



повышение нефтеотдачи. интенсификация добычи нефти. увеличение производительности и дебита скважин



УДК 622.276.58:622.276.6:622.276.63:005.591.6

Инновации в кислотных обработках: технологии группы компаний Zirax для интенсификации добычи нефти и газа

Innovations in Acid Treatments: Technologies of "ZIRAX" Group of Companies to Stimulate Oil and Gas Production

С.А. Демахин, к.г.-м.н.
sergey.demakhinzirax.com
Тел. +7 927 221-22-70

А.П. Меркулов
Andrey.Merkulov@zirax.com
Тел. +7 903 317-17-84

С.В. Малайко
Sergey.Malayko@zirax.com
Тел. +7 903 316-13-31
/ООО «Зиракс-нефтесервис», г. Волгоград/

А.И. Газизянов
Artur.Gazizyanov@linde.com
Тел. +7 968 462-31-73

К.Ю. Мироненко
konstantin.mironenko@linde.com
Тел. +7 961 686-94-50
/ООО «ПРАКСЭА РУС», г. Волгоград/

S.A. Demakhin, PhD
A.P. Merkulov
S.V. Malayko /"Zirax-Nefteservice" LLC,
Volgograd/
A.I. Gazizyanov, K.Yu. Mironenko
/"PRAXEA RUS"LLC, Volgograd/

Описан опыт применения технологий интенсификации добычи нефти и газа на основе использования кислотных составов. Представлены технологии применения кислотных составов в условиях обводненных скважин, протяженных горизонтальных стволов скважин, трещиноватых коллекторов. Рассмотрена технология проведения пенокислотных обработок с применением сверхкритического CO₂.

Ключевые слова: интенсификация добычи нефти и газа, обработка призабойной зоны (ОПЗ) на скважинах, осложняющие факторы для кислотных обработок скважин, кислотные составы с отклонителями на основе вязкоупругих ПАВ, самоотклоняющаяся кислотная система (СОКС), кислотный состав «Флаксокор 210», гелирующий агент «Сурфогель» марки А, кислотные обработки в горизонтальных скважинах, отклоняющие системы на основе инвертных эмульсий, эмульсионный отклонитель «Экс-Эм», пенокислотные обработки скважин с использованием CO₂.

The paper describes the experience in applying oil and gas stimulation technologies based upon the use of acid compositions and presents the application procedures to use acid compositions in conditions of water-cut, extended horizontal boreholes and fractured reservoirs. The authors also consider the technology of foam acid treatments with the use of supercritical CO₂.

Key words: stimulation of oil and gas production, treatment well BH zone, problematic factors for well acid treatments, acid compositions with diverters based on viscous-elastic surfactants, self-diverting acid system (SDAS), "Flaxokor 210" acid composition, "Surfogel" brand A gelation agent, acid treatments in horizontal wells, diverting systems based on invert emulsions, "Ex-Em" emulsion diverter, foaming acid treatment of wells using CO₂.

Применение кислотных обработок является одним из наиболее широко применяемых способов интенсификации добычи нефти и газа. Принципы подбора кислотных составов в зависимости от физико-химических условий в скважине, а также факторы успешности хорошо изучены в профильной литературе [1, 2]. Вместе с тем в ряде случаев проведение эффективной кислотной обработки затруднено. Некоторыми осложняющими факторами для кислотных обработок могут быть:

- наличие нескольких пропластков с разной проницаемостью;
- ОПЗ на скважинах с неоднократно проведенными ранее кислотными обработками;
- протяженный горизонтальный ствол скважины;
- обводненность добываемой продукции;
- высокие температуры;
- зоны повышенной проницаемости и/или трещиноватости;

■ терригенные или карбонатные коллекторы с высокой глинистостью.

Для проведения успешных ОПЗ в таких условиях требуется применение более сложных технологий, специально подобранных кислотных составов и дополнительных реагентов. Например, одним из способов повышения эффективности повторных кислотных обработок, а также достижения успеха в условиях повышенной обводненности является применение кислотных составов с отклонителями на основе вязкоупругих ПАВ. Самоотклоняющаяся кислотная система (СОКС) на основе смеси кислотного состава «Флаксокор 210» и гелирующего агента «Сурфогель» марки А позволяет направить кислотный состав в нефтенасыщенные, ранее не охваченные воздействием интервалы. Гелирующий агент, представляющий собой ПАВ российского производства, придает кислотной системе способность увеличивать вязкость по мере протекания реакции кислоты с породой, в ходе которой повышается рН системы (рис. 1).

