаждения асфальтенов в составе наночастицы может составлять от 5:95 до 95:5, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 5:95, 10:90, 15:85, 20:80, 25:75, 30:70, 35:65, 40:60, 45:55, 50:50, 55:45, 60:40, 65:35, 70:30, 75:25, 80:20, 85:15, 90:10 и 95:5.

[0043] Ингибитор осаждения асфальтенов может быть выполнен с возможностью высвобождения из наночастицы в регулируемом режиме в течение продолжительного периода времени, составляющего например, по меньшей мере 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000 или 4000 суток или более, или от 10 суток до 500 суток, или от 20 суток до 365 суток, или от 500 суток до 2500 суток, или от 500 суток до 2000 суток, или от 10 суток до 10 лет после обработки скважины. Согласно определенным аспектам от 2000 кг до 50000 кг наночастиц может быть использовано в целях обработки, такой как обработка под давлением, подземных пластов и/или скважин в целях получения от 300000 баррелей до 8000000 баррелей, или количества, равного любому из по меньшей мере одного или находящегося между любыми двумя из следующих значений: 300000, 500000, 1000000, 2000000, 3000000, 4000000, 5000000, 6000000, 7000000, и 8000000 баррелей добываемой нефти.

[0044] Рассмотрим фиг. 1А, где представлено изображение поперечного сечения наночастицы 100 согласно одному примеру настоящего изобретения. Материал-носитель 101 может составлять объем частицы. Ингибитор осаждения асфальтенов 102 может пропитывать изнутри, например, распределяться (например, равномерно распределяться)

во всем объеме частицы. В наночастице 100 могут содержаться непрерывная фаза (материал-носитель 101) и диспергированная фаза (ингибитор осаждения асфальтенов 102). Рассмотрим фиг. 1В, где согласно определенным аспектам наночастица 100 может содержать модифицирующее поверхность вещество 104, присоединенное или иным образом прикрепленное к наружной поверхности 103 наночастицы.

[0045] Рассмотрим фиг. 2А, где представлено изображение поперечного сечения наночастицы 200 согласно следующему примеру настоящего изобретения. Материал-носитель 201 может составлять объем частицы. Ингибитор осаждения асфальтенов 202 может присоединяться или иным образом прикрепляться к наружной поверхности 203 наночастицы. Рассмотрим фиг. 2В, согласно определенным аспектам наночастица 200 может содержать модифицирующее поверхность вещество 204 присоединенное или иным образом прикрепленное к наружной поверхности 203 наночастицы.

[0046] Рассмотрим фиг. 3А, где представлено изображение поперечного сечения наночастицы 300 согласно следующему примеру настоящего изобретения. Материал-носитель 301 может составлять объем частицы. Ингибитор осаждения асфальтенов 302 может пропитывать изнутри, например, распределяться во всем объеме частицы, а также может присоединяться или иным образом прикрепляться к наружной поверхности 303 частицы. Рассмотрим фиг. 3В, согласно определенным аспектам наночастица 300 может содержать модифицирующее поверхность вещество 304 присоединенное или иным образом прикрепленное к наружной поверхности 303 наночастицы.

[0047] Рассмотрим фиг. 4, где представлено изображение поперечного сечения наночастицы 400 согласно следующему примеру настоящего изобретения. Наночастица 400 может иметь состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую могут составлять сердцевина 402, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и оболочка 401, содержащий материал-носитель. Согласно определенным аспектам (не проиллюстрированным) оболочка 401 может дополнительно содержать ингибитор осаждения асфальтенов. Согласно варианту осуществления, который проиллюстрирован на фиг. 4, сердцевина занимает полностью объем пространства или полости, который ограничивает оболочка 401. Согласно другим аспектам, которые не проиллюстрированы, сердцевина может занимать менее чем полностью объем пространства или полости, который ограничивает оболочка 401. Согласно определенным аспектам сердцевина может занимать менее чем 100%, менее чем 90%, менее чем 80%, менее чем 70%, менее чем 60%, менее чем 50%, менее чем 40%, менее чем 30%, менее чем 20%, менее чем 10% или от 10% до 90% объема пространства или полости, который ограничивает оболочка 401. Согласно следующему варианту осуществления множество сердцевины может

присутствовать в пределах объема пространства или полости, который ограничивает оболочка 401. Рассмотрим фиг. 4В, где согласно определенным аспектам наночастица 400 может содержать модифицирующее поверхность вещество 404, присоединенное или иным образом прикрепленное к наружной поверхности 403 оболочки и наночастицы.

[0048] Наночастицы 100, 200, 300, 400 может иметь размер (например, средний диаметр), составляющий от 10 нм до 500 нм, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 10, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 450 и 500 нм. Согласно определенным аспектам сердцевина 402 состоящей из сердцевины и оболочки наночастицы 400 может иметь размер (например, средний диаметр), составляющий от 250 нм до 350 нм или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 250, 260, 270, 280, 290, 300, 310, 320, 330, 340 и 350 нм. Согласно определенным аспектам оболочка 401 состоящей из сердцевины и оболочки наночастицы 400 может иметь толщину, составляющую от 50 нм до 150 нм или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140 и 150 нм, над сердцевиной 402. Согласно некоторым аспектам по меньшей мере 90 мас.%, в том числе от 90 мас.% до 100 мас.%, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 99,5, 99,8 и 100 мас.% сердцевины 402, по отношению к полной массе сердцевины 402, может составлять ингибитор осаждения асфальтенов. Согласно определенным аспектам массовое соотношение сердцевины 402 и оболочка 401 в состоящей из сердцевины и оболочки наночастица 400 может составлять от 1:1 до 50:1, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 1:1, 2:1, 3:1, 4:1, 5:1, 6:1, 7:1, 8:1, 9:1, 10:1, 15:1, 20:1, 25:1, 30:1, 35:1, 40:1, 45:1 и 50:1. Сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) и просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) могут быть использованы для измерения размера частиц. Согласно некоторым аспектам в водный растворах размер наночастиц может быть измерен с использованием лазерного анализа размера частиц. Согласно некоторым аспектам в органических растворах размер наночастиц может быть измерен с использованием визуализации объема и/или визуализации высушенных частиц. Согласно некоторым аспектам визуализация методами СЭМ и ПЭМ может сопровождаться высушиванием и напылением золотого покрытия.

[0049] Согласно определенным аспектам форма наночастиц согласно настоящему изобретению может быть практически или полностью сферической. Также

предусмотрены и другие формы, такие как кубическая, пирамидальная, овальная, произвольная и т. д.

1. Материал-носитель

[0050] Материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать матрицу материала-носителя. Согласно определенным аспектам матрица материала-носителя может представлять собой матрицу на основе диоксида кремния, полимерную матрицу, углеродную матрицу, матрицу на основе оксида переходного или постпереходного металла, липидную матрицу, восковую матрицу или матрицу на основе оксида металла второй группы или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам материал-носитель может содержать матрицу на основе диоксида кремния. Согласно некоторым аспектам материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать матрицу на основе диоксида кремния. Согласно некоторым аспектам матрица на основе диоксида кремния может представлять собой пористую матрицу на основе диоксида кремния. Согласно некоторым аспектам матрица на основе диоксида кремния может представлять собой открытаячеистую пористую матрицу на основе диоксида кремния. Открытаячеистый пористый диоксид кремния может представлять собой микропористый, мезопористый или макропористый диоксид кремния. Согласно некоторым аспектам открытаячеистый пористый диоксид кремния может представлять собой мезопористый диоксид кремния. Согласно некоторым конкретным аспектам открытаячеистая пористая матрица на основе диоксида кремния может содержать поры, имеющие средний размер, который составляет от 0,1 нм до 200 нм, или 2 нм до 50 нм, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 0,1, 0,5, 1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 100, 150 и 200 нм. Согласно некоторым аспектам наночастица может содержать открытаячеистую пористую матрицу на основе диоксида кремния, и по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов в составе наночастицы может содержаться в порах открытаячеистой пористой матрицы на основе диоксида кремния. Например, согласно определенным аспектам материал-носитель 101, 201, 301 наночастицы 100, 200, 300 может содержать открытаячеистую пористую матрицу на основе диоксида кремния, и по меньшей мере часть ингибиторов осаждения асфальтенов 102, 202, 302 в составе наночастицы 100, 200, 300 может быть расположена внутри открытаячеистых пор матрицы на основе диоксида кремния 101, 201, 301. Согласно определенным аспектам материал-носитель в оболочке 401 состоящей из сердцевины и оболочки наночастицы 400, может содержать открытаячеистую пористую матрицу на основе диоксида кремния. Согласно некоторым аспектам оболочка 401 может

дополнительно содержать ингибитор осаждения асфальтенов, и по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов в оболочке может содержаться в открытоячеистых порах диоксида кремния в оболочке. Согласно определенным аспектам в содержащей диоксид кремния наночастице может отсутствовать или практически отсутствовать, или содержаться менее чем 1 мас.%, в том числе менее чем 0,5 мас.%, в том числе менее чем 0,1 мас.%, в том числе менее чем 0,05 мас.%, в том числе менее чем 0,01 мас.%, металла, такого как металл второй группы, металл четырнадцатой группы и/или переходный металл, такой как бериллий (Be) магний (Mg), кальций (Ca), стронций (Sr), барий (Ba), радий (Ra), олово (Sn), свинец (Pb) и/или германий (Ge).

