

Безглинистая промывочная жидкость «БИОКАР»

для бурения горизонтальных скважин и вскрытия продуктивных горизонтов.

Юрий Лубан
Аврам Розенгафт
Сергей Лубан
Галина Наконечная
Валентин Онищенко

Украинскими специалистами разработана безглинистая промывочная жидкость «БИОКАР». Ее применение при бурении скважин с большим отклонением от вертикали и вскрытии продуктивных горизонтов с низкими пластовыми давлениями позволит избежать осложнений (поглощения жидкости и низкое качество вскрытия пластов-коллекторов, их загрязнение в процессе глушения) присущих традиционным буровым растворам. В результате исследований, успешных лабораторных и промышленных испытаний сформулированы особенности контроля параметров и регулирования технологических свойств новой промывочной жидкости.

Успешность и экономическая целесообразность бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин в значительной степени зависит от типа и свойств промывочной жидкости. Обострение вопросов связанных с обеспечением устойчивости горных пород в наклонных и горизонтальных стволах усугубляется проблемами с выносом выбуренной породы на поверхность, накоплением слоя осадка и образованием дюн на нижней стенке скважины и др. [1]. Кроме этого, при вскрытии наклонным стволом проницаемых пластов большой мощности, то есть в условиях, когда значительная часть буровой колонны постоянно находится в плотном контакте с поверхностью стенки, особое значение для предупреждения дифференциальных прихватов имеет снижение перепада давления между скважиной и пористой средой, а также ограничение фильтрации промывочной жидкости. Одновременно, проведение таких мероприятий будет способствовать сохранению фильтрационных характеристик продуктивных горизонтов и

улучшению качества их первичного вскрытия.

Промывочная жидкость «Биокар»

Традиционные буровые растворы не отвечают указанным требованиям, поскольку само использование глинистого материала в качестве дисперсной фазы бурового раствора и основного структурообразующего компонента приводит к увеличению плотности системы и росту перепада давления на коллекторские пласты. Проблема может быть решена путем применения безглинистых промывочных жидкостей на основе биополимерных реагентов [2], которые обеспечивают возможность получения раствора с хорошими структурно-механическими и реологическими характеристиками и плотностью от 1100 кг/м³ и ниже. В Украине рецептура безглинистой промывочной жидкости «Биокар» разработана и внедрена в производство в ЗАО «Научно-исследовательское и конструкторское бюро бурового инструмента».

Промывочная жидкость «Биокар» представляет собой коллоидный раствор высокомолеку-

Юрий Лубан — к.т.н., заведующий научно-исследовательской лабораторией промывочных жидкостей ЗАО «Научно-исследовательское и конструкторское бюро бурового инструмента» (ЗАО «НИИКБ БИ»), г. Киев

Аврам Розенгафт — к.т.н., заведующий лабораторией вскрытия, опробования пластов и физикохимии буровых растворов Полтавского отделения Украинского государственного геологоразведочного института (ПО УкрГГРИ)

Сергей Лубан — заведующий научно-исследовательской лабораторией буровых растворов и специальных жидкостей ООО «НПП Зонд», г. Киев

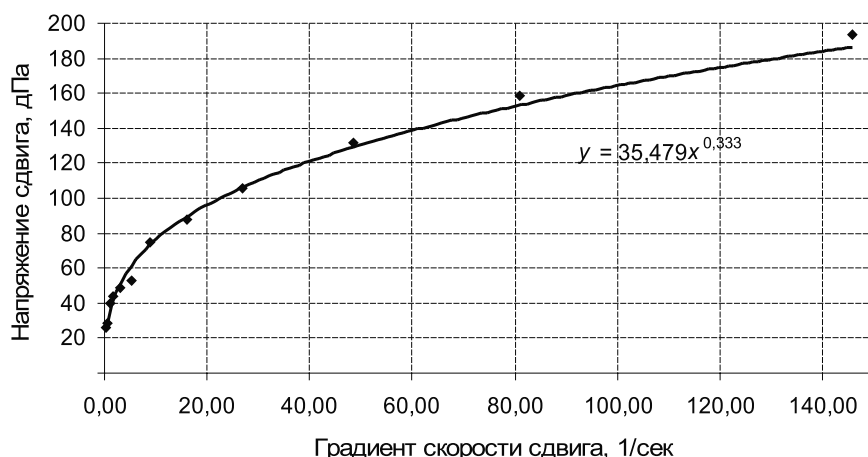
Галина Наконечная — ведущий инженер ЗАО «НИИКБ БИ»

Валентин Онищенко — ведущий инженер ЗАО «НИИКБ БИ»

лярных разветвленных полимеров класса полисахаридов, который характеризуется ярко выраженными псевдопластическими свойствами (рисунок 1), наличием тиксотропной структуры и не содержит в своем составе активного глинистого компонента. Бла-

Рисунок 1.