По мере увеличения вязкости системы дальнейшее проникновение кислотного состава в породу в данном интервале снижается и кислотный состав перенаправляется в другие интервалы продуктивного пласта, тем самым обеспечивая более равномерное воздействие на продуктивный интервал, и позволяет сформировать более разветвленную систему червоточин (рис. 2), которая позволяет увеличить проницаемость ПЗП и дебит скважин. Важным достоинством использования гелирующего агента «Сурфогель А» является отсутствие вторичной коагуляции нефтенасыщенного коллектора. При контакте с углеводородами или при сильном истощении кислоты образовавшийся гель разрушается, быстро теряет свою вязкость и легко удаляется потоком флюидов (рис. 3).

Кислотный состав «Флаксокор 210» с гелирующим агентом «Сурфогель А» широко применяется на



Рис. 1. Внешний вид кислотного состава до и после нейтрализации

месторождениях России и СНГ для увеличения дебита обводненных пластов, повышения приемистости нагнетательных скважин, а также при проведении большеобъемных кислотных обработок [3, 4]. Например, кислотная обработка, проведенная данными кислотными составами на нефтяном месторождении в Каспийском море, позволила значительно увеличить приемистость нагнетательных скважин (рис. 4). Водонагнетательные скважины с горизонтальным участком ствола до 1000 м длиной служат для поддержания пластово-



Рис. 2. Разветвленная система червоточин в коллекторе

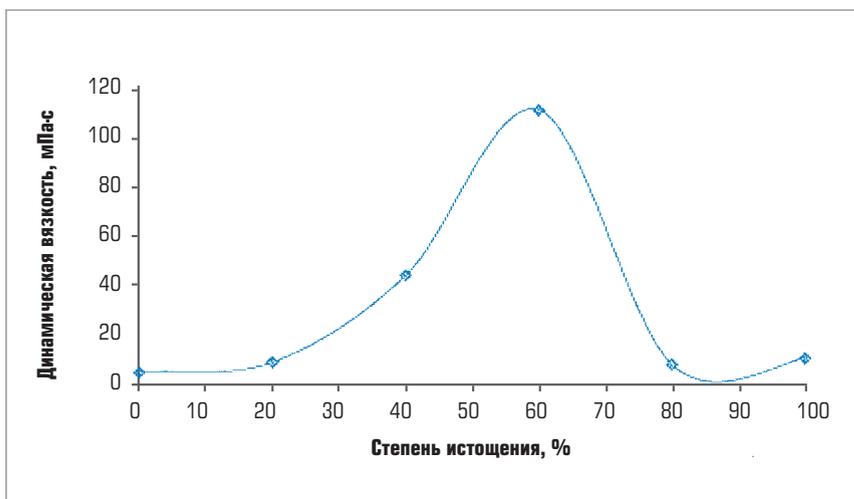


Рис. 3. Изменение вязкости самоотклоняющейся кислотной системы по мере увеличения рН при реакции с карбонатом кальция

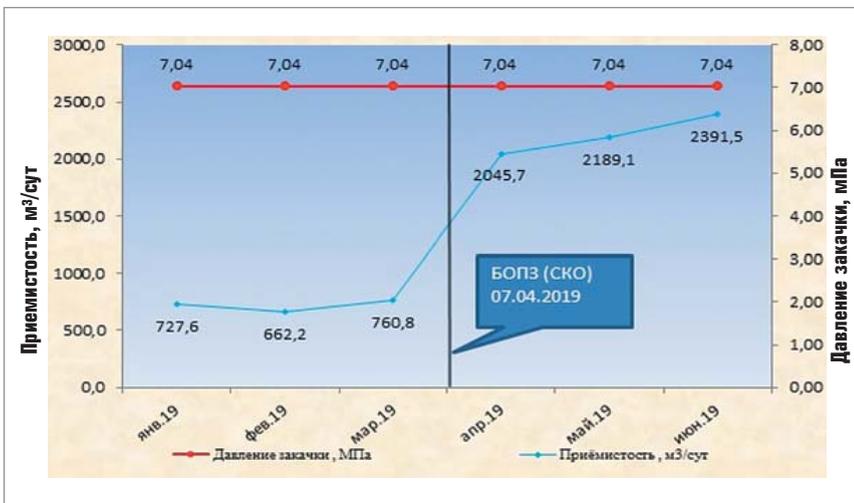


Рис. 4. Результаты обработки нагнетательной скважины с целью увеличения приемистости

