

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **041311**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.10.07

(21) Номер заявки
201991437

(22) Дата подачи заявки
2017.12.11

(51) Int. Cl. **C09K 8/582** (2006.01)
C09K 8/60 (2006.01)
C09K 8/584 (2006.01)
C12N 1/16 (2006.01)
C12N 1/18 (2006.01)

(54) ПРОДУКТЫ НА ОСНОВЕ МИКРООРГАНИЗМОВ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В БИОРЕМЕДИАЦИИ И ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ПАРАФИНА И ДРУГИХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ ДОБЫЧЕ НЕФТИ И ГАЗА И С ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

(31) 62/432,611; 62/461,985; 62/523,021;
62/528,725; 62/563,691

(32) 2016.12.11; 2017.02.22; 2017.06.21;
2017.07.05; 2017.09.27

(33) US

(43) 2019.11.29

(86) PCT/US2017/065608

(87) WO 2018/107162 2018.06.14

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**ЛОКУС ОЙЛ АЙПИ КОМПАНИ,
ЛЛК (US)**

(72) Изобретатель:
**Фармер Шон, Алибек Кен, Адамс
Кент, Каратур Картик Н. (US)**

(74) Представитель:
**Тагбергенова М.М., Тагбергенова А.Т.
(KZ)**

(56) US-A1-20150037302
BRITO D. A. D.: "Biosurfactants from renewable raw materials", Department of Biological Engineering, Minho University, Thesis, 2013, pp. 1-73, See page 8, 2nd paragraph; tables 2 and 10.

ALIAS N. H. et al.: "Saccharomyces cerevisiae from baker s yeast for lower oil viscosity and beneficial metabolite to improve oil recovery: An overview", Applied Mechanics and Materials, Epub. 12 September 2014, Vol. 625, pp. 522-525, See abstract.

SILVA R. D. C. F. S. et al.: "Applications of biosurfactants in the petroleum industry and the remediation of oil spills", International Journal of Molecular Sciences, 15 July 2014, Vol. 15, pp. 12523-12542, See the whole document.
US-A1-20140273150

(57) В заявленном изобретении продолжены продукты на основе микроорганизмов и их использование для одновременного повышения нефтеотдачи из нефтяной скважины при эффективном удалении загрязняющих композиций, таких как биопленка, осаднения, парафин и/или асфальтены, из оборудования для добычи нефти и нефтеносных пластов. Настоящее изобретение также может быть использовано для диспергирования парафиновых и асфальтеновых осадков и для снижения вязкости тяжелой сырой нефти. В настоящем изобретении дополнительно предложены материалы и способы для биоремедиации участков, загрязненных углеводородами.

B1

041311

041311

B1

Перекрестная ссылка на родственные заявки

Настоящая заявка испрашивает приоритет предварительной заявки США № 62/432611, поданной 11 декабря 2016 г., предварительной заявки США № 62/461985, поданной 22 февраля 2017 г., предварительной заявки США № 62/563691, поданной 27 сентября 2017 г., предварительной заявки США № 62/523021, поданной 21 июня 2017 г., и предварительной заявки США № 62/528725, поданной 5 июля 2017 г., все из которых включены в настоящую документ посредством ссылки в полном объеме.

Уровень техники

Нефть существует в небольших порах и узких трещинах пластовой породы под поверхностью земли. Естественное давление в пласте заставляет нефть вытекать на поверхность, обеспечивая тем самым первичную добычу; однако по мере добычи нефти пластовое давление снижается до точки, в которой требуется искусственный подъем или откачка для поддержания оптимальной скорости добычи нефти.

Когда необходимо подвести внешнюю энергию к пласту для достижения дополнительной добычи нефти (вторичная добыча), дополнительная энергия может быть введена путем подачи газа (нагнетания газа) и/или воды (закачивание воды). После нескольких лет работы на месторождении нагнетаемые жидкости текут преимущественно вдоль слоев с высокой проницаемостью, которые заставляют эти жидкости обходить нефтенасыщенные участки в пласте. Следовательно, увеличивающееся количество воды (или газа) поднимается вместе с нефтью. Уменьшая соотношение нефти и воды в итоге, становится неэкономичным продолжать процесс, и месторождение должно быть заброшено. В этой ситуации может рассматриваться третья стадия добычи нефти, так называемая третичная добыча или повышение нефтеотдачи (EOR).

На этом третичном этапе используются технически-передовые методы для изменения свойств либо пластовых жидкостей, либо характеристик пластовых пород.

В целом методы могут быть разделены на четыре основные категории: термические методы, химические методы, смешивание или нагнетание растворителя и микробиологические методы.

Микробиологический метод повышения нефтеотдачи (MEOR) - это междисциплинарная область, включающая, среди прочего, геологию, химию, микробиологию, механику жидкостей, технологию добычи нефтепродуктов, технологию моделирования эксплуатационных условий и химическую технологию. Микробиологические процессы, протекающие при MEOR, могут быть классифицированы в соответствии с проблемой добычи нефти на месторождении: очистка ствола скважины, которая удаляет грязь и другой обломочный материал, блокирующий каналы, по которым течет нефть; стимуляция скважины, которая улучшает приток нефти из области дренажа в ствол скважины; и повышение закачивания воды, которое увеличивает микробиологическую активность путем введения выбранных микроорганизмов, а иногда и питательных веществ.

Таким образом, MEOR использует микроорганизмы и/или их метаболиты для повышения извлечения остаточной нефти. В данном способе питательные вещества и подходящие бактерии, которые предпочтительно растут в условиях анаэробного пласта, вводятся в пласт. Микробные побочные продукты жизнедеятельности, которые могут включать биологические поверхностно-активные вещества (био-ПАВ), биополимеры, кислоты, растворители, газы и ферменты, изменяют свойства нефти и обмен между нефтью, водой и пористой средой, тем самым увеличивая подвижность и, следовательно, добычу нефти.

Микроорганизмы также могут быть полезны при обслуживании оборудования и конструкций, используемых при добыче, передаче и транспортировке нефти. Одной из наиболее распространенных проблем, приводящих к разрушению конструкции и неэффективности производства, является образование отложений внутри и вокруг ствола скважины, насосно-компрессорных труб, подводных трубопроводов, резервуаров, сепараторов и других компонентов инфраструктуры добычи нефти и газа.

Безопасное и эффективное производство углеводородных композиций зависит от правильного функционирования установок по производству углеводородов. Одной из наиболее распространенных проблем, приводящих к разрушению конструкции и неэффективности производства, является образование отложений внутри и вокруг ствола скважины, насосно-компрессорных труб, подводных трубопроводов, резервуаров, сепараторов и других компонентов инфраструктуры добычи нефти и газа.

Эти проблемные отложения образуются, например, из высокомолекулярных компонентов жидкостей нефтепродуктов, прежде всего парафинов и асфальтенов. Потеря растворимости в сырой нефти обычно приводит к осаждению парафинов и асфальтенов и образованию отложений. Они могут смешиваться с минеральными компонентами и образовывать отложения. Образование отложений и других отложений может возникнуть, например, из-за изменений давления, состава и/или температуры сырой нефти.

Систематическая обработка или удаление отложений имеет решающее значение для поддержания должным образом функционирующих установок по производству углеводородов. Как только на поверхности образуется даже тонкий слой парафиновых или асфальтеновых отложений, скорость дальнейшего накопления резко возрастает. Кроме того, со временем проблемы с парафином и асфальтеном становятся все более распространенными. Кроме того, добыча нефти уменьшается по мере падения пластового давления, что, в свою очередь, снижает скорость потока. Пленки и химические вещества со временем накапливаются в порах сланца, уменьшая движение углеводородов в стволе скважины. Это может привести к

изменению температурных градиентов и, следовательно, большему накоплению тяжелых углеводородов.

По мере увеличения толщины отложений в производственных и распределительных конструкциях в результате происходит постепенное снижение добычи. В конструкциях труб и обсадки труб отложения начинают уменьшать внутренний диаметр трубопровода и ограничивают свободный поток нефти и газа. Когда это происходит, внутренняя шероховатость конструкций также увеличивается, что повышает давление насоса, необходимое для перемещения нефтепродукта. Если их не обработать, отложения могут в итоге привести к полной закупорке. Кроме того, в зависимости от местоположения осадков, техническое обслуживание и/или аварийный ремонт могут стать чрезвычайно дорогими.

Современные способы удаления отложений относятся к четырем основным категориям: механическое, химическое, микробиологическое и термическое удаление. Механическое удаление обычно включает использование скребков или резцов для физического удаления отложений. Например, в резервуарах, где произошло осаждение, боковые стороны резервуара должны быть вырезаны, а затем для удаления отложений используется усилие, например, кувалда. Для трубопроводов часто требуется полная замена труб, если отложения становятся слишком толстыми для ручного или механического удаления.

Химическое удаление включает использование растворителей или ПАВ, которые могут растворять отложения или препятствовать их кристаллизации и образованию. Примеры широко используемых растворителей включают толуол и ксилол. Хотя эти химические растворители помогают предотвратить осаждение парафинов и асфальтенов, они не могут предотвратить выпадение осадков.

Кроме того, определенные штаммы бактерий могут быть использованы для разложения самих отложений или могут производить природные био-ПАВ, которые делают это. Однако наряду с этими методами тщательное удаление отложений часто требует добавления некоторого типа термической обработки. Термическое удаление, например, с помощью пара или горячей нефти, полезно для расплавления или растворения отложений и, как отмечено, для дополнения других способов удаления.

Присутствие большого количества высокомолекулярных органических соединений в самой сырой нефти также может способствовать трудностям при добыче и транспортировке нефти. Это связано с влиянием, например, содержания асфальтенов на вязкость нефти. Чем больше содержание асфальтенов, парафинов и смол в нефти, тем выше вязкость и плотность масла нефти. Вязкость является критическим реологическим свойством жидкостей в нефтяном пласте и может сильно влиять на способность жидкости перемещаться из пласта и через системы добычи. Тяжелая и сверхтяжелая нефть, гудрон и/или асфальт имеют высокую вязкость и, следовательно, очень обременительны при добыче и транспортировке.

Сорок процентов мировых запасов нефти составляют тяжелая и сверхтяжелая нефть, на которую приходится 3,6-5,2 триллиона баррелей нефти. Таким образом, извлечение этих высоковязких углеводородов может иметь большое экономическое значение. Тем не менее, большая часть тяжелой и сверхтяжелой нефти не восстанавливается обычными способами. Например, для прокачки нефти с более высокой вязкостью по трубопроводам до нефтеперерабатывающих заводов и перерабатывающих установок требуется значительное количество энергии. Кроме того, вязкость влияет на скорость, с которой можно перекачивать сырую нефть, а более вязкая нефть способствует снижению общей производительности нефтяного месторождения.

Биопленки могут также накапливаться в различных конструкциях и механизмах переработки, включая сланцевую обшивку, скважины, трубы и резервуары. "Биопленка" включает слои биомассы, состоящие из компактно сгруппированных микроорганизмов, окруженных внеклеточной матрицей полимерных веществ. Биопленки прилипают к поверхностям многих искусственных механизмов, таких как трубы и трубопроводы, и могут существенно нарушать их надлежащее функционирование. Кроме того, многие биопленки, присутствующие в нефтяных вышках или на них, содержат сульфатредуцирующие бактерии, которые генерируют сильнодействующие побочные химические продукты, например сероводород. Газ сероводород вреден для буровых рабочих, которые могут его вдохнуть. Кроме того, сероводород может вызвать коррозию различных механизмов в нефтедобывающей конструкции. Кроме того, сероводород может вызывать закисание нефти при хранении или транспортировке. Кислая нефть имеет высокое содержание серы, что увеличивает затраты для производителей и потребителей из-за увеличения времени и ресурсов, необходимых для переработки нефти.

Накопление органических отложений в нефти и на нефтеперерабатывающем оборудовании может иметь усугубляющий эффект. Если эти органические соединения не будут удалены, операторы могут столкнуться с понижением выхода продукта, неправильным функционированием насосов, закупоркой насосно-компрессорных труб и трубопроводов, а также возможностью полной потери отдачи нефти скважиной. Стоимость, безопасность при переработке, устойчивость при крупномасштабной добыче и повреждение пластов должны учитываться при разработке способов удаления этих отложений для обеспечения долгосрочной эффективности добычи углеводородов.

Из-за важности безопасной и эффективной добычи нефти и газа и трудностей, вызванных органическими соединениями, отложениями и биопленками при добыче и транспортировке нефти и газа, существует постоянная потребность в улучшенных способах предотвращения присутствия и/или удаления таких загрязняющих веществ на установках по производству углеводородов.

Сущность изобретения

В заявленном изобретении предложены микроорганизмы, а также побочные продукты их жизнедеятельности, такие как био-ПАВ и/или ферменты. В заявленном изобретении также предложены способы использования этих микроорганизмов и побочных продуктов их жизнедеятельности. Преимущественно продукты и способы на основе микроорганизмов, согласно настоящему изобретению, являются экологически чистыми, эксплуатационно-дружественными и экономически эффективными.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к продуктам на основе микроорганизмов, а также к их применению для улучшения эксплуатационных характеристик нефтяной скважины при удалении загрязняющих композиций, таких как биопленка, отложения, парафин и/или асфальтен, с оборудования для добычи нефти.

В настоящем изобретении дополнительно предложены материалы и способы для биоремедиации участков, загрязненных углеводородами.

В определенных вариантах осуществления настоящего изобретения предложен способ повышения эффективности добычи нефти путем применения к нефтяной скважине композиции, содержащей культивируемый дрожжевой микроорганизм и/или продукт его жизнедеятельности. Преимущественно способ по настоящему изобретению работает для одновременного стимулирования нефтяной скважины при удалении парафина, асфальтенов, отложений и/или других загрязнений из скважины и оборудования для добычи нефти.

В одном варианте осуществления предложены способы обработки, например, ствола скважины; нефтяного месторождения; оборудование для транспортировки, передачи и/или переработки нефти; и/или участка ремедиации. В некоторых вариантах осуществления способы используются для улучшения добычи нефти, а также для обслуживания, например, труб, буров, резервуаров и других конструкций, и оборудования, участвующих в добыче, транспортировке, хранении и/или переработке нефти и/или газа.

В конкретных вариантах осуществления настоящее изобретение предлагает эффективные способы удаления парафина и/или асфальтена с использованием микроорганизмов, продуцирующих биохимические вещества. Биохимические вещества, продуцируемые микроорганизмами, могут представлять собой, например, био-ПАВ. В дополнительных вариантах осуществления композиции и способы по настоящему изобретению могут разжижать твердый парафин и/или асфальтен, а также диспергировать парафин и/или асфальтен, который выпал в осадок из нефти. Более того, композиции и способы могут одновременно повышать нефтеотдачу пластом, например, улучшая приток нефти из скважины. Это может быть достигнуто даже при добыче в истощенных (малорентабельных) скважинах с заниженной добычей.

В других вариантах осуществления материалы и способы можно использовать для биоремедиации, включая биоремедиацию загрязненных углеводородами вод, почв и других участков.

В некоторых вариантах осуществления в способе используются штаммы дрожжей и/или побочные продукты их жизнедеятельности. В одном варианте осуществления микроорганизм, используемый в способах по настоящему изобретению, представляет собой дрожжи, продуцирующие био-ПАВ. В настоящем изобретении предложен, например, продукт на основе микроорганизмов, содержащий культивируемый *Starmerella bombicola* ATCC 22214 и/или продукты жизнедеятельности этого микроорганизма. Кроме того, в настоящем изобретении предложен продукт на основе микроорганизмов, содержащий культивируемые штаммы дрожжей-киллеров, такие как, например, *Wickerhamomyces anomalus* (*Pichia anomala*) дрожжи и/или побочные продукты их жизнедеятельности. В некоторых вариантах осуществления штамм микроорганизма можно использовать в сочетании с другими химическими и/или микробиологическими обработками, в том числе с другими видами и/или штаммами микроорганизмов.

В определенных вариантах осуществления композиция на основе микроорганизмов по настоящему изобретению содержит микроорганизмы и био-ПАВ. Био-ПАВ могут быть теми, которые вырабатываются самими микроорганизмами, или био-ПАВ могут добавляться в сырой и/или очищенной форме. В некоторых вариантах осуществления композиция дополнительно содержит ионную или полуионную жидкость.

