

УДК 622.244.442

А.Я. Соловьев, к.т.н., доцент, e-mail: atractor@bk.ru; Ф.А. Агзамов, д.т.н., профессор, e-mail: faritag@yandex.ru;

С.А. Букин, бакалавр техники и технологии, магистрант, e-mail: 1sven@mail.ru, ГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»

Инвертно-мицеллярные дисперсии – предпочтительные технологические жидкости для заканчивания скважин

В статье рассматриваются актуальные проблемы, возникающие в связи с технологиями заканчивания скважин с применением инвертно-эмульсионных технологических жидкостей, проанализирован опыт их решения на скважинах Архангеловской площади. В свете выявленных проблем показано, что мицеллярная дисперсия, полученная на эмульгаторе Супрамо, – это предпочтительная технологическая жидкость для заканчивания скважин. Разобраны приемы работы с такими жидкостями и приведены результаты их испытаний в сравнении с известными эмульсионными системами. Описан высокоэффективный метод замещения скважинной жидкости, позволяющий минимизировать соответствующие проблемы, присущие эмульсионным системам.

Ключевые слова: инвертная эмульсия, перфорация, жидкость заканчивания скважин, мицеллярная дисперсия.

Традиционно для радикального повышения качества первичного и вторичного вскрытий продуктивных пластов используют технологические жидкости на углеводородной основе или инвертные эмульсии, которые с этой точки зрения являются предпочтительными системами для ремонта скважин [1]. На современном этапе для получения инвертных эмульсий используют высокоэффективные эмульгаторы, обеспечивающие самоэмульгирование за минимальное время порядка нескольких минут, что должно устранять технологические сложности с получением жидкостей такого типа в промысловых условиях. На рисунке 1 приведены результаты исследований процесса образования инвертных эмульсий, иллюстрирующие эффективность самоэмульгирования. Исследовались эмульсии, получаемые на следующих широко применяемых эмульгаторах: Девон-4В (ТУ 2458-009-01699574-2010), Нефтенол-НЗ (ТУ 2483-007-17197708-97), Richmol Emulgator 700 (ТУ 2458-070-18947160-2008), Эмульта (ТУ6-14-1035-79), а также экспериментальные инвертно-мицел-

лярные дисперсии (ИМД). Все исследуемые системы были получены при соотношении углеводород:вода 10:90 в присутствии 5%-го хлористого калия и концентрации эмульгатора 2–6%. Возможность получения эмульсии методом самоэмульгирования считалась положительно подтвержденной, если в течение пяти часов содержания в покое после смешения компонентов у исследуемой системы появлялось напряжение пробоя не менее 3 В. За показатель эффективности самоэмульгирования – P_3 принималось отношение показателей электростабильности, определенных после самоэмульгирования и последующего принудительного механического диспергирования миксером в течение 1 мин. при частоте вращения 5000 мин⁻¹. Чем больше величина данного показателя, тем выше способность системы к самоэмульгированию. В качестве показателей электростабильности использовалось напряжение при токе 10 мА – U_{10} и напряжение, определяемое точкой пересечения прямой, аппроксимирующей участок пробоя вольт-амперной характеристики, с осью напряжений – U_n .

Возможность образования на своей основе инвертной эмульсии методом самоэмульгирования подтвердили все образцы, за исключением Эмульта. В сравнении с базовыми эмульсиями, ИМД на основе модификаций мицеллообразователя Супрамо (ИМД-Х), как следует из приведенных данных, обеспечивают в среднем в 14,8 раза более высокое напряжение пробоя после самоэмульгирования, однако для образования обратной эмульсии требуется в 15,8 раза больше времени. Такие характеристики базовых эмульсионных систем обусловлены принятым в отрасли вектором их развития, направленным на снижение времени получения. Наиболее качественные и дорогие эмульгаторы Нефтенол-НЗ, Richmol Emulgator 700 обеспечивают образование эмульсии из смеси компонентов за 5 и 2 мин. соответственно, что, в принципе, позволяет соединять компоненты системы прямо на входе в скважину. Однако так ли это необходимо и не приводит ли стремление повысить скорость самоэмульгирования к негативным последствиям на уровне

выполнения операций ремонта и перфорации скважин?