Реологическая кривая промывочной жидкости «Биокар».

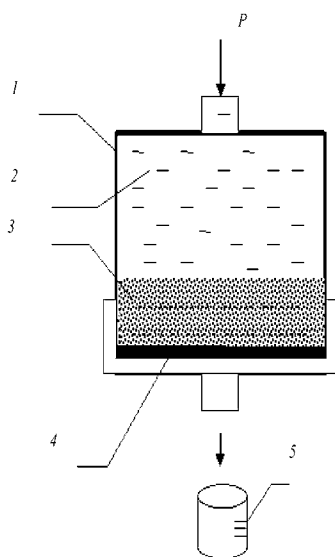


годаря уникальным выносным характеристикам, высоким значениям мгновенного показателя статического напряжения сдвига – так называемого «нулевого геля», и низкой забойной филь-

Говоря об ограничении фильтрации как способе предотвращения дифференциальных прихватов бурильного инструмента и улучшения качества вскрытия продуктивных пластов, следует понимать не

Рисунок 2.

Схема (а) и внешний вид (б) экспериментальной установки



для моделирования процесса фильтрации через пористую среду.

1 – камера высокого давления; 2 – промывочная жидкость; 3 – песчаный фильтр (модель пористой среды); 4 – металлическая сетка; 5 – мерный стакан. Р – давление сжатого азота.

трации система «Биокар» является оптимальной для вскрытия продуктивных горизонтов, бурения горизонтальных и наклонно-направленных скважин.

столько стандартный показатель фильтрации, который определяется через бумажный фильтр, сколько фильтрацию жидкости через модель пористой среды [3]. Часто

традиционные промывочные жидкости с технологически приемлемым и даже низким уровнем стандартной фильтрации показывают неудовлетворительные результаты при исследованиях, моделирующих фильтрацию вглубь пласта-коллектора.

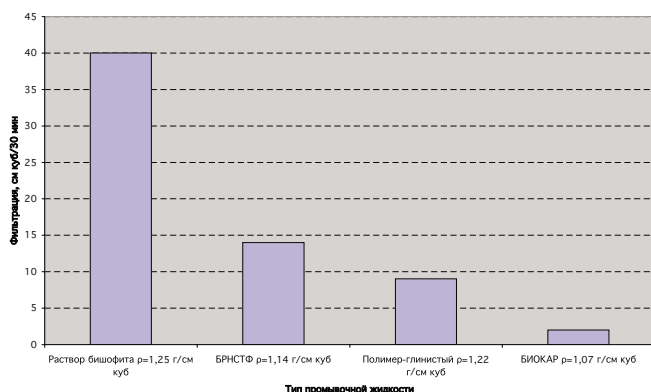
Лабораторные исследования

В своих исследованиях в качестве модели пористой среды мы использовали песчаный фильтр. Выбор типа фильтра основывался на экспериментальном положении, что фильтрация промывочных жидкостей через несцементированный песок всегда выше, чем через сцементированные горные породы. Данное положение подтверждается даже в тех случаях, когда проницаемость песка меньше, чем проницаемость сцементированной породы [3].

Исследования проводятся в фильтрационной камере высокого давления. В нижней части камеры устанавливается металлическая сетка со слоем песка определенного гранулометрического состава, размер частиц которого больше, чем размер ячеек сетки. Количество песка было определено экспериментально, исходя из условия образования фильтра толщиной 15 ± 3 мм. При площади фильтрационной поверхности 50 см^2 необходимое количество песка составляет 50 г. Фильтрационная камера заполняется исследуемой промывочной жидкостью. На жидкость сжатым азотом создается перепад давления 0,7 МПа, что приводит к фильтрации жидкости через песок. Удвоенное количество жидкости, отфильтрованной в течение 30 мин, определяет величину показателя фильтрации (рисунок 2).

