

(12) МЕЖДУНАРОДНАЯ ЗАЯВКА, ОПУБЛИКОВАННАЯ В
СООТВЕТСТВИИ С ДОГОВОРом О ПАТЕНТНОЙ КООПЕРАЦИИ (РСТ)

(19) Всемирная Организация
Интеллектуальной Собственности
Международное бюро

(43) Дата международной публикации
24 января 2019 (24.01.2019)



(10) Номер международной публикации
WO 2019/017824 A1

(51) Международная патентная классификация:

E21B 43/22 (2006.01) *E21B 43/27* (2006.01)
C09K 8/584 (2006.01) *C09K 8/72* (2006.01)
C09K 8/92 (2006.01) *B82Y 30/00* (2011.01)

(21) Номер международной заявки: PCT/RU2018/050080

(22) Дата международной подачи:

18 июля 2018 (18.07.2018)

(25) Язык подачи:

Русский

(26) Язык публикации:

Русский

(30) Данные о приоритете:

2017126170 21 июля 2017 (21.07.2017) RU

(71) Заявитель: ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ ОТ-
ВЕТСТВЕННОСТЬЮ "ОИЛМАЙНД" (LIMITED
LIABILITY COMPANY OILMIND) [RU/RU]; Терри-
тория инновационного центра «Сколково», Большой
Бульвар, 42, стр. 1, эт. 0, пом. №327, раб. 3, Москва,
121205, Moscow (RU).

(72) Изобретатель: СЕРГЕЕВ, Виталий Вячеславович
(SERGEEV, Vitalii Vyacheslavovich); ул. Дубнинская,
39, кв. 78, Москва, 127474, Moscow (RU).

(74) Агент: КОТЛОВ, Дмитрий Владимирович
(KOTLOV, Dmitry Vladimirovich); ООО "ЦИС "СКОЛ-

КОВО", Территория инновационного центра "Сколково",
дом 4, оф.402.1, Москва, 143026, Moscow (RU).

(81) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида национальной охраны): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ,
CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO,
DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP,
KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Указанные государства (если не указано иначе, для
каждого вида региональной охраны): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ,
UG, ZM, ZW), евразийский (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), европейский патент (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(54) Title: METHOD OF INCREASING THE OIL RECOVERY OF FORMATIONS (EMBODIMENTS)

(54) Название изобретения: СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ (ВАРИАНТЫ)

(57) Abstract: The invention relates to the oil-extraction industry, specifically to technologies for acting on oil-and-gas-bearing formations in order to increase an oil recovery coefficient. The invention is aimed at increasing the oil recovery of formations and raising the efficiency of oil-and-gas field development. Said technical result is achieved in that a method according to a first embodiment includes the following sequence of formation treatment steps: injecting an invert emulsion in a volume of 3-5 m³/m and subsequently displacing same with an acid composition in a volume of 2-3 m³/m, injecting a high-stability direct emulsion containing a colloidal solution of silicon dioxide nanoparticles in a volume of 3-7 m³/m and subsequently displacing same with a liquid from a formation pressure maintenance system. According to a second embodiment, the method includes the following sequence of formation treatment steps: injecting an invert emulsion in a volume of 3-5 m³/m and subsequently displacing same using a non-ionogenic surfactant in the form of a composite mixture of Neonol BS-1 in a volume of 2-3 m³/m, and injecting a high-stability direct emulsion containing a colloidal solution of silicon dioxide nanoparticles in a volume of 3-7 m³/m and subsequently displacing same with a liquid from a formation pressure maintenance system.

(57) Реферат: Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, а именно к технологиям воздействия на нефтегазоносные пласты с целью увеличения коэффициента извлечения нефти. Изобретение направлено на увеличение нефтеотдачи пластов и повышение эффективности разработки нефтегазовых месторождений. Указанный технический результат достигается тем, что способ согласно первому варианту включает следующие последовательные этапы обработки пластов: закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м с последующей продавкой кислотным составом объемом 2-3 м³/м, закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления. Согласно второму варианту выполнения способ включает следующие последовательные этапы обработки пластов: закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м с последующей продавкой неионогенным поверхностно-активным веществом, в качестве которого используют композиционную смесь Неонол БС-1 объемом 2-3 м³/м, закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

[продолжение на следующей странице]

Опубликована:

- с отчётом о международном поиске (статья 21.3)
- до истечения срока для изменения формулы изобретения и с повторной публикацией в случае получения изменений (правило 48.2(h))
- в черно-белом варианте; международная заявка в поданном виде содержит цвет или оттенки серого и доступна для загрузки из PATENTSCOPE.

СПОСОБ УВЕЛИЧЕНИЯ НЕФТЕОТДАЧИ ПЛАСТОВ (ВАРИАНТЫ)

Изобретение относится к нефтедобывающей промышленности, а именно к технологиям воздействия на нефтегазоносные пласты с целью увеличения коэффициента извлечения нефти.

Ухудшение геолого-физических условий разработки нефтегазовых месторождений и необходимость поддержания объемов добычи нефти на максимальных уровнях приводят к внедрению интенсивных систем разработки с применением поддержания пластового давления закачкой воды в пласты. При интенсивной системе выработки запасов нефти недропользователи сталкиваются с проблемой прорыва вытесняющего нефть агента по более проницаемым интервалам пластов, что приводит к резкому обводнению добывающего фонда скважин и снижению экономической эффективности эксплуатации высокообводненных скважин.

Все нефтегазоносные пласты характеризуются различной степенью изменения параметров микро- и макронеоднородностей по площади и объему залежи. Геолого-физическая макронеоднородность нефтегазоносных пластов является основной характеристикой фильтрационно-емкостных свойств горных пород, а макронеоднородность – одним из основных осложняющих факторов при применении систем разработки нефтегазоносных объектов. Естественная геолого-физическая неоднородность нефтегазоносных объектов приводит к неравномерному распределению нефтевытесняющих агентов, закачиваемых в пласт. В результате основные объемы агентов, закачиваемых в пласт поглощаются интервалами пластов с наиболее высокими фильтрационно-емкостными характеристиками.

К увеличению естественной неоднородности фильтрационно-емкостных свойств горных пород приводит внедрение способов интенсификации добычи нефти. Одним из способов интенсификации добычи нефти, наиболее значительно влияющих на фильтрационно-емкостные характеристики пластов, является способ гидравлического разрыва пласта. Гидравлический разрыв пласта приводит к увеличению проницаемости естественных трещин пласта, а в некоторых случаях к созданию новой системы высокопроницаемых трещин. Таким образом, в большинстве случаев гидравлический разрыв пласта приводит к непродолжительной интенсификации добычи нефти и ускорению процессов обводнения нефтегазоносных пластов.

Наиболее широко применяемым агентом для вытеснения нефти из нефтегазонасыщенных пластов является вода. Одной из основных причин прорыва воды к

добывающим скважинам является различие в подвижности пластовых флюидов и закачиваемого с поверхности вытесняющего агента – воды. Как в поверхностных, так и в пластовых условиях вода двигается в сторону меньшего сопротивления, т.е. в случае подземного пласта по интервалам с наиболее высокими фильтрационно-емкостными характеристиками. Таким образом, вода неравномерно распределяется по толщинам нефтенасыщенных пластов и вовлекает в процессы фильтрации лишь малую часть нефтенасыщенных интервалов. Также вода является жидкостью с низкой способностью отмыва нефти, что объясняется ее полярностью. При фильтрации воды в нефтенасыщенных интервалах пластов извлекается лишь малая часть запасов нефти, т.к. ввиду разной полярности воды и углеводородов часть запасов нефти остается неизвлеченной в виде пленок, которые обволакивают стенки каналов фильтрации. В таких условиях конечный коэффициент извлечения нефти не превышает 20%.