В некоторых вариантах осуществления композиция дополнительно содержит одни или несколько видов пекарских или пивных дрожжей (*Saccharomyces cerevisiae*), дрожжевые экстракты, соли и/или растворители.

В определенных вариантах осуществления био-ПАВ работают синергетически с растворителями и другими метаболитами, которые также продуцируются микроорганизмами.

В определенных вариантах осуществления композиции по настоящему изобретению имеют преимущества перед, например, только био-ПАВ, благодаря использованию всей клеточной культуры. Эти преимущества могут включать одно или несколько из следующих: высокие концентрации маннопротеина как части наружной поверхности клеточной стенки дрожжей; присутствие бета-глюкана в клеточных стенках дрожжей; наличие био-ПАВ в культуре; и присутствие метаболитов (например, молочной кислоты, этанола, бета-глюкана и т.д.). В определенных вариантах осуществления метаболиты служат растворителями.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения предложен способ получения микробного метаболита путем культивирования штамма микроорганизма в условиях, подходящих для роста и

продуцирования ПАВ; и очистки метаболита. Примеры микробных метаболитов, согласно настоящему изобретению, включают био-ПАВ, биополимеры, растворители, ферменты, белки, кислоты, газы, токсины, спирты, витамины, минеральные вещества, микроэлементы и аминокислоты. В предпочтительном варианте осуществления метаболит представляет собой био-ПАВ.

Продукты на основе микроорганизмов по настоящему изобретению могут использоваться в различных уникальных условиях благодаря, например, способности эффективно доставлять свежий ферментационный бульон с активными метаболитами; смесь клеток, спор и/или мицелия и ферментационный бульон; композицию с вегетативными клетками, спорами и/или мицелием; композиции с высокой плотностью клеток, включая вегетативные клетки, споры и/или мицелий; продукты на основе микроорганизмов не требующие времени на их получение; и продукты на основе микроорганизмов в отдаленные места.

Краткое описание фигур

На фиг. 1А-1Б показано 100 г асфальтенового осадка в Star 3+ с 4 г/л SLP в 5 % ионном растворе перед встряхиванием на качалке. На фиг. 1А снизу показана колба для обработки с видимым осадком в виде темных твердых частиц, осевших на дне. На фиг. 1Б показана та же колба для обработки сбоку.

На фиг. 2А-2Б показано 100 г асфальтенового осадка в Star 3+ с 4 г/л SLP и 1 % ионный раствор перед встряхиванием на качалке. На фиг. 2А снизу показана колба для обработки с видимым осадком в виде темных твердых частиц, осевших на дне. На фиг. 2Б показана та же колба для обработки сбоку.

На фиг. 3А-3Б показано 100 г асфальтенового осадка в Star 3+ с 4 г/л SLP перед встряхиванием на качалке. На фиг. 3А снизу показана колба для обработки с видимым осадком в виде темных твердых частиц, осевших на дне. На фиг. 3Б показана та же колба для обработки сбоку.

На фиг. 4А-4Б показана обработка отдельно 100 г асфальтенового осадка в Star 3+ перед встряхиванием на качалке. На фиг. 4А снизу показана колба для обработки с видимым осадком в виде темных твердых частиц, осевших на дне. На фиг. 4Б показана та же колба для обработки сбоку.

На фиг. 5А-5Б показана обработка отдельно 100 г асфальтенового осадка в Star 3+ перед встряхиванием на качалке. На фиг. 5А снизу показана колба для обработки с видимым осадком в виде темных твердых частиц, осевших на дне. На фиг. 5Б показана та же колба для обработки сбоку.

На фиг. 6 показаны каждая из колб с предыдущих фиг. 1-5 перед встряхиванием на качалке.

На фиг. 7 показаны каждая из колб с предыдущих фиг. 1-5 после 5 ч встряхивания на качалке.

На фиг. 8А-8Б показано повышение качества нефтяного кокса с использованием заявленного изобретения. На фиг. 8А показан контейнер с твердым нефтяным коксом, требующий использования молотка для отделения кусков. На фиг. 8Б показан нефтяной кокс, разжиженный после нескольких часов обработки по заявленному изобретению.

На фиг. 9 показана блок-схема, представляющая пример применения заявленного изобретения в типичном процессе нефтепереработки. Стадии блок-схемы потока, расположенные выше и справа от пунктирных линий, представляют существующие процессы переработки. Стадии блок-схемы потока, расположенные под пунктирными линиями, показывают, как настоящее изобретение может быть включено в примеры процессов нефтепереработки.

На фиг. 10А-10Б показаны результаты исследования тяжелой неочищенной нефти термогравиметрическим анализом (фиг. 10А) и увеличения БТЕ (фиг. 10Б) после обработки заявленным изобретением.

На фиг. 11 показано увеличение показателя API и снижение вязкости после применения заявленной обработки к трем разным типам нефти при 80°F.

На фиг. 12 показаны результаты диспергирования парафина и стимулирующей обработки скважины в горизонтальной скважине (Спичли Сэнд, Пенсильвания).

На фиг. 13 показаны результаты диспергирования парафина и стимулирующей обработки скважины в вертикальной скважине (Тремело Долomit, Огайо).

На фиг. 14 показаны преимущества настоящего изобретения в борьбе с отложениями парафина по сравнению с методами на основе горячей воды, горячей нефти и растворителей. В частности, традиционные методы могут временно удалять парафиновый воск, но их необходимо часто повторять. Кроме того, традиционные промывка горячей нефтью и обработка горячей водой могут повредить пласты, вдавливая парафин в пласт, а растворители могут быть чрезвычайно токсичными.

На фиг. 15 показаны твердый асфальтен (слева) и диспергированный твердый асфальтен с использованием заявленного изобретения (справа).

На фиг. 16 показано оборудование, загрязненное парафином, до и после обработки заявленным изобретением.

На фиг. 17 показано увеличение добычи в скважине до и после обработки заявленным изобретением.

На фиг. 18 показано влияние заявленной обработки на проданную нефть (баррель), уровень жидкости в резервуаре (баррель/сутки) и регулирование продажи газа (тыс. куб. футов/сутки x 3) до и после обработки вертикальной скважины (Спичли Сэнд, Пенсильвания). Две сплошные темные вертикальные линии выделяют точки, в которых проводилась обработка скважины. Уровень добычи нефти до обработки составил 0,6 баррелей в сутки, а уровень добычи нефти после обработки составил 2,3 барреля в сутки, с общим увеличением на 280%.

На фиг. 19 показано влияние заявленной обработки на проданную нефть (баррель), калибровку резервуара (баррель/сутки) и продажу газа (тыс. куб. футов/сутки) до и после обработки вертикальной скважины (Ниневия Санд, Пенсильвания). Две сплошные темные вертикальные линии выделяют точки, в которых проводилась обработка скважины.

На фиг. 20 показаны примеры чередования режимов диспергирования парафина и обработки для стимуляции скважины в пластах, имеющих температуру до 90°C, pH 2,0, 15 мД, 15% пористости и до 15% солености.

На фиг. 21 показан диапазон геологических строений, глубин, проницаемостей и температур, где настоящее изобретение было успешным для обработки парафина и асфальтена.

Подробное описание изобретения

В настоящем изобретении предложены полезные продукты на основе микроорганизмов, которые содержат микроорганизмы и/или побочные продукты их жизнедеятельности. Побочными продуктами их жизнедеятельности могут быть, например, био-ПАВ, растворители и/или ферменты. В заявленном изобретении также предложены способы использования указанных продуктов на основе микроорганизмов. Преимущественно продукты и способы на основе микроорганизмов по настоящему изобретению создают микробную экосистему, в которой большинство, если не все, химические вещества заменяются микробными обработками. Таким образом, настоящее изобретение является экологически чистым, эксплуатационно-дружественным и экономически эффективным по сравнению с традиционными методами обработки для борьбы с отложениями.

В заявленном изобретении предложены композиции и способы удаления парафина и/или асфальтена с использованием микроорганизмов, продуцирующих биохимические вещества. Биохимические вещества, продуцируемые микроорганизмами, могут представлять собой, например, био-ПАВ. В дополнительных вариантах осуществления композиции и способы по настоящему изобретению могут разжижать твердый парафин и асфальтен, а также диспергировать парафин и асфальтен, который выпал в осадок из нефти.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к продуктам на основе микроорганизмов, а также к их применению для улучшения эксплуатационных характеристик нефтяной скважины при удалении загрязняющих композиций, таких как биопленка, отложения, парафин и/или асфальтен, с буровых участков и оборудования для добычи нефти.

В других вариантах осуществления материалы и способы по настоящему изобретению можно использовать для биоремедиации, включая биоремедиацию загрязненных углеводородами вод, почв и других участков.

В определенных вариантах осуществления настоящего изобретения предложен способ повышения эффективности добычи нефти путем применения к нефтяной скважине композиции, содержащей дрожжевой микроорганизм и/или продукт его жизнедеятельности. Необязательно, способ может дополнительно включать добавление питательных веществ, которые являются полезными для роста микроорганизмов, таких как, например, азот, нитрат, фосфор, магний, углерод и/или электроноакцепторные соли. Преимущественно способ по настоящему изобретению работает для одновременного стимулирования нефтяной скважины при удалении парафина, асфальтенов, отложений и/или других загрязнений из скважины и из оборудования для добычи нефти.

В некоторых вариантах осуществления способы используются для стимулирования нефтяных скважин и/или их улучшения, усиления и/или одновременного обслуживания, например, труб, буров, резервуаров и других конструкций и оборудования, участвующих в добыче, транспортировке, хранении и/или переработке нефти и/или газа. Настоящее изобретение также может быть использовано для обслуживания и/или стимуляции горизонтальных, вертикальных и/или фракционирующих скважин, истощенных (или малорентабельных) скважин, отводных линий и для очистки днищ резервуаров для хранения.

В определенных вариантах осуществления композиция на основе микроорганизмов по настоящему изобретению содержит микроорганизмы и био-ПАВ. Био-ПАВ могут быть теми, которые вырабатываются самими микроорганизмами, или био-ПАВ могут добавляться в сырой и/или очищенной форме. В некоторых вариантах осуществления композиция дополнительно содержит ионную или полуионную жидкость.

В определенных вариантах осуществления био-ПАВ работают синергетически с другими метаболитами, которые также продуцируются микроорганизмами.

В определенных вариантах осуществления настоящего изобретения предложен способ повышения эффективности добычи нефти путем применения к нефтяной скважине композиции, содержащей дрожжевой микроорганизм и/или продукт его жизнедеятельности. Композиция может дополнительно включать пекарские и/или пивные дрожжи, дрожжевые экстракты, соли, растворители и био-ПАВ.

В дополнительных вариантах осуществления предложен способ биохимически повышенной нефтеотдачи, в котором на скважину наносят композицию, содержащую одно или несколько из следующих веществ: био-ПАВ, гидроксид аммония, аммониевую соль и спиртовой растворитель. В данном способе композиция не содержит микроорганизм и, таким образом, особенно полезна для улучшения добычи нефти из истощенной скважины.

Необязательно, способы могут дополнительно включать добавление питательных веществ, которые являются полезными для роста микроорганизмов, таких как, например, азот, нитрат, фосфор, магний, углерод и/или электроноакцепторные соли.

Композиции и способы по настоящему изобретению могут быть использованы для удаления парафина и/или асфальтена (например, из стержней, насосно-компрессорных труб, обсадных колонн, резервуаров, трубопроводов, подводных трубопроводов и т.д.) и эмульгирования; предотвращения коррозии оборудования для добычи/транспортировки/переработки нефтепродуктов; снижения концентрации H_2S в скважинах и добытой сырой нефти; очистки нефтепромысловых трубопроводов, резервуаров, подводных трубопроводов, резервуаров для хранения и стволов скважин; удаления отложений, буровой грязи и/или биопленки; предотвращения образования отложений, буровой грязи и/или биопленки; диспергирования осажденного парафина и/или асфальтена; и снижения вязкости тяжелой сырой нефти.

Преимущественно заявленные обработки разжижения и диспергирования парафина и асфальтена могут освободить застрявшие или плавающие стержни, что позволяет неработающим скважинам возобновить нормальную работу. Кроме того, заявленные способы обработки могут открывать забытые каналы, что позволяет улучшить добычу нефти. Более того, заявленные способы обработки требуют более низкой частоты применения по сравнению с горячей нефтью, водой или растворителями. На фиг. 14 показано сравнение заявленного изобретения с традиционными способами.

В одном варианте осуществления композиция по настоящему изобретению может эффективно разжижать твердый парафин при, например, от 25 до 60°C. В некоторых вариантах осуществления заявленное изобретение также может эффективно разжижать асфальтены, битумы и смолы в более ценные и полезные компоненты, такие как дистилляты и/или фракции газойля, без разложения сырой нефти на метан или другие газы. Это может быть достигнуто, например, на протяжении ночи (или за 12 ч или меньше). Например, асфальтены и смолы могут быть превращены в легковоспламеняющуюся растворимую форму, имеющую преимущество перед их менее легковоспламеняющимся состоянием твердого вещества. Преимущественно заявленные композиции и способы действуют без увеличения TAN (общего кислотного числа) нефти.

Применение продуктов на основе микроорганизмов по настоящему изобретению может быть выполнено во время операций бурения (например, во время бурения, при спуске или подъеме буровой колонны в/из скважины, при прокачке бурового раствора, при обсаживании колонны, при размещении хвостовика обсадной колонны, и/или при цементировании и т. д.) и в качестве производственной обработки. Преимущественно продукты на основе микроорганизмов не образуют биопленки в нефтегазодобывающих пластах и оборудовании.

В некоторых вариантах осуществления в способе используются штаммы дрожжей и/или побочные продукты их жизнедеятельности. В одном варианте осуществления микроорганизм, используемый в способах по настоящему изобретению, представляет собой дрожжи, продуцирующие био-ПАВ. В настоящем изобретении предложен, например, продукт на основе микроорганизмов, содержащий культивированный *Starmerella bombicola* ATCC 22214 и/или продукты жизнедеятельности этого микроорганизма. Кроме того, в настоящем изобретении предложен продукт на основе микроорганизмов, содержащий культивированные штаммы дрожжей-киллеров, такие как, например, *Wickerhamomyces anomalus* дрожжи и/или побочные продукты их жизнедеятельности.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к продукту дрожжевой ферментации, обозначенному как "Star 3", который можно использовать для разжижения осажденных и отвержденных отходов в виде асфальтена и смол. Указанный Star 3 был получен путем культивирования дрожжей, продуцирующих софоролипид, *Starmerella bombicola* ATCC 22214. Ферментационный бульон после 4 дней культивирования при 30°C содержал суспензию дрожжевых клеток и 4 г/л софоролипида.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к продукту дрожжевой ферментации, обозначенному как "Star 3+", который можно использовать для разжижения осажденных и отвержденных отходов в виде асфальтена и смол. Указанный Star 3+ был получен путем культивирования дрожжей-киллеров, продуцирующих софоролипид, *Wickerhamomyces anomalus* (*Pichia anomala*) в среде, содержащей необходимые источники углерода, азота, минеральных веществ и, необязательно, антимикробных веществ для предотвращения роста бактерий. Культура может быть выращена с дополнительным источником углерода, в частности, с насыщенной газом нефтью. Ферментационный бульон получали после 48-72 ч культивирования при 25-30°C и pH от примерно 5,0 до примерно 5,5. Так получали продукт Star 3+.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения предложен способ повышения эффективности добычи нефти путем применения к нефтяной скважине композиции, содержащей дрожжевой микроорганизм *Starmerella* и/или продукт его жизнедеятельности. В определенных вариантах осуществления композиция содержит Star 3.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения предложен способ повышения эффективности добычи нефти путем применения к нефтяной скважине композиции, содержащей как микроорганизм дрожжи-киллеры (например, *Pichia anomala*) и/или продукт их жизнедеятельности. В определенных предпочтительных вариантах осуществления композиция содержит Star 3+.

В одном варианте осуществления комбинации на основе микроорганизмов в соответствии с настоящим изобретением получают посредством процессов культивирования, варьирующихся от мало-масштабных до крупномасштабных. Процесс культивирования может представлять собой, например, глубинное культивирование, поверхностное культивирование, твердофазную ферментацию (SSF) и/или их комбинацию.