Проиллюстрируем ответ на этот вопрос результатами, полученными на глубоких нефтяных скважинах Архангеловского участка Дачно-Репинского месторождения при проведении глубокой сверлящей перфорации. Перфорируемый пласт представлен трещиноватыми известняками Афонинского горизонта, обуславливающими значительное поглощение фильтрующихся дисперсных систем. Поглощение пластовой воды при сверлении трех каналов в скважине № 161 глубиной 3780 м составило 18 м³, после чего скважина осваивалась 1,5 месяца и вышла на дебит 12 м³/сут., который оказался в пять раз меньше проектного. Добавка в воду полимерных понизителей фильтрации в данном случае была нежелательной ввиду отсутствия способа механического удаления фильтрационной корки из перфорационных каналов длиной 3 м. При стоимости глубокой перфорации около 1 млн руб. загрязнение пласта фильтратом и твердой фазой некачественной промывочной жидкости было

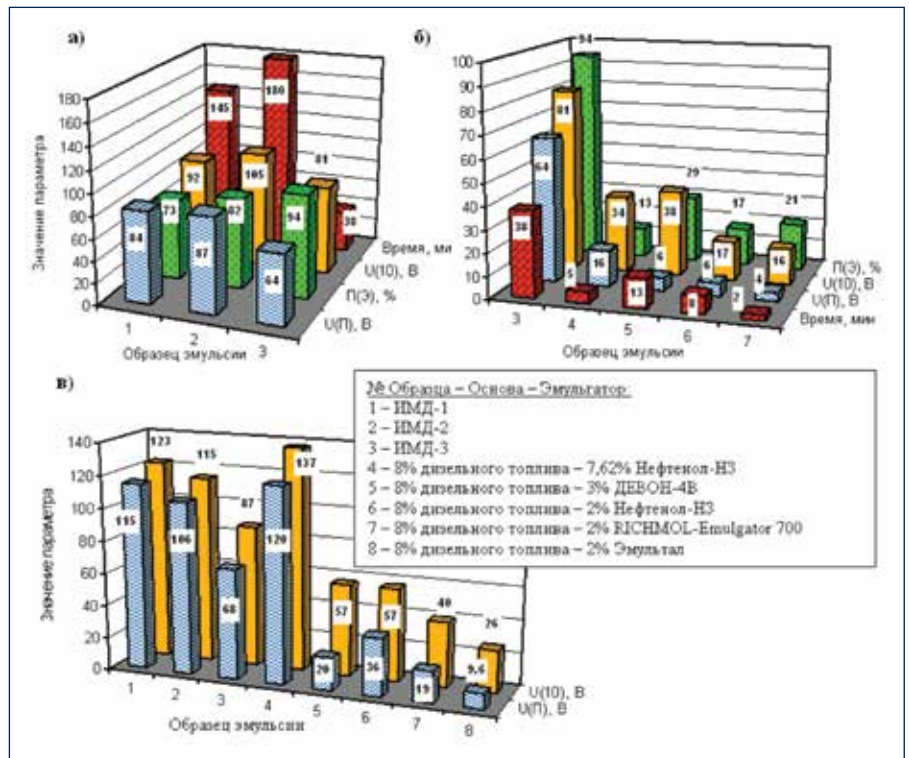
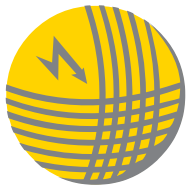


Рис. 1. Результаты исследований технологичности приготовления эмульсий: а) характеристики самоэмульгирования образцов ИМД; б) характеристики самоэмульгирования базовых эмульсионных систем; в) электростабильность эмульсий после механического перемешивания



**НЕОПОРМ
ПЕНОСТЕКЛО**
ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОЕ

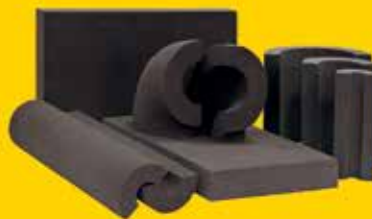
ЗАО «Компания «СТЭС-Владимир»
 Департамент развития и продаж
 Москва, Научный проезд д. 8, стр. 1
 +7 (495) 718-61-67
 moscow@a-stess.com
www.a-stess.com