В связи с этим специалистами отрасли разработаны способы увеличения нефтеотдачи пластов. Основной задачей этих способов является воздействие на нефтегазоносные пласты для увеличения охвата пластов воздействием и выравнивания фронта вытеснения нефти к добывающим скважинам. Целью способов является увеличение коэффициента извлечения нефти. Основная задача способов решается посредством закачки в пласты нефтewытесняющего агента с пониженной подвижностью.

Снижение подвижности нефтewытесняющих агентов приводит к более равномерному их распределению по площади и объему пласта. Более равномерное распределение нефтewытесняющих агентов по площади и объему пласта приводит к перераспределению фильтрационных потоков и увеличению охвата пластов воздействием посредством вовлечения в процессы фильтрации менее проницаемых интервалов пластов.

В настоящее время наиболее широко применяемым способом увеличения нефтеотдачи пластов является полимерное заводнение. Опыт разработки нефтегазовых месторождений показывает, что способы увеличения нефтеотдачи пластов на основе водных растворов полимеров недостаточно эффективны при наличии в пластах высоко- и среднепроницаемых трещин. Применяемые в промышленности полимерные составы основаны на поочередной закачке в пласт низкоконцентрированного водного раствора полимера и агента сшивателя. Учитывая тот факт, что при создании репрессии на пласт подвижность полимерных растворов на основе воды не обеспечивает достаточное сопротивление движению данной пачки в высоко- и среднепроницаемых трещинах, водный полимерный раствор также, как и вода, полностью поглощается наиболее проницаемыми интервалами пластов, не успев вступить в реакцию со сшивателем, закачиваемым следом.

Основным преимуществом применения полимерного заводнения является наличие вязкоупругих свойств у структурированной полимерной пачки. Вязкоупругие свойства полимерной пачки позволяют сдерживать закачиваемую в пласт воду на больших площадях, снижая риск прорыва воды. К основным недостаткам относятся: низкая экологичность полимерных композиций, многокомпонентность и неселективность, которая приводит к необратимой коагуляции каналов фильтрации в пластовых системах.

Кроме этого, применение водных растворов полимеров и осадкообразующих составов не позволяет регулировать смачиваемость фильтрационных каналов пласта. Смачиваемость поверхности горных пород (характеризуется краевым углом избирательного смачивания, порода может быть преимущественно гидрофильной или гидрофобной) в пластовых условиях при движении жидкости по узким капиллярным каналам является одним из основных параметров, влияющих на способность горных пород фильтровать жидкости и газы.

Из уровня техники известен способ увеличения нефтеотдачи пластов, включающий следующие последовательные этапы обработки пластов: закачку множественной микроэмульсии на основе анионоактивных веществ с последующей продавкой водой, и закачку множественной микроэмульсии на основе солей ПАВ или обратной эмульсии или прямой эмульсии (а.с. СССР на изобретение № 1624132, МПК E21B 43/22, опубликовано 30.01.1991). В известном способе для блокирования водонасыщенных интервалов пласта применяются щелочные соли органических кислот ($R-COOMe^+$), т.е. принцип блокирования основан на осадкообразовании за счет выпадения хлопьевидных твердых частиц солей. Образование твердых частиц солей является необратимым процессом и их применение в методах воздействия на всю площадь пласта приводит к необратимой коагуляции поровых каналов и нарушению системы фильтрации пластовых флюидов, что является недостатком известного способа.

Кроме того, из уровня техники известна композиция для повышения нефтеотдачи пласта, включающая анионное поверхностно-активное вещество (АПАВ) и неионогенное поверхностно-активное вещество (НПАВ), где в качестве АПАВ она содержит нефтяные или синтетические сульфонаты с эквивалентной массой от 330 до 580, а в качестве НПАВ – оксиэтилированные алкилфенолы со степенью оксиэтилирования от 8 до 16, и дополнительно содержит растворитель (патент РФ № 2065946, МПК E21B 43/22, E21B 33/138, опубликован 27.08.1996). В известном решении решена задача повышения стабильности композиции ПАВ для ее применения в высокотемпературных пластах с высокой минерализацией пластовых вод. Целью композиции является повышение нефтевытеснения за счет доотмыва нефти с помощью ПАВ, а не выравнивание фронта

вытеснения нефти. В связи с этим, недостатком композиции является невозможность блокирования высокопроницаемых интервалов пласта и невозможность создания нефтewытесняющей пачки, что приводит к низкому охвату пласта воздействием.

Также из уровня техники известен способ регулирования процесса разработки и повышения нефтеотдачи неоднородных по проницаемости пластов, заключающийся в последовательно чередующейся закачке оторочек изолирующего состава в добывающую и/или нагнетательную скважины, при этом в качестве растворителя используют СФПК с концентрацией 5-20 мас.%, в качестве изолирующего состава используют тампонажные составы на основе кремнийорганических соединений или прямые и обратные эмульсионные растворы или др. (патент РФ на изобретение № 2257463, МПК E21B 43/22, опубликован 27.07.2005). В известном решении предусмотрены этапы блокировки высокопроницаемых интервалов пласта за счет применения изолирующего состава и последующего доотмыва пленочной нефти за счет закачки водных растворов щелочей и растворителя. Недостатком известного способа является отсутствие нефтewытесняющей пачки, которая обеспечивает повышение коэффициента охвата пласта воздействием и выравнивание фронта вытеснения нефти рабочей жидкостью.

Для решения указанных проблем разработки нефтегазовых месторождений предлагается способ увеличения нефтеотдачи пластов, основанный на поэтапной обработке пластов эмульсионными системами и нефтеотмывающими агентами.

Сущность изобретения заключается в том, что согласно первому варианту способ увеличения нефтеотдачи пластов включает следующие последовательные этапы обработки пластов: закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м перфорированной мощности пласта (м³/м) с последующей продавкой кислотным составом объемом 2-3 м³/м, закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления. При этом в качестве обратной эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 25-35, эмульгатор – 1.5-3, техническая вода – остальное. В качестве технической воды можно использовать раствор хлорида кальция или раствор хлорида калия. Для карбонатных пластов в качестве кислотного состава для продавки используют солянокислотный состав, содержащий, в частности, 30%-ную соляную кислоту, уксусную кислоту, диэтиленгликоль, ингибитор коррозии и техническую воду. Конкретнее, солянокислотный состав может содержать, % об.: 30%-ную соляную кислоту – 50-63, уксусную кислоту – 1-3, диэтиленгликоль – 6-12, ингибитор коррозии – 1.5-2, техническую воду – остальное. Для терригенных пластов в качестве кислотного

состава для продавки используют глинокислотный состав, содержащий, в частности, 30%-ную соляную кислоту, плавиковую кислоту, диэтиленгликоль, уксусную кислоту, ингибитор коррозии, техническую воду. Конкретнее, глинокислотный состав может содержать, % об.: 30%-ную соляную кислоту – 48-60, плавиковую кислоту – 1-4, диэтиленгликоль – 6-12, уксусную кислоту – 1-3, ингибитор коррозии – 1.5-2, техническую воду – остальное. В качестве прямой эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 10-20, эмульгатор – 1-2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния с размером частиц от 9 до 100 нанометров – 0.5-1.5, техническую воду – остальное.