[0051] Согласно некоторым аспектам материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать полимерную матрицу. Согласно некоторым аспектам полимерная матрица может содержать полимер, такой как полиолефин, парафиновый воск, жирный глицерид, полиакриламид, полистирол, эпоксид, сложный полиэфир или любые их комбинации. Согласно определенным аспектам полимерная матрица может содержать полиолефин. Согласно некоторым аспектам полиолефин может представлять собой полиэтилен. Согласно определенным аспектам полиэтилен может представлять собой окисленный полиэтилен. Окисленный полиэтилен может представлять собой полимеры, которые получаются в результате обработки линейных или разветвленных полиэтиленов с применением кислорода и/или кислородсодержащих газов. Согласно определенным аспектам расплавленные линейные или разветвленные полиэтилены могут быть обработаны с применением кислорода и/или кислородсодержащих газов с получением окисленного полиэтилена. В окисленном полиэтилене могут присутствовать кислородсодержащие функциональные группы, такие как карбоксильные, карбонильные и/или гидроксильные группы в полимерной молекуле. Согласно некоторым конкретным аспектам полимер, такой как полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, может иметь среднемассовую молекулярную массу (M_w), составляющую от 2000 г/моль до 20000 г/моль, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000, 8000, 9000, 10000, 11000, 12000, 13000, 14000, 15000, 16000, 17000, 18000, 19000 и 20000 г/моль, при измерении методом гелепроникающей хроматографии (ГПХ). Согласно некоторым конкретным аспектам полимер, такой как полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, может иметь температуру плавления, составляющую от 30°C до 300°C, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 30, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225, 250, 275 и 300°C. Имеющийся в продаже окисленный полиэтилен,

который может быть использован, может представлять собой, но без ограничения, материалы Epolene E-14 и Epolene E-20, которые продает компания Westlake Chemical. Согласно определенным аспектам (i) полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, может составлять объем частицы, и (ii) ингибитор осаждения асфальтенов может пропитывать частицу изнутри, например, распределяться в объеме частицы, и может присоединяться или иным образом прикрепляться к наружной поверхности частицы. Согласно определенным аспектам наночастицы, содержащие полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, могут иметь такую же форму, как наночастица 300.

[0052] Согласно некоторым аспектам материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать матрицу на основе оксида переходного металла. Неограничительные примеры переходных металлов могут представлять собой скандий (Sc), титан (Ti), ванадий (V), хром (Cr), марганец (Mn), железо (Fe), кобальт (Co), никель (Ni), медь (Cu), цинк (Zn), иттрий (Y), цирконий (Zr), ниобий (Nb), молибден (Mo), технеций (Tc), рутений (Ru), родий (Rh), палладий (Pd), серебро (Ag), кадмий (Cd), гафний (Hf), тантал (Ta), вольфрам (W), рений (Re), осмий (Os), иридий (Ir), платина (Pt), золото (Au), ртуть (Hg), резерфордий (Rf), дубний (Db), сиборгий (Sg), борий (Bh), хассий (Hs), мейтнерий (Mt), дармштадтий (Ds), рентгений (Rg) и/или коперниций (Cn). Согласно определенным аспектам переходный металл может представлять собой титан. Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать пористую матрицу на основе оксида титана, такую как открытая пористая матрица на основе оксида титана. Пористая матрица на основе оксида титана, такая как открытая пористая матрица на основе оксида титана, может содержать поры, имеющие средний размер, который составляет от 2 нм до 50 нм или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 нм. Согласно определенным аспектам в наночастицах, содержащих оксид переходного металла, может отсутствовать, или практически отсутствовать, или содержаться менее чем 1 мас.%, в том числе менее чем 0,5 мас.%, в том числе менее чем 0,1 мас.%, в том числе менее чем 0,05 мас.%, в том числе менее чем 0,01 мас.%, диоксида кремния.

[0053] Согласно некоторым аспектам материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать углеродную матрицу. Согласно некоторым аспектам углеродная матрица может представлять собой пористую углеродную матрицу. Согласно некоторым аспектам углеродная матрица может представлять собой открытую пористую углеродную матрицу. Согласно некоторым конкретным аспектам открытая пористая углеродная матрица может

содержать поры, имеющие средний размер, который составляет от 2 нм до 50 нм или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 2, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 нм.

[0054] Согласно определенным аспектам материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать липидную матрицу. Согласно определенным аспектам материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать восковую матрицу. Согласно определенным аспектам материал-носитель в составе наночастицы, такой как наночастицы 100, 200, 300, 400, может содержать матрицу на основе оксида металла второй группы. Неограничительные примеры металлов второй группы представляют собой бериллий (Be) магний (Mg), кальций (Ca), стронций (Sr), барий (Ba) или радий (Ra). Согласно определенным аспектам в наночастицах, содержащих оксид металла второй группы, может отсутствовать, или практически отсутствовать, или содержаться менее чем 1 мас.%, в том числе менее чем 0,5 мас.%, в том числе менее чем 0,1 мас.%, в том числе менее чем 0,05 мас.%, в том числе менее чем 0,01 мас.%, диоксида кремния.

2. Ингибиторы осаждения асфальтенов

[0055] Ингибиторы осаждения асфальтенов могут физически удерживаться и/или присоединяться с возможностью отделения, например, соединяться посредством химических связей, адсорбироваться или иным образом прикрепляться к материалу-носителю. Согласно определенным аспектам ингибиторы осаждения асфальтенов могут физически удерживаться в составе материала-носителя. Согласно определенным аспектам ингибиторы осаждения асфальтенов могут присоединяться с возможностью отделения, например, соединяться посредством химических связей, адсорбироваться или иным образом прикрепляться к материалу-носителю. Ингибитор осаждения асфальтенов может химически соединяться посредством ионной связи, ковалентной связи, водородной связи, или ван-дер-ваальсовского взаимодействия с материалом-носителем. Прикрепление к наночастице может осуществляться посредством абсорбции или адсорбции на частице. Ингибитор осаждения асфальтенов может отделяться от наночастицы и материала-носителя в ответ на стимулирование (например, под действием пластовой текучей среды, воды, разбавления и/или давления).

[0056] Используемый ингибитор осаждения асфальтенов может представлять собой известный в технике ингибитор осаждения асфальтенов. Согласно определенным аспектам в качестве ингибитора осаждения асфальтенов могут быть выбраны алифатические сульфоновые кислоты; алкиларилсульфоновые кислоты; арилсульфонаты; лигносульфонаты; алкилфенольные смолы; альдегидные смолы; сульфонируемые

смолы; сложные полиолефинэфиры; полиолефинимиды; сложные полиолефинэфиры, содержащие алкильные, алкиленфенильные или алкиленпиридилные функциональные группы; полиолефинамиды; полиолефинамиды, содержащие алкильные, алкиленфенильные или алкиленпиридилные функциональные группы; полиолефинимиды, содержащие алкильные, алкиленфенильные или алкиленпиридилные функциональные группы; алкенил-винилпирролидоновые сополимеры; привитые полимеры полиолефинов с малеиновым ангидридом или винилимидазолом; гиперразветвленные сложные полиэфирамиды; полиалкоксилированные асфальтены, амфотерные жирные кислоты, соли алкилсукцинатов, сорбитанмоноолеат, полиизобутиленянтарный ангидрид, нонилфенолформальдегид, нонилфенолформальдегидная смола, продукты конденсации жирных кислот и аминов или любые их комбинации. Имеющийся в продаже ингибитор осаждения асфальтенов, который может находить применение, представляет собой, но без ограничения, FLOTREAT DF 267 от компании Clariant, FLOTREAT DF 15980 от компании Clariant, FATHOM XT SUBSEA525 от компании Baker Hughes, ASPH16507A от компании NALCO Champion и ASI 1262 от компании Total Additives. Согласно определенным аспектам один или несколько ингибиторов осаждения асфальтенов могут быть исключены.

