

УДК

## Перспективы применения отечественных минеральных масел в качестве дисперсионной среды буровых промывочных жидкостей



**В.Л. Заворотный**

/Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, г. Москва  
Тел. 8 (499)507-83-21, zavorotny@mail.ru/



**А.В. Заворотный**

*Рассмотрены отечественные минеральные масла в качестве дисперсионных сред для буровых промывочных жидкостей на углеводородной основе (БПЖ РУО или ЭРУО), приведены их физико-химические, технологические и экологические характеристики, объемы применения, рассмотрены вопросы пожаробезопасности. Даны рекомендации по их применению.*

**Ключевые слова:** буровые промывочные жидкости на углеводородной основе, БПЖ РУО, эмульсионный раствор на углеводородной основе, ЭРУО, дисперсионные среды, минеральные масла, физико-химические, технологические и экологические параметры.



**С.Н. Шишков**

/ООО «НПК «Эксбур К<sup>о</sup>», г. Краснодар/



**В.С. Шишков**



**А.М. Кокуйкин**

/ООО «Техноцентр», г. Тутаев/

При ведении буровых работ в последнее время отмечается тенденция к расширению применения эмульсионных растворов на углеводородной основе (ЭРУО), связанная с их известными преимуществами: инертность к разбуриваемым породам, низкая фильтрация, одинаковая физико-химическая природа углеводородной основы растворов и флюидов, насыщающих продуктивный пласт, сохранение естественной продуктивности, хорошие смазочные и антикоррозионные свойства, высокая устойчивость к рапопроявлению и сероводородной агрессии [1-6, 8]. В настоящее время широко применяется отечественная ресурсная база химических реагентов для ЭРУО. Важной частью, в т.ч. по объемам потребления 60-90 % в составе ЭРУО, являются: дисперсионные среды (ДС), в качестве которых применяют нефти или газоконденсаты (особенно когда на ме-

сторождение сложно доставить ДС); дизельные топлива и нефтепродукты; минеральные масла, в том числе с низким содержанием ароматических углеводородов (НТЖ), синтетические углеводороды (СУО) [1-5, 8]. Наиболее широко используется дизельное топливо, однако по целому ряду причин в последнее время конкуренцию ему составляет минеральное масло. Среди преимуществ минеральных масел необходимо отметить меньшую испаряемость и токсичность, набухание эластомеров и резины, высокую пожаробезопасность ( $T_{всп}$  более 90-120 °С), снижение потерь со шламом, доступность производства. Из недостатков необходимо отметить высокую вязкость минеральных масел, особенно при низких температурах, что требует его увеличения в составе ЭРУО (табл. 1).

Исследования ООО «АТ Консалтинг» [7] дают больше информации о

**Таблица 1**

**Влияние соотношения фаз эмульсии на показатели свойств ЭРУО с различной углеводородной основой**

Вид углеводородной среды	Соотношение фаз углеводород : вода эмульсии	Показатели свойств							
		$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\eta_{пл}$ , мПа·с	$T_0$ , дПа	GeI, дПа	Э, В	$K_{тр}$ по АНИ	$\Phi$ 20 °С, см <sup>3</sup>	$\Phi$ 110 °С, см <sup>3</sup>
ДАДТ	70:30	0,95	10	85	10	1070	–	–	–
	<b>60:40</b>	<b>0,98</b>	<b>18</b>	<b>102</b>	<b>24</b>	<b>923</b>	<b>0,09</b>	<b>1,0</b>	<b>2,7</b>
	50:50	1,04	32	130	42	750	–	–	–
СОЖ	70:30	0,93	7	34	5	870	–	–	–
	60:40	0,96	13	35	12	700	–	–	–
	<b>55:45</b>	<b>0,98</b>	<b>20</b>	<b>71</b>	<b>20</b>	<b>647</b>	<b>0,068</b>	<b>2,0</b>	<b>3,5</b>
РЖ-8у	70:30	0,95	16	35	10	888	–	–	–
	65:35	0,97	19	49	10	786	–	–	–
	<b>60:40</b>	<b>0,98</b>	<b>26</b>	<b>63</b>	<b>20</b>	<b>726</b>	<b>0,035</b>	<b>1,1</b>	<b>3,0</b>
РВМГЗ	75:25	0,95	20	51	12	997	–	–	–
	<b>70:30</b>	<b>0,96</b>	<b>28</b>	<b>68</b>	<b>15</b>	<b>940</b>	<b>0,048</b>	<b>0,8</b>	<b>4,0</b>
ВМГЗ	85:15	0,91	20	42	18	1578	–	–	–
	<b>80:20</b>	<b>0,93</b>	<b>22</b>	<b>65</b>	<b>19</b>	<b>1385</b>	<b>0,032</b>	<b>1,3</b>	<b>4,2</b>
	75:25	0,95	27	73	19	1213	–	–	–
ОПМ	<b>80:20</b>	<b>0,94</b>	<b>25</b>	<b>69</b>	<b>30</b>	<b>1778</b>	<b>0,032</b>	<b>1,3</b>	<b>4,2</b>