Кроме того, согласно второму варианту, способ увеличения нефтеотдачи пластов включает следующие последовательные этапы обработки пластов: закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м с последующей продавкой неионогенным поверхностно-активным веществом, в качестве которого используют композиционную смесь Неонол БС-1 объемом 2-3 м³/м, закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления. При этом в качестве обратной эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 25-35, эмульгатор – 1.5-3, техническая вода – остальное. В качестве технической воды можно использовать раствор хлорида кальция или раствор хлорида калия. В качестве прямой эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 10-20, эмульгатор – 1-2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния с размером частиц от 9 до 100 нанометров – 0.5-1.5, техническую воду – остальное.

Неонол БС-1 (ТУ 2483-005-48482528-99) представляет собой композиционную смесь НПАВ, полигликоля и воды, и предназначен для использования в процессах интенсификации нефтедобычи для обработки призабойных зон нагнетательных и добывающих скважин, а также как улучшающая добавка в сшитые полимерные составы, применяемые для выравнивания профилей приемистости нагнетательных скважин и снижения обводненности на участке воздействия.

Техническим результатом изобретения является увеличение нефтеотдачи пластов и повышение эффективности разработки нефтегазовых месторождений за счет увеличения охвата пласта воздействием, доотмыва нефти и выравнивания фронта вытеснения нефти.

Процессы фильтрации и вытеснения флюидов из пористой среды определяются явлениями, происходящими как на границах раздела между технологическими жидкостями, нефтью, водой, газом, так и на контакте технологических жидкостей и флюидов с горной породой. В связи с этим, предлагаемый способ увеличения нефтеотдачи пластов разработан на основе физико-химических свойств технологических жидкостей, закачиваемых в нефтегазоносные пласты, изменять и эффективно регулировать поверхностно-молекулярные свойства пластовых систем.

Для обеспечения наиболее полного охвата пластов воздействием по площади и объему в предлагаемом способе предусмотрены три этапа обработки со следующими целями:

1 этап – изменение смачиваемости и блокировка наиболее проницаемых, промытых водой интервалов пластов обратной эмульсией – эмульсионной системой типа «вода в нефти».

Как правило, промытые водой интервалы пласта являются гидрофильными, что создает дополнительное сопротивление продвижению обратной эмульсии по более проницаемым каналам и снижает риск поглощения обратной эмульсии промытыми водой каналами фильтрации. Также, при продвижении обратной эмульсии (дисперсионная среда – углеводороды) по каналу фильтрации происходит изменение краевого угла смачивания горной породы.

2 этап – продавка обратной эмульсии и увеличение фильтрационных параметров менее проницаемых интервалов пластов активной композицией.

Изменение краевого угла смачиваемости горных пород в результате закачки обратной эмульсии на первом этапе обработки приводит к дополнительному сопротивлению для движения по этим каналам активной композиции на водной основе (кислотные композиции или композиции с поверхностно-активным веществом – ПАВ) таким образом, активная композиция будет фильтроваться в менее проницаемые интервалы пласта.

Активные композиции позволяют увеличить фильтрационные параметры менее проницаемых интервалов пластов, обеспечивая перераспределение потоков жидкостей, поступающих в призабойную зону пласта (ПЗП). В случае применения кислотных композиций в качестве активной композиции происходит частичное растворение ряда когматантов и минералов, составляющих горную породу пласта. В случае применения композиций с ПАВ в качестве активной композиции происходит преимущественно доотмыв адсорбционных слоев со стенок поровых каналов.

Наличие адсорбционных слоев способствует интенсивному отложению асфальтосмолопарафинистых веществ в поровых каналах, что приводит к снижению фильтрационных параметров горных пород. Отрицательное влияние отложений на проницаемость горных пород увеличивается в пластах с низкой проницаемостью и

5 высоким содержанием высокомолекулярных соединений в составе пластовой нефти. Отрицательное действие отложений на проницаемость горных пород связано с тем, что при интенсивном отложении асфальтосмолопарафинистых веществ на адсорбционных слоях сужается проходное сечение поровых каналов. В некоторых случаях это приводит к полной блокировке каналов и затуханию процессов фильтрации флюидов в пластовых условиях.

10 3 этап – закачка пачки высокостабильной эмульсии прямого типа – эмульсионной системы типа «нефть в воде», с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния с размером частиц от 9 до 100 нанометров. Высокостабильная прямая эмульсия является пачкой, сдерживающей фронт вытеснения нефти от прорыва вытесняющего агента.

15 При движении эмульсионных систем в пористой среде их эффективная вязкость зависит от объемного водосодержания в системе и скорости фильтрации эмульсии в пористой среде, увеличиваясь с уменьшением скорости фильтрации и ростом объемного водосодержания. Это приводит к тому, что при движении в неоднородном по разрезу пласте происходит саморегулирование скорости фильтрации и выравнивание как профиля закачки

20 в ПЗП, так и фронта вытеснения нефти.

Полярность дисперсионной среды высокостабильной прямой эмульсии обеспечивает:

- фильтрацию эмульсионной системы в преимущественно гидрофильные менее проницаемые интервалы пластов;
- 25 • изменение фазовой проницаемости менее проницаемых нефтенасыщенных каналов фильтрации;
- доотмыв остаточной нефти в результате солюбилизации взвешенных в эмульсии глобул углеводородов и четок углеводородов в нефтенасыщенных каналах фильтрации;
- 30 • пачку, сдерживающую прорыв воды по стимулированным активной композицией фильтрационным каналам.

Опыт применения классических обратных эмульсий в качестве блокирующих пачек показывает, что граничная стабильность обратной эмульсии в пластовых условиях находится в интервале 4...6 мес., т.е. высокопроницаемые промытые каналы фильтрации,

35 заблокированные пачкой первого этапа обработки (обратной эмульсией), будут

ограниченно вовлечены в процесс вытеснения в течение этого периода времени. Этот временной интервал обеспечит достаточное удаление от ПЗП пачки третьего этапа (высокостабильная прямая эмульсия), которая формирует фронт вытеснения нефти. Фронт вытеснения нефти в данный период образовывается за счет фильтрации вытесняющего агента по менее проницаемым нефтенасыщенным интервалам пластов. В ходе фильтрации некоторый объем остаточной нефти, вытесненной из менее проницаемых интервалов, мигрирует в более проницаемые каналы фильтрации, которые активно работали до обработки. Следовательно, по истечению 4...6 мес. постепенное подключение в процесс вытеснения нефти интервалов пластов, которые были активно вовлечены в процессы фильтрации до блокировки обратной эмульсией (пачка первого этапа обработки), увеличит охват пластов воздействием по площади и объему.

Разница в проницаемости различных каналов фильтрации при общем перепаде давления в ПЗП приводит к тому, что в интервалах с большей проницаемостью скорость фильтрации выше и, следовательно, фронт движения вытесняющего агента (воды) по более проницаемым интервалам пластов догонит фронт вытеснения нефти, который был сформирован за счет движения пачки высокостабильной прямой эмульсии по менее проницаемым интервалам пластов. Эти явления обеспечивают выравнивание фронта вытеснения нефти на подходе к добывающим скважинам.