Наименьшие значения данного показателя обеспечивают «Биокар» и подобные ему безглинистые системы. Эффект достигается вследствие совместного действия наполнителей определенного гранулометрического состава, которые образуют на поверхности пла-

Рисунок 3.
Фiltrация промывочных жидкостей



ста арочные перемычки между зернами породы, и биополимерных реагентов, создающих значительные фильтрационные сопротивления движению жидкости в узких зазорах порового пространства [3, 4]. В результате, почти мгновенно образуется непроницаемый коьматационный барьер, толщина которого вглубь пласта не превышает нескольких миллиметров. Объем жидкости, которая поступает в пласт при образовании такого барьера, является минимальным (рисунок 3). Эти свойства безглинистых систем открывают широкие перспективы их применения при вскрытии зон вероятных поглощений, обусловленных как тектоническими нарушениями, так и ано-

вскрытия продуктивных пластов. Вследствие этого, даже в случае поглощения и поступления жидкости вглубь коллектора, процесс его загрязнения является обратимым, поскольку загрязняющие компоненты или разлагаются во времени под действием микроорганизмов, или могут быть удалены обычной солянокислотной обработкой.

Влияние промывочной жидкости «Биокар» на качество вскрытия продуктивных горизонтов изучалось на установке УИПК с использованием образцов кернов, отобранных на Восточно-Рогинцевском месторождении. Эксперименты проводили в условиях, моделирующих пластовые: при давлении 20 МПа и температуре 60°C. Результа-

тельно низкими пластовыми давлениями.

В состав промывочной жидкости «Биокар» входят только кислото-растворимые и подверженные биологической деструкции реагенты, что также положительно влияет на качество

ты сравнивали с буровыми растворами, пробы которых отбирали при вскрытии продуктивных горизонтов на различных месторождениях Украины. Установлено, что коэффициенты восстановления проницаемости коллекторов, при использовании системы «Биокар», существенно превышают показатели, полученные на полимер-глинистых растворах, и отвечают уровню зарубежных аналогов (таблица 1). Обработка кернов соляной кислотой или их торцевание на глубину до 3-4 мм позволяет дополнительно увеличить коэффициенты восстановления проницаемости и довести их значения до 95-97%. Это указывает на незначительное проникновение коьматирующих частиц вглубь образцов керна, их легкое деблокирование и возможность проведения, при необходимости, интенсификации притока (рисунок 4).

Промышленные испытания

Промышленные испытания промывочной жидкости «Биокар» проводились на Леляковском нефтяном месторождении, которое находится на заключительной стадии эксплуатации и характеризуется остаточными запасами углеводородов, высокой обводненностью продукции, гидростатическими пластовыми давлениями и подверженностью техногенным загрязнениям. Ранее скважины на этой площади бурились с использованием различных типов буровых растворов, включая, даже, инвертные эмульсии. Бурение сопровождалось осложнениями, при освоении часто возникала необходимость в проведении интенсификации притока, производительность скважин была невысокой.

Программа испытаний предполагала бурение четырех скважин с зенитными углами от 40° до 80°. Приготовление раствора «Биокар» проводили после спуска технической обсадной колонны. Циркуляционную систему буровых установок оборудовали дополнительны-

Рисунок 4.
Образование зон пониженной проницаемости в поровом пространстве коллекторов при их вскрытии с использованием растворов различных типов. 1 – внешний слой полимеров, 2 – внешний коьматационный слой, 3 – внутренний коьматационный слой (зона проницаемости)