поставках из-за рубежа ММ и СУО (в основном для морского бурения на Сахалине), в то время как данные по отечественным производствам не приводятся.

Отечественными нефтегазоперерабатывающими и нефтехимическими производствами выпускается целый ряд минеральных масел, которые рекомендованы для использования в качестве ДС ЭРУО (табл. 2).

Анализ результатов исследований данных дисперсионных сред показывает, что все представленные образцы масел могут быть использованы в качестве низкотоксичной углеводородной основы ЭРУО, однако каждому маслу соответствует свое оптимальное соотношение фаз эмульсии, находящееся в прямой зависимости от его вязкости (см. табл. 2).

Использование низковязких масел наиболее предпочтительно, так как растворы на их основе имеют оптимальные соотношения вязкостных и структурных показателей свойств при более низком соотношении фаз УФ:ВФ и обеспечивают возможность утяжеления растворов до высоких плотностей. ЭРУО на основе мине-

**Таблица 2**

**Физико-химические свойства отечественных технологических минеральных масел**

Показатель	Виды масел					
	Основа РЖ-8у	Основа СОЖ	Основа промышленного масла	ВМГЗ	Раунд-ВМГЗ	Компонент ДТ-II*
<b>Вязкость кинематическая:</b>						
– 20 °С	6,948	2,350	–	–	–	4,28
– 50 °С	–	–	8,90	10,66	6,98	–
<b>Температура вспышки з.т., °С</b>	<b>120</b>	<b>82</b>	<b>176</b>	<b>139</b>	<b>130</b>	<b>110</b>
<b>Температура застывания, °С</b>	<b>-10</b>	<b>-45</b>	<b>-60</b>	<b>-64</b>	<b>-45</b>	<b>-38</b>
<b>Плотность, кг/м<sup>3</sup></b>	<b>840,9</b>	<b>809,1</b>	<b>881,3</b>	<b>863,6</b>	<b>865</b>	<b>824</b>
<b>Массовая доля серы, %, не более</b>	<b>0,02</b>	<b>0,02</b>	–	–	–	<b>0,095</b>
<b>Класс опасности</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>	<b>III</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>	<b>IV</b>

\* Компонент дизельного топлива с содержанием ароматических углеводородов 0,1-1,0 %.

ральных масел обладают высокой агрегативной устойчивостью, о чем свидетельствует показатель электроустойчивости, и сохраняют реологические показатели свойств в требуемых пределах при температурах до 150 °С (табл. 3).

В 2012-2014 гг. некоторые отечественные компании начали выпускать минеральные масла для ЭРУО:

■ ООО «ЛЛК-Интернешнл» – «Масло технологическое Лукойл Дриллинг» СТО 79345251-044-2012;

■ ООО «Техноцентр» – «Состав для приготовления буровых эмульсий ММ-1 по ТУ 2458 -001-72868394-2013;

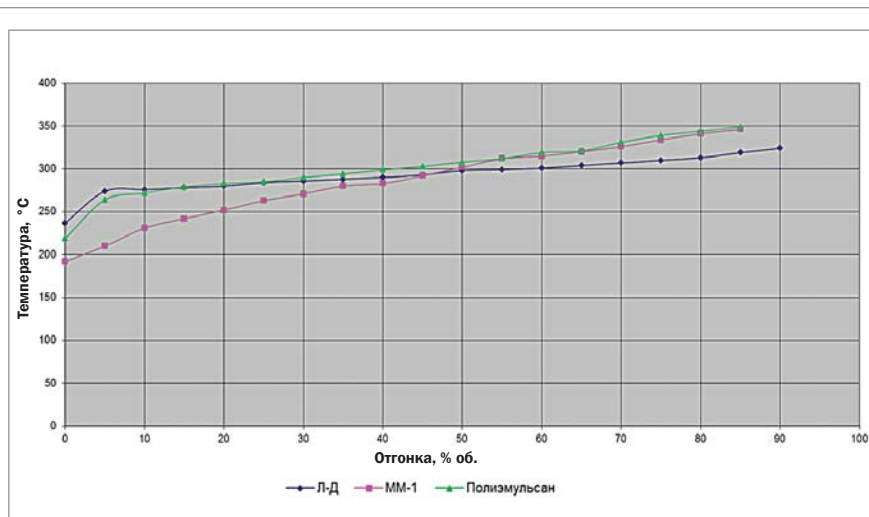
■ АО «НПО «Полицелл» – «КС Полиэмульсан» по ТУ 2458-066-97457491-2012.