3. Модифицирующее поверхность вещество

[0057] Согласно определенным аспектам наночастицы согласно настоящему изобретению могут содержать модифицирующее поверхность вещество, которое пропитывает изнутри наночастицу, и/или присоединяется или иным образом прикрепляется на поверхности наночастицы. Согласно определенным аспектам модифицирующее поверхность вещество может присоединяться или иным образом прикрепляться на поверхности наночастицы. Согласно некоторым аспектам наночастицы могут содержать модифицирующее поверхность вещество, присоединенное или иным образом прикрепленное по меньшей мере к части наружной поверхности наночастицы. Массовое соотношение наночастицы (например, без модифицирующего поверхность вещества) и модифицирующего поверхность вещества может составлять от 95:5 до 60:40, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 95:5, 90:10, 85:15, 80:20, 75:25, 70:30, 65:35, 60:40, 55:45 и 50:50. Модифицирующее поверхность вещество может представлять собой неионогенное поверхностно-активное вещество, анионное поверхностно-активное вещество, катионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество, цвиттер-ионное поверхностно-активное вещество, блок-сополимер, органическое соединение или любые их комбинации. Согласно определенным аспектам

модифицирующее поверхность вещество представляет собой сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат, хлорид цетилтриметиламмония, бромид цетилтриметиламмония, 3-аминопропилтриэтоксисилан, н-октадецилтриметоксисилан или любые их комбинации. Согласно определенным аспектам наночастица, содержащая полимер, такой как полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, согласно настоящему изобретению может содержать модифицирующее поверхность вещество, в качестве которого могут быть выбраны сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат или любые их комбинации, причем модифицирующее поверхность вещество может присоединяться или иным образом прикрепляться на поверхности наночастицы. Согласно определенным аспектам содержащая диоксид кремния и состоящая из сердцевины и оболочки наночастица согласно настоящему изобретению может содержать модифицирующее поверхность вещество, в качестве которого могут быть выбраны 3-аминопропилтриэтоксисилан и/или н-октадецилтриметоксисилан, предпочтительно 3-аминопропилтриэтоксисилан, причем котором модифицирующее поверхность вещество может присоединяться или иным образом прикрепляться на поверхности наночастицы.

4. Поверхностно-активное вещество

[0058] Согласно определенным аспектам диоксид кремния содержащий состоящая из сердцевины и оболочки наночастица согласно настоящему изобретению может содержать поверхностно-активное вещество. Поверхностно-активное вещество может быть расположено в сердцевине состоящей из сердцевины и оболочки наночастицы. Согласно определенным аспектам поверхностно-активное вещество может представлять собой катионное поверхностно-активное вещество. Согласно определенным аспектам катионное поверхностно-активное вещество может представлять собой хлорид цетилтриметиламмония и/или бромид цетилтриметиламмония, предпочтительно бромид цетилтриметиламмония. Согласно некоторым аспектам поверхностно-активное вещество может составлять от 0 до 10 мас.%, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 0, 0,2, 0,5, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 и 10 мас.% сердцевины 402, по отношению к полной массе сердцевины 402.

В. Способы изготовления наночастиц

[0059] Наночастицы согласно настоящему изобретению может быть изготовлено посредством введения ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с материалом-носителем. Материал-носитель может присутствовать в подходящей форме, в которой он

может быть введен в контакт с ингибитором осаждения асфальтенов. Согласно определенным аспектам содержащие материал-носитель незагруженные наночастицы, например, наночастицы, в которых отсутствует ингибитор осаждения асфальтенов, могут быть введены в контакт с ингибитором осаждения асфальтенов с образованием наночастиц согласно настоящему изобретению. Согласно определенным аспектам материал-носитель может присутствовать в расплавленной форме, в которой он может быть введен в контакт с ингибитором осаждения асфальтенов с образованием наночастиц согласно настоящему изобретению. Расплавленная комбинация, содержащая материал-носитель и ингибитор осаждения асфальтенов, затем может быть использована с образованием наночастиц и может быть охлаждена. Согласно определенным аспектам материал предшественника материала-носителя может быть введен в контакт с ингибитором осаждения асфальтенов с образованием наночастиц согласно настоящему изобретению.

1. Способы изготовления наночастиц, содержащих полимерную матрицу

[0060] Согласно определенным аспектам материал-носитель может содержать полимерную матрицу, и способ изготовления наночастиц может включать введение полимера в контакт с ингибитором осаждения асфальтенов при температуре выше температуры плавления полимера. Согласно определенным аспектам расплавленный полимер и ингибитор осаждения асфальтенов могут образовывать эмульсию, содержащую полимер и ингибитор осаждения асфальтенов, и эмульсия может быть подвергнута охлаждению с образованием наночастицы, содержащей полимер и ингибитор осаждения асфальтенов. Эмульсия может быть образована в результате введения расплавленного полимера и ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с несмешивающимся растворителем. В составе эмульсии непрерывная фаза может представлять собой несмешивающийся растворитель, и прерывистая капельная фаза может содержать полимер и ингибитор осаждения асфальтенов. Полимер и ингибитор осаждения асфальтенов могут быть предварительно перемешаны, и эта смесь может быть введена в контакт с несмешивающимся растворителем, или они могут быть отдельно введены в контакт с несмешивающимся растворителем и перемешаны с образованием эмульсии. Полимер и ингибитор осаждения асфальтенов могут быть подвергнуты нагреванию до температуры выше температуры плавления полимера до и/или после введения в контакт с несмешивающимся растворителем. Согласно некоторым конкретным аспектам высокотемпературная предварительно изготовленная смесь, содержащая полимер и ингибитор осаждения асфальтенов, имеющая температуру выше температуры плавления полимера, может быть введена в контакт с несмешивающимся растворителем с

образованием эмульсии. Полимер и/или ингибитор осаждения асфальтенов могут быть подвергнуты нагреванию до температуры выше температуры плавления полимера до, в течение и/или после введения в контакт друг с другом. Согласно некоторым конкретным аспектам высокотемпературная предварительно изготовленная смесь может быть изготовлена в результате введения в контакт полимера и ингибитора осаждения асфальтенов с образованием предварительно изготовленной смеси и нагревания предварительно изготовленной смеси с образованием высокотемпературной предварительно изготовленной смеси. Согласно некоторым конкретным аспектам высокотемпературная предварительно изготовленная смесь может быть образована в результате плавления полимера с образованием расплавленного полимера и введения расплавленного полимера в контакт ингибитором осаждения асфальтенов с образованием высокотемпературной предварительно изготовленной смеси. Согласно определенным аспектам способ может дополнительно включать введение модифицирующего поверхность вещества в контакт с несмешивающимся растворителем. Модифицирующее поверхность вещество может быть введено в контакт с несмешивающимся растворителем до, в течение и/или после введения несмешивающегося растворителя в контакт с полимером и/или ингибитором осаждения асфальтенов. Согласно определенным аспектам предварительно изготовленная смесь и/или высокотемпературная предварительно изготовленная смесь может содержать модифицирующее поверхность вещество, и модифицирующее поверхность вещество может быть введено в контакт с несмешивающимся растворителем, с предварительно изготовленной смесью и/или с высокотемпературной предварительно изготовленной смесью. Без намерения ограничиваться теорией считается, что модифицирующее поверхность вещество может адсорбироваться или иным образом прикрепляться к поверхности прерывистой капельной фазы и может регулировать образование капель эмульсии и размер образующихся наночастиц, а также может стабилизировать синтезированные наночастицы. Согласно определенным аспектам модифицирующее поверхность вещество может представлять собой неионогенное поверхностно-активное вещество, анионное поверхностно-активное вещество, катионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество, цвиттер-ионное поверхностно-активное вещество, блок-сополимер, органическое соединение или любые их комбинации. Согласно определенным аспектам модифицирующее поверхность вещество может представлять собой сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат или любые их комбинации. Используемый несмешивающийся растворитель может не смешиваться с полимером и