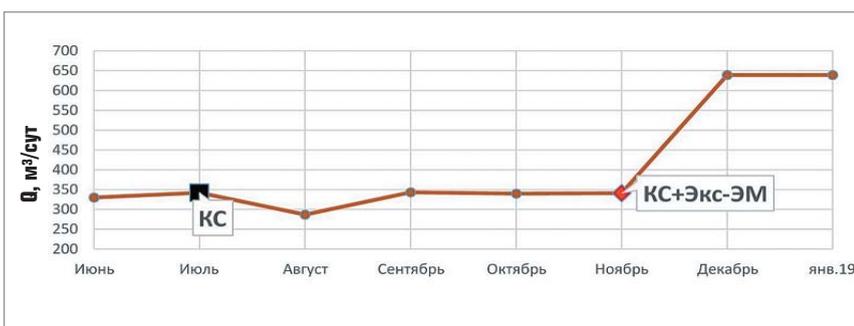


Рис. 5. Результаты обработки горизонтальной скважины кислотным составом с отклонителем «Экс-ЭМ»

го давления залежей путем закачки подтоварной воды в законтурную зону, и в процессе их эксплуатации происходит постепенная коагуляция призабойной части пласта различными примесями, поступающими с закачиваемой подтоварной водой. Устранение техногенной коагуляции по всей длине фильтровой части позволит эффективно эксплуатировать данную скважину в течение продолжительного времени без дополнительной очистки.

Для проведения кислотных обработок в горизонтальных скважинах наша компания рекомендует использовать отклоняющие системы на основе инвертных эмульсий. Основной проблемой при проведении ОПЗ в таких скважинах является неравномерное распределение кислотного состава, особенно в коллекторах с неоднородной проницаемостью. Закачка кислотного

состава в горизонтальный ствол, как правило, приводит к химической обработке не всей его длины, а только наиболее проницаемых интервалов, чаще всего около башмака НКТ. Как правило, при обычной кислотной обработке воздействию подвергается не более 5–15 % длины горизонтального ствола. Увеличение объема кислоты и давлений закачки не приводит к успеху, наоборот, это обуславливает формирование каверн в наиболее проницаемых зонах. Как результат, значительные затраты на такие кислотные обработки не дают заметных результатов.

Для равномерного распределения кислотного состава по стволу горизонтальной скважины применяют поинтервальные обработки с гибкими НКТ (ГНКТ), пакерные системы и кислотные составы с отклонителями. Группа компаний Zirax

предлагает использовать эмульсионные отклонители «Экс-Эм» (температура применения до 60 °С) и «Эмитрит» (температура применения до 100 °С). Особенностью таких эмульсий является селективность действия, т.к. при контакте с нефтью они разжижаются и выносятся из пласта, а при контакте с пластовой водой, напротив, резко увеличивают вязкость и структурные показатели, тем самым создавая нарастающее сопротивление для фильтрации последующих объемов кислотного состава. Обработка кислотным составом трех горизонтальных скважин в Восточной Сибири с отклонителем «Экс-Эм» позволила обеспечить равномерное распределение кислотного состава по стволу горизонтальной скважины и перенаправить закачиваемый состав в ранее не охваченные воздействием интервалы. На рис. 5 показаны результаты данной обработки скважины, на которой стандартные кислотные обработки не давали результата.

Еще одной инновационной технологией является проведение пенокислотных обработок с использованием CO₂. Преимущества применения вспененного кислотного состава перед обычной кислотной обработкой давно и хорошо известны [5]:

- замедляется растворение карбонатного материала, что способствует более глубокому проникновению активной кислоты в пласт; в результате этого приближаются к дренированию удаленные от скважины участки пласта, ранее недостаточно или совершенно не охваченные процессом фильтрации;

- малая плотность кислотных пен (400–800 кг/м³) и их повышенная вязкость создают в зонах высокой проницаемости и/или трещиноватости эффект отклонения. Благодаря этому существенно увеличивается охват кислотным воздействием всей вскрытой продуктивной мощности пласта. Это особенно важно при больших продуктивных мощно-

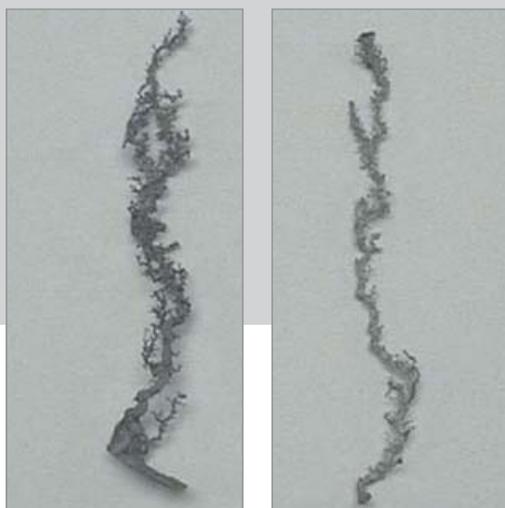


Рис. 6. Сравнение червоточин при классической обработке (а) и при пенной газовой обработке (б)