**Таблица 3**  
Влияние температуры на показатели реологических свойств раствора с различной минеральной основой

Температура, °С	Значения показателей свойств растворов с различной углеводородной основой											
	Основа РЖ-8у			ВМГЗ			Раунд-ВМГЗ			Основа СОЖ		
	$\eta_{пл}$ , мПа·с	$\tau_0$ , ДПа	Gel, ДПа	$\eta_{пл}$ , мПа·с	$\tau_0$ , ДПа	Gel, ДПа	$\eta_{пл}$ , мПа·с	$\tau_0$ , ДПа	Gel, ДПа	$\eta_{пл}$ , мПа·с	$\tau_0$ , ДПа	Gel, ДПа
49	27	68	20	26	49	15	29	83	22	20	71	20
80	18	44	15	16	45	29	19	48	19	15	38	14
110	13	33	20	10	40	27	13	28	10	11	50	42
150	11	34	22	5	18	21	9	19	10	10	64	43

**Таблица 4**  
Физико-химические свойства отечественных минеральных масел для ЭРУО

Показатель	Марки минеральных масел		
	ММ-1	Лукойл Дриллинг (ЛД)	Полиэмульсан (ПЭС)
Вязкость кинематическая: – 40 °С – 50 °С	– 3,45	4,4-6,0 –	– не изм.
Температура вспышки, закр. тигль, °С	не ниже 80,0 (92,0)	не норм. –	не ниже 80,0 (92,0)
Температура вспышки, откр. тигль, °С	не норм. (114,0)	не ниже 135,0 (137,0)	не норм. (120,0)
Температура застывания, °С	не ниже -35,0 (-41,0)	не ниже -60,0 (-66,0)	не ниже -40 (-40,0)
Температура самовоспламенения, °С	не норм. (256,0)	не менее 165,0 (245,0)	не норм. (265,0)
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	не более 865,0 (852,0)	не норм. (864,0)	не норм. (830,0)
Класс опасности	IV	IV	IV



Кривые разгонки масел: Лукойл Дриллинг (синяя), ММ-1 (розовая), Полиэмульсан (зеленая) при атмосферных условиях (ГОСТ Р 2177)

Так, объемы производства масла технологического «Лукойл Дриллинг» в 2012-2015 гг. составляли 6000 т/год, ММ-1 в 2014-2015 гг. – более 2500 т/год, «Полиэмульсан» в 2013-2015 гг. – более 1000 т/год. Физи-

ко-химические показатели этих продуктов приведены в **табл. 4**.

Фракционный состав и реологические свойства исследованных масел приведены на **рисунке** и в **табл. 5**.

Сравнительные исследования минеральных масел были проведены на системе ЭРУО «Эмульпол» [2], состав которой приведен (при соотношении УФ/ВФ = 60/40) в **табл. 6**.

Аналогичные составы были приготовлены на маслах ММ-1 и «Полиэмульсан».

Результаты исследований, параметры эмульсий на различных минеральных маслах приведены в **табл. 7**.