ингибитором осаждения асфальтенов. Согласно определенным аспектам несмешивающийся растворитель может представлять собой воду, уксусную кислоту, бутанол, этиленгликоль, ацетилацетон или любые их комбинации. Согласно некоторым конкретным аспектам несмешивающийся растворитель может представлять собой воду. Согласно некоторым аспектам эмульсия может представлять собой эмульсию масла в воде. Согласно определенным аспектам массовое соотношение используемого полимера и ингибитора осаждения асфальтенов может составлять от 9:1 до 1:9, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 1:9, 2:8, 3:7, 4:6, 5:5, 6:4, 7:3, 8:2 и 9:1. Согласно определенным аспектам массовое соотношение используемого полимера и модифицирующего поверхность вещества может составлять от 1:0,05 до 1:4 или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 1:0,05, 1:0,1, 1:0,2, 1:0,5, 1:1, 1:1,5, 1:2, 1:3 и 1:4.

[0061] Согласно определенным аспектам полимер может представлять собой полиолефин, парафиновый воск, жирный глицерид, полиакриламид, полистирол, эпоксид, сложный полиэфир или любые их комбинации. Согласно некоторым аспектам полимер может иметь температуру плавления, составляющую от 30°C до 300°C. Согласно определенным аспектам полимер может представлять собой полиолефин. Согласно некоторым аспектам полиолефин может представлять собой полиэтилен. Согласно определенным аспектам полиэтилен может представлять собой окисленный полиэтилен. Согласно некоторым конкретным аспектам полиэтилен, такой как окисленный полиэтилен, может иметь среднемассовую молекулярную массу (M_w), составляющую от 2000 г/моль до 20000 г/моль, и/или температуру плавления, составляющую от 30°C до 300°C, предпочтительно 50°C до 200°C.

2. Способы изготовления состоящих из сердцевины и оболочки наночастиц, содержащих матрицу на основе диоксида кремния

[0062] Состоящие из сердцевины и оболочки наночастицы, которые составляют сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и оболочка, содержащая диоксид кремния, могут быть изготовлены в результате введения ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с предшественником диоксида кремния. Согласно определенным аспектам ингибитор осаждения асфальтенов и предшественник диоксида кремния могут быть введены в контакт посредством добавления ингибитор осаждения асфальтенов и предшественника диоксида кремния в раствор. Ингибитор осаждения асфальтенов и предшественник диоксида кремния могут быть добавлены в раствор в любой подходящей последовательности, например, отдельно или совместно. Согласно некоторым

конкретным аспектам раствор, содержащий ингибитор осаждения асфальтенов, может быть введен в контакт с предшественником диоксида кремния. Предшественник диоксида кремния может образовывать диоксид кремния, такой как пористый диоксид кремния, такой как открытоячеистый пористый диоксид кремния в растворе. Согласно определенным аспектам предшественник диоксида кремния может представлять собой алкоксид кремния. Согласно определенным аспектам алкоксид кремния может представлять собой пропилтриметоксисилан. Согласно определенным аспектам раствор может содержать воду. Согласно некоторым конкретным аспектам раствор может содержать воду и этанол в молярном соотношении, составляющем от 7,8:0,1 до 7,8:4, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 7,8:0,1, 7,8:0,5, 7,8:1, 7,8:2, 7,8:3 и 7,8:4. Согласно определенным аспектам раствор может быть подвергнут нагреванию до температуры, составляющей от 50°C до 90°C, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85 и 90°C, до, в течение и/или после добавления ингибитора осаждения асфальтенов и/или предшественника диоксида кремния. Согласно определенным аспектам способ может дополнительно включать введение катализатора в контакт с раствором. Катализатор может катализировать образование диоксида кремния из предшественника диоксида кремния. Катализатор может быть введен в контакт с раствором до, в течение и/или после введения предшественника диоксида кремния в контакт с раствором. Согласно определенным аспектам катализатор может представлять собой триэтаноламин и/или гидроксид аммония, предпочтительно триэтаноламин. Согласно определенным аспектам значение pH раствора после добавления катализатора может составлять от 6 до 11, или количество, равное любому из по меньшей мере одного или находящееся между любыми двумя из следующих значений: 6, 7, 8, 9, 10 и 11. Согласно определенным аспектам способ может дополнительно включать добавление поверхностно-активного вещества в раствор. Поверхностно-активное вещество может быть введено в контакт с раствором до, в течение и/или после введения предшественника диоксида кремния в контакт с раствором. Согласно некоторым аспектам поверхностно-активное вещество может представлять собой катионное поверхностно-активное вещество. Согласно некоторым конкретным аспектам катионное поверхностно-активное вещество может представлять собой галогенид цетилтриметиламмония, такой как хлорид цетилтриметиламмония и/или бромид цетилтриметиламмония, предпочтительно бромид цетилтриметиламмония. Без намерения ограничиваться теорией считается, что катионное поверхностно-активное вещество может удерживать ингибиторы осаждения асфальтенов

внутри сердцевины, а также может способствовать образованию мезопористости в диоксиде кремния. После того, как образуются состоящие из сердцевины и оболочки наночастицы, более крупные частицы могут быть отделены, например, отфильтрованы из раствора в целях предотвращения повреждения пласта. Согласно некоторым аспектам перед фильтрованием модифицирующее поверхность вещество может быть добавлено в реакционную смесь. Без намерения ограничиваться теорией считается, что модифицирующее поверхность вещество может придавать некоторую гидрофобность поверхности наночастиц, содержащих мезопористый диоксид кремния (например, посредством связывания с поверхностью наночастиц, содержащих диоксид кремния на поверхности), что может способствовать изготовлению устойчивого раствора наночастиц в неполярных растворителях. Согласно некоторым конкретным аспектам модифицирующее поверхность вещество может представлять собой алкилсилоксан с длинной алкильной цепью. Согласно некоторым конкретным аспектам модифицирующее поверхность вещество может представлять собой (3-аминопропил)триэтоксисилан (APTES). Согласно некоторым аспектам наночастицы могут быть отфильтрованы с применением фильтра с диаметром отверстий, составляющим от 0,3 до 0,6 мкм, в том числе приблизительно 0,45 мкм. Согласно определенным аспектам в способе изготовления состоящих из сердцевины и оболочки наночастиц (например, в дополнение к состоящим из сердцевины и оболочки наночастицам) также могут образовываться сферические наночастицы, содержащие мезопористый диоксид кремния (например, без состоящей из сердцевины и оболочки структура), в которых присутствуют ингибиторы осаждения асфальтенов, находящиеся в порах и/или иным образом закомплексованные с диоксидом кремния.

С. Композиции для обработки подземных скважин

[0063] Наночастицы согласно настоящему изобретению могут быть доставлены на место обработки в виде индивидуальных наночастиц или в виде композиции для подземной обработки (например, в виде композиции для обработки подземных скважин). В качестве примера, композиция для обработки подземных скважин может содержать текучую среду (например, жидкость на водной и/или органической основе), в которой содержится множество наночастиц, например, в виде суспензии и/или дисперсии, в которой содержится ингибитор осаждения асфальтенов. Композиция может представлять собой композицию с регулируемым высвобождением, которая способна высвобождать ингибитор осаждения асфальтенов в течение продолжительного периода времени. Указанные композиции могут быть изготовлены в результате смешивания наночастиц согласно настоящему изобретению с текучей средой, которая будет впрыскиваться в

скважину. Неограничительные примеры текучей среды композиции для подземной обработки представляют собой вода, водный раствор соли (KCl), кислый водный раствор, морская вода с низким содержанием сульфатов, водный раствор карбоната натрия, поверхностно-активное вещество или другая промывочная текучая среда, или может присутствовать содержащая органический растворитель текучая среда (например, текучая среда на основе нефти, природного газа или нефтепродуктов), или могут присутствовать в комбинации текучие среды на органической и водной основе. Согласно определенным аспектам текучая среда может содержать органический растворитель, в котором содержатся ароматические углеводороды, такие как ароматические углеводороды C₆-C₁₅. Согласно определенным аспектам органический растворитель может содержать толуол, ксилол, ароматические углеводороды C₉, ароматические углеводороды C₁₀ или любые их комбинации. Имеющийся в продаже органический растворитель, который может быть использован, может представлять собой, но без ограничения, растворитель SHELLSOL A150, который продает компания Shell Chemicals.