Выбранные определения

Используемый в данном документе термин "загрязняющее вещество" относится к любому веществу, которое вызывает загрязнение или снижение чистоты другого вещества или объекта. Загрязняющие вещества могут быть живыми или неживыми и могут быть неорганическими или органическими веществами или отложениями. Кроме того, загрязняющие вещества могут включать углеводороды, такие как нефтепродукты, битуминозные пески или асфальтены; жиры, масла и смазочные материалы (FOG), такие как кулинарные жиры и сало; липиды; воски, такие как парафин; смолы; биопленки; или любые другие вещества, относящиеся, например, к грязи, пыли, осадениям (включая осадок сульфида железа), буровой грязи, грязи, шлакам, саже, осадениям, налету, отложениям или остаткам, но не ограничиваются ими.

Используемый в данном документе термин "очистка", используемый в контексте загрязнения или биологического обрастания, означает удаление или уменьшение количества загрязнений с поверхности или единиц оборудования. Очистка может включать очищение, удаление биологического обрастания, удаление загрязнений, вычищения или удаление засоров и может быть достигнута любыми способами, включая расплавление, диспергирование, эмульгирование, растворение, соскабливание, разложение, дробеструйную очистку, вымачивание или расщепление загрязняющего вещества, но не ограничиваясь ими. Очистка может дополнительно включать борьбу с отложениями, ингибирование или предотвращение дальнейшего загрязнения или биологического обрастания.

Используемый в данном документе термин "композиция на основе микроорганизмов" означает композицию, которая содержит компоненты, которые были получены в результате жизнедеятельности микроорганизмов или других клеточных культур. Таким образом, композиция на основе микроорганизмов может содержать сами микроорганизмы и/или побочные продукты жизнедеятельности микроорганизмов. Микроорганизмы могут находиться в вегетативном состоянии, в форме спор, в форме мицелия, в любой другой форме пропагул или их смеси. Микроорганизмы могут быть в форме планктона или в форме биопленки, или в виде смеси обоих. Побочными продуктами жизнедеятельности могут быть, например, метаболиты, компоненты клеточной мембраны, экспрессированные белки и/или другие клеточные компоненты. Микроорганизмы могут быть целыми или лизированными. В предпочтительных вариантах осуществления микробы присутствуют вместе с бульоном, в котором они были выращены, в композиции на основе микроорганизмов. Микроорганизмы могут присутствовать, например, в концентрации 1×10^4 , 1×10^5 , 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , 1×10^9 , 1×10^{10} , или 1×10^{11} или более пропагул на миллилитр композиции. Используемый в данном документе термин пропагула означает любую часть микроорганизма, из которой может развиваться новый и/или зрелый организм, включая клетки, споры, мицелий, почки и семена, но не ограничиваясь ими.

В заявленном изобретении дополнительно предложены "продукты на основе микроорганизмов", которые представляют собой продукты, которые должны применяться на практике для достижения желаемого результата. Продукт на основе микроорганизмов может представлять собой просто композицию на основе микроорганизмов, полученную в процессе культивирования микроорганизмов. Альтернативно, продукт на основе микроорганизмов может содержать дополнительные ингредиенты, которые были добавлены. Указанные дополнительные ингредиенты могут включать, например, стабилизаторы, буферы, подходящие носители, такие как вода, растворы солей или любой другой подходящий носитель, добавленные питательные вещества для поддержки дальнейшей жизнедеятельности микроорганизмов, усилители роста, не являющиеся питательными веществами, такие как гормоны растений, и/или агенты, которые облегчают отслеживание микроорганизмов и/или композиции в среде, в которой они применяются. Продукт на основе микроорганизмов может также содержать смеси композиций на основе микроорганизмов. Продукт на основе микроорганизмов может также содержать один или несколько компонентов композиции на основе микроорганизмов, которые были обработаны каким-либо образом, таким как фильтрация, центрифугирование, лизирование, сушка, очистка и тому подобное, но не ограничиваясь ими.

Используемый в данном документе термин "изолированная" или "очищенная" молекула нуклеиновой кислоты, полинуклеотид, полипептид, белок или органическое соединение, такое как малая молекула, по существу, не содержит других соединений, таких как клеточный материал, с которым она связана в природном состоянии. Используемый в данном документе термин "изолированный" по отношению к штамму означает, что штамм удален из среды, в которой он существует в природном состоянии. Таким образом, выделенный штамм может существовать в виде, например, биологически чистой культуры или в виде спор (или других форм штамма) в сочетании с сельскохозяйственным носителем.

В определенных вариантах осуществления очищенные соединения составляют по меньшей мере 60 мас.% представляющего интерес соединения. Предпочтительно препарат составляет по меньшей мере 75

мас.%, более предпочтительно по меньшей мере 90 мас.% и наиболее предпочтительно по меньшей мере, 99 мас.% представляющего интерес соединения. Например, очищенное соединение представляет собой соединение, которое составляет по меньшей мере 90, 91, 92, 93, 94, 95, 98, 99 или 100 мас.% желаемого соединения по массе. Чистота измеряется любым подходящим стандартным методом, например колоночной хроматографией, тонкослойной хроматографией или высокоэффективной жидкостной хроматографией (ВЭЖХ). Очищенный или выделенный полинуклеотид (рибонуклеиновая кислота (РНК) или дезоксирибонуклеиновая кислота (ДНК)) не содержит генов или последовательностей, которые фланкируют его в своем естественном состоянии. Очищенный или выделенный полипептид не содержит других молекул или аминокислот, которые его фланкируют в своем естественном состоянии.

Представленные в данном документе диапазоны считаются условным обозначением для всех значений в указанном диапазоне. Например, под диапазоном от 1 до 20 понимают любое значение, комбинацию значений или поддиапазон из группы, включающей 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 и 20, а также все промежуточные десятичные значения между вышеупомянутыми целыми числами, такие как, например, 1,1, 1,2, 1,3, 1,4, 1,5, 1,6, 1,7, 1,8 и 1,9. Что касается поддиапазонов, специально предусмотрены "охваченные поддиапазоны", которые находятся в пределах любой конечной точки диапазона. Например, охваченный поддиапазон примерного диапазона от 1 до 50 может содержать от 1 до 10, от 1 до 20, от 1 до 30 и от 1 до 40 в одном направлении, или от 50 до 40, от 50 до 30, от 50 до 20 и от 50 до 10 в другом направлении.

Используемый в данном документе термин "уменьшает" означает отрицательное изменение, составляющее по меньшей мере 1, 5, 10, 25, 50, 75 или 100%.

Используемый в данном документе термин "референтный" означает стандартное или контрольное условие.

Используемый в данном документе термин "солеустойчивый" по отношению к микроорганизму означает, что микроорганизм способен расти при концентрации хлорида натрия 15 % или более. В конкретном варианте осуществления "солеустойчивый" относится к способности расти при 150 г/л NaCl или более.

Термин "метаболит" относится к любому веществу, продуцируемому в метаболизме (то есть побочному продукту жизнедеятельности) или веществу, необходимому для участия в определенном метаболическом процессе. Метаболит может представлять собой органическое соединение, которое является исходным веществом (например, глюкоза), промежуточным соединением (например, ацетил-КоА) или конечным продуктом (например, н-бутанол) метаболизма. Примеры метаболитов включают ферменты, токсины, кислоты, растворители, газы, спирты, белки, витамины, минеральные вещества, микроэлементы, аминокислоты, полимеры и ПАВ, но не ограничиваются ими.

Используемый в данном документе термин "ПАВ" означает соединение, которое снижает поверхностное натяжение (или межфазное натяжение) между двумя жидкостями или между жидкостью и твердым веществом. ПАВ действуют как детергенты, смачивающие агенты, эмульгаторы, пенообразователи и/или диспергаторы. Термин "био-ПАВ" представляет собой поверхностно-активное вещество, продуцируемое живой клеткой.

Используемый в данном документе термины "тяжелая нефть" или "тяжелые углеводороды" означают вязкие углеводородные жидкости. Тяжелые углеводороды могут включать высоковязкие углеводородные жидкости, такие как тяжелая нефть, сверхтяжелая нефть, гудрон и/или битум. Тяжелая и сверхтяжелая нефть являются высоковязкими с плотностью, близкой или даже превышающей плотность воды. Тяжелые углеводороды могут содержать от умеренных до высоких количеств парафинов, смол и асфальтенов, а также меньшие концентрации серы, кислорода и азота. Тяжелые углеводороды могут также включать ароматические углеводороды или другие углеводороды с кольцевым комплексом. Дополнительные элементы также могут присутствовать в тяжелых углеводородах в следовых количествах. Тяжелые углеводороды могут быть классифицированы по плотности по API. Тяжелые углеводороды обычно имеют плотность по API ниже примерно 20°. Например, тяжелая нефть, как правило, имеет удельный вес по API примерно 10-20°, тогда как сверхтяжелая нефть, как правило, имеет удельный вес по API ниже примерно 12°. Вязкость тяжелых углеводородов обычно выше примерно 200 сП в пластовых условиях, а вязкость сверхтяжелой нефти обычно составляет примерно 10000 сП или более.

Культивирование микроорганизмов в соответствии с заявленным изобретением

В заявленном изобретении предложены способы культивирования микроорганизмов и продуцирования микробных метаболитов и/или других побочных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов. Системы культивирования микроорганизмов обычно используют глубинное культивирование культур; тем не менее, поверхностные культуры и гибридные системы также могут быть использованы. Используемый в данном документе термин "культивирование" относится к выращиванию клеток в контролируемых условиях. Культивирование может быть аэробным или анаэробным.

В одном варианте осуществления в настоящем изобретении предложены материалы и способы для производства биомассы (например, жизнеспособного клеточного материала), внеклеточных метаболитов (например, небольших молекул и выделенных белков), остаточных питательных веществ и/или внутриклеточных компонентов (например, ферментов и других белков).

В одном варианте осуществления настоящего изобретения предложен способ получения микробного метаболита путем культивирования штамма микроорганизма по настоящему изобретению в условиях, подходящих для роста и продуцирования указанного метаболита; и очистки метаболита. В конкретном варианте осуществления метаболит представляет собой био-ПАВ.

Емкость для выращивания микроорганизмов, используемый в соответствии с настоящим изобретением, может представлять собой любой ферментер или реактор для культивирования для промышленного использования. В одном варианте осуществления емкость может иметь функциональные элементы управления/датчики или может быть связана с функциональными элементами управления/датчиками для измерения важных факторов в процессе культивирования, таких как pH, кислород, давление, температура, мощность на валу мешалки, влажность, вязкость и/или плотность микроорганизмов и/или концентрация метаболитов.

В дополнительном варианте осуществления емкость также может быть способна контролировать рост микроорганизмов внутри емкости (например, измерение количества клеток и фаз роста). Альтернативно, суточный образец может быть взят из емкости и подвергнут подсчету методами, известными в данной области техники, такими как посев методом разведения. Посев методом разведения - это простой метод, используемый для подсчета количества микроорганизмов в образце. По указанному методу также можно рассчитать индекс, по которому можно сравнивать различные среды или методы обработки.

В одном варианте осуществления способ включает дополнение культивирования источником азота. Источником азота может быть, например, нитрат калия, нитрат аммония, сульфат аммония, фосфат аммония, аммиак, мочевины и/или хлорид аммония. Указанные источники азота могут использоваться независимо или в комбинации двух или более.

Способ может обеспечить оксигенацию растущей культуры. В одном варианте осуществления используется медленное движение воздуха для удаления воздуха с низким содержанием кислорода и введения насыщенного кислородом воздуха. Насыщенный кислородом воздух может быть окружающим воздухом, ежедневно пополняемым через механизмы, включающие в себя лопастные колеса для механического перемешивания жидкости и распределители воздуха для подачи пузырьков газа в жидкость для растворения кислорода в жидкости.

Способ может дополнительно включать дополнение культивирования источником углерода. Источником углерода обычно является углевод, такой как глюкоза, сахароза, лактоза, фруктоза, трегалоза, манноза, маннит и/или мальтоза; органические кислоты, такие как уксусная кислота, фумаровая кислота, лимонная кислота, пропионовая кислота, яблочная кислота, малоновая кислота и/или пировиноградная кислота; спирты, такие как этанол, изопропил, пропанол, бутанол, пентанол, гексанол, изобутанол и/или глицерин; жиры и масла, такие как соевое масло, масло рисовых отрубей, масло канолы, оливковое масло, кукурузное масло, кунжутное масло и/или льняное масло и т.п. Указанные источники углерода могут использоваться независимо или в комбинации двух или более.

В предпочтительном варианте осуществления способ включает использование двух источников углерода, один из которых представляет собой насыщенное масло, выбранное из рапсового, растительного, кукурузного, кокосового, оливкового или любого другого масла, подходящего для использования, например, в кулинарии. В конкретном варианте осуществления насыщенное масло представляет собой 2% масло канолы.

В одном варианте осуществления факторы роста и микроэлементы для микроорганизмов включены в питательную среду. Это особенно предпочтительно при культивировании микроорганизмов, которые не способны вырабатывать все необходимые им витамины. Неорганические питательные вещества, включая микроэлементы, такие как железо, цинк, медь, марганец, молибден и/или кобальт, также могут быть включены в питательную среду. Кроме того, источники витаминов, незаменимых аминокислот и микроэлементов могут быть включены, например, в форме муки или муки крупного помола, таких как кукурузная мука, или в форме экстрактов, таких как дрожжевой экстракт, экстракт картофеля, экстракт говядины, экстракт соевых бобов, экстракт банановой кожуры и тому подобное или в очищенных формах. Аминокислоты, такие как, например, те, которые полезны для биосинтеза белков, также могут быть включены, например, L-аланин.

В одном варианте осуществления также могут быть включены неорганические соли. Пригодными неорганическими солями могут быть дигидрофосфат калия, гидрофосфат дикалия, гидрофосфат натрия, сульфат магния, хлорид магния, сульфат железа, хлорид железа, сульфат марганца, хлорид марганца, сульфат цинка, хлорид свинца, сульфат меди, хлорид кальция, карбонат кальция, хлорид натрия и/или карбонат натрия. Указанные неорганические соли могут использоваться независимо или в комбинации двух или более.

В некоторых вариантах осуществления способ культивирования может дополнительно включать добавление дополнительных кислот и/или противомикробных препаратов в жидкую питательную среду перед и/или во время процесса культивирования. Антимикробные агенты или антибиотики используются для защиты культуры от загрязнения. Кроме того, могут быть добавлены пеногасители для предотвращения образования и/или накопления пены, когда газ образуется во время культивирования.

Значение pH смеси должно соответствовать интересующему микроорганизму. Буферы и регулято-

ры pH, такие как карбонаты и фосфаты, могут быть использованы для стабилизации pH примерно предпочтительного значения. Когда ионы металлов присутствуют в высоких концентрациях, может потребоваться использование хелатирующего агента в жидкой питательной среде.

Способ и оборудование для культивирования микроорганизмов и получения микробных побочных продуктов жизнедеятельности могут быть выполнены в периодическом, полунепрерывном или непрерывном процессах культивирования.

В одном варианте осуществления способ культивирования микроорганизмов осуществляют при температуре от примерно 5 до примерно 100°C, предпочтительно от 15 до 60°C, более предпочтительно от 25 до 50°C. В дополнительном варианте осуществления культивирование может проводиться непрерывно при постоянной температуре. В другом варианте культивирование может подвергаться изменению температуры.

В одном варианте осуществления оборудование, используемое в способе и процессе культивирования, является стерильным. Оборудование для культивирования, такое как реактор/емкость, может быть отделено от стерилизационного устройства, например, от автоклава, но подключено к нему. Оборудование для культивирования также может иметь стерилизационный блок, который стерилизует *in situ* перед началом инокуляции. Воздух можно стерилизовать способами, известными в данной области техники. Например, окружающий воздух может проходить через, по меньшей мере, один фильтр, прежде чем упадет в емкость. В других вариантах осуществления питательная среда может быть пастеризована или, необязательно, вообще не нагреваться, причем может быть использовано низкая активность воды и низкий pH для борьбы с ростом бактерий.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение дополнительно относится к способу получения микробных метаболитов, таких как этанол, молочная кислота, бета-глюкан, белки, пептиды, промежуточные метаболиты, полиненасыщенные жирные кислоты и липиды. Содержание метаболита, полученного этим способом, может составлять, например, по меньшей мере 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80 или 90%.

