

УДК 622.24.063;502.171

**ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ
ИНВЕРТНО-ЭМУЛЬСИОННЫХ БУРОВЫХ РАСТВОРОВ НА БАЗЕ
РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

**ENVIRONMENTALLY SOUND APPLICATION OF INVERT
EMULSION DRILLING MUD BASED ON VEGETABLE OIL**

Чудновская А. В., Хасанов Р. М. Валиев Р. Р.

**Уфимский государственный нефтяной технический университет,
г. Уфа, Российская Федерация**

A.V. Chudnovskaja, R. M. Hasanov, R. R. Valiev

**Ufa State Petroleum Technological University,
Ufa, the Russian Federation**

e-mail: rrustick94@mail.ru

Аннотация. В отечественной и зарубежной практике при бурении и заканчивании скважин все более широкое распространение получают инвертно-эмульсионные буровые растворы (ИЭР), которые позволяют обеспечить успешную проводку скважин в сложных горно-геологических условиях, где применение растворов на водной основе не позволяет осуществить безаварийное бурение. Объясняется это, в первую очередь, тем, что углеводородная фаза нейтральна по отношению к проходимым горным породам, в том числе к солям и глинам.

Постоянно возрастающие требования к качеству вскрытия продуктивных пластов объясняют рост объемов применения ИЭР. Так при вскрытии пластов горизонтальными скважинами большой протяженности с глубиной снижаются естественные коллекторские свойства горных пород. Применение в этих условиях буровых растворов на водной основе

ведет к ухудшению проницаемости призабойной зоны продуктивного пласта и необходимости большого объема работ по интенсификации притока.

Главным образом ИЭР используют, для вскрытия продуктивных пластов с целью сохранения их коллекторских свойств, представленных отложениями солей, набухающих глин и других пород, теряющих устойчивость при контакте с растворами на водной основе

Авторами рассматривается ряд недостатков ИЭР, высокая экологическая агрессивность дисперсионной среды, а также значительное снижение показателей реологических свойств с ростом температуры и методы решения данных проблем.

Abstract. In domestic and foreign practice invert emulsion drilling fluids (EDI) get more widespread in well drilling and completion, which ensure successful well steering in complex geological conditions, where using of water-based muds do not allow incident-free drilling. The reason is, first of all, that the hydrocarbon phase is neutral respectively to passable rocks, including salts and clays.

Increasing of EDI using is defined by constantly increasing quality demands while opening of reservoirs which is the most important stage in the cycle of well construction. One of the particular difficulty is the opening of reservoirs with long horizontal wells, since the natural reservoir properties of the rocks decrease with depth increasing. Using water-based muds in such conditions leads to the deterioration of the permeability of bottomhole formation zone and the need for a large amount of work on the flow stimulation.

Primarily, IDE is used for opening of productive layers with the aim of preserving their reservoir properties, represented by salt deposits, and swelling clays and other rocks, losing stability when in contact with water-based solutions

This article discusses a number of shortcomings of EDI, such as high aggressiveness of dispersion medium, and a significant decrease in rheological properties associated with increasing temperature as well as methods for solving these problems.

Ключевые слова: инвертно-эмульсионные растворы, экология, термостабильность, растительные масла, вскрытие продуктивных пластов.

Key words: invert emulsion drilling fluids, ecology, thermal stability, vegetable oils, opening of productive layers.

На сегодняшний день разработка нефтяных и газовых месторождений в труднодоступных районах, на акваториях и шельфах морей и океанов, заповедных и природоохранных зонах, в сложных горно-геологических условиях, а также для снижения экономических затрат на инженерное обустройство земельного участка, вызвали прогрессивный рост строительства наклонных и горизонтальных скважин с большими отходами [4]. Практика бурения показала, что при бурении наклонных и горизонтальных скважин эффективнее использовать в качестве буровых промывочных жидкостей инвертные буровые растворы (ИЭР), безводные растворы на углеводородной основе (РУО) оптимальные для бурения скважин с зенитным углом более 70 °.