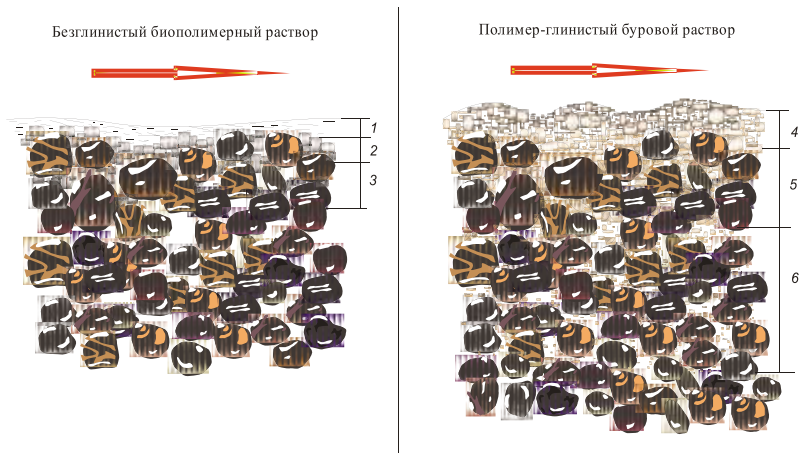


Таблица 1.

Влияние промывочных жидкостей различных типов на коэффициент восстановления проницаемости кернов

№ образца	№ скважины	Интервал отбора, м	Коэффициент пористости K_p , %	Коэффициент газопроницаемости K_r , мД	Глинистость $C_{гп}$, %	Карбонатность C_k , %	Тип промывочной жидкости	Коэффициент восстановления проницаемости, %
1	№63 Восточно-Рогинцевская	2980-2985	19,9	247,5	9,2	1,0	БИОКАР	0,79
2			20,1	271,5	9,0	3,8	БИОКАР	0,93
3			20,4	285,2	9,0	2,9	БИОКАР	0,85
4			20,2	278,6	9,1	3,4	Полимер-глинистый	0,35
5			20,0	267,3	9,9	2,5	Полимер-глинистый	0,41

Примечание. Исследования проводились отделом исследования коллекторов и процессов нефтеизвлечения ООО «УкрНГИ»

Таблица 2.

Состав промывочной жидкости «БИОКАР»

№ п/п	Название реагента	Назначение реагента	Концентрация, %
	Биокар-компунд	комплексный реагент, регулятор реологических, структурно-механических и фильтрационных свойств	6-7
	Хлористый калий	ингибитор разупрочнения пород	3-5
	Бактерицид	ингибитор ферментативной деструкции полимеров	0,05-0,1
	РПС	регулятор pH	0,1-0,2
	Нефть или её заменитель	смазочная добавка	1-3
	Графит	смазочная добавка под обсадную колонну	0,3-0,5
	Карбонатный наполнитель	реагент-блокатор	10-15
	Органический наполнитель	реагент-блокатор	1,0-1,5

ми приемными емкостями, общий объем которых был равен объему скважины. В емкостях устанавливали перемешиватели, а для приготовления промывочной жидкости использовали глиномешалку или эжекционную установку. Скважину заполняли технической водой, а отработанный глинистый буровой раствор сбрасывали в шламовый амбар. Приемные емкости и систему желобов очищали от шлама. Компоненты промывочной жидкости «Биокар», за исключением наполнителей, последовательно растворяли в воде, в количествах, приведенных в таблице 2. Смесь тщательно перемешивали на протяжении трех-четырех часов и накапливали в приемных емкостях. После приготовления необходимого объема, скважину промыва-

ли и техническую воду, загрязненную остатками глинистого раствора, также сбрасывали в шламовый амбар. После этого скважину заполняли промывочной жидкостью «Биокар» и начинали бурение.

Поскольку геологический разрез скважины включал отложения триаса, представленные коллоидальными глинами, особое внимание уделялось очистке промывочной жидкости от выбуренной породы. На буровых установках устанавливали трехступенчатую систему очистки раствора, которая содержала линейные вибросита, гидроциклон и центрифугу с частотным регулятором привода, производства ОАО «Укрнефтезапчасть» (г. Сумы). Обслуживание системы очистки раствора произ-

водило специализированное предприятие ООО «Карат» (г. Ахтырка).

Перед вскрытием продуктивных горизонтов, представленных отложениями трещиноватых известняков и песчаников пермского возраста, в промывочную жидкость «Биокар» вводили наполнители, которые обеспечивали образование кольматационного барьера на поверхности коллекторов и их надежную защиту от загрязнений. Параметры промывочной жидкости в процессе бурения приведены в таблице 3.

Результаты применения

Опыт, полученный в результате бурения скважин на Леляковском месторождении, позволил выявить целый ряд особенностей, характерных для методов контроля и регули-

Таблица 3.