Содержание биомассы в ферментационном бульоне может составлять, например, от 5 до 180 г/л или более. В одном варианте осуществления содержание твердых веществ в бульоне составляет от 10 до 150 г/л.

Побочный продукт жизнедеятельности микроорганизмов, продуцируемый микроорганизмами, представляемыми интерес, может удерживаться в микроорганизмах или секретироваться в жидкую питательную среду. В другом варианте осуществления способ получения побочного продукта жизнедеятельности микроорганизмов может дополнительно включать стадии концентрирования и очистки побочного продукта жизнедеятельности микроорганизмов, представляющего интерес. В дополнительном варианте осуществления жидкая питательная среда может содержать соединения, которые стабилизируют активность побочного продукта жизнедеятельности микроорганизмов.

В одном варианте осуществления всю композицию для культивирования микроорганизмов удаляют по завершении культивирования (например, после достижения желаемой плотности клеток или плотности указанного метаболита в бульоне). В указанном периодическом режиме культивирования совершенно новая партия начинается после получения первой партии.

В другом варианте осуществления только часть продукта ферментации удаляется одновременно. В этом варианте осуществления биомасса с жизнеспособными клетками остается в сосуде в качестве инокулянта для новой партии культивирования. Композиция, которая удаляется, может представлять собой бульон, не содержащий микроорганизмов, или содержать клетки, споры, мицелий, конидии или другие репродуктивные пропагулы. Таким образом, создается полунепрерывная система.

Преимущественно, способ не требует сложного оборудования или большого потребления энергии. Представляющие интерес микроорганизмы можно культивировать в малом или крупном масштабе на месте и использовать, даже все еще смешанными с питательной средой. Аналогичным образом, микробные метаболиты могут также продуцироваться в больших количествах в нужном месте.

Преимущественно продукты на основе микроорганизмов можно производить в удаленных местах. В одном варианте осуществления продукты на основе микроорганизмов можно использовать для питания человека и/или профилактики и/или лечения заболеваний. Средства для выращивания микроорганизмов могут работать вне сети с использованием, например, солнечной, ветровой и/или гидроэнергетики.

Штаммы микроорганизмов, выращенные в соответствии с настоящим изобретением

Микроорганизмами, выращенными в соответствии с системами и способами по настоящему изобретению, могут быть, например, бактерии, дрожжи и/или грибы. Эти микроорганизмы могут быть природными или генетически модифицированными микроорганизмами. Например, микроорганизмы могут быть трансформированы специфическими генами для проявления специфических характеристик. Микроорганизмы также могут быть мутантами желаемого штамма. Процедуры получения мутантов хорошо известны в области микробиологии. Например, ультрафиолетовый свет и нитрозогуанидин широко используются для этой цели.

В одном варианте осуществления микроорганизм представляет собой дрожжи или грибы. Виды

дрожжей и грибов, пригодные для использования согласно настоящему изобретению, включают *Candida*, *Saccharomyces* (*S. cerevisiae*, *S. boulardii* sequela, *S. torula*), *Issalchenkia*, *Kluyveromyces*, *Pichia*, *Wickerhamomyces* (например, *W. anomalus*), *Starmerella* (например, *S. bombicola*), *Mycorrhiza*, *Mortierella*, *Phycomyces*, *Blakeslea*, *Thraustochytrium*, *Phythium*, *Entomophthora*, *Aureobasidium pullulans*, *Pseudozyma aphidis*, *Fusarium venenatum*, *Aspergillus*, *Trichoderma* (например, *T. reesei*, *T. harzianum*, *T. hamatum*, *T. viride*), и/или *Rhizopus* spp.

В одном варианте осуществления дрожжи являются дрожжами киллерами. Используемый в данном документе термин "дрожжи киллеры" означает штамм дрожжей, характеризующийся секрецией токсических белков или гликопротеинов, против которого сам штамм является невосприимчивым. Экзотоксины, выделяемые дрожжами киллерами, способны убивать другие штаммы дрожжей, грибов или бактерий. Например, микроорганизмы, с которыми можно бороться дрожжами киллерами, включают *Fusarium* и другие нитчатые грибы. Примерами дрожжей-киллеров в соответствии с настоящим изобретением являются те, которые можно безопасно использовать в пищевой промышленности и ферментации, например, в пивоварении, виноделии и в хлебопечении; те, которые могут быть использованы для борьбы с другими микроорганизмами, которые могут загрязнять такие производственные процессы; те, которые могут быть использованы в биоборьбе для сохранения пищевых продуктов; те, которые могут быть использованы для лечения грибных инфекций у людей и растений; и те, которые могут быть использованы в технологии рекомбинантных ДНК. Такие дрожжи могут включать *Wickerhamomyces*, *Pichia* (например, *P. anomala*, *P. guilliermondii*, *P. kudriavzevii*), *Hansenula*, *Saccharomyces*, *Hanseniaspora*, (например, *H. uvarum*), *Ustilago maydis*, *Debaryomyces hansenii*, *Candida*, *Cryptococcus*, *Kluyveromyces*, *Torulopsis*, *Ustilago*, *Williopsis*, *Zygosaccharomyces* (например, *Z. bailii*), и другие, но не ограничиваются ими.

В предпочтительных вариантах осуществления микроорганизмы могут быть выбраны среди штаммов дрожжей-киллеров. В еще более предпочтительных вариантах осуществления микроорганизмы являются штаммы *Wickerhamomyces anomalus*.

Wickerhamomyces anomalus, также известен как *Pichia anomala* и *Hansenula anomala*, часто ассоциируется с производством продуктов питания и зерна. *W. anomalus* производит киллерный токсин, содержащий экзо- β -1,3-глюканазу. Дополнительно *W. anomalus* производит био-ПАВ, способные уменьшать поверхностное/межфазное натяжение воды, а также различные другие полезные растворители, ферменты и метаболиты, такие как фитаза, этилацетат, уксусная кислота, молочная кислота, изопропиловый спирт, этанол и другие.

В одном варианте осуществления штамм микроорганизма выбран из клда *Starmerella*. Культура микроорганизма *Starmerella* полезна в соответствии с заявленным изобретением, *Starmerella bombicola*, может быть получена из Американской коллекции типовых культур (ATCC), 10801 Университетский бул., Манассас, Ва. 20110-2209 США. Депозиту присвоен депозитарный номер ATCC 22214 депозитарием.

В одном варианте осуществления в настоящем изобретении предложено использование штамма дрожжей ATCC 22214 и его мутантов. Этот штамм является эффективным продуцентом софоролипидных био-ПАВ (SLP).

В одном варианте осуществления микроорганизм представляет собой штамм *Pseudozyma aphidis*. Этот микроорганизм является эффективным продуцентом био-ПАВ липида маннозилеритрита (MEL).

В некоторых вариантах осуществления микроорганизмы представляют собой бактерии, включая грамположительные и грамотрицательные бактерии. Бактерии могут быть, например, *Bacillus* (например, *B. subtilis*, *B. licheniformis*, *B. firmus*, *B. laterosporus*, *B. megaterium*, *B. amyloliquifaciens*), *Clostridium* (*C. butyricum*, *C. tyrobutyricum*, *C. acetobutyricum*, *Clostridium NIPER 7*, и *C. beijerinckii*), *Azobacter* (*A. vineandii*, *A. chroococcum*), *Pseudomonas* (*P. chlororaphis* subsp. *aureofaciens* (Kluyver), *P. aeruginosa*), *Agrobacterium radiobacter*, *Azospirillumbrasilensis*, *Rhizobium*, *Sphingomonas paucimobilis*, *Ralstonia eulophia*, и/или *Rhodospirillum rubrum*.

В одном варианте осуществления микроорганизм представляет собой непатогенный штамм *Pseudomonas*. Предпочтительно, штамм является продуцентом рамнолипидных (RLP) биосурфактантов.

В одном варианте осуществления микроорганизм представляет собой штамм *Bacillus subtilis*, который является эффективным продуцентом сурфактиновых био-ПАВ.

Другие штаммы микроорганизмов, включая, например, другие штаммы грибов, способные накапливать значительные количества, например, гликолипид-био-ПАВ, могут быть использованы в соответствии с настоящим изобретением. Био-ПАВ, применимые в соответствии с настоящим изобретением, включают маннопротеин, бета-глюкан и другие метаболиты, которые обладают биоэмульгирующими свойствами и способствуют снижению поверхностного/межфазного натяжения.

Приготовление продуктов на основе микроорганизмов

Одним из продуктов на основе микроорганизмов по настоящему изобретению является просто ферментационный бульон, содержащий микроорганизм и/или микробные метаболиты, продуцируемые микроорганизмом, и/или любые остаточные питательные вещества. Продукт ферментации может быть использован непосредственно без экстракции или очистки. При желании экстракция и очистка могут быть легко достигнуты с использованием стандартных методов или методик экстракции и/или очистки,

описанных в литературе.

Микроорганизмы в продукте на основе микроорганизмов могут находиться в активной или неактивной форме. Продукты на основе микроорганизмов могут использоваться без дальнейшей стабилизации, консервации и хранения. Преимущественно прямое использование этих продуктов на основе микроорганизмов сохраняет высокую жизнеспособность микроорганизмов, уменьшает возможность загрязнения посторонними агентами и нежелательными микроорганизмами и поддерживает активность побочных продуктов жизнедеятельности микроорганизмов.

Микроорганизмы и/или бульон, полученный в результате роста микроорганизмов, могут быть удалены из емкости для выращивания и перенесены, например, через трубопровод для немедленного использования.

В других вариантах осуществления композиция (микроорганизмы, бульон или микроорганизмы и бульон) может быть помещена в контейнеры соответствующего размера, принимая во внимание, например, предполагаемое использование, предполагаемый способ применения, размер ферментационной емкости и любой способ транспортировки от установки для выращивания микроорганизма до места использования. Таким образом, контейнеры, в которые помещена композиция на основе микроорганизмов, могут иметь объем, например, от 1 до 1000 галлонов или более. В других вариантах осуществления контейнеры имеют объем 2 галлона, 5 галлонов, 25 галлонов или больше.

В некоторых вариантах осуществления композиции по настоящему изобретению имеют преимущества перед, например, отдельно био-ПАВ, включая одно или несколько из следующего: высокие концентрации маннопротеина как части внешней поверхности клеточной стенки дрожжей (маннопротеин является высокоэффективным биоэмульгатором, способным к достижению до 80% индекса эмульгирования); наличие биополимера бета-глюкана (эмульгатора) в клеточных стенках дрожжей; присутствие в культуре био-ПАВ, способных снижать поверхностное и межфазное натяжение; и присутствие метаболитов (например, молочной кислоты, этанола и т. д.).

После получения композиции на основе микроорганизмов из емкости для выращивания можно добавлять дополнительные компоненты, когда полученный продукт помещают в контейнеры и/или доставляют по трубам (или иным образом транспортируют для использования). Добавками могут быть, например, буферы, носители, другие композиции на основе микроорганизмов, производимые в той же или другой установке, модификаторы вязкости, консерванты, питательные вещества для роста микроорганизмов, отслеживающие агенты, растворители, биоциды, другие микроорганизмы и другие ингредиенты, специфичные для предполагаемого использования.

Другие подходящие добавки, которые могут содержаться в составах согласно настоящему изобретению, включают вещества, которые обычно используются для таких препаратов. Примеры таких добавок включают поверхностно-активные вещества, эмульгаторы, смазывающие вещества, буферные агенты, агенты, регулирующие растворимость, агенты, регулирующие pH, консерванты, стабилизаторы и агенты, устойчивые к ультрафиолетовому излучению.

В одном варианте осуществления композиция может дополнительно содержать буферные агенты, включая органические кислоты и аминокислоты или их соли. Подходящие буферы включают цитрат, глюконат, тартрат, малат, ацетат, лактат, оксалат, аспартат, малонат, глюкогептонат, пируват, галактарат, глюкарат, тартронат, глутамат, глицин, лизин, глутамин, метионин, цистеин, аргинин и их смеси. Фосфорная и фосфористая кислоты или их соли также могут быть использованы. Синтетические буферы пригодны для использования, но предпочтительно использовать природные буферы, такие как органические кислоты и аминокислоты или их соли, перечисленные выше.

В дополнительном варианте осуществления регуляторы pH включают гидроксид калия, гидроксид аммония, карбонат или бикарбонат калия, соляную кислоту, азотную кислоту, серную кислоту или их смесь.

В одном варианте осуществления в состав могут быть включены дополнительные компоненты, такие как водный препарат соли в виде полипротоновой кислоты, такой как бикарбонат или карбонат натрия, сульфат натрия, фосфат натрия, бифосфат натрия.

В некоторых вариантах осуществления могут быть добавлены дополнительные компоненты для повышения эффективности композиции на основе микроорганизмов и ее использования в обработке углеводородов, например, путем обеспечения большего извлечения легких углеводородных фракций, таких как легкие нефтяные фракции и/или фракции гудрона из битума.

Например, в одном варианте осуществления композиция может содержать добавленные очищенные био-ПАВ или растворители в дополнение к тем, которые уже присутствуют в композиции вследствие метаболизма микроорганизма. В одном варианте осуществления ионные или полуионные жидкости могут быть добавлены в композицию для повышения ее эффективности. Например, 1, 2, 3, 4, 5% или более ионная жидкость может быть добавлена в композицию. Ионные жидкости могут действовать в качестве соразтворителей и могут предотвращать образование кольцевых связей в углеводородных композициях, что является одной из причин осаждения углеводородов.

Преимущественно в соответствии с заявленным изобретением продукт на основе микроорганизмов может содержать бульон, в котором были выращены микроорганизмы. Продукт может представлять со-

бой, например, по меньшей мере 1, 5, 10, 25, 50, 75 или 100 мас.% бульона. Количество биомассы в продукте может составлять, например, от 0 до 100 мас.%, включая все процентные значения в диапазоне между ними.

По желанию, продукт может храниться до использования. Время хранения предпочтительно короткое. Так, время хранения может составлять менее 60, 45, 30, 20, 15, 10, 7, 5, 3, 2 дней, 1 дня или 12 ч. В предпочтительном варианте осуществления, если в продукте присутствуют живые клетки, продукт хранят при прохладной температуре, такой как, например, менее 20, 15, 10 или 5°C. С другой стороны, композицию био-ПВА обычно можно хранить при температуре окружающей среды.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к продукту дрожжевой ферментации, обозначенному как "Star 3", который можно использовать, например, для разжижения осажденных и отвержденных отходов виде парафина, асфальтена и смол. Указанный Star 3 был получен путем культивирования дрожжей, продуцирующих софоролипид, *Starmerella bombicola* ATCC 22214. Ферментационный бульон после 4 дней культивирования при 30°C содержал суспензию дрожжевых клеток и 4 г/л софоролипида.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения предложен способ повышения эффективности добычи нефти путем применения к нефтяной скважине композиции, содержащей дрожжевой микроорганизм *Starmerella* и/или продукт его жизнедеятельности. В определенных вариантах осуществления композиция содержит Star 3.

В одном варианте осуществления настоящее изобретение относится к продукту дрожжевой ферментации, обозначенному как "Star 3+", который можно использовать для разжижения осажденных и отвержденных отходов виде асфальтена и смол одновременно увеличивая добычу нефти из нефтяной скважины. Указанный Star 3+ был получен путем культивирования дрожжей-киллеров *Wickerhamomyces apomalus* в питательной среде, содержащей необходимые источники углерода, азота, минеральных веществ и, необязательно, антимикробных веществ для предотвращения роста бактерий. Культура может быть выращена с дополнительным источником углерода, в частности, с насыщенной газом нефтью. Ферментационный бульон получали после 48-72 ч культивирования при 25-30°C и pH от примерно 5,0 до примерно 5,5.

Преимущественно Star 3 и Star 3+ не образуют биопленки внутри нефтегазодобывающих пластов и/или оборудования.

Преимущественно композиции по настоящему изобретению можно использовать для одновременного повышения нефтеотдачи (например, путем стимуляции нефтяной скважины) при удалении парафина, асфальтенов, отложений, биопленки и других загрязнений из оборудования для добычи нефти.

В одном варианте осуществления настоящего изобретения предложен способ повышения эффективности добычи нефти путем применения к нефтяной скважине композиции, содержащей как микроорганизм дрожжи-киллеры и/или продукт их жизнедеятельности. В определенных вариантах осуществления композиция содержит Star 3.