Главным образом ИЭР используют, для вскрытия продуктивных пластов с целью сохранения их коллекторских свойств, представленных отложениями солей, набухающих глин и других пород, теряющих устойчивость при контакте с растворами на водной основе [6]. Использование обратных эмульсий при проходке участков неустойчивых отложений дает возможность получить номинальный диаметр ствола скважины. ИЭР обладает высокими антикоррозийными и смазочными свойствами. Они более дешевы и менее пожароопасны, чем безводные РУО.

Однако применяемые в настоящее время ИЭР имеют ряд недостатков, один из них - высокая экологическая агрессивность из-за большого содержания ароматических соединений в дисперсионной среде. В качестве дисперсионной среды ИЭР широко используются природные углеводородные жидкости – нефти и газоконденсаты, а также продукты переработки нефти – керосины, бензины и дизельные топлива и др. Так же существенным недостатком традиционных ИЭР по сравнению с буровыми растворами на водной основе является значительное снижение показателей реологических свойств с ростом температуры. Ухудшается качество очистки ствола скважины, буровой раствор становится агрегативно и кинетически неустойчивым, плохо удерживает мелкодисперсную твердую фазу и утяжелитель во взвешенном состоянии. Повышенные реологические показатели отрицательно сказываются на условиях промывки скважин, снижается механическая скорость бурения, проявляется эффект поршневания и т.д. Наличие указанных проблем свидетельствует о том, что для применения ИЭР в современном бурении, необходимо повышение их экологической безопасности, совершенствование технологических параметров растворов, в особенности реологических характеристик.

В связи с современными требованиями к экологической обстановке при строительстве скважин в заповедных и природоохранных зонах, а также на акваториях и шельфах морей и океанов, возникла потребность в разработке и совершенствовании буровых растворов с целью улучшения экологической безопасности.

Одним из вариантов решения проблемы по снижению токсичности инвертного бурового раствора является применение реагентов на основе растительных масел [5,3]. По химическому составу растительные масла представляют собой смеси различных триглицеридов насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. Растительные масла являются наиболее

экологически безопасными масляными компонентами, поддающимися биологическому разложению.

Так же для снижения экологической опасности дисперсионных сред инвертных эмульсий возможно использование нефтепродуктов - «минеральных масел» с малым содержанием ароматических углеводородов (менее 0,5%) такие как всесезонное масло гидравлическое загущенное (ВМГЗ), масло «Эколайт».

В настоящее время минеральные масла значительно потеснили в рецептурах современных ИЭР традиционные продукты: нефть и дизельное топливо. Широкое внедрение данных жидкостей обусловлено совместным влиянием двух факторов: большая экологическая безопасность по сравнению с нефтью и достаточно приемлемая стоимость.

Основными показателями, определяющими поведение минеральных масел в условиях эксплуатации, являются вязкость и ее изменение с температурой (вязкостно-температурные свойства), подвижность при низкой температуре (низкотемпературные свойства), устойчивость к окислению кислородом из воздуха (химическая стабильность), смазочная способность, защита металлов от коррозионного воздействия внешней среды [7,11]. В работах [8,12,13] приведены результаты исследований по разработке рецептур ИЭР на основе минеральных масел, являющихся крупнотоннажным производством ряда отечественных нефтеперерабатывающих заводов. Исследования показали, что каждому маслу соответствует свое оптимальное водомасляное отношение фаз эмульсии, находящееся в прямой зависимости от вязкости исходного масла. Отмечается, что использование низковязких масел наиболее предпочтительно, так как растворы на их основе имеют оптимальное соотношение вязкостных и структурных показателей, что обеспечивает эффективную гидравлическую программу промывки скважин сложной конструкции и возможность утяжеления растворов до высоких плотностей. Результаты исследований, представленные в работах [9], свидетельствуют

о том, что с использованием минеральных масел можно получать обратные эмульсии с содержанием углеводородной фазы на уровне 50-70%, при этом рекомендуется использовать легкие минеральные масла, обладающие достаточно низкой кинематической вязкостью.