Негорючий и долговечный теплоизоляционный материал, не теряющий своих свойств под воздействием влаги
Температурный диапазон применения от -260 °С до +485 °С

ТЕХНИЧЕСКАЯ ИЗОЛЯЦИЯ



- трубопроводы • оборудование
- резервуары



СТРОИТЕЛЬНАЯ ИЗОЛЯЦИЯ



- кровли • фасады • стены подвалов
- теплые полы • балконы • бани

«Наш рынок сейчас испытывает очень большую потребность в технологиях, которые позволяли бы экономить энергоресурсы... Все говорят о том, что есть большая проблема, мы же предлагаем один из путей ее решения. По прежней своей работе в нефтяной отрасли я постоянно сталкивался с проблемой быстрого выхода из строя теплоизоляции трубопроводов, особенно в условиях вечной мерзлоты. Созданное в компании пеностекло «НЕОПОРМ» способно раз и навсегда решить эту проблему».

Генеральный директор
 ЗАО «Компания «СТЭС-Владимир»
 Михаил Петрович Дудко

Таблица 1. Состав и свойства ИМД на основе нефтяного эмульгатора Девон-4В с объемным соотношением углеводород:вода 27:73

Состав ИМД (Девон-4В)			Состав ИМД (Девон-4В)								
Компонент	Содержание		ρ , кг/м ³		УВ, с	$\eta_{пл}$, мПа·с	$\tau_{ор}$, Па	ПНС, Па	ПФ (АНИ), см ³ /30 мин.	$U_{(10)T}$ В при T, °C	
	л/м ³	%мас.	расчет	факт						20	85
Нефть ($\rho = 889$ кг/м ³)	225	18,2	1100	1088	1160	247	36,5	9,8	3,4	40	24
Пластовая вода ($\rho = 1175$ кг/м ³)	733	78,3									
Нефтяной эмульгатор Девон-4В	42	3,5									

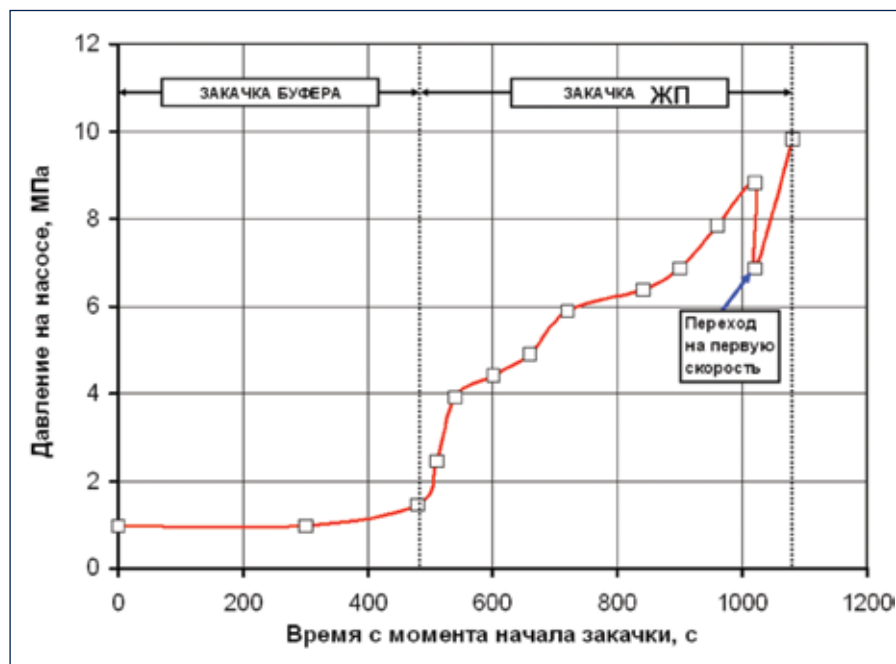


Рис. 2. Изменение давления на насосе в процессе закачки жидкости перфорации (ЖП)