В некоторых предпочтительных вариантах осуществления композиция содержит Star 3+, пекарские дрожжи и/или пивные дрожжи (то есть один или несколько штаммов *Saccharomyces cerevisiae*), дрожжевой экстракт, соли, растворители и био-ПАВ.

Био-ПАВ, согласно настоящему изобретению, включают, например, низкомолекулярные гликолипиды (GL), липопептиды (LP), флаволипиды (FL), фосфолипиды и высокомолекулярные полимеры, такие как липопротеины, липополисахарид-белковые комплексы и комплексы полисахарид-белок-жирная кислота. В одном варианте осуществления микробный био-ПАВ представляет собой гликолипид, такой как рамнолипиды (RLP), софоролипиды (SLP), трегалозный липид или липид маннозилэритрита (MEL).

Био-ПАВ могут быть добавлены в очищенной форме или могут присутствовать в композиции на основе микроорганизмов в результате роста микроорганизмов.

Предпочтительно, био-ПАВ представляет собой софоролипид в концентрации от примерно 1 до 10 г/л, предпочтительно от примерно 2 до 5 г/л.

В некоторых вариантах осуществления био-ПАВ также может представлять собой липопептид, такой как сурфактин, и/или рамнолипид. Сурфактин можно добавлять в концентрации не более 0,05 г/л. Рамнолипид можно добавлять в концентрации не более 0,05 г/л.

В некоторых вариантах осуществления присутствует смесь био-ПАВ. Предпочтительно смесь содержит софоролипиды и, необязательно, один или оба липида, выбранных из маннозилэритрита, сурфактина или рамнолипида.

В некоторых вариантах осуществления один из растворителей, используемых в композиции, выбран из минеральных или органических спиртов, включая, например, этанол, бутанол, пропанол и изопропиловый спирт. В предпочтительном варианте осуществления в композицию добавляют изопропиловый спирт в количестве от 1 до 100 мл/л, более предпочтительно от 2 до 50 мл/л.

В некоторых вариантах осуществления композиция дополнительно содержит ионную или полуионную жидкость в качестве растворителя. Ионные жидкости могут действовать в качестве со-растворителей и могут предотвращать образование кольцевых связей в углеводородных композициях, что является одной из причин осаждения углеводородов. Типичные ионные жидкости, подходящие для

заявленной композиции, включают этиламмонийнитрат или гептагидрат глицерина/сульфата магния, но не ограничиваются ими. Предпочтительно концентрация ионной жидкости в композиции составляет от примерно 0,1 до примерно 5%.

Ионные жидкости состоят исключительно из ионов или комбинации катионов и анионов. Многие ионные жидкости находятся в форме органических солей с температурами плавления ниже 100°C или часто даже ниже комнатной температуры. Наиболее распространенными ионными жидкостями являются те, которые приготовлены из органических катионов и неорганических или органических анионов. По меньшей мере один ион имеет делокализованный заряд, а один компонент является органическим, что препятствует образованию стабильной кристаллической решетки. Ионные жидкости могут быть пригодны, например, для использования в качестве катализаторов и растворителей в реакциях алкилирования и полимеризации, а также в реакциях димеризации, олигомеризации, реакциях обмена и сополимеризации. Свойства ионных жидкостей, такие как температура плавления, вязкость и растворимость, определяются заместителями в органическом компоненте и противоионом.

В некоторых вариантах осуществления композиция дополнительно содержит гидроксид аммония в качестве растворителя. Предпочтительно гидроксид аммония (70% раствор) присутствует в композиции в концентрации от 1 до 50 мл/л, более предпочтительно от 3 до 10 мл/л.

В некоторых вариантах осуществления композиция дополнительно содержит соли и/или минеральные соли, выбранные из фосфора, магния, калия, глюкозы и аммония. Предпочтительно добавляют от 1 до 20 г/л и более предпочтительно от 2 до 10 г/л соли аммония, например фосфат аммония, фосфат диаммония, хлорид аммония или другую двухосновную или одноосновную соль.

В некоторых вариантах осуществления композиция дополнительно содержит дрожжевой экстракт в концентрации от 1 до 50 г/л, предпочтительно от 1 до 20 г/л.

В некоторых вариантах осуществления, где присутствует высокое содержание воска и отложений, например, композиция может содержать пекарские и/или пивные дрожжи (т.е. штамм *Saccharomyces cerevisiae*). Предпочтительно концентрация дрожжей *Saccharomyces*, присутствующих в композиции, составляет от 0 до 1%.

В одном варианте осуществления в данном изобретении предложен биохимический продукт для повышения нефтеотдачи. Продукт для биохимического повышения нефтеотдачи может содержать одно или несколько из следующего: один или несколько био-ПАВ, гидроксид аммония, соль аммония и спиртовой растворитель, но не содержит микроорганизмов. Это особенно полезно для повышения нефтеотдачи в случае истощенной скважины.

Смесь био-ПАВ, используемых в продукте для биохимического повышения нефтеотдачи, может быть составлена с использованием любого количества комбинаций и пропорций. В определенных вариантах осуществления композиция содержит SLP, MEL, RLP и/или сурфактин.

В некоторых вариантах осуществления смесь био-ПАВ содержит только SLP в концентрации примерно 2 мл (400-500 г/л раствора) на литр композиции.

В некоторых вариантах композиции для биохимического повышения нефтеотдачи содержит растворитель. Растворителем может быть спирт, например, этанол или изопропиловый спирт. В конкретных вариантах осуществления растворитель представляет собой изопропиловый спирт в концентрации от 1 мл/л до 5 мл/л, предпочтительно в концентрации примерно 3 мл/л. В некоторых вариантах осуществления растворитель добавляют в концентрации от 25 до 100 г/л, предпочтительно от 30 до 35 г/л.

В некоторых вариантах осуществления соль аммония может представлять собой хлорид аммония, фосфат аммония или фосфат диаммония. В конкретных вариантах осуществления соль аммония представляет собой фосфат аммония или фосфат диаммония в концентрации от 1 до 5 мл/л, предпочтительно примерно 2 мл/л. В определенных вариантах осуществления соль аммония добавляют в концентрации от 2 до 10 г/л.

В некоторых вариантах осуществления композиция для биохимического повышения нефтеотдачи содержит гидроксид аммония. В конкретных вариантах осуществления концентрация гидроксида аммония составляет от 1 до 10 мл/л, предпочтительно примерно 3 мл/л. В некоторых вариантах гидроксид аммония представляет собой 70% раствор.

В примере осуществления продукт на основе микроорганизмов готовят путем добавления 100 галлонов культуральной среды, содержащей микроорганизм и побочные продукты его жизнедеятельности, к 100 галлонам раствора воды и био-ПАВ. Био-ПАВ, предпочтительно софоролипиды, присутствуют в конечной композиции в концентрации от 0,005 до 0,1 г/л. Изопропиловый спирт (2-50 мл/л) и диаммонийфосфат или аммонийфосфат (2-5 г/л) также могут быть добавлены к продукту.

Удаление загрязнений при повышении нефтеотдачи

В заявленном изобретении предложены материалы и способы улучшения добычи нефти с места бурения нефтяных скважин. Преимущественно настоящее изобретение использует одну обработку для выполнения двух одновременных механизмов улучшения нефтеотдачи. В частности, заявленное изобретение может быть использовано для повышения нефтеотдачи, например, путем стимулирования потока нефти из скважины, при удалении парафинов, асфальтенов, отложений и других загрязнений из нефтяных скважин и оборудования для добычи нефти, которые могут, например, препятствовать или замед-

лить поток нефти. Указанное изобретение особенно полезно в вертикальных скважинах, а также может быть использовано для повышения нефтеотдачи из истощенных (или с заниженной добычей) скважин.

В одном аспекте в настоящем изобретении предложены способы, системы и устройства для применения продуктов на основе микроорганизмов для удаления парафина, асфальтена и других загрязняющих веществ, например, из труб, трубопроводов, скважин, отверстий, резервуаров, насосов и другого оборудования, и материала. В другом аспекте в заявленном изобретении предложены способы и материалы для обработки нефти, которая содержит такие загрязнители. Преимущественно использование заявленного изобретения может улучшить и/или повысить добычу в нефтяной скважине, помочь в стимулировании нефтяной скважины, а также восстановить нормальное состояние скважин с заниженной добычей или даже заглохших скважин.

Настоящее изобретение является экологически чистым в том смысле, что оно может существенно снизить выбросы парниковых газов, связанных с добычей тяжелой сырой нефти, например, на 50% по сравнению с существующими процессами. Это происходит главным образом из-за уменьшения потребности в транспортировке и перевозке посредством грузовиков, работающих на топливе, но также из-за сокращения метана, выделяемого при обработке нефти, и выхлопных газов из двигателей, турбин и обогревателей при добыче и переработке, необходимой для тяжелой нефти.

В конкретных вариантах осуществления предложены способы одновременного повышения нефтеотдачи из нефтяной скважины при удалении загрязнений из оборудования для добычи или переработки нефти и/или газа, при этом способы включают применение композиции по настоящему изобретению к скважине и/или оборудованию. Способ может дополнительно включать применение питательных веществ для выращивания микроорганизмов.

В одном варианте осуществления способ может дополнительно включать применение к скважине софоролипида (0,005-0,1 г/л), фосфата аммония или фосфата диаммония (2-5 г/л) и изопропилового спирта (2-50 мл/л).

Используемый в данном документе термин "применение" композиции или продукта относится к контакту с мишенью или участком, так что композиция или продукт могут оказывать влияние на эту мишень или участок. Эффект может быть обусловлен, например, ростом микроорганизмов и/или действием био-ПАВ, растворителя и/или другого побочного продукта жизнедеятельности. Композиции согласно заявленному изобретению могут быть использованы для очистки труб, резервуаров, трубопроводов, стержней, насосов, оборудования, грунта и/или поверхностей или материалов. Например, продукты на основе микроорганизмов могут также вводиться в нефтяные скважины и/или трубопроводы, насосы, резервуары и т.д., связанные с нефтяными скважинами.

Существует много типов загрязнений, связанных с оборудованием для переработки нефти, таких как масла, парафины, битумы/асфальтены, смолы, сера, побочные продукты гудрона, биопленки и другие вязкие материалы. Композиция по настоящему изобретению может быть использована для удаления любого одного или нескольких загрязнений, связанных с добычей, передачей и переработкой нефти.

В одном варианте осуществления композиция по настоящему изобретению может эффективно разжижать твердый парафин при, например, от 25 до 60°C. В некоторых вариантах осуществления заявленное изобретение также может эффективно разжижать асфальтены, битумы и смолы в более ценные и полезные компоненты, такие как легкие дистилляты и/или фракции газойля, без разложения сырой нефти на метан или другие нежелательные газы. Это может быть достигнуто, например, на протяжении ночи, то есть за 12 ч или меньше. Например, асфальтены и смолы могут быть превращены в легко воспламеняющуюся растворимую форму, имеющую преимущество перед их менее легко воспламеняющимся состоянием твердого вещества.

В определенных вариантах осуществления настоящее изобретение может быть использовано для диспергирования осажденного парафина, асфальтена и/или других загрязняющих веществ, что позволяет легче и дешевле удалять эти загрязняющие вещества из сырой нефти и из оборудования.

В одном примерном варианте осуществления диспергирование парафина и/или асфальтена может быть достигнуто путем применения примерно 200-600 галлонов обработки в межтрубное пространство между трубопроводом и обсадной колонной, где она может протекать через насос и в трубопровод. Обработка может привести к эффекту менее чем за 24 ч остановки скважины. Предпочтительно, чтобы остановка скважины не требовалась.

В другом типичном варианте осуществления в дополнение к диспергированию парафина и/или асфальтена может быть достигнута дополнительная стимуляция скважины, то есть увеличение добычи. Например, после применения диспергирующей обработки парафина и/или асфальтена в кольцевом пространстве между трубопроводом и обсадной колонной может быть применен объем от 15 до 1000 баррелей заявленной обработки, где она затем может быть смещена в пласт. Пористость, проницаемость и толщина пласта могут определять объемы используемой обработки. По истечении примерно 3 дней остановки скважины вязкость и межфазное натяжение снижаются, что приводит к более резкому увеличению добычи.

Преимущественно настоящее изобретение может применяться на всех стадиях цепочки операций, включая операторов разведки и добычи (E & P) (например, стволы скважин на суше и на шельфе, отвод-

ные линии и резервуары), транспортировку и хранение углеводородов (например, трубопроводы, танкеры, транспортировка, резервуары для хранения) и на нефтеперерабатывающих заводах (например, теплообменники, печи, ректификационные колонны, коксовые установки, гидрокрекинг).

В одном варианте осуществления настоящее изобретение может быть использовано для предотвращения отложения и/или осаждения парафинов и асфальтенов. Диспергирование или растворение осадков снижает концентрацию загрязняющих веществ в нефти, способных осаждаться на или в нефтегазовом оборудовании. Таким образом, настоящее изобретение позволяет отложить или полностью устранить необходимость профилактического обслуживания, связанного с удалением осадков и отложений, а также необходимость замены или ремонта деталей оборудования.

В конкретном варианте осуществления заявленное изобретения может быть использовано для диспергирования асфальтенового осадка в операциях переработки нефти. Высокие температуры и условия вакуума приводят к коксованию, загрязнению и дезактивации катализатора при переработке или обогащении сырой нефти. Чтобы уменьшить большие затраты, например, на вырезание трубопроводов и/или теплообменников, где происходит выпадение осадков. Другие области преимущественного осаждения асфальтенов включают теплообменники, печи, ректификационные колонны, установки для коксования, установки для гидрокрекинга и т.д.

В одном варианте осуществления заявленное изобретения можно использовать для обработки тяжелой нефти для улучшения одной или нескольких характеристик нефти. Например, композиция может применяться к пластам, содержащим тяжелую сырую нефть, тем самым снижая вязкость тяжелой нефти. Преимущественно заявленное изобретения может снизить и/или устранить необходимость и затраты, связанные с введением пара и другими термическими, химическими и механическими способами извлечения тяжелой нефти. Кроме того, уменьшается или устраняется необходимость в веществах для разбавления (например, легкой или очищенной сырой нефти) и водяных рубашках, чтобы помочь перемещать тяжелую нефть по трубопроводам. Более того, с уменьшением вязкости тяжелой нефти транспортировка нефти становится менее сложной и/или дорогостоящей, поскольку потребность в автоцистернах и резервуарах для хранения уменьшается, а использование трубопроводного транспорта становится более осуществимым.

Более того, композицию можно применять к нефтяному пласту, содержащему нежелательные концентрации сероводорода. В одном варианте осуществления способы могут быть использованы для подавления или устранения сульфатредуцирующих бактерий, снижения продуцирования сероводорода и коррозии, вызванной микроорганизмами (MIC), и превращения нефти с высоким содержанием серы в нефть с низким содержанием серы (или даже для сохранения нефти с низким содержанием серы).

Кроме того, композиция может применяться для диспергирования парафинового буровой грязи и отложений без необходимости в механических чистящих растворах или токсичных растворителях, например, в резервуарах для хранения и транспортировки, танкерах, судах, грузовиках, трубопроводах и отводных линиях. Предложены способы очистки резервуаров, которые могут быть эффективными для диспергирования буровой грязи и отложений парафина в течение нескольких дней, например, менее недели.

В одном варианте осуществления предложены способы очистки резервуара для хранения или транспортировки, в котором воздух или метан вводят под давлением в резервуар с последующим введением заявленной композиции на основе микроорганизмов. Кроме того, способ может дополнительно включать перекачку любой сточной воды на водоочистительную установку после обработки заявленной композицией. Предпочтительно воздух или метан вводят в резервуар, чтобы обеспечить приблизительно 10 мин перемешивания.

Способы удаления парафинов, асфальтенов и других загрязняющих веществ, диспергирование осадков асфальтенов и парафинов в нефти и снижение вязкости и сероводорода в нефти и газе могут быть достигнуты вместе как один комбинированный процесс с применением композиций по настоящему изобретению на поверхности нефтеперерабатывающего оборудования и/или нефти, проходящей через него. Другими словами, оборудование может быть очищено одновременно с обработкой сырой нефти.