На основании проведенных исследований (см. табл. 1-7 и рисунок) можно сделать следующие выводы: исследованные дисперсионные среды на основе минеральных масел (табл. 4, 5, 7) удовлетворяют требованиям, предъявляемым к дисперсионным средам ЭРУО, они обладают необходимой вязкостью, низкой температурой застывания, низкой пожароопасностью и испаряемостью, температура начала кипения у всех образцов – более 195-230 °С (см. рисунок), давление насыщенных

**Таблица 5**  
Реологические свойства масел для ЭРУО

Марка ДС		Реологические свойства (Оффайт-800) при температурах, °С									
№ состава		600	300	200	100	60	30	6	3	$\eta_{пл}$ , сПз	$\tau_0$ , дПа
ММ-1	25	9,5	5,0	3,0	2,0	1,0	0,5	0,0	0,0	4,5	2,4
22	50	5,0	3,0	2,0	1,0	0,5	0,0	0,0	0,0	2,0	4,8
ПЭН	25	10,0	5,5	3,0	2,0	1,0	0,5	0,0	0,0	4,5	4,8
2	50	5,0	3,0	2,5	1,5	1,0	0,5	0,0	0,0	2,0	4,8
ЛД	25	15,5	8,1	5,5	3,9	1,4	0,8	0,2	0,1	7,4	3,4
11	50	6,7	4,5	3,7	1,2	1,0	0,5	0,1	0,0	2,2	11,0
РЖ-8	25	9,9	5,2	3,5	2,1	1,3	0,5	0,3	0,3	4,7	2,4
1	50	5,0	3,0	2,0	1,5	1,0	0,5	0,0	0,0	2,0	4,8

паров равно нулю (бомба Рейда при 38 °С), т.е. практически отсутствует испаряемость дисперсионной среды. По температурам самовоспламенения и температурам вспышки (см. табл. 4) ЭРУО на исследованных маслах соответствует требованиям старых ПБ-08-624-03 (п. 2.7.3.11) и новых правил безопасности ПБ от 19.04.2013 (№ 28222).

Отечественные сервисные фирмы ООО «НПК-Эксбур-К», ООО «Спецбурматериалы» и зарубежные («Бейкер-Хьюз») используют

**Таблица 6**  
Состав ЭРУО «Эмульпол»

Компоненты БР	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	% масс.	кг/м <sup>3</sup>
ММ «Лукойл Дрилинг»	864,0	44,44	0,444
Эмульгатор МР-150	925,0	1,9	0,019
Органобентонит Орбент-91	1380,0	1,37	0,014
Гидрофобизатор АБР-40	825,0	0,38	0,004
Регулятор реологии НРП-20М	900,0	1,85	0,019
Мрамор	2700,0	6,86	0,069
СаО	3400,0	2,06	0,021
Рассол СаCl <sub>2</sub>	1200,0	41,15	0,411
Итого	1,059	100	1,000

**Таблица 7**  
Параметры «Эмульпола» на различных минеральных маслах

№		Дисп. среда		ЭРУО (Эмульпол)						
Образец	Проба	Тип	$\rho$ масла, г/см <sup>3</sup>	$\rho$ ЭРУО, г/см <sup>3</sup>	$\eta_{пл}$ , мПа сек	$\tau_0$ , дПа	СНС 1\10, дПа		$\mathcal{E}_{ст}$ ПЭС, В	$\mathcal{E}_{ст}$ Фан, В
							10 с	1 мин		
при 25 °С										
1	11	Л-Д	0,864		7,4	3,4				
				1,059	83,0	211,2	33,1	36,0	354,8	322,6
2	1	РЖ-8	0,827		4,7	2,8				
				1,017	76,0	518,1	236,7	238,6	354,4	308,0
3	2	ПЭН	0,840		4,5	4,8				
				1,064	62,0	192	60,5	62,5	455,6	421,5
4	22	ММ-1	0,840		4,5	2,4				
				1,050	58,0	225,6	55,2	61,0	401,6	382,2
при 50 °С										
1	11	Л-Д	0,864		2,0	13,0				
				1,059	32,0	96,0	8,2	10,1	346,0	320,0
2	1	РЖ-8	0,827		2,0	4,8				
				1,017	76,0	518,1	236,7	238,6	344,4	301,0
3	2	ПЭН	0,840		2,0	4,8				
				1,064	32,0	86,4	21,6	22,1	498,0	495,0
4	22	ММ-1	0,840		2,0	4,8				
				1,050	29,0	86,4	13,4	15,4	454,0	432,0

исследованные минеральные масла и их модификации в качестве углеводородной фазы инвертных эмульсионных составов («Эмульпол», «Экопол», «Полиэмульсан», «Карбо-Дрилл» и др.) [3, 4, 8] для вскрытия продуктивных горизонтов, бурения горизонтальных и наклонных сква-

жин с большими отходами в сложных горно-геологических условиях, бурения ЗБС. Имеется опыт применения минеральных масел в Западной, Восточной Сибири, Республике Коми и других регионах с жесткими экологическими требованиями [8].