Общим недостатком большинства ИЭР является их низкая термостабильность, которая проявляется при увеличении температуры до 150-200 °С, как в снижении агрегативной устойчивости ИЭР (снижение показателя электростабильности), так и в снижении кинетической устойчивости ИЭР (снижение структурно-механических и реологических показателей). Для увеличения термостабильности технологических параметров растворов перспективным направлением является ввод в рецептуры ИЭР реагентов-термостабилизаторов и структурообразователей. Одним из традиционных структурообразователей ИЭР является органомфильный бентонит, позволяющий регулировать реологические свойства растворов в широком диапазоне. Применение органобентонита в составе ИЭР кроме структурообразующих свойств обеспечивает раствору низкое значение показателя фильтрации за счет улучшения коркообразующих свойств [14, 2,]. В качестве структурообразователей ИЭР также предлагается использовать омыленный талловый пек, нафтенат алюминия, кожевенную пыль, сшитые углеводородные гели [10]. Как стабилизатор и структурообразователь буровых растворов на углеводородной основе предлагается атактический полипропилен и парафин, вводимые в состав раствора в концентрации 1,4-5% и 0,7-3% соответственно [15]. В качестве регуляторов реологических свойств ИЭР, в том числе при повышенных температурах, предлагается использовать маслорастворимые синтетические полимеры: бутадиен-стирольные латексы [1] и полиизобутилены (ПИБ). Вышеуказанные маслорастворимые полимеры позволяют регулировать реологические свойства ИЭР при высоких температурах, увеличивать выносящую способность эмульсии, снижать фильтрацию, повышать общую термостабильность раствора. В

связи с этим, использование маслорастворимых полимеров для стабилизации реологического профиля ИЭР при увеличении температуры является на наш взгляд достаточно перспективным.

Выводы

Таким образом, критерии для разработки экологически безопасного эмульсионного бурового раствора для бурения нефтяных скважин:

- по своим положительным физико-химическим характеристикам раствор не должен уступать жидкостям на нефтяной основе (ингибирующая способность, поверхностное натяжение фильтрата, смазочные свойства и др.);

- раствор должен обладать высокой удерживающей и выносной способностью с целью обеспечения качественной очистки ствола наклонных и горизонтальных участков ствола скважины;

- дисперсионная среда раствора по своим экологическим характеристикам должна быть более безопасна в использовании, чем традиционно используемые продукты – нефть и дизельное топливо. Остальные компоненты также должны быть малоопасными (4 класса опасности) [5].

Список используемых источников

1 Глущенко В. Н. Латексодержащие обратные эмульсии//Бурение и нефть. 2007. №1. С. 22-23.

2 Троицкий А. М. Файнштейн В. Н. Буровые растворы на углеводородной основе с применением органобентонита // Бурение и нефть. 2010. №3. С. 42-43.

3 Чудновская А. В, Дихтярь Т. Д., Янгиров Ф. Н. Исследование устойчивости инвертных эмульсий на основе растительных масел// Повышение качества строительства скважин: материалы II науч.-техн. конф. студентов. Уфа: УГНТУ, 2010. Кн.1. С. 258-260.

4 Расчеты при бурении наклонных и горизонтальных скважин: учеб. пособие / Т.О. Акбулатов, Л.М. Левинсон, Р.Г. Салихов, Ф.Н. Янгиров. СПб.: УГНТУ, 2005. С. 3-6.

5 Разработка и исследование инвертно-эмульсионных растворов для работы с продуктивными пластами /К. Х. Гисматова, А. В. Чудновская, Ф. Н. Янгиров, Г. В. Конесев//Геология и нефтегазоносность западно-сибирского мегабассейна (опыт, инновации): материалы VIII Всерос. науч.-техн. конф. Тюмень, 2012. С. 9-12.

6 Необходимые условия информационной среды для объективного анализа результатов применения технологий добычи нефти / А. П. Стабинскас, Ш. Х. Султанов, Ф. Н. Янгиров., Г. А. Борисов //Инновационные решения в строительстве скважин: материалы Всерос. науч.-техн. конф. Уфа: РАЕН. (Волго-камское отд-е), 2012. С. 118-122.