D. Способы обработки подземных скважин или стволов скважин

[0064] Наночастицы или композиции наночастиц (например, композиции для подземной обработки) согласно настоящему изобретению могут быть доставлены в подземный пласт с использованием разнообразных способов, представляющих собой закачивание, нагнетание, впрыскивание и т. д. Согласно некоторым вариантам осуществления находит применение способ обработки под давлением или непрерывной обработки. Согласно некоторым предпочтительным аспектам может быть использована обработка под давлением. Способ обработки подземного пласта, скважины или ствола скважины проиллюстрирован на фиг. 5. В дополнение к обработке скважин, наночастицы могут находить применение для доставки добавок в подземный пласт для других целей (например, в целях введения добавок бурового раствора в текучие среды для бурения или текучие среды для повышения добычи нефти и т. п.). Скважины 502 могут пересекать подземный пласт и могут представлять собой инъекционные скважины, производственные скважины, водяные скважины и т. д. Как представлено на этой иллюстрации, скважины 502 пересекают пласт как вертикальные скважины, но могут представлять собой и горизонтальные скважины. Скважины 502 могут представлять собой скважины с необсаженным стволом, скважины с обсаженным стволом и т. д. В способе 500 перед добычей из скважины 502 наночастицы или композиции согласно настоящему изобретению могут впрыскиваться в одну или несколько скважин 502, протекать через скважины и в подземный пласт 504, как представлено стрелкой 508. Наночастицы 510 могут осаждаться на слое горной породы 506 в подземном пласте. Известное буровое

оборудование (например, буровое оборудование для добычи нефти, газа или воды) может находить применение в целях впрыскивания композиций для обработки подземных скважин в скважины 502 (например, с использованием способа обработки под давлением, способа непрерывной обработки или способа обработки с применением труболочки). Наночастицы могут удерживаться в слое горной породы 506, и ингибитор осаждения асфальтенов в составе наночастиц может возвращаться в скважину 502 в эффективном количестве для осуществления необходимой функции (например, для ингибирования осаждения асфальтенов), когда скважина вводится в эксплуатацию. Как проиллюстрировано на фиг. 5, текучая среда может перетекать над горной породой, что представлено стрелкой 512, и растворять или десорбировать небольшое количество ингибитора осаждения асфальтенов из наночастицы. Пластовая текучая среда, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, затем протекает в скважину. Ингибитор осаждения асфальтенов может покрывать или взаимодействовать со скважинными материалами или текучей средой в скважине в целях обработки скважины (например, в целях ингибирования агломерации и/или осаждения асфальтенов). В качестве примера, ингибитор осаждения асфальтенов может ингибировать и/или уменьшать осаждение асфальтенов и препятствовать образованию соответствующих отложений на внутренней поверхности стенки скважины 502, и/или ингибировать из образование внутри. Наночастицы и/или содержащие наночастицы композиции согласно настоящему изобретению допускают высвобождение эффективного количества ингибитора осаждения асфальтенов из наночастицы в течение продолжительного периода времени (составляющего, например, по меньшей мере 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 200, 300, 400, 500, 1000, 2000, 3000 или 4000 суток или более, или от 10 суток до 500 суток, или от 20 суток до 365 суток, или от 500 суток до 2500 суток, или от 500 суток до 2000 суток, или от 10 суток до 10 лет после обработки скважины).

Примеры

[0065] Настоящее изобретение будет описано более подробно посредством конкретных примеров. Следующие примеры представлены исключительно для иллюстративных целей и не предназначены для ограничения настоящего изобретения каким-либо образом. Специалисты в данной области техники смогут легко определить разнообразные не критические параметры, которые могут быть изменены или модифицированы с получением практически таких же результатов.

Пример 1

Изготовление наночастиц, содержащих ингибитор осаждения асфальтенов и окисленный полиэтилен

[0066] Материалы. – Окисленный полиэтилен: EPOLENE E-14 от компании Westlake Chemicals; ингибитор осаждения асфальтенов: CLARIANT RP 19-1301 от компании Clariant; анионное поверхностно-активное вещество: додецилбензолсульфонат натрия; катионное поверхностно-активное вещество: хлорид бензилдиметилгексадециламмония.

[0067] Методы. – Воду при температуре 100°C добавляли в смесь, содержащую окисленный полиэтилен, ингибитор осаждения асфальтенов и анионное поверхностно-активное вещество и имеющую температуру 150°C. После добавления воду, содержащую окисленный полиэтилен, ингибитор осаждения асфальтенов и поверхностно-активное вещество, перемешивали при скорости 1500 об/мин в течение 10 минут, а затем обрабатывали ультразвуком в течение 30 секунд с получением эмульсии масла в воде, содержащей окисленный полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов. Эту эмульсию масла в воде затем охлаждали до 4°C в холодильнике с образованием наночастиц, содержащих окисленный полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов. В аналогичном было использовано эксперименте катионное поверхностно-активное вещество вместо анионного поверхностно-активного вещества. Распределения по размерам наночастиц, полученных в экспериментах, представлены на фиг. 6А (для наночастиц, полученных с использованием анионного поверхностно-активного вещества) и на фиг. 6В (для наночастиц, полученных с использованием катионного поверхностно-активного вещества). Полученные методом СЭМ изображения наночастиц, полученных в экспериментах, представлены на фиг. 6С (для наночастиц, полученных с использованием анионного поверхностно-активного вещества) и на фиг. 6D (для наночастиц, полученных с использованием катионного поверхностно-активного вещества).

Пример 2

Состоящие из сердцевины и оболочки наночастицы, содержащие ингибитор осаждения асфальтенов и мезопористый диоксид кремния

[0068] Бромид цетилтриметиламмония добавляли в раствор, содержащий воду и этанол (в молярном соотношении 7,8:1) при температуре 70°C в процессе интенсивного перемешивания. Пропилтриметоксисилан, триэтаноламин и ингибитор осаждения асфальтенов (CLARIANT RP 19-1301 от компании Clariant) добавляли в раствор в процессе интенсивного перемешивания. Значение pH раствора после добавления триэтаноламина составляло от 7,5 до 10. После перемешивания в течение 10-60 минут в смешанный раствор добавляли (3-аминопропил)триэтоксисилан (APTES). При этом

образовывались наночастицы, которые имели состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую составляли сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и оболочка, содержащая мезопористый диоксид кремния, и поверхность которых была функционализирована с применением APTES. Синтезированный продукт отфильтровывали, используя фильтр с диаметром отверстий 0,45 мкм, чтобы предотвратить повреждение пласта. Данный способ также позволяет производить сферические наночастицы на основе мезопористого диоксида кремния (например, без состоящей из сердцевины и оболочки структура), содержащие ингибитор осаждения асфальтенов, загруженный в поры и/или иным образом закомплексанный с диоксидом кремния. На фиг. 7 представлены полученные методами СЭМ (А) и ПЭМ (В) изображения полученных частиц мезопористого диоксида кремния, демонстрирующие сферическую морфологию частиц и размер частиц, составляющий от 200-400 нм. На фиг. 8А представлена морфология, которую составляют оболочка, содержащая мезопористый диоксид кремния, и сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и на фиг. 8В представлена пористая природа наночастиц, состоящих из сердцевины и оболочки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Наночастица, содержащая материал-носитель и ингибитор осаждения асфальтенов, причем ингибитор осаждения асфальтенов выполнен с возможностью высвобождения из материала-носителя, и при этом наночастица имеет размер от 10 нанометров (нм) до 500 нм.

2. Наночастица по п. 1, имеющая размер от 50 нм до 400 нм.

3. Наночастица по любому из пп. 1-2, причем наночастица содержит от 5 мас.% до 95 мас.%, предпочтительно от 20 мас.% до 80 мас.%, материала-носителя и от 5 мас.% до 95 мас.%, предпочтительно от 20 мас.% до 80 мас.%, ингибитора осаждения асфальтенов.