Явления, происходящие на границах раздела фаз, проявляющиеся как на границах раздела между нефтью, водой и газом, так и на контакте пластовых флюидов с горной породой в значительной степени влияют на процессы фильтрации флюидов в пористой среде. Также существенное влияние оказывают капиллярные явления. В гидрофильной пористой среде вследствие микронеоднородности пористой среды на границе водонефтяного контакта капиллярные силы оказываются больше в поровых каналах меньшего размера. В результате по мелким поровым каналам вода продвигается в нефтенасыщенную часть, а нефть по крупным порам оттесняется частично в водонасыщенную область. Вследствие этого граница раздела приобретает изрезанный, фрактальный вид.

При вытеснении нефти из преимущественно трещиноватых пластов под действием перепада давления вода быстро прорывается по высокопроницаемым трещинам к добывающим скважинам. После этого происходит медленное капиллярное впитывание (пропитка) воды в нефтенасыщенные блоки и вытеснение из них нефти. Это способствует доизвлечению нефти и увеличению нефтеотдачи пласта.

В неоднородных пластах при больших скоростях вытеснения вода не успевает под действием капиллярных сил вытеснять нефть из низкопроницаемых участков пласта. В связи с этим за фронтом вытеснения остаются целики нефти. Поэтому нефтеотдача с ростом скорости вытеснения будет снижаться как в гидрофобных, так и в гидрофильных неоднородных пластах. Таким образом, в зависимости от тех или иных сочетаний геолого-физических условий пластовой системы, поверхностные явления оказывают значительное влияние на нефтеотдачу пластов.

Основная характеристика процесса вытеснения нефти из пористой среды – степень вытеснения, которая напрямую определяет нефтеотдачу пластов. Полнота вытеснения обуславливается гидродинамическими факторами, свойствами жидкостей и геолого-физическими свойствами пластовой системы. Степень вытеснения характеризуется устойчивостью фронта вытеснения одной жидкости другой и остаточной насыщенностью горных пород вытесняемой жидкостью за фронтом вытеснения. Остаточная насыщенность за фронтом вытеснения определяется фазовой проницаемостью и соответствует тому значению, при котором фаза теряет подвижность. Эта величина может регулироваться изменением смачиваемости горных пород вытесняющей жидкостью за счет добавок поверхностно-активных веществ.

Для определения стабильностей обратной эмульсии и модифицированной наночастицами прямой эмульсии проведены сравнительные эксперименты по измерению агрегативной устойчивости эмульсий.

Агрегативная устойчивость это способность эмульсий сохранять степень дисперсности внутренней фазы.

Оценку проводили по показателю электростабильности - значений электрического напряжения, соответствующего моменту разрушения эмульсии, заключенной между электродами измерительной ячейки прибора.

Эксперименты проводились на приборе марки FANN при комнатной температуре (20 °C). Плотность дисперсионной среды (водный раствор хлорида калия) прямой эмульсии – 1120 кг/м³.

В результате сравнительных экспериментов определено, что наличие в составе эмульсии коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния увеличивает стабильность эмульсии. Оптимальная концентрация коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния в составе эмульсии находится в интервале 0,5-1.5 % об. Результаты экспериментов представлены на фиг. 1, 2, 3, 4.

Для проведения технологических операций по предлагаемому способу необходима спецтехника и оборудование, представленные ниже.

Способ увеличения нефтеотдачи пластов основан на последовательной закачке через нагнетательные скважины или блочную кустовую насосную станцию (БКНС) в пласт оторочек эмульсионных систем и активных композиций, каждая из которых выполняет определенную задачу в контексте общей цели достижения максимально селективного блокирующего и стимулирующего воздействия в различных интервалах пласта.

Приготовление эмульсионных систем рекомендуется производить на лопастных мешалках при скорости вращения вала 70-100 об/мин или на коллоидных мельницах растворного узла (при его наличии на промысле). Допускается применение установки приготовления химических реагентов с насосом-дозатором и емкостью "УСИД" в комплекте с блоком напорно-силового насоса СИН-44.02. Технические характеристики установки представлены на фиг. 5.

Установка "УСИД" позволяет приготовить растворы из жидких (до 5-и наименований) и порошкообразных химреагентов. В зависимости от технологии производить дозирование химреагентов через эжектор в основную емкость, смешивание и подачу в насосный агрегат, обвязываемый приемом дозировочного насоса с емкостью, предназначенной для данного вида реагента. Установка состоит из: расходомера, эжектора с воронкой (для ввода хим. реагентов), активатора, емкости, электродвигателей, валов со шнеками, уровнемера, электромонтажного блока управления, пробоотборника и манометра.

При осуществлении технологического процесса закачки применяются стандартные спецтехника и оборудование, применяемое при капитальном ремонте скважин. В частности, рукава высокого давления резиновые с металлической оплёткой и концевой присоединительной арматурой, предназначенные для гидросистем различных машин и оборудования. На фиг. 6 представлены технические характеристики и условия эксплуатации рукавов высокого давления. На фиг. 7 представлен примерный перечень спецтехники и ее назначение. Количество единиц оборудования и спецтехники может отличаться в зависимости от объема закачиваемых составов.

Техническое состояние оборудования должно обеспечивать возможность контроля технологических процессов. В точках контроля должны быть врезаны исправные пробоотборники. Расстояние между шнеком дозатора агентов и приемной воронкой эжектора должно позволять подставлять и наполнять емкость, соответствующую минутному расходу агента.

Следует отметить, что линии нагнетания обеспечиваются обратным клапаном, стравливающим клапаном. Линия водоснабжения обеспечивается редуцирующей задвижкой. Эжектирующее устройство должно быть исправным, проходить очистку и проверку после каждой операции, и оснащено резиновым шлангом.

5 Закачка эмульсионных систем и активной композиции в пласт может осуществляться по одному из двух вариантов:

- через нагнетательную скважину;
- через БКНС.

10 При закачке пачек через нагнетательную скважину в качестве активной композиции применяют кислотный состав. В данном случае обработка производится индивидуально по каждой отдельной скважине посредством технологического подсоединения линий (рукавов высокого давления) насосных агрегатов к устьевой арматуре нагнетательной скважины.

15 А именно, для осуществления способа согласно первому варианту производят закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м с последующей продавкой кислотным составом объемом 2-3 м³/м, а затем закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления. При этом в качестве обратной эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки

20 нефти – 25-35, эмульгатор – 1.5-3, техническая вода – остальное. В качестве технической воды можно использовать раствор хлорида кальция или раствор хлорида калия. Для карбонатных пластов в качестве кислотного состава для продавки используют солянокислотный состав, содержащий, в частности, 30%-ную соляную кислоту, уксусную кислоту, диэтиленгликоль, ингибитор коррозии и техническую воду. Конкретнее,

25 солянокислотный состав может содержать, % об.: 30%-ную соляную кислоту – 50-63, уксусную кислоту – 1-3, диэтиленгликоль – 6-12, ингибитор коррозии – 1.5-2, техническую воду – остальное. Для терригенных пластов в качестве кислотного состава для продавки используют глинокислотный состав, содержащий, в частности, 30%-ную соляную кислоту, плавиковую кислоту, диэтиленгликоль, уксусную кислоту, ингибитор коррозии,

30 техническую воду. Конкретнее, глинокислотный состав может содержать, % об.: 30%-ную соляную кислоту – 48-60, плавиковую кислоту – 1-4, диэтиленгликоль – 6-12, уксусную кислоту – 1-3, ингибитор коррозии – 1.5-2, техническую воду – остальное. В качестве прямой эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 10-20,

эмульгатор – 1-2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния с размером частиц от 9 до 100 нанометров – 0,5-1.5, техническую воду – остальное.