Оборудование для переработки газа и нефти, которое может быть вычищено и очищено от загрязнений в соответствии с настоящим изобретением, включает все типы и разновидности оборудования, связанного с добычей, передачей, транспортировкой и переработкой газа и нефти. Указанное включает, например, обсадные трубы газовых и нефтяных скважин, насосы, стержни, трубопроводы, линии, резервуары и тому подобное. Предполагается, что настоящая композиция может быть использована со всем оборудованием такого рода.

В определенных вариантах осуществления композиции, используемые в способах по настоящему изобретению, содержат ингредиенты в количествах, эффективных для очистки оборудования и/или для обеспечения эффективной обработки для ингибирования накопления твердых веществ. Существует множество путей, которыми способ удаления или предотвращения накопления загрязнений в газовых и нефтяных скважинах и оборудовании может быть реализован с использованием композиции в соответствии с настоящим изобретением.

В дополнение к очистке скважин и сопутствующего оборудования часто желательно вводить ком-

позицию через отверстия в обсадной колонне в окружающий пласт. Композиция может нагнетаться в окружающий пласт под действием давления или, если композиции позволить опуститься на дно обсадной колонны, композиция может просочиться в пласт без дополнительного давления. Композиция проникает в пласт, растворяя закупорки в пласте, чтобы обеспечить более эффективную добычу нефти и газа.

В одном варианте осуществления способ очистки и обслуживания рабочей скважины, включая окружающий пласт, включает в себя стадии заливания или введения композиции вниз по обсадной колонне (задние линии) скважины и обеспечения возможности ее смешивания с уже присутствующей жидкостью в скважине. Когда присутствует достаточное количество жидкости, композицию можно при желании циркулировать, например, с помощью насоса в течение 24-72 ч, предпочтительно 48-72 ч. Перед циркуляцией композиции можно дать опуститься, например, в течение 8-24 ч. Время опускания, время циркуляции и дозировка зависят от ожидаемого количества парафина, асфальтена, биопленки, отложений и/или другого загрязнителя, а также от глубины и размера скважины. Базовая начальная доза может составлять 20 галлонов композиции и для поддержания чистой конструкции, по меньшей мере, приблизительно 5 галлонов композиции на скважину на периодической основе, например, раз в две недели, ежемесячно, раз в два месяца, но не ограничиваясь этим.

В дополнительных вариантах осуществления композиция по настоящему изобретению может применяться непосредственно к оборудованию. Например, перед размещением стержней и обсадных колонн в газовых и/или нефтяных скважинах эти части могут быть опрысканы или пропитаны композицией. Части могут быть погружены в резервуары, заполненные композицией, для предотвращения коррозии и накопления загрязнений.

Композицию можно вводить с помощью нагнетательных насосов в газовые или нефтяные скважины на шельфе для уменьшения загрязнений, в частности парафина, в обсадных колоннах и линиях передачи. В дополнение к проблемам, связанным с наземными нефтяными скважинами, у нефтяных скважин на шельфе есть еще одна проблема, связанная с тем, что морская или океанская вода ведет себя как хладагент в трубопроводе и находится между дном океана и платформой. Таким образом, у нефтяных скважин на шельфе есть особая проблема с накоплением парафина. Для обработки трубопровода, от 1-500 галлонов до 1000 баррелей, например, 10000 баррелей или более композиции можно применить к композиции со скоростью введения, например, от 1 до 20 галлонов в минуту или от 1 до 20 баррелей в минуту.

Заявленная обработка может быть эффективной в ряде различных геологических пластов, как показано на фиг. 21. Например, заявленное изобретение может быть полезно в пластах так глубоко, как примерно 7000 футов или глубже, и таких поверхностных, как примерно 1500 футов или меньше. Кроме того, изобретение может быть полезным в пластах, имеющих диапазон пористости и/или проницаемости, например, от примерно 0,1 до примерно 20% или более. Изобретение также может быть полезным в пластах, имеющих широкий диапазон температур, pH и солености.

Продукты на основе микроорганизмов, используемые в способах по заявленному изобретению, могут содержать ингредиенты в количествах, эффективных для очистки скважин, пластов и оборудования, для обеспечения эффективного покрытия на их поверхностях, чтобы предотвратить будущие накопления загрязняющих веществ, осадений и коррозии, и/или снизить вязкость сырой нефти до желаемого уровня.

Продукт на основе микроорганизмов можно наносить с композицией, которая способствует адгезии продукта на основе микроорганизмов к обрабатываемой поверхности. Вещество, способствующее адгезии, может быть компонентом продукта на основе микроорганизмов или оно может применяться одновременно или последовательно с продуктом на основе микроорганизмов. Вещества, способствующее адгезии, могут включать органические или неорганические частицы, ионы, такие как кальций, магний, фосфат и натрий, железо, источники углерода, которые метаболизируются до ацетилкофермента А, ацетилфосфата и ацетата.

Например, до 50 мас.% или более добавок могут быть добавлены, по мере необходимости, для конкретных применений, таких как изменение уровней летучих органических соединений, увеличение проникновения смеси, уменьшение вязкости смеси, в качестве соединителей для нерастворимых растворителей в смеси и для обеспечения растворителей для олеофильных и гидрофильных отложений.

Подходящие добавки включают терпены, терпеновые спирты, смеси сложных эфиров спиртов C₈-C₁₄, гликоли, простые эфиры гликолей, сложные эфиры кислот, сложные эфиры дикислот, углеводороды нефти, аминокислоты, алканол амины и амины, предпочтительно метиловые или изобутиловые сложные эфиры C₄-C₆ алифатических двухосновных сложных эфиров и n-метил-2 пирролидон.

Примеры терпенов включают d-лимонен и альфа- и бета-пиненовые и терпеновые спирты, включая терпинеол. Смеси сложных эфиров спиртов C₈-C₁₄ включают EXXATE 900, 1000, 1200 от Exxon Chemical; гликоли включают пропиленгликоль, дипропиленгликоль и трипропиленгликоль; и простые эфиры гликолей включают монометиловый эфир дипропиленгликоля, монометиловый эфир пропиленгликоля, пропиленгликоль-n-бутиловый эфир, монобутиловый эфир этиленгликоля и монобутиловый эфир диэтиленгликоля. Сложные эфиры кислот включают метилолеат и метиллинолеат, а сложные эфиры дикислот включают метиловые или бутиловые сложные диэфиры глутаровой, адипиновой и янтарной

кислот. Углеводороды нефти включают AROMATIC 100, AROMATIC 150 ISOPAR M и ISOPAR K.

Амины, такие как морфолин; 1,3-диметил-2-имидазолидинон; 1,3-пропандиамин; 2-амино-1,3-пропандиол; и 3-аминопропанол; а также аланоламины, такие как триэтанолламин, диэтанолламин, 2-аминометилпропанол и моноэтанолламин, действуют в качестве диспергаторов для загрязняющих веществ и солюбилизируют жирные кислоты и масла. Аминокислоты обеспечивают нетоксичные альтернативы моноэтанолламину и действуют как хелаторы металлов. Метилловые или изобутиловые сложные эфиры C₄-C₆ алифатических двухосновных сложных эфиров и н-метил-2-пирролидон также являются полезными.

Могут быть использованы другие добавки, обычно используемые в чистящих композициях, включая смягчающие воду агенты, связывающие соединения, ингибиторы коррозии и антиоксиданты, которые добавляются в количествах, эффективных для выполнения их предполагаемой функции. Эти добавки и их количества хорошо известны специалистам в данной области. Подходящие смягчающие воду агенты включают линейные фосфаты, сополимеры стирола и малеиновой кислоты и полиакрилаты. Подходящие связывающие соединения включают 1,3-диметил-2-имидазолидинон; 1-фенил-3-изогептил-1,3-пропандион; и 2-гидрокси-5-нонилацетофеноноксим. Примеры ингибиторов коррозии включают 2-аминометилпропанол, диэтилэтанолламин бензотриазол и метилбензотриазол. Антиоксиданты, подходящие для настоящего изобретения, включают (BHT) 2,6-ди-трет-бутил-пара-крезол, (BHA) 2,6-ди-трет-бутил-пара-анизол, ингибитор Eastman OA BM-оксалилбис (бензилиденгидразид) и Eastman DTBMA 2,5-ди-трет-бутилгидрохинон.

Все добавки должны иметь температуру воспламенения более 100°F, предпочтительно более 150°F и более предпочтительно 195°F термokatалитического сгорания для достижения конечной температуры воспламенения продукта более 200°F.

Использование продуктов на основе микроорганизмов в биоремедиации

В одном варианте осуществления композиции и способы по настоящему изобретению можно использовать для биоремедиации почвы, поверхностей, вод или других участков, загрязненных углеводородами.

Варианты осуществления настоящего изобретения включают в себя способы биоремедиации как *in situ*, так и *ex situ* загрязненных твердых веществ, почвы и вод (грунтовых и поверхностных), где методы *in situ* определены как те, которые применяются, например, к почве и грунтовым водам на участке с минимальным вмешательством. Методы *ex situ* - это методы, которые применяются, например, к почве и грунтовым водам, которые были удалены с участка, например, с помощью земляных работ (почва) или перекачки (вода).

In situ методы, как правило, являются наиболее желательными вариантами из-за более низкой стоимости и меньшего вреда для окружающей среды. Обработка *in situ* может быть ограничена, например, глубиной почвы, которую можно эффективно обработать. Во многих почвах эффективная диффузия кислорода для желаемых скоростей биоремедиации находится в диапазоне от нескольких сантиметров до примерно 30 см в глубину почвы.

В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения метод *in situ* включает механическое распространение композиции для ремедиации по настоящему изобретению на загрязненной поверхности. Это может быть выполнено с использованием стандартного средства для распространения или распылителя. В некоторых вариантах осуществления одна стадия распространения может завершить процесс нанесения, в котором все компоненты включены в одну композицию. В других вариантах осуществления, в которых используются составы, состоящие из двух или нескольких частей, могут использоваться несколько стадий распространения. В одном варианте осуществления композицию для биоремедиации можно втирать, втирать или вдавливать на поверхность или грунт, подлежащие очистке, с использованием механического воздействия для вдавливания композиции для биоремедиации в поры или неровности на поверхности и/или для распространения композиции для биоремедиации вокруг загрязненной территории. В еще одних вариантах осуществления при нанесении на твердые поверхности последующее нанесение композиции для ремедиации может впоследствии сопровождаться нанесением жидкости, такой как вода. Воду можно наносить в виде спрея с использованием стандартных способов, известных специалисту в данной области. Другие жидкие смачивающие агенты и смачивающие составы также могут быть использованы.

Дополнительные примеры методов *in situ*, которые могут быть использованы в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения, включают биоудаление, биоразложение, биобарботирование и биоаугментацию. Биоудаление включает подачу воздуха и питательных веществ через скважины на участок загрязнения. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения сжатый воздух может использоваться в качестве пневматического газа-носителя для транспортировки композиции для ремедиации на основе микроорганизмов по настоящему изобретению в подземные зоны загрязнения, такие как водоснабжение и водоносные горизонты.

Биодеградация *in situ* может дополнительно включать подачу кислорода и питательных веществ путем циркуляции водных растворов через загрязненные почвы, чтобы стимулировать естественные бактерии к разложению загрязняющих веществ. Некоторые варианты осуществления настоящего изобретения

включают инфильтрацию водосодержащих питательных веществ и акцепторов кислорода или других электронов для очистки подземных вод после применения твердой или жидкой композиции для биоремедиации по настоящему изобретению.

Биобарботирование *in situ* обычно включает нагнетание воздуха под давлением ниже уровня грунтовых вод для повышения концентрации кислорода в подземных водах и повышения скорости биологического разложения загрязняющих веществ микроорганизмами по настоящему изобретению или встречающимися в природе бактериями. Биобарботирование увеличивает перемешивание в насыщенной зоне и тем самым увеличивает контакт между почвой и грунтовыми водами. Простота и низкая стоимость установки точек ввода воздуха малого диаметра обеспечивает значительную гибкость при проектировании и конструировании системы. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения сжатый воздух процесса биобарботирования может действовать в качестве газа-носителя для пневматической подачи порошкообразной и/или жидкой композиции для ремедиации по настоящему изобретению в подземный источник воды, например в водоносный горизонт.

Методы *ex situ* обычно включают в себя выемку или удаление загрязненной почвы из земли. Примеры методов биоремедиации *ex situ*, которые могут использоваться в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения, включают земледелие, компостирование, компостирование в кучах под полиэтиленовой пленкой и биореакторы.

Земледелие *ex situ* - это метод, при котором загрязненная почва выкапывается и распределяется по подготовленному слою и периодически возделывается до тех пор, пока загрязняющие вещества не разлагаются. Помимо применения композиции по настоящему изобретению, указанный способ можно использовать для стимуляции местных биоразлагаемых микроорганизмов и облегчения их аэробной деградации загрязняющих веществ. В целом практика ограничивается обработкой поверхностных 10-35 см почвы. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения композиции для ремедиации по настоящему изобретению могут наноситься на подготовленные слои по меньшей мере в одном применении с последующей периодической обработкой. Композиция может дополнять местные микроорганизмы, что может привести к более быстрой и полной ремедиации загрязняющих веществ.

Компостирование *ex situ* - это метод, который включает в себя комбинирование загрязненной почвы с неопасными органическими добавками, такими как навоз или сельскохозяйственные отходы. Присутствие этих органических материалов поддерживает развитие богатой популяции микроорганизмов и повышенных температур, характерных для компостирования. Подобно описанному выше примеру земледелия в некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения композиции по настоящему изобретению могут комбинироваться с методами компостирования для создания более эффективной и более быстрой биоремедиации загрязненных участков.

Компостирование в кучах под полиэтиленовой пленкой *ex situ* представляет собой гибрид земледелия и компостирования. По сути, сконструированные отсеки конструируют как аэрированные компостные кучи. Обычно используемое для очистки нефтяных углеводородных поверхностных загрязнений, компостирование в кучах под полиэтиленовой пленкой представляет собой усовершенствованный вариант земледелия, который может бороться с физической потерей загрязнений путем выщелачивания и испарения. Компостирование в кучах под полиэтиленовой пленкой обеспечивает благоприятную среду для местных аэробных и анаэробных микроорганизмов. Настоящее изобретение хорошо подходит для дополнения и улучшения биоремедиации загрязнителей с использованием компостирования в кучах под полиэтиленовой пленкой.

Биореакторы, включая шламовые реакторы или водные реакторы, используются для обработки *ex situ* загрязненной почвы и воды, выкачанной из загрязненного шлейфа. Биоремедиация в реакторах включает в себя обработку загрязненного твердого материала (почвы, осадка, отложений) или воды в сконструированной системе защиты. Суспензионный биореактор может быть определен как защитная емкость и устройство, используемые для создания трехфазного (твердого, жидкого и газообразного) условия смешивания для увеличения скорости биоремедиации связанных с почвой и водорастворимых загрязнителей в виде водной суспензии загрязненной почвы и биомассы (обычно с местными микроорганизмами), способными разлагать целевые загрязнители. В целом, скорость и степень биоразложения в биореакторной системе выше, чем *in situ* или в твердофазных системах, поскольку окружающая среда более управляема и, следовательно, более контролируема и предсказуема. В некоторых вариантах осуществления настоящего изобретения раскрытые в настоящем документе композиции используются для повышения эффективности и скорости реакций разложения загрязняющих веществ в биореакторах.

В одном варианте осуществления микробная композиция по настоящему изобретению диспергирована в загрязненной нефтью почве, будучи нанесенной на носитель. Носитель может быть изготовлен из материалов, которые могут относительно мягко удерживать на нем микроорганизмы и, таким образом, обеспечивать легкое высвобождение размножающихся таким образом микроорганизмов. Носитель предпочтительно является недорогим и может действовать в качестве источника питательных веществ для применяемых таким образом микроорганизмов, в частности источника питательных веществ, который может постепенно высвобождаться. Предпочтительные биоразлагаемые носители включают кукурузную шелуху, отходы сахарной промышленности или любые сельскохозяйственные отходы. Содержание воды

в носителе обычно варьирует от 1 до 99 мас.%, предпочтительно от 5 до 90 мас.%, более предпочтительно от 10 до 85 мас.%. Когда содержание воды в носителе слишком низкое, выживание микроорганизмов затруднено. С другой стороны, когда содержание воды в носителе слишком высокое, полученный носитель проявляет ухудшенную физическую прочность, что затрудняет обращение с ним.