4. Наночастица по любому из пп. 1-2, в которой ингибитор осаждения асфальтенов физически удерживается внутри материала-носителя и/или прикрепляется к материалу-носителю посредством ионной связи, ковалентной связи, водородной связи, ван-дер-ваальсовского взаимодействия или адсорбции на поверхности материала-носителя.

5. Наночастица по п. 4, в которой ингибитор осаждения асфальтенов адсорбируется на поверхности материала-носителя.

6. Наночастица по любому из пп. 1-2, причем по меньшей мере часть поверхности наночастицы содержит модифицирующее поверхность вещество.

7. Наночастица по любому из пп. 1-2, в которой материал-носитель содержит матрицу на основе диоксида кремния, полимерную матрицу, углеродную матрицу, матрицу на основе оксида переходного или постпереходного металла, липидную матрицу, восковую матрицу, матрицу на основе оксида металла второй группы или любые их комбинации.

8. Наночастица по п. 7, в которой матрица представляет собой открытоячеистую пористую матрицу.

9. Наночастица по любому из пп. 1-2, в которой материал-носитель представляет собой матрицу на основе диоксида кремния.

10. Наночастица по п. 9, в которой матрица на основе диоксида кремния представляет собой открытоячеистую пористую матрицу на основе диоксида кремния, предпочтительно имеющую средний размер пор от 2 нм до 50 нм.

11. Наночастица по п. 10, в которой по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов содержится в порах пористой матрицы на основе диоксида кремния.

12. Наночастица по любому из пп. 1-2, причем наночастица имеет состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую составляют сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и пористая оболочка, содержащая материал-носитель.

13. Наночастица по п. 12, причем наночастица имеет диаметр от 250 нм до 350 нм, толщина оболочки составляет от 50 нм до 150 нм, и/или по меньшей мере 90 мас.% сердцевины, по отношению к полной массе сердцевины, составляет ингибитор осаждения асфальтенов.

14. Наночастица по п. 13, в которой оболочка содержит ингибитор осаждения асфальтенов по меньшей мере на части поверхности оболочки и/или в порах оболочки.

15. Наночастица по любому из пп. 1-2, в которой материал-носитель представляет собой матрицу на основе диоксида кремния, и модифицирующее поверхность вещество представляет собой 3-аминопропилтриэтоксисилан и/или н-октадецилтриметоксисилан, предпочтительно 3-аминопропилтриэтоксисилан, и наночастица дополнительно содержит катионное поверхностно-активное вещество, предпочтительно бромид цетилтриметиламмония (СТАВ).

16. Наночастица по любому из пп. 1-2, в которой материал-носитель представляет собой полимерную матрицу.

17. Наночастица по п. 16, в которой полимерная матрица содержит полиолефин.

18. Наночастица по п. 17, в которой полиолефин представляет собой полиэтилен, предпочтительно окисленный полиэтилен.

19. Наночастица по п. 18, в которой полимерная матрица имеет температуру плавления, составляющую от 30°C до 300°C, предпочтительно от 50°C до 200°C.

20. Наночастица по любому из пп. 1-2, в которой ингибитор осаждения асфальтенов выполнен с возможностью высвобождения из наночастицы в течение продолжительного периода времени.

21. Наночастица по любому из пп. 1-2, причем от 2000 кг до 50000 кг наночастиц оказываются достаточными в целях обработки подземных пластов и/или скважин для получения от 300000 баррелей до 8000000 баррелей добываемой нефти.

22. Композиция для обработки скважин, содержащая множество наночастиц по любому из пп. 1-2.

23. Композиция для обработки скважин по п. 22, в которой множество наночастиц имеет средний размер частиц, составляющий от 10 нм до 500 нм, предпочтительно от 50 нм до 400 нм.

24. Композиция для обработки скважин по п. 22, причем композиция представляет собой текучую среду.

25. Композиция для обработки скважин по п. 22, причем композиция для обработки скважин содержит от 2000 кг до 50000 кг наночастиц, и они оказываются достаточными в

целях обработки подземных пластов и/или скважин для получения 300000 баррелей до 8000000 баррелей добываемой нефти.

26. Композиция для обработки скважин по п. 22, дополнительно содержащая воду, поверхностно-активное вещество или органический растворитель или любые их комбинации.

27. Композиция для обработки скважин по п. 26, в которой вода представляет собой водный раствор соли, кислый водный раствор, морскую воду с низким содержанием сульфатов, водный раствор карбоната натрия или любые их комбинации.

28. Способ обработки подземного пласта или ствола скважины, причем способ включает впрыскивание композиции по п. 22 в ствол скважины, и при этом ствол скважины пересекает подземный пласт.

29. Способ по п. 28, в котором обработка представляет собой обработку под давлением подземного пласта или ствола скважины.

30. Способ по п. 29, в котором обработка под давлением включает:

(а) впрыскивание предварительной промывочной композиции в ствол скважины для вытеснения текучих сред в стволе скважины и/или для кондиционирования подземного пласта;

(b) последующее впрыскивание композиции по п. 22 в ствол скважины в условиях, достаточных для того, чтобы композиция по п. 22 вступила в контакт с подземным пластом; и

(с) последующее впрыскивание вытесняющей композиции в ствол скважины в целях увеличения удерживания композиции по п. 22 в подземном пласте.

31. Способ по п. 28, в котором обработка представляет собой непрерывную обработку или обработку с применением труболовки для подземного пласта или ствола скважины.

32. Способ изготовления наночастицы по любому из пп. 1-2, причем способ включает введение ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с материалом-носителем с образованием наночастицы.

33. Способ по п. 32, в котором материал-носитель содержит полиэтиленовую матрицу, и при этом способ включает:

введение полиэтилена в контакт с ингибитором осаждения асфальтенов при температуре выше температуры плавления полиэтилена с образованием эмульсии, содержащей полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов; и

охлаждение эмульсии с образованием наночастицы, содержащей полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов.

34. Способ по п. 33, в котором полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов могут быть введены в контакт с образованием смеси, имеющей температуру выше температура плавления полиэтилена, и эта смесь может быть введена в контакт с несмешивающимся растворителем с образованием эмульсии, причем непрерывная фаза эмульсии содержит несмешивающийся растворитель, и прерывистая капельная фаза эмульсии содержит полиэтилен и ингибитор осаждения асфальтенов.

35. Способ по п. 34, в котором несмешивающийся растворитель представляет собой воду, уксусную кислоту, бутанол, этиленгликоль, ацетилацетон или любые их комбинации, предпочтительно воду.

36. Способ по п. 35, в котором модифицирующее поверхность вещество вводится в контакт с несмешивающимся растворителем до, в течение и/или после введение смеси в контакт с несмешивающимся растворителем.

37. Способ по п. 36, в котором модифицирующее поверхность вещество представляет собой неионогенное поверхностно-активное вещество, анионное поверхностно-активное вещество, катионное поверхностно-активное вещество, амфотерное поверхностно-активное вещество, цвиттер-ионное поверхностно-активное вещество, блок-сополимер, органическое соединение или любые их комбинации.

38. Способ по п. 37, в котором модифицирующее поверхность вещество представляет собой сорбитанмоноолеат, додецилбензолсульфонат натрия, хлорид цетилпиридиния, хлорид бензилдиметилгексадециламмония, бис(2-этилгексил)фосфат или любые их комбинации.

39. Способ по п. 32, в котором материал-носитель содержит матрицу на основе диоксида кремния, и способ включает введение ингибитора осаждения асфальтенов в контакт с предшественником диоксида кремния с образованием наночастицы, содержащей диоксид кремния и ингибитор осаждения асфальтенов.

40. Способ по п. 39, в котором предшественник диоксида кремния представляет собой алкоксид кремния.

41. Способ по п. 40, в котором по меньшей мере часть ингибитора осаждения асфальтенов в наночастице содержится внутри открытоячеистых пор матрицы на основе диоксида кремния.

42. Способ по п. 41, в котором наночастица имеет состоящую из сердцевины и оболочки структуру, которую составляют сердцевина, содержащая ингибитор осаждения асфальтенов, и оболочка, содержащая матрица на основе диоксида кремния.