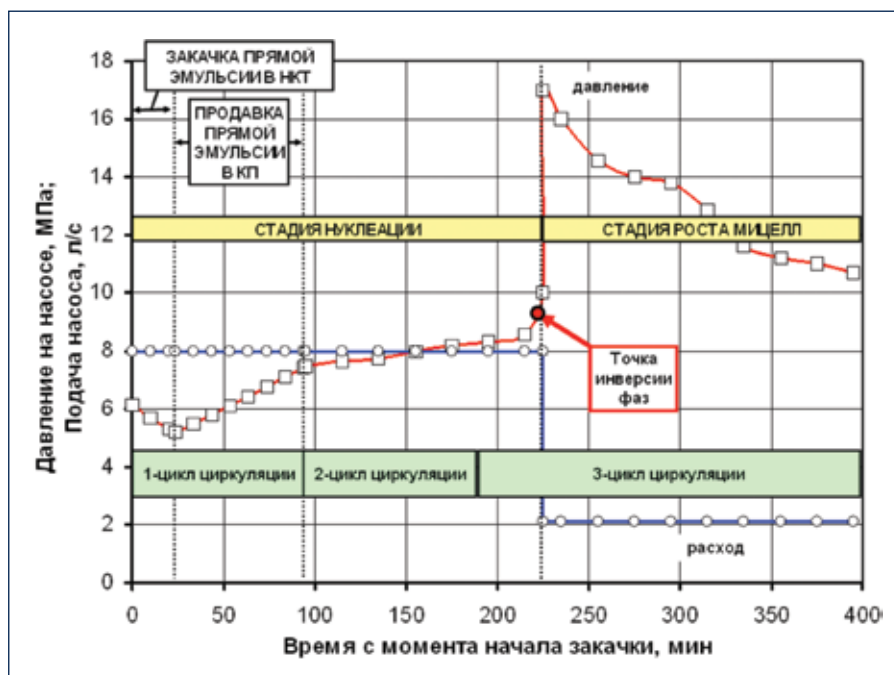


Рис. 3. Подача цементировочного агрегата и давление на насосе в процессе образования и циркуляции ИМД в стволе скважины

сочтено неприемлемым, что потребовало применения нефилтрующихся инвертно-эмульсионных растворов, хорошо защищающих продуктивный пласт от повреждения. В качестве такого раствора была приготовлена эмульсия на основе нефти, пластовой воды и нефтяного эмульгатора Девон-4В, состав и свойства которой даны в таблице 1. Поскольку данный эмульгатор обеспечивал быстрое самоэмульгирование, приготовление велось с минимальным набором оборудования путем смешения всех компонентов в секционированной 40-кубовой емкости с использованием одного цементировочного агрегата. В емкость залили сначала нефть, затем эмульгатор, а после добавляли пластовую воду прямо из автоцистерн, которыми ее транспортировали на скважину, параллельно циркулируя жидкость в емкости цементировочным агрегатом без использования каких-либо диспергаторов или смесителей. Несмотря на то что эмульгирование добавляемой воды происходило с высокой скоростью, сильное загущение системы к моменту ввода последней порции воды вызвало неоднородность в объеме емкости, поэтому на приготовление перфорационной 32 м³ жидкости таким способом в совокупности было затрачено 8 часов. При закачке эмульсии в скважину через НКТ цементировочным агрегатом на второй скорости с подачей 2,5 л/с давление на насосе, как показано на рисунке 2, начало резко расти, что через 17 мин. привело к вынужденной остановке процесса. Из-за невозможности закачки перфорационную жидкость обратной циркуляцией вытеснили из скважины, однако при подъеме перфорационного оборудования в НКТ на глубине 850 м обнаружилась пробка, вызвавшая задержку. Для удаления пробки скважину

промывали водой в течение 12 часов, однако даже после этого в ходе дальнейших работ затяжки отмечались на глубинах до 1280 м.