Изменение параметров промывочной жидкости «Биокар» при бурении скважины №306 Леляковского месторождения

Глубина скважины, м	Плотность, кг/м³	Условная вязкость, с	Водоотдача, см³/30 мин	СНС, дПа		КТК	Содержание твердой фазы, %			КСИ, %	Пластическая вязкость, мПа·с	ДНС, дПа	рН
				1 мин	10 мин		коллоидной	песка	всего				
1400	1080	85	4	18	24	0,08	0,01	0	8,3	2,5	30	147	9,15
1470	1080	85	4	18	23	0,08	0,01	-	8	2,67	28	194	9,14
1490	1060	80	4	15	18	0,08	0,08	0,2	8,4	2,9	26	132	9,15
1558	1080	90	3,5	15	18	0,08	-	-	-	-	24	120	9,08
1650	1060	90	3,5	15	18	0,08	0,14	0,2	9,6	2,8	27	126	9,10
1702	1060	83	3	15	18	0,08	-	-	-	-	28	129	9,05
1711	1080	80	3,5	15	18	0,09	-	-	-	-	25	120	8,91
1786	1080	80	3,5	15	18	0,09	0,132	-	8,18	2,1	25	123	10,26
1808	1080	80	3	18	22	0,1	0,2	-	11,06	2,9	26	129	9,79
1820	1080	99	3	21	30	0,1	0,34	-	13,9	3,4	30	156	9,14
1858	1100	112	2,5	24	33	0,1	0,34	0,3	10,3	3,4	30	150	9,30
1894	1100	81	3	24	36	0,09	-	-	-	-	29	156	9,26
1914	1090	125	3	30	61	0,09	0,57	-	10,3	-	28	162	9,15
1924	1090	145	3	39	57	0,1	0,61	-	15,2	2,37	32	177	9,62
1936	1093	93	3	27	39	0,1	0,66	-	13,9	-	28	141	9,68
1956	1097	69	3	27	39	0,1	0,7	0,4	11,9	3,29	30	132	9,65
1967	1130	86	3	33	48	0,1	0,94	-	20,14	3,0	36	156	9,60
1994	1130	84	3	27	33	0,1	0,693	-	16,46	-	30	156	9,30
2026	1130	86	3	27	33	0,1	-	-	-	-	29	162	9,11
2026 спуск колонны	1130	88	3	27	33	0,1	0,72	-	18,32	3,0	34	180	9,27

Примечание. При глубине 1967 м в раствор введены наполнители для вскрытия продуктивного горизонта. Зенитный угол на глубине 2026 м – 46о.

рования параметров безглинистых буровых растворов.

Так, применение промывочных жидкостей на основе реагентов, склонных к биологической деструкции, требует поддержания их ферментационной устойчивости в течение всего периода бурения скважины. Это достигается путем применения бактерицидных реагентов, концентрация которых в процессе бурения контролируется при помощи специально разработанной методики [5], благодаря чему поддерживается на минимальном и безопасном уровне. В целом, токсичность системы «Биокар» не превышает третьего класса опасности.

Из-за сравнительно высокой концентрации полимеров фильтрация безглинистых промывочных жидкостей всегда находится на низком уровне. Она практически не изменяется даже в случае разрушения системы и потери ею других технологических свойств. Таким образом, практическое значение такого традиционного показателя

буровых растворов, как фильтрация на приборе ВМ-6 существенно уменьшается.

Характеристики течения биополимерной жидкости «Биокар» существенно зависят от скорости сдвига. При низких скоростях, которые отвечают условиям течения жидкости в затрубном пространстве, реологические свойства характеризуются аномально высокими значениями. При больших скоростях сдвига, отвечающих течению в трубах, реологические свойства аномально низкие – близкие к вязкости воды. Вследствие этого обеспечивается эффективная очистка забоя скважины, а рабочее давление при бурении остается невысоким.