43. Способ по п. 42, в котором ингибитор осаждения асфальтенов и предшественник диоксида кремния вводятся в контакт в растворе.

44. Способ по п. 43, дополнительно включающий добавление катализатора в раствор, причем катализатор катализирует образование диоксида кремния из предшественника диоксида кремния.

45. Способ по п. 44, в котором катализатор представляет собой триэтаноламин, и/или гидроксид аммония, предпочтительно триэтаноламин.

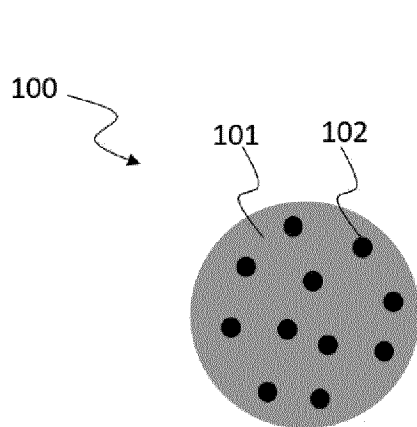
46. Способ по п. 45, дополнительно включающий добавление поверхностно-активного вещества в раствор.

47. Способ по п. 46, в котором поверхностно-активное вещество представляет собой катионное поверхностно-активное вещество.

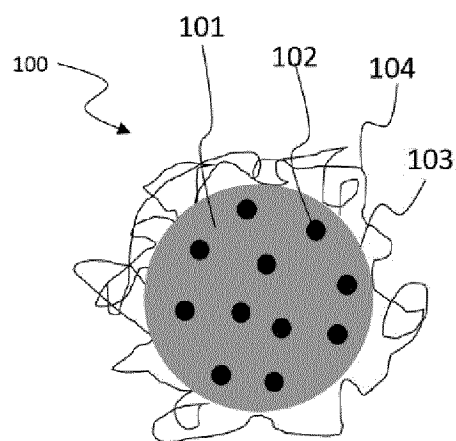
48. Способ по п. 47, в котором катионное поверхностно-активное вещество представляет собой галогенид цетилтриметиламмония, такой как хлорид цетилтриметиламмония и/или бромид цетилтриметиламмония, предпочтительно бромид цетилтриметиламмония.

49. Способ по п. 48, дополнительно включающий добавление модифицирующего поверхность вещества, содержащего алкилсилоксан с длинной алкильной цепью, в раствор.

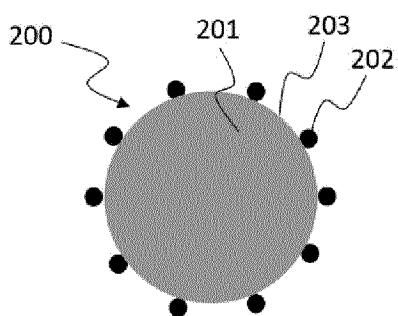
50. Способ по п. 49, в котором модифицирующее поверхность вещество содержит (3-аминопропил)триэтоксисилан (APTES).