При закачке пачек через БКНС в качестве активной композиции применяют композицию ПАВ. В данном случае производится обработка группы скважин, которые подсоединены к линии БКНС. Применение кислотных составов при закачке рабочих пачек через БКНС запрещено ввиду низкой защиты линий БКНС от коррозионной агрессивности кислотных составов.

А именно, для осуществления способа согласно второму варианту производят закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м с последующей продавкой неионогенным поверхностно-активным веществом (НПАВ), в качестве которого используют композиционную смесь Неонол БС-1 объемом 2-3 м³/м, и закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

В качестве обратной эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 25-35, эмульгатор – 1.5-3, техническая вода – остальное. В качестве технической воды можно использовать раствор хлорида кальция или раствор хлорида калия. В качестве прямой эмульсии можно использовать композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 10-20, эмульгатор – 1-2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния размером от 9 до 100 нанометров – 0.5-1.5, техническую воду – остальное.

Для выбора скважин и определения технологических параметров закачки эмульсионных систем производится следующий комплекс промыслово-исследовательских работ:

- анализ геолого-промысловых данных по скважинам и определение характера обводнения скважин;
- отбор проб жидкости для определения обводненности добываемой продукции и типа воды, поступающей в скважину;
- определение реагирующих добывающих скважин для оценки эффективности применения технологии;
- исследование герметичности эксплуатационной колонны;
- оценка состояния цементного кольца в интервале продуктивных пластов;
- определение приемистости скважины и профиля приемистости перфорированной мощности пласта;

– снятие кривых восстановления давления и индикаторных кривых.

Конкретный объем исследований определяется для каждой скважины индивидуальным планом работ.

Ниже приведены примеры осуществления способа по первому и второму вариантам.

5 Пример 1.

Обработка нагнетательной скважины в карбонатном пласте. Приемистость до обработки – 267 м³/сут. Мощность перфорированного интервала, подлежащего обработке – 20 м.

10 Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего состава, % об.: дизельное топливо – 25%, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ 2413-048-48482528-98) – 1.5%, водный раствор хлорида калия с концентрацией 20 кг/м³ – 73.5 в объеме 3.6 м³/м. На втором этапе произвели закачку кислотного (солянокислотного) состава, % об.: 30-
15 ти процентная соляная кислота – 57, диэтиленгликоль – 8, уксусная кислота – 1.5, ингибитор коррозии Синол ИКК (ТУ 2484-002-48482528-98) – 1.5, техническая вода плотностью 1000 кг/м³ – 32 в объеме 3 м³/м. На третьем этапе произвели закачку высокостабильной эмульсии прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.: дизельное топливо – 10, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ
20 2413-048-48482528-98) – 1, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 31 % об., монометиловый эфир пропиленгликоля – 68.7 % об., вода – 0.3 % об.) – 0,5, техническая вода с концентрацией хлорида калия 20 кг/м³ – 88.5, в объеме 4,2 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

25 По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 1,2 тыс. т. на скважину. На момент оценки эффект продолжался.

Пример 2.

30 Обработка нагнетательной скважины в карбонатном пласте. Приемистость до обработки – 310 м³/сут. Мощность перфорированного интервала, подлежащего обработке – 38 м.

35 Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего состава, % об.: дизельное топливо – 27, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ 2413-048-48482528-98) – 1.5, водный раствор хлорида калия с концентрацией 25 кг/м³ – 31.5 в объеме 4.3 м³/м. На

втором этапе произвели закачку кислотного (солянокислотного) состава, % об.: 30-ти процентная соляная кислота – 57, диэтиленгликоль – 8, уксусная кислота – 1.5, ингибитор коррозии Синол ИКК (ТУ 2484-002-48482528-98) – 1,5, техническая вода плотностью 1000 кг/м³ – 32 в объеме 2.5 м³/м. На третьем этапе произвели закачку высокостабильной эмульсии прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.: дизельное топливо – 15, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ 2413-048-48482528-98) – 1.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 31 % об., монометилвый эфир пропиленгликоля – 68.7 % об., вода – 0.3 % об.) – 1.5, техническая вода с концентрацией хлорида калия 25 кг/м³ – 82 в объеме 5.6 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 1.43 тыс. т. на скважину. На момент оценки эффект продолжался.

Пример 3.

Обработка нагнетательной скважины в карбонатном пласте. Приемистость до обработки – 169 м³/сут. Мощность перфорированного интервала, подлежащего обработке – 18 м.

Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего состава, % об.: дизельное топливо – 30, эмульгатор Ринго ЭМ (ТУ 2413-003-52412574-01) – 2, водный раствор хлорида калия с концентрацией 30 кг/м³ – 68 в объеме 3 м³/м. На втором этапе произвели закачку кислотного (солянокислотного) состава, % об.: 30-ти процентная соляная кислота – 50, диэтиленгликоль – 6, уксусная кислота – 2, ингибитор коррозии Синол ИК-001 (ТУ 2458-031-52412574-02) – 1.5, техническая вода плотностью 1000 кг/м³ – 40.5 в объеме 2 м³/м. На третьем этапе произвели закачку высокостабильной эмульсии прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.: дизельное топливо – 17, эмульгатор Ринго ЭМ (ТУ 2413-003-52412574-01) – 2, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 31 % об., монометилвый эфир пропиленгликоля – 68.7 % об., вода – 0.3 % об.) – 1, техническая вода с концентрацией хлорида калия 30 кг/м³ – 80 в объеме 3,4 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 1,04 тыс. т. на скважину. На момент оценки эффект продолжался.

Пример 4.

Обработка нагнетательной скважины в карбонатном пласте. Приемистость до обработки – 390 м³/сут. Мощность перфорированного интервала, подлежащего обработке – 41 м.

5 Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего состава, % об.: дизельное топливо – 35, эмульгатор Ринго ЭМ (ТУ 2413-003-52412574-01) – 3, водный раствор хлорида калия с концентрацией 30 кг/м³ – 62 в объеме 5 м³/м. На втором
10 этапе произвели закачку кислотного (солянокислотного) состава, % об.: 30-ти процентная соляная кислота – 60, диэтиленгликоль – 10, уксусная кислота – 3, ингибитор коррозии Синол ИК-001 (ТУ 2458-031-52412574-02) – 2, техническая вода плотностью 1000 кг/м³ – 25 в объеме 2,5 м³/м. На третьем этапе произвели закачку высокостабильной эмульсии прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.:
15 дизельное топливо – 20, эмульгатор Ринго ЭМ (ТУ 2413-003-52412574-01) – 2,5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 31 % об., монометиловый эфир пропиленгликоля – 68.7 % об., вода – 0.3 % об.) – 1.5, техническая вода с концентрацией хлорида калия 30 кг/м³ – 76 в объеме 6,2 м³/м. с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

20 По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 1,58 тыс. т. на скважину. На момент оценки эффект продолжался.