Вещества, которые усиливают рост микроорганизмов и продукцию био-ПАВ, также могут быть добавлены к продукту на основе микроорганизмов и/или на участок обработки. Эти вещества включают масло, глицерин, сахар или другие питательные вещества, но не ограничиваются ими. Например, углеродный субстрат, который поддерживает рост микроорганизмов, продуцирующих био-ПАВ, может быть добавлен в композицию или целевые области. Организмы, продуцирующие био-ПАВ, могут расти на субстрате, чтобы производить био-ПАВ на месте и бороться нематодами.

Углеродные субстраты могут включать источники органического углерода, такие как натуральное или синтетическое масло, включая использованное масло для жарки; жир; липидов; воск (натуральный или парафиновый); жирные кислоты, такие как лауриновая кислота; миристиновая и т.д.; жирнокислотный спирт, такой как лауриловый спирт; амфифильные сложные эфиры жирных кислот с глицерином, такие как глицерилмонолаурат; гликолевые сложные эфиры жирных кислот, такие как моностеарат полиэтилена; амины жирных кислот, такие как лауриламид; амиды жирных кислот; гексаны; глицерин; глюкоза; и т.п., но не ограничиваются ими. Предпочтительно использовать водонерастворимый углеродный субстрат для стимулирования производства био-ПАВ.

Хотя в этом нет необходимости, может быть предпочтительным добавление или дополнение углеродного субстрата достаточным количеством специфического био-ПАВ для инициирования процесса эмульгирования и для ингибирования или уменьшения роста других конкурирующих организмов с организмом, продуцирующим био-ПАВ.

В одном варианте осуществления композиция содержит био-ПАВ. Композиция предпочтительно содержит активные компоненты, такие как био-ПАВ, в концентрации от 0,01 до 90 мас.%, предпочтительно от 0,1 до 50 мас.% и более предпочтительно от 0,1 до 20 мас.%.

В другом варианте осуществления композиция содержит смесь био-ПАВ, включающих SLP и MEL. Композиция предпочтительно содержит активные компоненты, смесь SLP и MEL, в концентрации от 0,01 до 90 мас.%, предпочтительно от 0,1 до 50 мас.% и более предпочтительно от 0,1 до 20 мас.%. Смесь био-ПАВ может также включать другие гликолипидные био-ПАВ, такие как RLP и липопептиды, такие как сурфактин.

Преимущественно, природные био-ПАВ способны ингибировать рост конкурирующих организмов и усиливать рост специфических организмов, продуцирующих био-ПАВ.

Локальное производство продуктов на основе микроорганизмов

В некоторых вариантах осуществления данного изобретения установка для выращивания микроорганизмов продуцирует новые микроорганизмы с высокой плотностью и/или побочные продукты жизнедеятельности микроорганизмов, представляющие интерес, в желаемом масштабе. Установка для выращивания микроорганизмов может быть расположена в месте применения или рядом с ним. Предприятие производит микробные композиции с высокой плотностью при периодическом, полунепрерывном или непрерывном культивировании.

Установки для выращивания микроорганизмов по настоящему изобретению могут быть расположены в месте, где будет использоваться продукт на основе микроорганизмов (например, в установке добычи нефти, бурения, добыче полезных ископаемых, переработке отходов, парке, ремедиации или в аквакультуре). Например, средство для выращивания микроорганизмов может находиться менее чем в 300, 250, 200, 150, 100, 75, 50, 25, 15, 10, 5, 3 или 1 миле от места использования.

Поскольку продукт на основе микроорганизмов может генерироваться локально, не прибегая к процессам стабилизации, сохранения, хранения и транспортировки микроорганизмов при обычном производстве микроорганизмов, может быть получена значительно более высокая плотность живых микроорганизмов, спор, мицелия, конидий или других пропагул микроорганизмов, тем самым требуется меньший объем продукта на основе микроорганизмов для использования на месте применения или который позволяет применять микроорганизмы с гораздо более высокой плотностью, где это необходимо для достижения желаемой эффективности. Это позволяет использовать биореактор уменьшенного размера (например, меньший резервуар для ферментации, меньшие запасы исходного материала, питательных веществ, агентов для регулирования pH и пеногасителей), что делает систему эффективной. Локальное получение продукта на основе микроорганизмов также способствует включению в продукт ростового бульона. Бульон может содержать агенты, образующиеся во время ферментации, которые особенно хорошо подходят для местного применения.

Произведенные локально высокоплотные и устойчивые культуры микроорганизмов более эффективны в полевых условиях, чем те, которые подверглись вегетативной стабилизации клеток, были спорулированы или некоторое время находились в цепочке поставок. Продукты на основе микроорганизмов по настоящему изобретению особенно выгодны по сравнению с традиционными продуктами, в которых клетки, споры, мицелий, конидии и/или другие пропагулы микроорганизмов были отделены от метаболитов и питательных веществ, присутствующих в ферментационной питательной среде. Сокращение

сроков транспортировки позволяет производить и доставлять новые партии микроорганизмов и/или их метаболитов в определенное время и в объеме, как этого требует местный спрос.

Установки для выращивания микроорганизмов по настоящему изобретению производят новые композиции на основе микроорганизмов, содержащие сами микроорганизмы, метаболиты микроорганизмов и/или другие компоненты бульона, в котором выращиваются микроорганизмы. При желании композиции могут иметь высокую плотность вегетативных клеток или смесь вегетативных клеток, репродуктивных спор, конидий, мицелия и/или других пропагул микроорганизмов. Преимущественно композиции могут быть адаптированы для использования в указанном месте. В одном варианте осуществления установка для выращивания микроорганизмов расположена на участке или вблизи него, где будут использоваться продукты на основе микроорганизмов.

Преимущественно, указанные установки для выращивания микроорганизмов обеспечивают решение текущей проблемы, заключающейся в том, чтобы полагаться на крупных промышленных производителей, чье качество продукции страдает из-за задержек в процессе переработки, затруднений в цепочке поставок, неправильного хранения и других непредвиденных обстоятельств, которые препятствуют своевременной доставке и применению, например, жизнеспособного продукта с высоким содержанием клеток и/или пропагул и связанных с ним бульона и метаболитов, в котором первоначально выращивались микроорганизмы.

Преимущественно, в предпочтительных вариантах осуществления системы по настоящему изобретению используют возможности природных микроорганизмов и их побочных продуктов их метаболизма для улучшения добычи, передачи и/или переработки нефти.

Время культивирования для отдельных емкостей может составлять, например, от 1 до 7 дней или дольше. Продукт культивирования можно получать любым из множества способов.

Поскольку продукт на основе микроорганизмов образуется на месте или вблизи места применения, без необходимости стабилизации, консервации, длительного хранения и обширных процессов транспортировки, характерных для обычного производства, может быть получена гораздо более высокая плотность живых микроорганизмов, что требует гораздо меньший объем продукта на основе микроорганизмов для использования на месте применения. Это позволяет использовать биореактор уменьшенного размера (например, меньший резервуар для брожения; меньшие запасы исходного материала, питательных веществ, агентов для регулирования pH и пенообразователя и т.д.); нет причин стабилизировать клетки или отделять их от культурального бульона; и облегчает транспортабельность продукта.

Установки для выращивания микроорганизмов обеспечивают универсальность производства за счет их способности адаптировать продукты на основе микроорганизмов для улучшения синергии с географическими точками назначения.

Местное производство и доставка в течение, например, 24 ч после ферментации приводит к чистым композициям с высокой плотностью клеток и существенно снижает стоимость доставки. Учитывая перспективы быстрого продвижения в разработке более эффективных и мощных микроорганизмов для инокуляции, потребители получают большую выгоду от этой способности быстро доставлять продукты на основе микроорганизмов.

Местные микроорганизмы могут быть идентифицированы на основании, например, солеустойчивости, способности расти при высоких температурах и при использовании генетической идентификации последовательностей, описанных в данном документе.

В одном варианте осуществления композицию, согласно настоящему изобретению, получают посредством процессов культивирования, варьирующихся от небольших (например, лабораторных условий) до крупных (например, промышленных условий) масштабов. Указанные процессы культивирования включают глубинное культивирование/ферментацию, поверхностное культивирование, твердофазную ферментацию (SSF) и их комбинации, но не ограничиваются ими.

Дальнейшие определения

Переходный термин "содержащий", который является синонимом слова "включающий" или "вмещающий", является включающим или открытым, и не исключает дополнительных неучтенных элементов или стадий способа. Напротив, переходная фраза "состоящий из" исключает любой элемент, стадию или ингредиент, не указанные в формуле изобретения. Переходная фраза "состоящий по существу из" ограничивает объем формулы изобретения указанными материалами или стадиями "и теми, которые не оказывают существенного влияния на основную и новую характеристику(и)" заявленного изобретения.

Если специально не указано или не очевидно из контекста, используемый в данном документе термин "или" понимается как включающий. Если специально не указано или не очевидно из контекста, используемые в данном документе термины в единственном числе также подразумевают и множественное число.

Если специально не указано или не очевидно из контекста, используемый в данном документе термин "примерно" понимают как находящийся в диапазоне нормальных допусков в данной области техники, например, в пределах 2 стандартных отклонений от среднего значения. Термин "примерно" можно понимать как находящийся в пределах 10, 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1, 0,5, 0,1, 0,05 или 0,01% от указанного значения. Если иное не ясно из контекста, все числовые значения, приведенные в данном документе, до-

полнены термином "примерно".

Изложение перечня химических групп в любом определении переменной в данном документе включает определения этой переменной как любой отдельной группы или комбинации указанных в перечне групп. Изложение варианта осуществления для переменной или аспекта в данном документе включает этот вариант осуществления в качестве любого отдельного варианта осуществления или в сочетании с любыми другими вариантами осуществления или их частями.

Все ссылки, цитируемые в данном документе, включены в него посредством ссылки во всей их полноте.

Примеры

Пример 1. Разжижение осажденного асфальтена с использованием Star 3+

Полностью осажденный и отвержденный асфальтен с нефтеперерабатывающего завода был разжижен с использованием обработки Star 3+ по настоящему изобретению. Как показано на фиг. 1-6, растворы Star 3+ (500 мл), 4 г/л очищенного SLP и ионной жидкости сравнивали по способности разжижать 100 г асфальтенового осадка в смесительных колбах. Как показано на фиг. 7, эффективность обработки Star 3 также сравнивалась с эффективностью Star 3+.

Как показано на фиг. 8, колбы встряхивали в течение 5 ч, после чего определяли количество асфальтенового осадка.

Пример 2. Пример протокола для ферментации биоэмульгирующих дрожжей

Питательную среду, содержащую два источника углерода, использовали для культивирования дрожжей, например, кланды *Wickerhamomyces*, *Pichia* и/или *Starmerella*. Первым источником углерода был сахар, такой как декстроза или глюкоза, в концентрации от 20 до 50 г/л. Вторым источником углерода был источник гидрофобного углерода, такой как очищенное масло канолы или растительное масло, в концентрации от 50 до 100 г/л.

Также добавляли источник азота, такой как мочевины или соли аммония, а также источники магния, фосфата и калия.

Ферментация происходила от 1 до 5 дней. Конечная концентрация дрожжей, которая может быть достигнута, составляет от 0,5 до 2,5 млрд КОЕ/мл.

Пример 3. Ферментация *starmerella Bombicola* для производства софоролипида (SLP) в реакторе объемом 110 л

Используется переносной полностью закрытый реактор аэролифтного типа, работающий от ПЛК, оснащенный блоком фильтрации воды, блоком контроля температуры и компрессором. Реактор имеет рабочий объем 90 л при выращивании *S. bombicola* для производства SLP.

В предпочтительных вариантах осуществления питательными веществами для производства SLP являются глюкоза, мочевины, дрожжевой экстракт, масло канолы, сульфат магния и фосфат калия.

Реактор инокулируют 8 л жидкой культуры, выращенной в колбах. Продолжительность цикла культивирования для производства SLP составляет 7-8 дней, при 25°C и pH 3,5, с отбором проб два раза в день.

Конечная концентрация SLP составляет примерно 10% от рабочего объема, в данном случае примерно 9 л продукта, содержащего 300-400 граммов SLP на литр.

Пример 4. Ферментация *Wickerhamomyces Anomalus* для производства SLP в реакторе объемом 450 л

Используется передвижной аэролифтный реактор, управляемый ПЛК, оснащенный блоком фильтрации воды, блоком контроля температуры и компрессором для достаточной аэрации. Процесс может осуществляться как периодический процесс культивирования. Реактор имеет рабочий объем 400 л при выращивании *Wickerhamomyces* или *Pichia* для производства SLP.

В предпочтительных вариантах осуществления питательными веществами для производства SLP являются глюкоза, мочевины, дрожжевой экстракт, масло канолы, сульфат магния и фосфат калия.

Для инокуляции этого реактора требуется до 5% жидкой посевной культуры от рабочего объема. Продолжительность цикла культивирования составляет 7 дней, при температуре 25°C и pH 3,5, при этом отбор проб производится два раза в день.

Конечная концентрация SLP составляет примерно 20-25% от рабочего объема, в этом случае образуется более 90 л продукта.

Пример 5. Ферментация *Wickerhamomyces Anomalus* для производства биомассы и белка одноклеточных организмов в реакторе объемом 900 л

Используется переносной реактор, разделенный на два резервуара, управляемых центральным аерлифтом, чтобы помочь смешать содержимое двух резервуаров одновременно. Реактор имеет рабочий объем 600 л при выращивании *Wickerhamomyces* и/или *Pichia* для производства биомассы.

В предпочтительном варианте осуществления питательные вещества для производства биомассы представляют собой глюкозу или сахар для выпечки, мочевины, дрожжевой экстракт, сульфат магния и фосфат калия.

Реактор инокулируют 2% посевной культуры. Ферментация продолжается в течение 48-72 ч без стабилизации pH и при температуре от 26 до 32°C.

Конечная концентрация клеток будет 100 г сырой массы на литр. Концентрация влажной биомассы

может достигать 90 кг за цикл при концентрации белка до 45 кг.

Пример 6. Ферментация *Wickerhamomyces Anomalus* для производства биомассы и белка одноклеточных организмов в реакторе объемом 2000 л

Используется переносной реактор, разделенный на 2 квадратных резервуара с двумя петлями для массообмена между ними. Реактор имеет рабочий объем 750 л при выращивании *W. anomalus* для производства биомассы.

В предпочтительном варианте осуществления питательные вещества для производства биомассы представляют собой глюкозу или сахар для выпечки, мочевины, дрожжевой экстракт, сульфат магния и фосфат калия.

Реактор инокулируют 2% посевной культуры. Ферментация продолжается в течение 48-72 ч без стабилизации pH и при температуре от 26 до 32°C.

Конечная концентрация клеток будет 100 г сырой массы на литр. Концентрация влажной биомассы может достигать 200 кг за цикл при концентрации белка до 100 кг.

Пример 7. Ферментация *Starmerella Bombicola* для производства SLP в переносном реакторе объемом 14 л

Указанный реактор представляет собой автоклавируемую стеклянную емкость с рубашкой и с воздушным выбросом и турбинной мешалкой. Он оснащен датчиком растворенного кислорода, pH, температуры и пены; он имеет встроенную станцию управления с цветным сенсорным интерфейсом, встроенные насосы, регуляторы расхода газа и регуляторы pH/растворенного кислорода и уровня пены. Рабочий объем реактора составляет 10 л.

Питательная среда содержит глюкозу, дрожжевой экстракт, мочевины и растительное масло. Инокулят может быть 1-2-дневной культурой *S. bombicola* примерно 5-10% от общего объема культуры. Продолжительность культивирования и отбор готового продукта продолжается 5-14 дней. Конечное производство SLP может достигать 1-2 кг за цикл.

Пример 8. Ферментация *Pseudozyma Aphidis* для производства липидов маннозилэритрита (MEL) в переносном реакторе объемом 14 л

Указанный реактор представляет собой стеклянную емкость с автоклавируемой паровой рубашкой с воздушным выбросом и турбинной мешалкой Раштона. Он оснащен датчиком растворенного кислорода, pH, температуры и пены. Он имеет встроенную контрольную станцию с цветным сенсорным интерфейсом, встроенные насосы, регуляторы расхода газа и регуляторы pH/растворенного кислорода и уровня пены. Рабочий объем реактора составляет 10 л.