7 Новый справочник химика-технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ/ С. А. Апостолов [и др.]. СПб: Проффессионал, 2006. Ч.2. 142 с.

8 Разработка и исследование рецептур эмульсионных растворов на основе минеральных масел /В. Л. Заворотный [и др.] // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2010. №1. С. 34-38.

9 Опыт моделирования рецептуры утяжеленного бурового раствора на углеводородной основе с заданными технологическими параметрами / В. Ю. Кравчук [и др.] // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2016. № 2. С. 19-23.

10 Хвоцин П. А. Исследование и разработка инвертного- эмульсионного раствора на основе термопластичной композиции для промывки скважин в сложных условиях бурения: дис... канд. техн. наук: Уфа, 2016. С. 21-28.

11 Жидкость для глушения скважин / А. А. Ахметов, А. Н. Дудов, М. С. Юнусов, В. А. Докичев, Г. В. Конесев, Р. А. Мулюков, Ф.Н. Янгиров: пат. № 2187532 Рос. Федерация С09К7/06; заявл. 05.04.2001; опубл. 20.08.2002, Бюл. № 12. 3с.

12 Эмульгатор-стабилизатор инвертных эмульсий и способ его получения / А. Я Соловьев, В. А. Благовещенский, В. Г. Конесев, Ф. Н. Янгиров и др.: пат. №2236286 Рос. Федерация, С09К7/06; заявл. 28.04.2003; опубл. 20.09.2004, Бюл. № 8. 4с.

13 Способ получения эмульгатора-стабилизатора гидрофобно-эмульсионных буровых растворов/ В. А Докичев, Г. В. Конесев, А. Я. Соловьев, Ф.Н. Янгиров: пат. № 2201950 Рос. Федерация, С09К 7/06; заявл. 28.02.2002; опубл. 10.04.2003, Бюл.№7. 5. с.

14 Способ получения органофильных бентонитов / Д. П. Сало, А. Д. Авдонин: пат. № 329156 СССР, С04В 33/04; заявл. 18.05.1970; опубл. 09.11.1972, Бюл. №7. 7с.

15 Буровой раствор на углеводородной основе / Я.М. Курбанов [и др.]: пат. № 2208035 Рос. Федерация, С09К 7/06; заявл. 11.12.2001; опубл. 10.07.2003, Бюл. №19.

References

1 Glushhenko V. N. Latekssoderzhashhie obratnye jemul'sii//Burenie i neft'. 2007. №1. S. 22-23. [in Russian].

2 Troickij A. M. Fajnshtejn V. N. Burovye rastvory na uglevodorodnoj osnove s primeneniem organobentonita // Burenie i neft'. 2010. №3. S. 42-43. [in Russian].

3 Chudnovskaja A. V, Dihtjar' T. D., Jangirov F. N. Issledovanie ustojchivosti invertnyh jemul'sij na osnove rastitel'nyh masel// Povyshenie kachestva stroitel'stva skvazhin: materialy II nauch.-tehn. konf. studentov. Ufa: UGNTU, 2010. Kn.1. S. 258-260. [in Russian].

4 Raschety pri burenii naklonnyh i gorizontal'nyh skvazhin: ucheb. posobie / T.O. Akbulatov, L.M. Levinson, R.G. Salihov, F.N. Jangirov. SPb.: UGNTU, 2005. S. 3-6. [in Russian].

5 Razrabotka i issledovanie invertno-jemul'sionnyh rastvorov dlja raboty s produktivnymi plastami /К. Н. Gismatova, А. V. Chudnovskaja, F. N. Jangirov, G. V. Konesev//Geologija i neftegazonosnost' zapadno-sibirskogo megabassejna

(opyt, innovacii): materialy VIII Vseros. nauch.-tehn. konf. Tjumen', 2012. S. 9-12. [in Russian].

6 Neobhodimye uslovija informacionnoj sredy dlja ob#ektivnogo analiza rezul'tatov primenenija tehnologij dobychi nefti /A. P. Stabinskas, Sh. H. Sultanov, F. N. Jangirov., G. A. Borisov //Innovacionnye reshenija v stroitel'stve skvazhin: materialy Vseros. nauch.-tehn. konf. Ufa: RAEN. (Volgokamskoe otd-e), 2012. S. 118-122. [in Russian].