Пример 5.

Обработка нагнетательной скважины в терригенном пласте. Приемистость до
25 обработки – 177 м³/сут. Мощность перфорированного интервала, подлежащего обработке – 33 м.

Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего
30 состава, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 32, эмульгатор Синол ЭМИ (ТУ 2484-007-52412574-01) – 3, водный раствор хлорида кальция с концентрацией 17 кг/м³ – 65 в объеме 3 м³/м. На втором этапе произвели закачку кислотного (глинокислотного) состава, % об.: 30-ти процентная соляная кислота – 48, плавиковая кислота – 2, диэтиленгликоль – 6, уксусная кислота – 1.5, ингибитор коррозии Синол ИК-
35 001 (ТУ 2458-031-52412574-02) – 1.5, техническая вода плотностью 1000 кг/м³ – 41 в объеме

2.4 м³/м. На третьем этапе произвели закачку высокостабильной эмульсии прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 20, эмульгатор Синол ЭМИ (ТУ 2484-007-52412574-01) – 2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 30 % об. в изопропанол – 68.5 и метиловом спирте – 1.5 % об.) – 1.5, техническая вода с концентрацией хлорида кальция 17 кг/м³ – 76 в объеме 3 м³/м. с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 0,92 тыс. т. на скважину. На момент оценки эффект продолжался.

Пример 6.

Обработка нагнетательной скважины в терригенном пласте. Приемистость до обработки – 240 м³/сут. Мощность перфорированного интервала, подлежащего обработке – 58 м.

Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего состава, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 35, эмульгатор Синол ЭМИ (ТУ 2484-007-52412574-01) – 3, водный раствор хлорида кальция с концентрацией 17 кг/м³ – 62 в объеме 3.9 м³/м. На втором этапе произвели закачку кислотного (глинокислотного) состава, % об.: 30-ти процентная соляная кислота – 48, плавиковая кислота – 2, диэтиленгликоль – 6, уксусная кислота – 1.5, ингибитор коррозии Синол ИК-001 (ТУ 2458-031-52412574-02) – 1.5, техническая вода плотностью 1000 кг/м³ – 41 в объеме 2.8 м³/м. На третьем этапе произвели закачку высокостабильной эмульсии прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 17, эмульгатор Синол ЭМИ (ТУ 2484-007-52412574-01) – 2.2, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 31 % об. в этиленгликоле – 69 % об.) – 1.5, техническая вода с концентрацией хлорида кальция 17 кг/м³ – 79.3 в объеме 4,2 м³/м. с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 1.22 тыс. т. на скважину. На момент оценки эффект продолжался.

Пример 7.

Обработка нагнетательной скважины в терригенном пласте. Приемистость до обработки – 182 м³/сут. Мощность перфорированного интервала, подлежащего обработке – 36 м.

5 Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего состава, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 28, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ 2413-048-48482528-98) – 2.5, водный раствор хлорида кальция с концентрацией 20 кг/м³ – 69.5 в объеме 3.2 м³/м. На втором этапе произвели закачку 10 кислотного (глинокислотного) состава, % об.: 30-ти процентная соляная кислота – 48, плавиковая кислота – 2, диэтиленгликоль – 6, уксусная кислота – 1.5, ингибитор коррозии Синол ИКК (ТУ 2484-002-48482528-98) – 1.5, техническая вода плотностью 1000 кг/м³ – 41 в объеме 2,5 м³/м. На третьем этапе произвели закачку высокостабильной эмульсии 15 прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 10, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ 2413-048-48482528-98) – 1, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 31 % об. в этиленгликоле – 69 % об.) – 0.7, техническая вода с концентрацией хлорида кальция 20 кг/м³ – 89.3 в объеме 3 м³/м. с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

20 По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 0,94 тыс. т. на скважину. На момент оценки эффект продолжался.

Пример 8.

Обработка группы нагнетательных скважин в терригенном пласте, закачкой 25 технологических жидкостей через БКНС. Основные технологические параметры скважин и объемы закачки представлены на фиг. 8.

Произвели расстановку и обвязку оборудования согласно типовой схемы. Закачку рабочих жидкостей производили последовательно в три этапа. Время выдержки не предусматривали. На первом этапе произвели закачку обратной эмульсии следующего 30 состава, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 25, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ 2413-048-48482528-98) – 2.5, водный раствор хлорида калия с концентрацией 15 кг/м³ – 72.5 в объеме 4,05 м³/м (среднее на 12 скважин). Общий объем обратной эмульсии на 12 скважин составил 1689,5 м³. На втором этапе произвели закачку готовой смеси Неонол БС-1 (ТУ 2483-005-48482528-99) в объеме 2,28 м³/м (среднее на 12 35 скважин). Общий объем Неонол БС-1 на 12 скважин составил 951,1 м³. На третьем этапе

произвели закачку высокостабильной эмульсии прямого типа с содержанием коллоидного раствора наночастиц двуокиси кремния, % об.: подготовленная нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 20, эмульгатор Синол-ЭМ (ТУ 2413-048-48482528-98) – 2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния (двуокись кремния – 30 % об. в изопропанол – 68.5 и метиловом спирте – 1.5 % об.) – 1.5, техническая вода с концентрацией хлорида калия 15 кг/м^3 – 76 в объеме $4,97 \text{ м}^3/\text{м}$ (среднее на 12 скважин) с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления.

Общий объем высокостабильной эмульсии на 12 скважин составил $2078,2 \text{ м}^3$. Произвели отсоединение линий насосных агрегатов. После чего БКНС продолжила работу в соответствии с установленным технологическим режимом работы.

По прошествии 8 месяцев произвели оценку технологической эффективности обработки. Дополнительная добыча нефти по реагирующим добывающим скважинам составила 12, 6 тыс. т. На момент оценки эффект продолжался.

Таким образом, изобретение позволяет увеличить нефтеотдачу пластов и повысить эффективность разработки нефтегазовых месторождений за счет:

- увеличения охвата пластов воздействием;
- выравнивания фронта вытеснения нефти;
- изменения краевого угла избирательной смачиваемости горных пород;
- селективной блокировки наиболее проницаемых интервалов пластов;
- увеличения фильтрационных характеристик менее проницаемых интервалов пластов и доотмыва нефти;
- применения эмульсионных систем, не содержащих веществ, образующих нерастворимые осадки.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ увеличения нефтеотдачи пластов, включающий следующие последовательные этапы обработки пластов:

5 - закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м с последующей продавкой кислотным составом объемом 2-3 м³/м,

- закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления,

10 при этом в качестве обратной эмульсии используют композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 25-35, эмульгатор – 1.5-3, техническая вода – остальное,

в качестве кислотного состава для карбонатных пластов используют солянокислотный состав, содержащий, % об.: 30%-ную соляную кислоту – 50-63, уксусную кислоту – 1-3, диэтиленгликоль – 6-12, ингибитор коррозии – 1.5-2, техническую воду – остальное,

15 в качестве кислотного состава для терригенных пластов используют глинокислотный состав, содержащий, % об.: 30%-ную соляную кислоту – 48-60, плавиковую кислоту – 1-4, диэтиленгликоль – 6-12, уксусную кислоту – 1-3, ингибитор коррозии – 1.5-2, техническую воду – остальное,

20 в качестве высокостабильной прямой эмульсии используют композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 10-20, эмульгатор – 1-2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния с размером частиц от 9 до 100 нанометров – 0.5-1.5, техническую воду – остальное.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что в качестве технической воды используют раствор хлорида кальция или раствор хлорида калия.