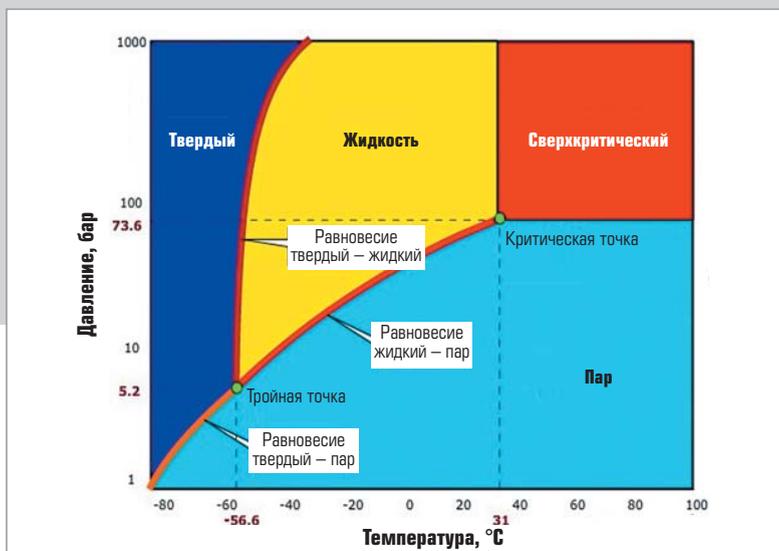


Рис. 7. Диаграмма состояния CO₂

стях пласта и пониженных пластовых давлениях;

- газовый пенный состав улучшает эффективность проникновения червоточин в породу, уменьшает степень разветвленности червоточин (рис. 6), при этом обеспечивая снижение до 25–30 % общего объема закачиваемой кислоты;

- улучшаются условия очистки призабойной зоны пласта от продуктов реакции: присутствие поверхностно-активных веществ снижает поверхностное натяжение как активной, так и отреагировавшей кислоты на границе с нефтью, а наличие пузырьков газа в отреагировавшем растворе улучшает условия и качество освоения.

Данный метод кислотных обработок был улучшен ООО «Зиракс-нефтесервис» совместно с ООО «Праксэ Рус» (входит в группу компаний

Linde PLC). Linde PLC является крупнейшим в мире производителем промышленных газов, на территории России компания Linde PLC также оказывает услуги по интенсификации добычи нефти и газа с использованием собственных технологий, производимых газов и оборудования.

Компания ООО «Зиракс-нефтесервис» и ООО «Праксэ Рус» оптимизировали пенокислотную обработку путем использования в качестве вспенивающего агента двуокси углерода (CO₂), находящегося в сверхкритическом состоянии (рис. 7).

В таком состоянии исчезает различие между жидкой и газовой фазами [6]. Обладая высокой плотностью, свойственной жидкостям, и низкими значениями поверхностного натяжения и вязкости, харак-

терными для газов, сверхкритический CO₂ способен более легко по сравнению с жидкостями проникать в пористые среды. Его высокая растворяющая способность позволяет снижать как вязкость нефти в пластовых условиях, так и межфазное натяжение. Все это резко повышает эффективность пенокислотной обработки и обеспечивает увеличение притока углеводородов к скважине. Помимо этого следует отметить, что применение CO₂ обеспечивает снижение общего расхода кислотного состава до 30 %, а также предотвращает набухание глин.

Проведенные в 2019 г. по данной технологии две обработки скважин в Волгоградской области показали очень хорошие результаты. Накопленная дополнительная добыча нефти только за шесть месяцев составила 2 и 6 тысяч тонн нефти.

Литература

1. Paccaloni G., Tambini M. SPE 20623 Advances in Matrix Stimulation Technology.

2. Томас Р., Кроуи К. Тенденции в кислотной обработке матрицы // Нефтяное обозрение. – 1996.

3. Мокрушин А.А., Шипилов А.И. Повышение эффективности кислотных обработок в условиях поздней стадии разработки месторождений с карбонатным коллектором (самоотклоняющаяся кислота, большеобъемные обработки призабойной зоны пласта с применением гелей на основе ПАВ) // Нефть. Газ. Новации. – 2010. – № 7. – С. 43–45.

4. Мокрушин А.А., Шмидт А.А., Солодов А.Н. Применение самоотклоняющейся системы при проведении большеобъемных кислотных обработок на объектах ОАО «Самаранефтегаз» // Сб. науч. трудов СамараНИПИнефть. – 2012. – Вып. 2. – С. 169–176.

5. Применение пенных систем в нефтегазодобыче: учеб. пособие для сред. ПТУ / В.А. Амиян и др. – М.: Недра, 1987.

6. Филенко Д.Г., Дадашев М.Н., Винокуров В.А. Исследование влияния термобарических условий на вытеснение нефти диоксидом углерода в сверхкритическом состоянии // Науч.-техн. сборник «Вести газовой науки». – 2012. – № 3. – С. 371–382.