#### Литература

1. **Современные рецептуры эмульсионных буровых растворов на углеводородной основе ЕНТЖ / В.Л. Заворотный, А.В. Заворотный, С.Н. Шишков, В.Н. Кошелев** // Надежность и сертификация оборудования для нефти и газа. – 2004. – № 3-4. – С. 73-78.
2. **Патент 2424269 РФ, МПК7 С09К 8/02, С09К 8/467. Эмульсионный раствор на углеводородной основе / Шишков В.С., Шишков С.Н., Миненков В.М., Заворотный В.Л., Заворотный А.В., Ярыш А.А., Ченикова Н.А.** – Оpubл. 20.07.2011. Бюл. № 20. – С. 12.
3. **Технологические жидкости на углеводородной основе (ТЖ-РУО) для строительства и ремонта скважин / В.Л. Заворотный, А.В. Заворотный, С.Н. Шишков, В.С. Шишков, В.М. Миненков** // Нефть. Газ. Новации. – 2012. – № 12. – С. 46-49.
4. **Применение системы бурового раствора на углеводородной основе «Полиэмульсан» на скважине № 2371 Уренгойского НГКМ / С.В. Мазыкин, В.И. Ноздря, В.А. Мнацканов,**

- В.Л. Заворотный, А.Ю. Царьков, С.Н. Скотнов, М.А. Зубарев** // Вестник ассоциации буровых подрядчиков. – 2013. – № 4. – С. 15-18.
5. **Разработка и внедрение утяжеленных растворов на углеводородной основе / Е.В. Минаева, Е.С. Неделько, С.Н. Скотнов, О.И. Яровенко, Р.Ф. Вафин, Р.Д. Малахова** // Нефть. Газ. Новации. – 2014. – № 9 (188). – С. 30-33.
6. **Заворотный В.Л., Петрушин Е.О. Актуальные проблемы очистки нефтезагрязненных почвогрунтов и отходов нефтегазового комплекса** // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. – М.: ВНИИОЭНГ, 2013. – № 8. – С. 5-9.
7. **Исследования рынка буровых растворов и компонентов буровых растворов (вып. № 7) за 2009-2014 гг.** – ООО «АТ Консалтинг», 2014.
8. **Технологические жидкости на углеводородной основе и экологические аспекты их применения при бурении скважин / В.Л. Заворотный, М.М. Люшин, О.И. Бенцианов, С.В. Темник** // Нефть. Газ. Новации. – 2015. – № 3(194). – С. 21-25.



## ООО «ТЕХНОЦЕНТР»

Россия, г. Тутаев, Комсомольская, 64  
 тел. +7 (499) 343 76 71  
 masloopt@yandex.ru, info@mm-tc.ru  
 www.mm-tc.ru



### производитель смазочных материалов и масел

Одно из направлений – производство углеводородной основы состава ММ-1, применяемого в качестве углеводородной фазы технологических жидкостей (буровых растворов) на углеводородной основе (ЭРУО) при вскрытии продуктивных горизонтов, бурении горизонтальных скважин и наклонных скважин с большими отходами в сложных горно-геологических условиях.

- Применение состава ММ-1 в качестве дисперсионной среды позволяет получить высокостабильные инвертные эмульсии с пониженной пластической вязкостью и высоким соотношением «водная фаза/углеводородная фаза», составляющим 60-70 %.
- На сегодняшний день разработаны составы двух видов:
  - ММ-1 с температурой застывания -35 °С;
  - ММ-1(з) с температурой застывания -50 °С.
- Состав ММ-1 и его модификации оказывают минимальное воздействие на резинотехнические изделия (РТИ).
- Выпускаемая продукция прошла лабораторные и промышленные испытания, о чем свидетельствуют сертификат, выданный ТЭКСЕРТ при РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина.
- География применения ММ-1 – Западная и Восточная Сибирь, Республика Коми и другие регионы с жесткими экологическими условиями.
- Удобная форма поставки продукции: бочка, еврокуб abs, флекситанк.
- ООО «Техноцентр» участвует в программе импортозамещения в сфере нефтегазового комплекса.
- Среди наших постоянных партнеров – зарубежные и отечественные компании «Бейкер-Хьюз», НПО «Буринтех» и другие нефтесервисные организации.