3. Способ увеличения нефтеотдачи пластов, включающий следующие последовательные этапы обработки пластов:

30 - закачку обратной эмульсии объемом 3-5 м³/м с последующей продавкой неионогенным поверхностно-активным веществом, в качестве которого используют композиционную смесь Неонол БС-1 объемом 2-3 м³/м,

- закачку высокостабильной прямой эмульсии с содержанием наночастиц двуокиси кремния объемом 3-7 м³/м с последующей продавкой жидкостью из системы поддержания пластового давления,

35

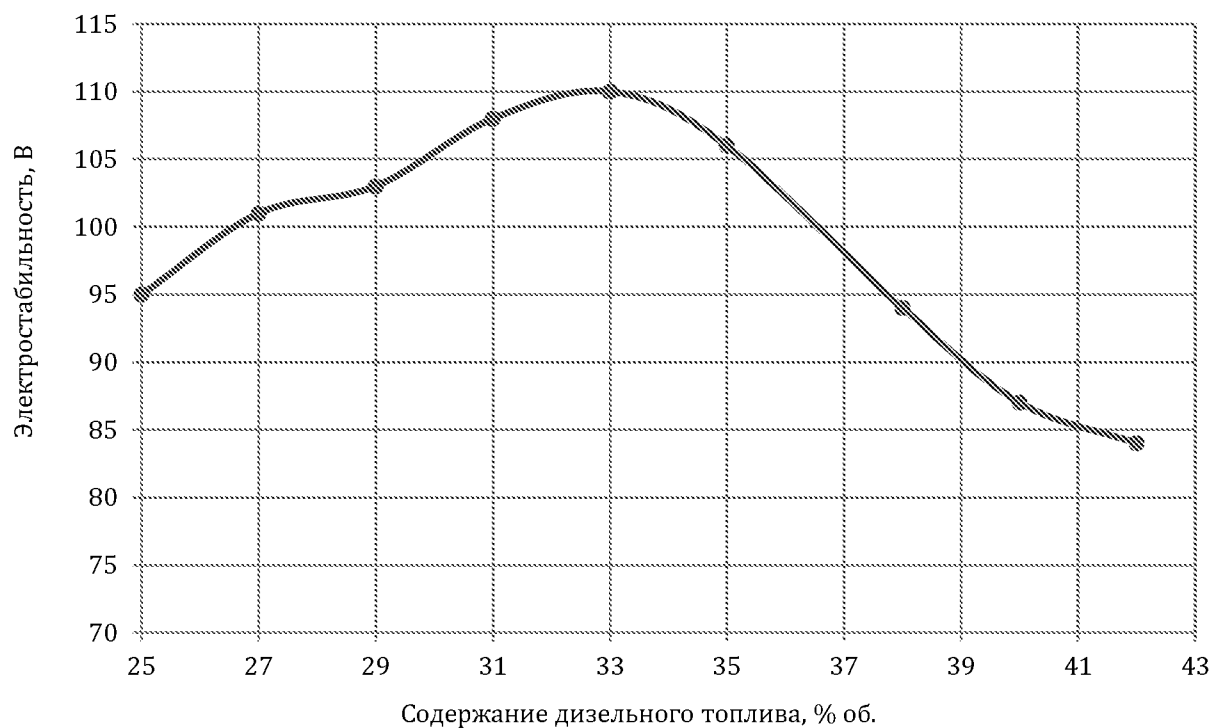
при этом в качестве обратной эмульсии используют композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 25-35, эмульгатор – 1.5-3, техническая вода – остальное,

5 при этом в качестве высокостабильной прямой эмульсии используют композицию следующего состава, % об.: дизельное топливо или подготовленную нефть с пункта подготовки и перекачки нефти – 10-20, эмульгатор – 1-2.5, коллоидный раствор наночастиц двуокиси кремния с размером частиц от 9 до 100 нанометров – 0.5-1.5, техническую воду – остальное.

10 4. Способ по п. 3, отличающийся тем, что в качестве технической воды используют раствор хлорида кальция или раствор хлорида калия.

Состав обратной эмульсии, об.%			Среднее значение электростабильности, В
Диз. топливо	Эмульгатор	Водный раствор хлорида калия	
25	2	73	95
27	2	71	101
29	2.5	68.5	103
31	2.5	66.5	108
33	3	64	110
35	3	62	106
38	3	59	92
40	3	57	81
42	3	55	74

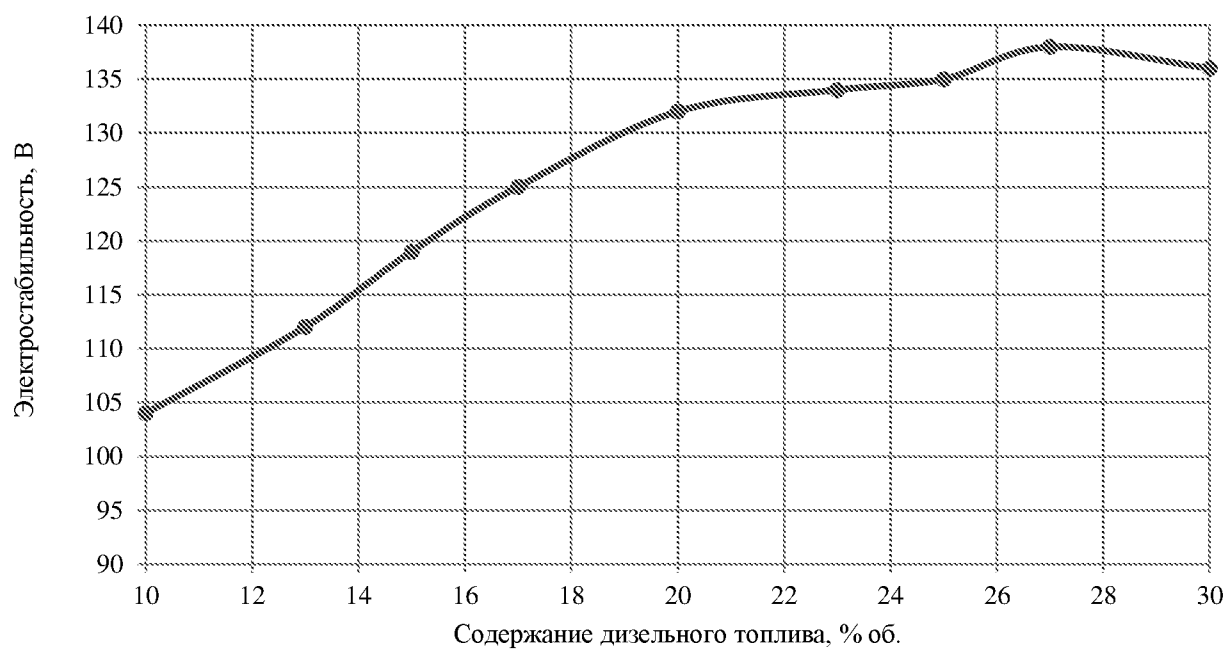
Фиг. 1



Фиг. 2

Состав высокостабильной прямой эмульсии, об. %				Среднее значение электростабильности, В
Диз. топливо	Эмульгатор	Коллоидный раствор наночастиц	Водный раствор хлорида калия	
10	1	0.5	89.5	104
13	1	0.7	85.3	112
15	1.5	1	83	119
17	2	1.2	79.8	125
20	2	1.5	76.5	132
23	2.5	2	73	134
25	2.5	2.2	71	135
27	2.5	2.5	69	138
30	2.5	2.5	66	136