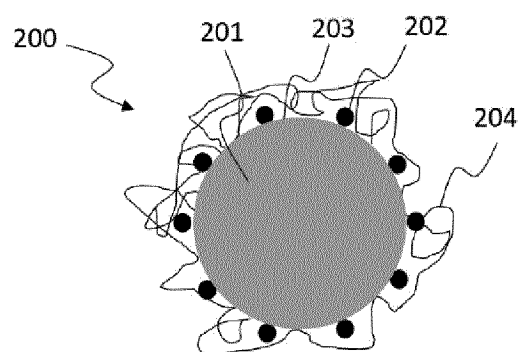
Фиг. 1А



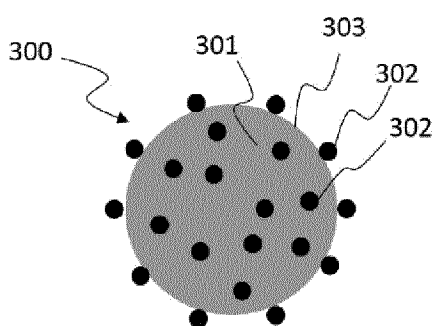
Фиг. 1В



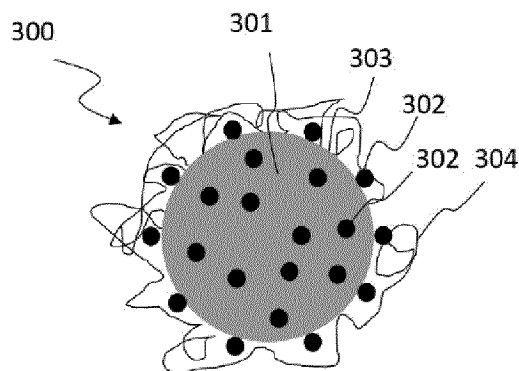
Фиг. 2А



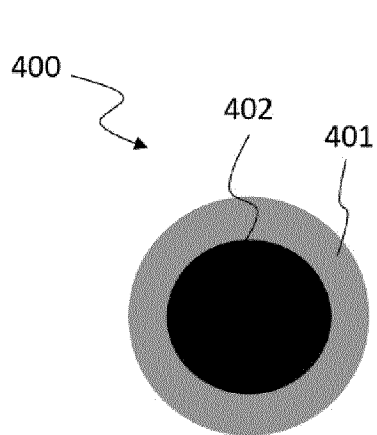
Фиг. 2В



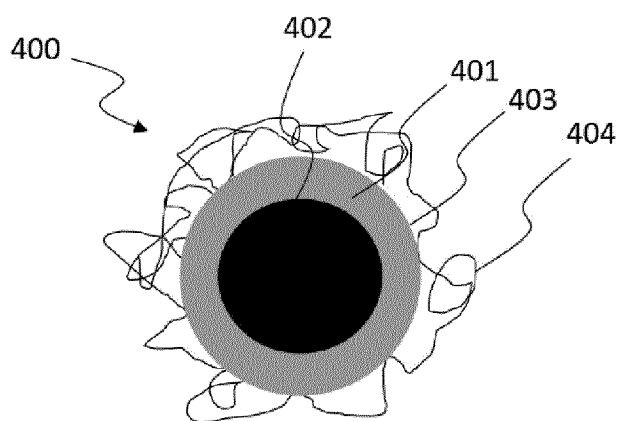
Фиг. 3А



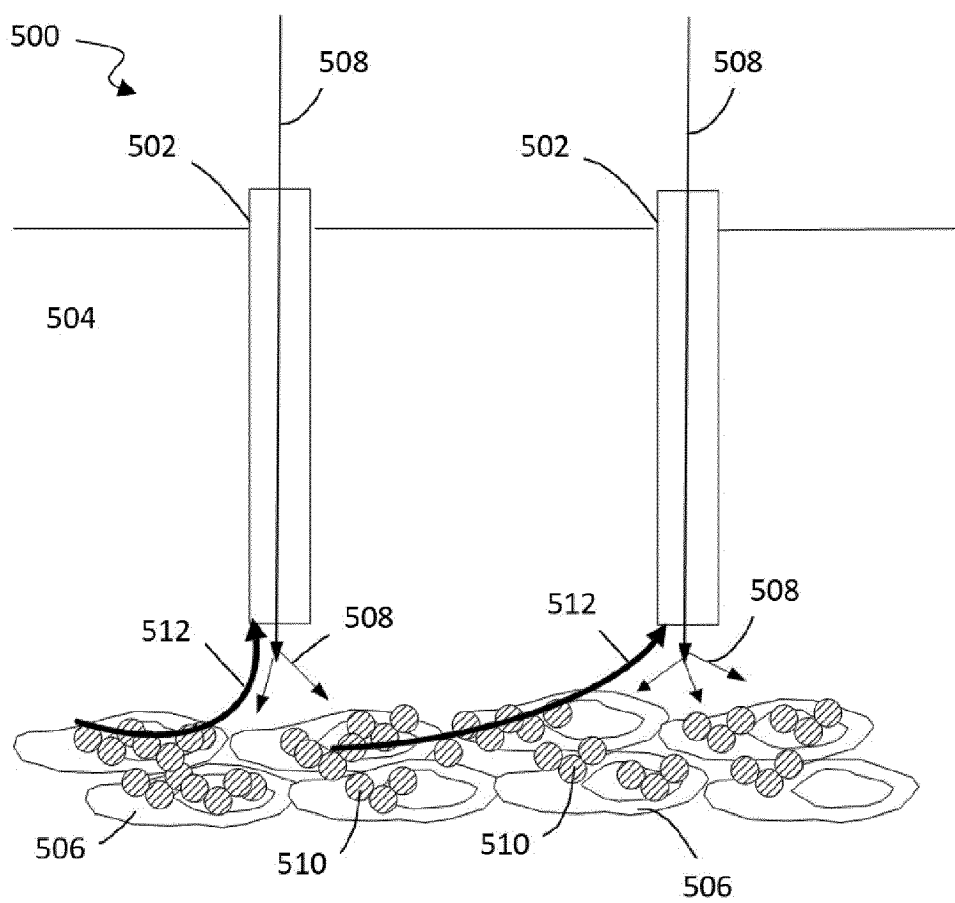
Фиг. 3В



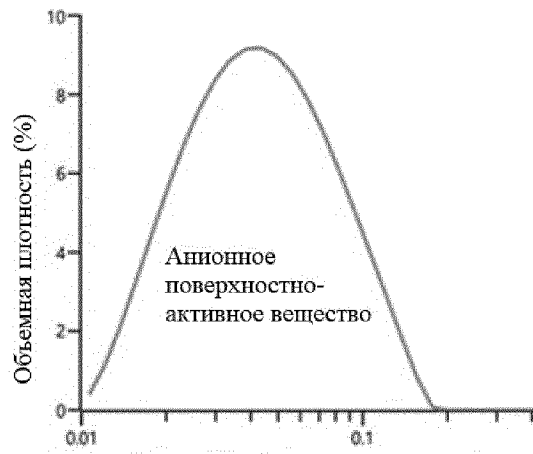
Фиг. 4А



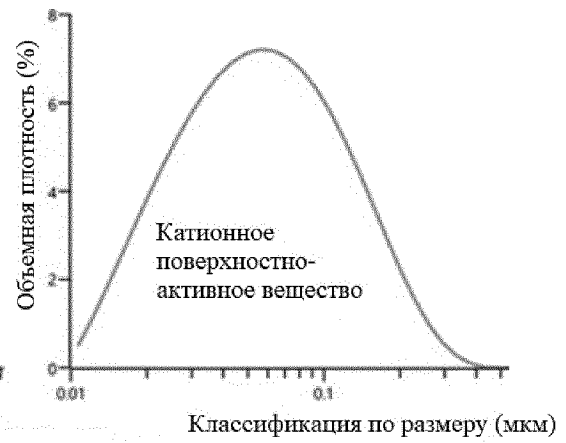
Фиг. 4В



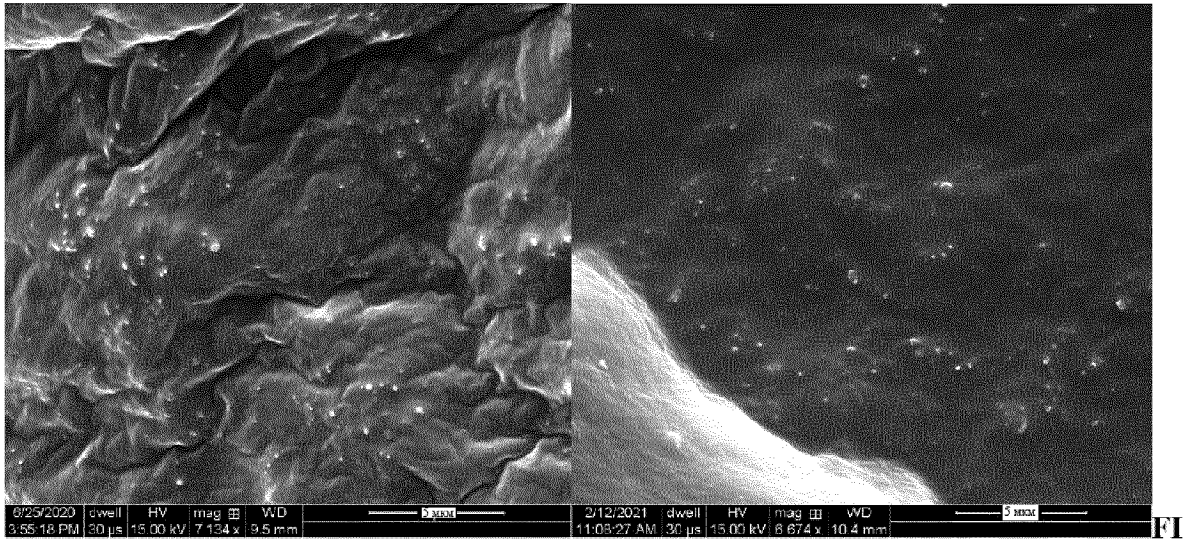
Фиг. 5



Фиг. 6А

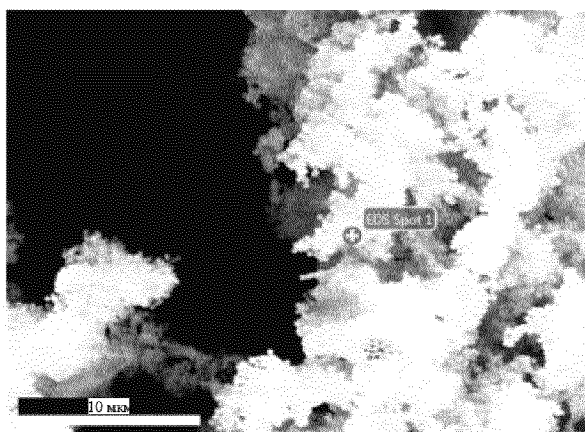


Фиг. 6В

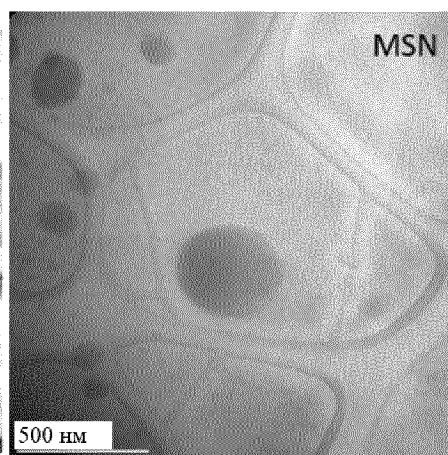


Фиг. 6С

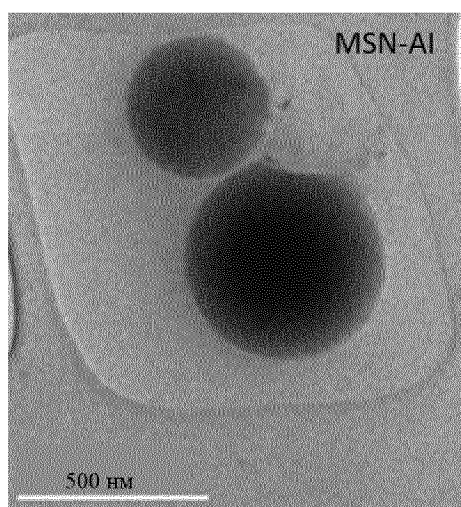
Фиг. 6D



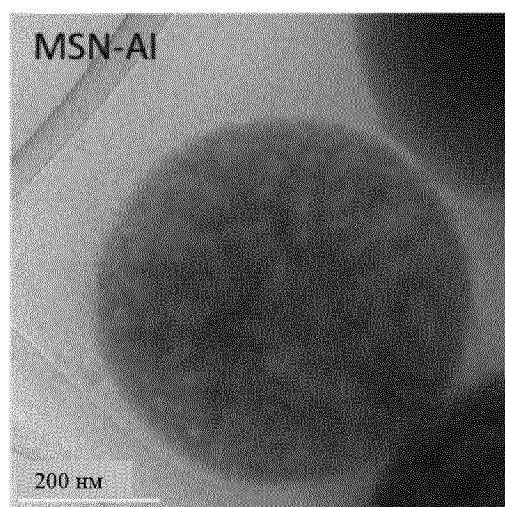
Фиг. 7А



Фиг. 7В



Фиг. 8А



Фиг. 8В