Полученные результаты показали, что высокая скорость эмульгирования воды в составе обратной эмульсии на основе нефтяного эмульгатора Девон-4В, являясь преимуществом на этапе приготовления системы, превращается в проблему на этапе закачки в скважину, т.к. даже при использовании нефтяного буфера объемом 1–2 м³, как это и было в анализируемом случае, на границах раздела «эмульсия – буфер – минерализованная вода» образуется гель. Таким образом, применение такой эмульсии в качестве перфорационной жидкости требует обязательного использования углеводородных буферных разделителей значительного объема при замене скважинной жидкости на водной основе. В этой связи в качестве перфорационной жидкости более предпочтительны ИМД со значительным временем самоэмульгирования, т.к. они позволяют реализовать принципиально иной под-

ход к проблеме замещения скважинной жидкости – провести обращение фаз непосредственно в скважине, после того как весь ее объем заполнен прямой эмульсией, образующейся на начальном этапе после смешения компонентов системы. При этом для осуществления обращения фаз нет необходимости вводить какие-либо дополнительные компоненты, как это описывается в работе [1]. Для приготовления прямой эмульсии и заполнения ею скважины в случае ИМД достаточно продолжительности стадии нуклеации, в ходе которой образуются зародыши будущих инвертных мицелл [2]. Согласно рисунку 1, совокупная продолжительность стадий нуклеации и роста мицелл – время самоэмульгирования – составляет от 38 до 180 мин. в зависимости от состава ИМД. Это перекрывает диапазон продолжительности цикла циркуляции для глубоких скважин при минимальных подачах цементировочных агрегатов. Апробация ИМД на скважине № 158 глубиной 3773 м, где аналогично скважине № 161 выполнялась глубокая

перфорация, показала предпочтительность обращения фаз эмульсии непосредственно в скважине. Раствор мицеллообразователя в газоконденсате, привезенный на скважину топливозаправщиком, перелили в дренажную емкость. Затем в нее при кольцевой циркуляции цементировочным агрегатом залили пластовую воду. Через 70 мин. с момента начала заливки воды полученную прямую эмульсию начали закачивать в скважину с расходом 8 л/с. Через 95 мин. из скважины пошла эмульсия, и затрубное пространство переключили на вход дренажной емкости, продолжая добавлять в нее пластовую воду. В этом режиме закачка продолжалась 225 мин., вплоть до момента резкого подъема давления, свидетельствующего о начале обращения фаз. После этого закачка продолжалась еще 170 мин. на первой скорости с подачей 2,1 л/с. Динамика устьевого давления во времени с момента начала закачки показана на рисунке 3. После обращения фаз вязкость эмульсии возросла ориентировочно на поря-



Заводом «ЕвроМет» осуществляется продажа трубопроводной арматуры для производственных нужд.

Трубопроводная арматура от предприятия-изготовителя выпускается с применением высококачественных конструкционных материалов и современных технологий. Оригинальное качество от российского производителя гарантирует продолжительный срок службы всех моделей арматуры и высокую промышленную безопасность применения.

Трубопроводная арматура — один из важнейших конструктивных элементов производственного процесса, к производству которого компания «ЕвроМет» подходит исключительно ответственно.





196158, Санкт-Петербург, Московское шоссе, д. 5
 тел./факс: (812) 413-13-00, 413-12-00, 382-79-68, 382-79-69
 e-mail: sales@euromet.spb.ru
www.euromet.spb.ru



euromet

Таблица 2. Состав и свойства ИМД на основе мицеллообразователя Супрамол-1 с объемным соотношением углеводород:вода 11:89

Состав ИМД-БР			Состав ИМД-БР								
Компонент	Содержание		ρ , кг/м ³		УВ, с	$\eta_{эф}$, мПа·с при γ , с ⁻¹			ПФ (АНИ), см ³ /30 мин.	$U_{(10)T}$ В при T, °C	
	л/м ³	%мас.	расчет	факт		20	60	100		20	85
Нефть ($\rho = 840$ кг/м ³)	84,4	6,2	1150	1143	180	414	234	181	12,4	98	44
Пластовая вода ($\rho = 1184$ кг/м ³)	886,3	91,1									
Мицеллообразователь Супрамол-1	27,1	2,5									
Инициатор ГЖЖ-10	2,2	0,2									