Фиг. 3



Фиг. 4

Показатели установки	Технические характеристики
Объем емкости, м ³	10-20
Длина активаторной линии, м	2
Двигатель мощность, кВт	7,5
Установленная мощность, кВт	15
Давление на входе, МПа	7,5

Фиг. 5

Показатели рукавов высокого давления	Технические характеристики	Условия эксплуатации
Размер внутреннего диаметра, мм	50	Температура рабочей жидкости от минус 40 ⁰ С до плюс 100 ⁰ С и при температуре окружающего воздуха от минус 50 ⁰ С до плюс 70 ⁰ С
Присоединительная арматура (диаметр и шаг резьбы), мм	НКТ (ш) 1960 x 2,5	
Номинальное рабочее давление, атм	0 - 250	
Минимально допустимый радиус изгиба при монтаже на изделии и при эксплуатации, мм	630	

Фиг. 6

Наименование спецтехники	Назначение
Кислотовоз СИН-32, СИН-31	Завоз, приготовление и закачка щелочей, кислот
Насосный агрегат ЦА – 320	Приготовление закачка и определение приёмистости
Эжекторы	Смешение компонентов растворов
Автоцистерна АЦ – 10	Завоз хим. реагентов
Самосвал	Завоз х/р и вывоз мусора
Вахтовый автомобиль	Перевозка персонала
ППУ (в зимнее время)	Пропарочные работы

Фиг. 7

Скважина	Приемистость, м ³ /сут	Перфорированная мощность, м	Объем закачки для 1 этапа, м ³ /скв	Объем закачки для 2 этапа, м ³ /м	Объем закачки для 3 этапа, м ³ /м
1	178	24	72	48	84
2	254	30	108	75	120
3	386	52	260	156	312
4	319	41	176,3	90,2	229,6
5	180	22	66	44	77
6	212	24	86,4	48	96
7	377	37	170,2	81,4	210,9
8	409	31	130,2	65,1	170,5
9	376	29	116	58	150,8
10	223	34	149,6	74,8	187
11	190	33	138,6	72,6	178,2
12	311	46	216,2	138	262,2
Итого объем закачки по этапам:			1689,5	951,1	2078,2

Фиг. 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/RU 2018/050080

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

See additional sheet

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

B01F 17/00, B82Y 82/00, C09K 8/00-8/94, E21B 33/00-33/138, 43/00-43/32

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A, D	RU 2257463 C1 (OTKRYTOK AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO «TATNEFT» im. V.D. SHASHINA) 27.07.2005	1-4
A, D	SU 1624132 A1 (GOSUDARSTVENNY NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKY I PROEKTHNY INSTITUT PO OSVOENIU MESTOROZHDENII NEFTI I GAZA «GIPROMORNEFTEGAZ») 30.01.1991	1-4
A	RU 2109939 C1 (ZAKRYTOE AKTSIONERNOE OBSHCHESTVO «TJUMEN-TEKHNLOGIA» et al.) 27.04.1998	1-4
A	US 2016/0017204 A1 (CESI CHEMICAL, INC.) 21.01.2016	1-4

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 November 2018 (13.11.2018)

Date of mailing of the international search report

15 November 2018 (15.11.2018)

Name and mailing address of the ISA/

RU

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B 43/22 (2006.01)

C09K 8/584 (2006.01)

C09K 8/92 (2006.01)

E21B 43/27 (2006.01)

C09K 8/72 (2006.01)

B82Y 30/00 (2006.01)

ОТЧЕТ О МЕЖДУНАРОДНОМ ПОИСКЕ

Номер международной заявки

PCT/RU 2018/050080

А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ <i>E21B 43/22 (2006.01)</i> <i>C09K 8/584 (2006.01)</i> <i>C09K 8/92 (2006.01)</i> <i>E21B 43/27 (2006.01)</i> <i>C09K 8/72 (2006.01)</i> <i>B82Y 30/00 (2006.01)</i>		
Согласно Международной патентной классификации МПК		
В. ОБЛАСТЬ ПОИСКА Проверенный минимум документации (система классификации с индексами классификации) B01F 17/00, B82Y 82/00, C09K 8/00-8/94, E21B 33/00-33/138, 43/00-43/32 Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в поисковые подборки Электронная база данных, использовавшаяся при поиске (название базы и, если, возможно, используемые поисковые термины) PatSearch (RUPTO internal), USPTO, PAJ, Esp@cenet, DWPI, EAPATIS, PATENTSCOPE		
С. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ:		
Категория*	Цитируемые документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
A, D	RU 2257463 C1 (ОТКРЫТОК АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТАТНЕФТЬ» им. В.Д. ШАШИНА) 27.07.2005	1-4
A, D	SU 1624132 A1 (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ ПО ОСВОЕНИЮ МЕСТОРОЖДЕНИЙ НЕФТИ И ГАЗА «ГИПРОМОРНЕФТЕГАЗ») 30.01.1991	1-4
A	RU 2109939 C1 (ЗАКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «ТЮМЕНЬ-ТЕХНОЛОГИЯ» и др.) 27.04.1998	1-4
A	US 2016/0017204 A1 (CESI CHEMICAL, INC.) 21.01.2016	1-4
☐ последующие документы указаны в продолжении графы С. ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов:	“Т” более поздний документ, опубликованный после даты международной подачи или приоритета, но приведенный для понимания принципа или теории, на которых основывается изобретение	
“А” документ, определяющий общий уровень техники и не считающийся особо релевантным	“Х” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает новизной или изобретательским уровнем, в сравнении с документом, взятым в отдельности	
“Е” более ранняя заявка или патент, но опубликованная на дату международной подачи или после нее	“У” документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска; заявленное изобретение не обладает изобретательским уровнем, когда документ взят в сочетании с одним или несколькими документами той же категории, такая комбинация документов очевидна для специалиста	
“L” документ, подвергающий сомнению притязание(я) на приоритет, или который приводится с целью установления даты публикации другого ссылочного документа, а также в других целях (как указано)	“&” документ, являющийся патентом-аналогом	
“О” документ, относящийся к устному раскрытию, использованию, экспонированию и т.д.		
“Р” документ, опубликованный до даты международной подачи, но после даты испрашиваемого приоритета		
Дата действительного завершения международного поиска	Дата отправки настоящего отчета о международном поиске	
13 ноября 2018 (13.11.2018)	15 ноября 2018 (15.11.2018)	
Наименование и адрес ISA/RU: Федеральный институт промышленной собственности, Бережковская наб., 30-1, Москва, Г-59, ГСП-3, Россия, 125993 Факс: (8-495) 531-63-18, (8-499) 243-33-37	Уполномоченное лицо: Мельникова Т.В. Телефон № 8 499 240 25 91	

CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B 43/22 (2006.01)

C09K 8/584 (2006.01)

C09K 8/92 (2006.01)

E21B 43/27 (2006.01)

C09K 8/72 (2006.01)

B82Y 30/00 (2006.01)