Поскольку величина условной вязкости представляет собой интегральный показатель, определяемый при переменных и достаточно низких скоростях сдвига, данный параметр для безглинистых биополимерных жидкостей не является показательным. На величину условной вязкости влияют рео-

логические характеристики жидкости, значение статического напряжения сдвига (СНС), концентрация и тип твердой фазы, количество коллоидного компонента и др. Заранее предвидеть точное значение условной вязкости и, главное, ориентироваться на него в процессе бурения достаточно сложно. Поэтому, на первый план по информативности выходят реологические показатели, определенные на ротационном вискозиметре при различных скоростях сдвига. Установлено, что качественная очистка стволов наклонных и горизонтальных скважин от выбуренной породы и, соответственно, отсутствие осложнений при бурении достигается при величине динамического напряжения сдвига от 120 дПа и выше. Пластическая вязкость при этом должна быть минимально возможной – 18-25 мПа·с, СНС – в пределах 15-30 дПа, а фильтрация не превышать 3-4 см³/30 мин.

В случае возникновения проблем, связанных с ухудшени-

ем условий движения бурильного инструмента, основным направлением улучшения свойств раствора является увеличение динамического напряжения сдвига. Как правило, такие меры приводят к автоматическому повышению СНС, условной и пластической вязкости. Однако, при этом, вроде бы повышенные показатели условной вязкости способствуют только улучшению выноса шлама на поверхность, и ни в коем случае не приводят к осложнениям, свойственным традиционным глинистым растворам – образованию толстой корки, «прилипанию» инструмента, увеличению пусковых давлений и т.д.

Использование промывочной жидкости «Биокар» при бурении наклонно-направленных и горизонтальных скважин на Леляковском месторождении способствовало их успешному завершению. В процессе бурения практически отсутствовали осложнения связанные с потерей устойчивости пород и «прилипанием» инструмента. Восстановление циркуляции, даже после длительных перерывов, не сопровождалось ростом пусковых давлений. Без осложнений проводились геофизические исследования и спуско-подъемные операции. Всё это указывает на эффективную очистку ствола от выбуренной породы, высокую удерживающую и выносную способность раствора, достаточные ингибирующие свойства и надёжную изоляцию проницаемых пластов.

Кроме этого, наличие плотного контакта обсадных колонн и цемента при использовании системы «Биокар» свидетельствует о решении проблемы низкого качества цементирования, которая имела место в скважинах, пробуренных на глинистых растворах, и была связана с поглощениями цементного раствора.

После вызова притока все скважины, пробуренные с использованием системы «Биокар», легко осваивались и дали промышленные

притоки нефти. Интересен факт увеличения, до года и более, межремонтного периода эксплуатации глубинных насосов, который, обычно, не превышал нескольких месяцев. Это связывается с уменьшением количества техногенных загрязняющих компонентов, поступающих в скважину из пласта в процессе его очистки и эксплуатации, и приводящих к разрушению элементов насосного оборудования.

Заключение

После успешного проведения промышленных испытаний, промывочная система «Биокар» применялась на нескольких месторождениях с различными геологическими условиями при бурении, перфорации и глушении скважин. Ее внедрение позволило обеспечить безаварийную проводку скважин с разными углами наклона, предотвратить поглощения при вскрытии зон с аномально низкими пластовыми давлениями, улучшить качество вскрытия продуктивных горизонтов и предотвратить их загрязнение в процессе глушения. Дальнейшее внедрение отечественной рецептуры безглинистой промывочной жидкости «Биокар» позволит существенно улучшить технико-экономические показатели бурения и эксплуатации скважин в Украине.

Литература

1. Крылов В.И., Крецул В.В. Особенности технологии промывки горизонтальных скважин. // Нефтяное хозяйство. – 2001. – №6. – Ч.1. – С. 36-40., Нефтяное хозяйство. – 2001. – №7– Ч.2 – С. 20-24.
2. Сихьюлт М., Гриб Л., Троуик Дж. Э., Дадли М. Применение биополимерных растворов для проводки горизонтальных скважин. // Нефть, газ и нефтехимия за рубежом. – 1990. – №1. – С. 16-20.
3. Грей Дж. Р., Дарли Г. С. Г. Состав и свойства буровых агентов (промывочных жидкостей). – М.: Недра, 1985. – 509 с.
4. Андресон Б. Кондрашев О. Прогнозирование и регулирование изолирующих свойств полисахаридных буровых растворов. // Бурение и нефть. – 2004. – №3. – С.19-21.
5. Наконечна Г.А., Лубан Ю.В. Бактерицидный захист промивних рідин // Нафтова і газова промисловість. – 2006. – №6. – С.12-15.