док, после чего на стадии роста мицелл начала постепенно снижаться, стремясь к равновесному уровню. Максимальная скорость снижения давления на насосе на стадии роста мицелл зафиксирована после обращения фаз, затем она уменьшалась. Для ускорения релаксационных процессов и нагрева ИМД-БР на 395-й минуте циркуляцию остановили на один час. После ее возобновления давление на насосе стабилизировалось на уровне 9,7–9,9 МПа, что свидетельствовало о достижении квазиравновесного состояния. Циркуляция при подаче насоса 2,1 л/с продолжалась после этого 40 мин. до завершения третьего цикла циркуляции, после чего цементировочный агрегат остановили и спустили перфоратор. Свойства ИМД, зафиксированные в этот момент, отражены в таблице 2. В сравнении с инвертной эмульсией на основе нефтяного эмульгатора

Девон-4В ИМД при в 3 раза меньшем содержании углеводорода продемонстрировала условную вязкость в 6 раз, а эффективную вязкость при 20 с⁻¹ в 3 раза ниже. При этом ее плотность оказалась на 5%, а электростабильность в 2 раза выше, чем у инвертной эмульсии на основе нефтяного эмульгатора Девон-4В. Кроме того, ИМД, в отличие от последней, хорошо прокачивалась по скважине и не вызвала затяжек и посадок оборудования, спускаемого на кабеле в НКТ. С применением ИМД перфорационные работы были успешно выполнены, при этом общее время циркуляции этой системы через перфоратор составило 159 мин., или 43% продолжительности ее цикла. За время работ ИМД находилась в контакте с проперфорированным продуктивным пластом около 10 часов и поглотилась им в объеме 1,9 м³

при максимальной репрессии на пласт 6 МПа. Результаты освоения скважины подтвердили значительное улучшение качества вскрытия продуктивного пласта в сравнении с использованием в качестве перфорационной жидкости пластовой воды. Так, поглощение ИМД продуктивным пластом при кратно большей репрессии уменьшилось в 7,2 раза, обеспечив ускорение освоения скважины в 19 раз и прирост дебита нефти в 2,3 раза, притом что освоение скважины после перфорации на ИМД было выполнено без свабирования путем замены скважинной жидкости на нефть прямой промывкой. Таким образом, ИМД доказала свою применимость в качестве жидкости для вскрытия пласта и продемонстрировала ряд существенных преимуществ перед традиционно применяемыми в этом качестве составами.

Литература:

1. Токунов В.И. Гидрофобно-эмульсионные буровые растворы. – М.: Недра, 1983. – 167 с.
2. Рамазанов А.Р. Разработка и применение SMART-материалов как направление развития нанотехнологий в бурении и ремонте скважин // Сборник трудов II Международной конференции молодых ученых «Актуальные проблемы науки и техники». – Уфа: Нефтегазовое дело, 2010. – Т. 1. – С. 95–101.

UDC 622.244.442

A.Y. Solovyov, Ph.D, Assoc. Prof., e-mail: atractor@bk.ru; F.A. Agzamov, D.Sc, Prof., e-mail: faritag@yandex.ru; S.A. Bukin, B.S., e-mail: 1sven@mail.ru, SEI HPE Ufa State Petroleum Technical Institute

Invert micellar dispersion – perfect decision for work-over operation

In this study the invert emulsion based work-over fluids are examined and several important issues arising therefrom. Case studies that demonstrate functionality of invert micellar dispersion used in Arhangelovskaya field are also presented. Engineering of the specially formulated perforation fluid represent availability micellar dispersion of Supramol emulsifier as a perfect decision for work-over operation. This paper describes a mechanism of it's work with comparison between engineered and conventional fluid. High-performance displacement method is depicted, that overcome issues intrinsic these type of mud.

Keywords: invert emulsion, perforation, work-over fluid, micellar dispersion.

References:

1. Tokunov V.I. Gidrofobno-emul'sionnye burovye rastvory (Hydrophobic emulsion drilling muds). – Moscow: Nedra, 1983. – 167 p.
2. Ramazanov A.R. Razrabotka i primeneniye SMART-materialov kak napravleniye razvitiya nanotekhnologii v burenii i remonte skvazhin (Development and application of SMART-materials as a line of nanotechnologies development in wells drilling and repair) // Collected works of the II International Conference of Young Scientists «Current problems of science and technology». – Ufa: Oil and Gas Engineering, 2010. – V.1. – P. 95–101.