Состав питательной среды: Нитрат натрия, фосфат калия, сульфат магния, дрожжевой экстракт и растительное масло. Инокулят может представлять собой 1-2-дневную культуру *Pseudozyma aphidis* в количестве примерно 5-10% от общего объема культуры. Продолжительность культивирования и отбора образцов составляет 9-15 дней. Конечное производство MEL может достигать 800-1000 г.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Композиция для размягчения, разжижения и/или удаления парафинов, асфальтенов и/или отложений на оборудовании для добычи или переработки нефти и/или газа, содержащая культуру дрожжей *Wickerhamomyces anomalus* и/или бульон, в котором культивировали дрожжи, содержащий культуру дрожжей *Wickerhamomyces anomalus*, биологическое поверхностно-активное вещество (био-ПАВ) и растворитель, при этом био-ПАВ представляет собой софоролипид, и при этом растворитель выбран из ионных жидкостей, раствора гидроксида аммония и изопропилового спирта.

2. Композиция по п.1, дополнительно содержащая одно или несколько из следующего пекарские и/или пивные дрожжи, дрожжевые экстракты и/или соли.

3. Композиция по п.2, содержащая софоролипид в концентрации от 1 до 4%; пекарские и/или пивные дрожжи в концентрации от 0,1 до 1%; дрожжевой экстракт в концентрации от 1 до 20 г/л; гидроксид аммония в концентрации от 0,1 до 5%; изопропиловый спирт в концентрации от 0,1 до 5% и ионную жидкость в концентрации от 0,1 до 5%.

4. Композиция по п.3, дополнительно содержащая соли фосфора, магния, калия, глюкозы и/или аммония в концентрации до 0,1% каждая.

5. Композиция по п.1, в которой дрожжи культивируются с более чем одним источником углерода.

6. Композиция по п.5, в которой по меньшей мере один из источников углерода представляет собой от 50 до 100 г/л масла канолы.

7. Композиция по п.1, где оборудование выбирают из трубопровода, резервуара, обсадной колонны, насосно-компрессорной трубы, стержня, насоса и/или ствола скважины на нефтепромысле.

8. Способ одновременного повышения нефтеотдачи из нефтяной скважины при удалении загрязнений из оборудования для добычи или переработки нефти и/или газа, отличающийся тем, что указанный способ включает введение в скважину и/или нанесение на оборудование композиции по пп.1-7.

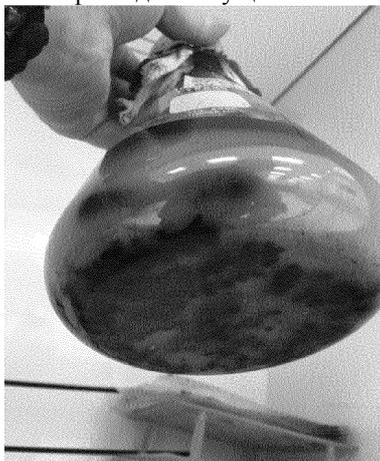
9. Способ по п.8, в котором применяют софоролипид в количестве 0,005-0,1 г/л, фосфат аммония или фосфат диамония в количестве 2-5 г/л и изопропиловый спирт в количестве 2-50 мл/л.

10. Способ по п.8, в котором от 757 л (200 галлонов) до 3785 л (1000 галлонов) композиции циркулируют через нефтяную скважину с помощью насоса в течение 24-72 ч.

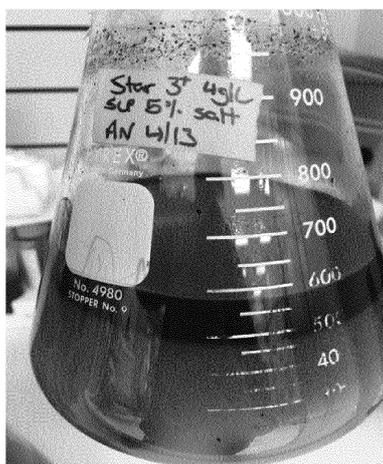
11. Способ по п.8, в котором дополнительно выполняют стимуляцию нефтяной скважины.

12. Способ по п.8, где загрязнение является асфальтеном, который растворяют в течение 12 ч или менее.

13. Способ по п.8, где повышение нефтеотдачи осуществляют из истощенной скважины.



Фиг. 1А

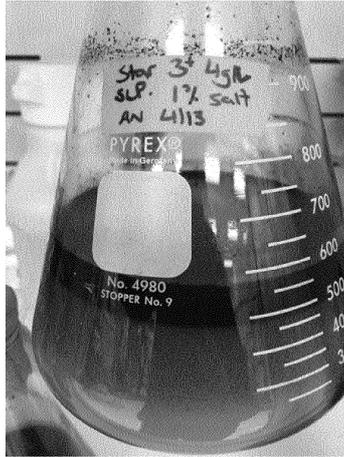


Фиг. 1Б



Фиг. 2А

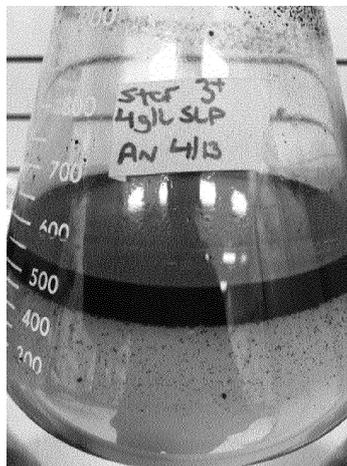
041311



Фиг. 2Б



Фиг. 3А

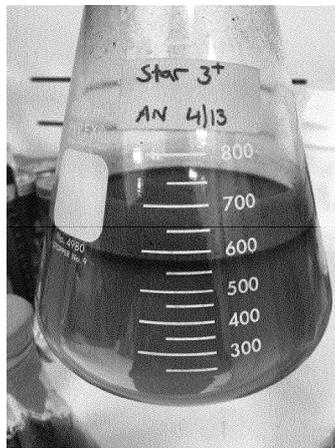


Фиг. 3Б

041311



Фиг. 4А

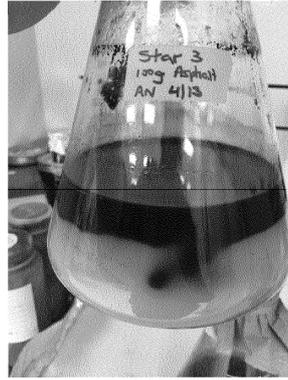


Фиг. 4Б

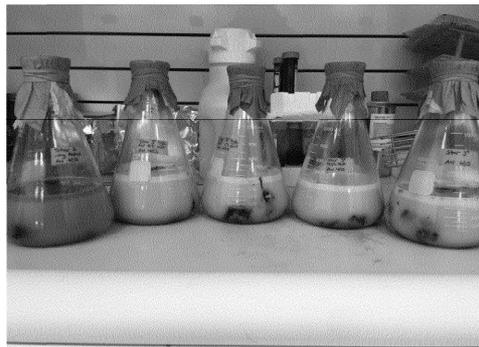


Фиг. 5А

041311



Фиг. 5Б



Фиг. 6



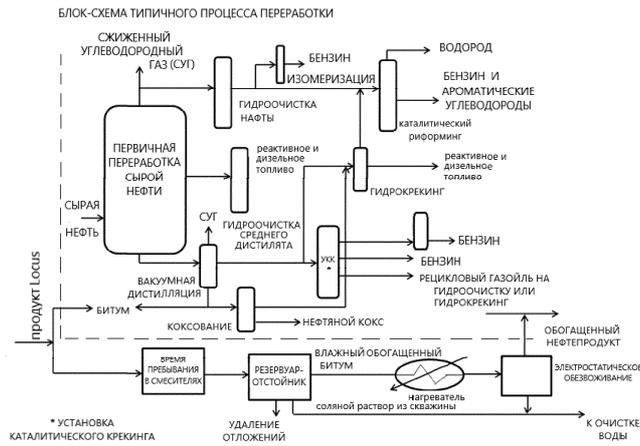
Фиг. 7



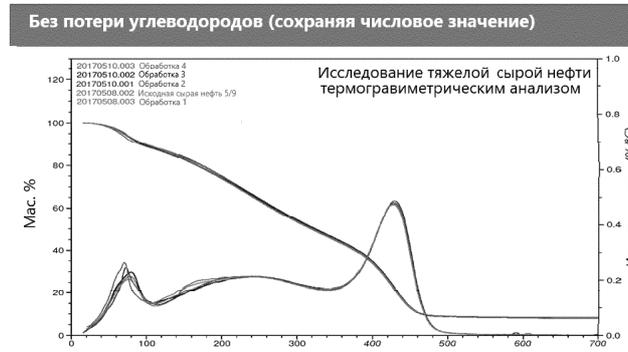
Фиг. 8А



Фиг. 8Б



Фиг. 9



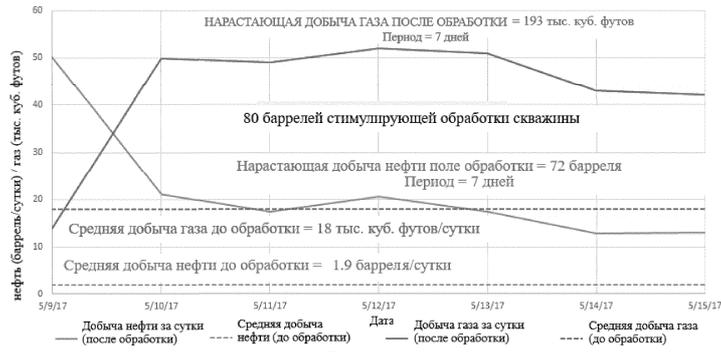
Фиг. 10А



Фиг. 10Б

Калифорнийская тяжелая сырая нефть с нижнего горизонта	Естественная	Обработанная	% Повышения
API	-3.7	7.2	295% повышение
Вязкость	2400 сП	120 сП	95% понижение
Канадская синтетическая сырая нефть	Естественная	Обработанная	% Изменений
API	16.2	32.08	100% повышение
Вязкость	455 сП	43 сП	91% понижение
Проблемные максиканские топливные нефтепродукты	Естественная	Обработанная	% Изменений
API	7.57	16.7	121% повышение
Вязкость	2728 сП	887 сП	68% понижение

Фиг. 11



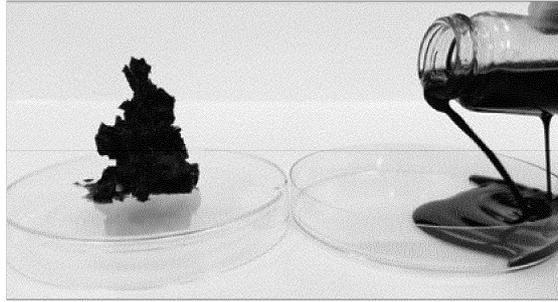
Фиг. 12



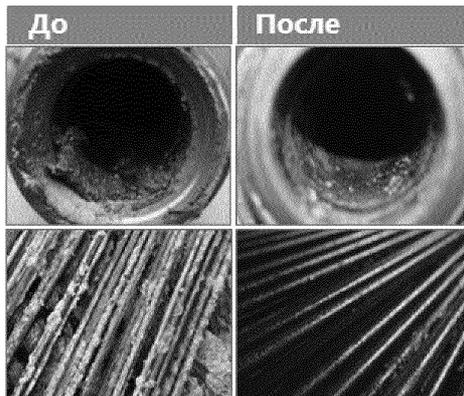
Фиг. 13

	система Locus	Горячая вода	Горячая нефть	Растворитель
Удаляет парафин	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Удаляет коррозионные биоотложения	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Потенциальное увеличение доходов от добычи нефти и газа	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Снижение уровня затраченных ресурсов за счет менее частой обработки и истощающих работ	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Очистка отводных линий и дна резервуаров для хранения как часть обработки	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Экологически чистый - без необходимости в специальной обработке	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Фиг. 14



Фиг. 15

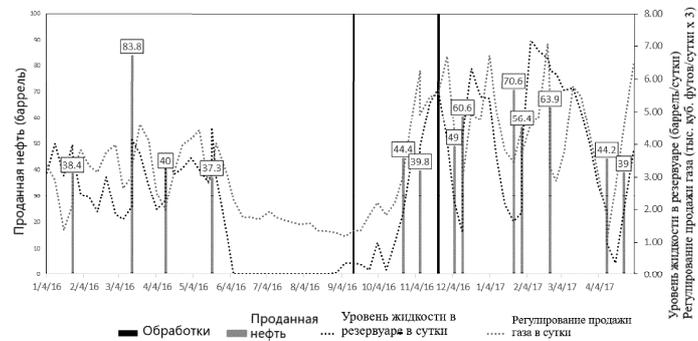


Фиг. 16



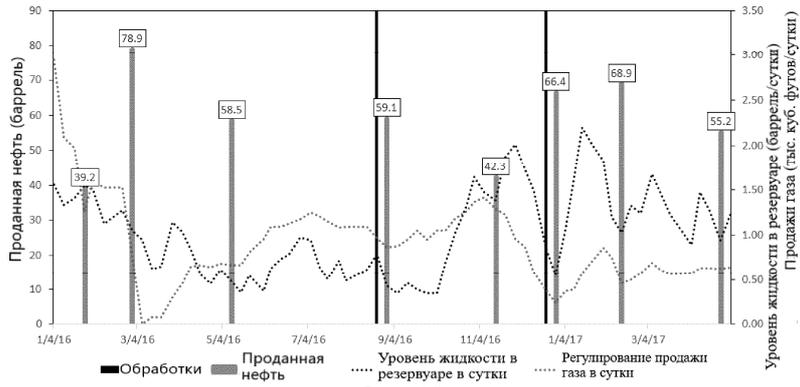
Фиг. 17

Результаты - вертикальная скважина, Спичли Сэнд, Пенсильвания



Фиг. 18

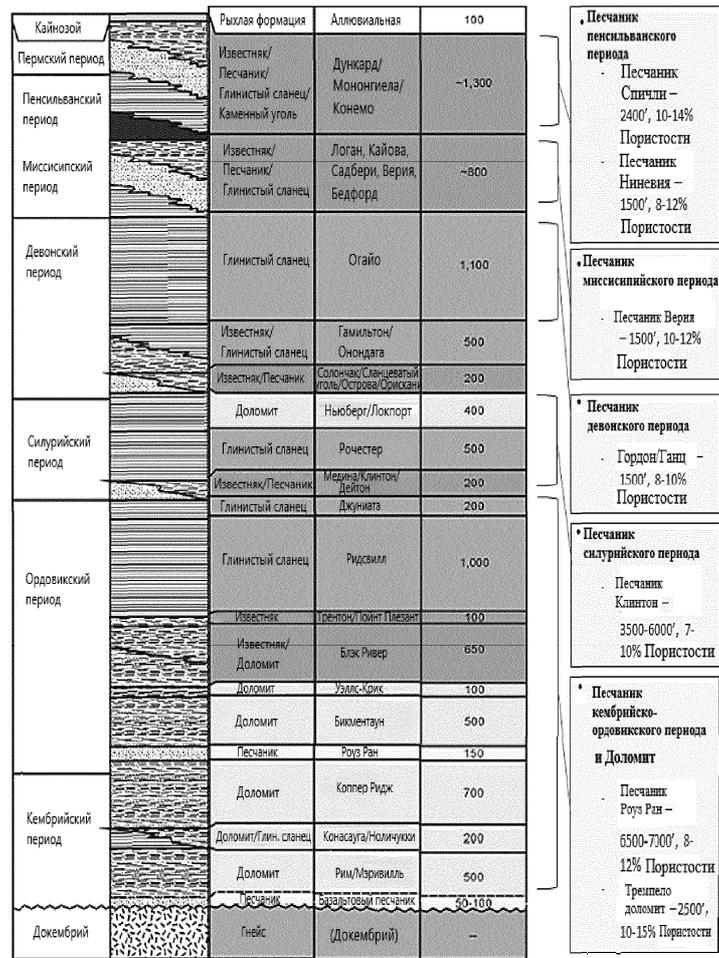
Результаты - вертикальная скважина, Ниневия Санд, Пенсильвания



Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2