7 Novyj spravocnik himika-tehnologa. Syr'e i produkty promyshlennosti organicheskikh i neorganicheskikh veshhestv/ S. A. Apostolov [i dr.]. SPb: Professional, 2006. Ch.2. 142 s. [in Russian].

8 Razrabotka i issledovanie receptur jemul'sionnyh rastvorov na osnove mineral'nyh masel /V. L. Zavorotnyj [i dr.] // Zashhita okruzhajushhej sredy v neftegazovom komplekse. 2010. №1. S. 34-38. [in Russian].

9 Opyt modelirovanija receptury utjazhennogo burovogo rastvora na uglevodorodnoj osnove s zadannymi tehnologicheskimi parametrami / V. Ju. Kravchuk [i dr.] // Stroitel'stvo neftjanyh i gazovyh skvazhin na sushe i na more. 2016. № 2. S. 19-23. [in Russian].

10 Hvoshhin P. A. Issledovanie i razrabotka invertnogo- jemul'sionnogo rastvora na osnove termoplastichnoj kompozicii dlja promyvki skvazhin v slozhnyh uslovijah burenija: dis... kand. tehn. nauk: Ufa, 2016. S. 21-28.

11 Zhidkost' dlja glushenija skvazhin / A. A. Ahmetov, A. N. Dudov, M. S. Junusov, V. A. Dokichev, G. V. Konesev, R. A. Muljukov, F.N. Jangirov: pat. № 2187532 Ros. Federacija S09K7/06; zajavl. 05.04.2001; opubl. 20.08.2002, Bjul. № 12. 3s. [in Russian].

12 Jemul'gator-stabilizator invertnyh jemul'sij i sposob ego poluchenija / A. Ja Solov'ev, V. A. Blagoveshhenskij, V. G. Konesev, F. N. Jangirov i dr.: pat. №2236286 Ros. Federacija, S09K7/06; zajavl. 28.04.2003; opubl. 20.09.2004, Bjul. № 8. 4s. [in Russian].

13 Sposob polucheniya jemul'gatora-stabilizatora gidrofobno-jemul'sionnyh burovyh rastvorov/ V. A. Dokichev, G. V. Konesev, A. Ja. Solov'ev, F.N. Jangirov: pat. № 2201950 Ros. Federacija, S09K 7/06; zajavl. 28.02.2002; opubl. 10.04.2003, Bjul.№7. 5. s. [in Russian].

14 Sposob polucheniya organofil'nyh bentonitov / D. P. Salo, A. D. Avdonin: pat. № 329156 SSSR, S04V 33/04; zajavl. 18.05.1970; opubl. 09.11.1972, Bjul. №7. 7s. [in Russian].

15 Burovoj rastvor na uglevodorodnoj osnove / Ja.M. Kurbanov [i dr.]: pat. № 2208035 Ros. Federacija, S09K 7/06; zajavl. 11.12.2001; opubl. 10.07.2003, Bjul. №19. [in Russian].

Сведения об авторах

About the authors

Чудновская А. В., аспирант, гр. А-2147, ФГБОУ ВО УГНТУ, г. Уфа,
Российская Федерация

A.V. Chudnovskaja, Graduate Student of A-2147 Group FSBEI HE USPTU,
Ufa, the Russian Federation

Хасанов Р. М., магистрант, гр. МГБ-04-15-01, ФГБОУ ВО УГНТУ,
г. Уфа, Российская Федерация

R. M. Hasanov, Master Student of MGB-04-15-01 Group FSBEI HE
USPTU, Ufa, the Russian Federation

Валиев Р. Р., магистрант, гр. МГБ-01-15-02, ФГБОУ ВО УГНТУ,
г. Уфа, Российская Федерация

R. R. Valiev, Master Student of MGB-01-15-02 Group FSBEI HE USPTU,
Ufa, the Russian Federation

e-mail: rrustick94@mail.ru