



УДК 622.244.44 (075.8)

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ РЕАГЕНТОВ В БУРОВЫХ РАСТВОРАХ ДЛЯ ВСКРЫТИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ

ON THE USE OF POLYMER REAGENTS IN DRILLING FLUIDS FOR DRILLING IN PRODUCTIVE FORMATIONS

Уляшева Надежда Михайловна

кандидат технических наук, профессор,
заведующая кафедрой бурения,
Ухтинский государственный технический университет
nulyasheva@ugtu.net

Шишов Александр Михайлович

аспирант кафедры бурения,
Ухтинский государственный технический университет
shishovvalexandr@mail.ru

Логачев Юрий Леонидович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры бурения,
Ухтинский государственный технический университет
u.logachev@yandex.ru

Дуркин Василий Вячеславович

кандидат технических наук, доцент,
доцент кафедры бурения,
Ухтинский государственный технический университет
durkinvv@mail.ru

Аннотация. В статье затронуты вопросы использования полимерных буровых растворов при бурении пластов-коллекторов и возможности импортозамещения входящих в их состав химических реагентов. В работе представлены результаты исследований связанных с оценкой термостойкости полимерных реагентов, используемых для приготовления полимерных буровых растворов и их проникающей способности в проницаемую среду. Результаты исследований показали, что использование отечественных полимерных реагентов в пресных и минерализованных буровых растворах не вызывает необратимых процессов в продуктивных пластах.

Ключевые слова: полимерный реагент, термостойкость, кинематическая вязкость, буровой раствор, продуктивный пласт, пористость, проницаемость.

Ulyasheva Nadezhda Mikhaelovna

Candidate of Technical Sciences, Professor,
Manager of department of drilling,
Ukhta state technical university
nulyasheva@ugtu.net

Shishov Alexandr Mikhailovich

Postgraduate student of drilling,
Ukhta state technical university
shishovvalexandr@mail.ru

Logachev Yuri Leonidovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
associate professor of drilling,
Ukhta state technical university
u.logachev@yandex.ru

Durkin Vasily Vyacheslavovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
associate professor of drilling,
Ukhta state technical university
durkinvv@mail.ru

Annotation. The article deals with the use of polymer drilling fluids in drilling reservoir formations and the possibility of import substitution of chemical reagents included in their composition. The paper presents the results of studies related to the assessment of the thermal stability of polymer reagents used for the preparation of polymer drilling fluids and their penetrating power into the permeable medium. The research results showed that the use of domestic polymeric reagents in fresh and mineralized drilling fluids does not cause irreversible processes in productive formations.

Keywords: polymer reagent, heat resistance, kinematic viscosity, drilling mud, productive formations, porosity, permeability.

Известно, что технология бурения и качество вскрытия продуктивных пластов (особенно составы и технологические свойства буровых растворов) оказывают существенное влияние не только на показатели работы породоразрушающих инструментов, но и геолого-геофизическую информативность результатов исследования разреза и эффективность эксплуатации, а в итоге – на достоверность оценки запасов и эффективность разработки месторождения [1]. В большинстве случаев вскрытие продуктивных горизонтов происходит с использованием полимерных буровых растворов на основе пресной и минерализованной воды. В таких растворах при фильтрации в пласт вместе с фильтратом проникают полимерные реагенты, которые могут оказать большое влияние на ФЕС пласта и дальнейшую продуктивность скважины. При этом необходимо учитывать, что буровой раствор – это «живая» система, постоянно меняющаяся в зависимости от внешних факторов. Причем не только вследствие наработки твердой фазы (выбуренной породы различного состава) и изменения содержания в нем химических реагентов из-за адсорбционных процессов, но и температурного фактора. Высокие температуры могут вызвать не только изменение формы макромолекул полимерных



реагентов, но и их деструкцию. Оба эти процесса сопровождаются, как правило, снижением реологических свойств как реагента, так и бурового раствора в целом. Таким образом, изменяется и характер фильтрационных процессов в проницаемые породы.

В лаборатории кафедры Бурения был проведен комплекс исследований, направленных на оценку термостойкости полимерных реагентов, используемых для приготовления полимерных систем, и их проникающей способности в проницаемую среду, изготовленную из натурального и искусственного кернового материала. В данной статье представлены результаты реологических исследований реагентов отечественного и импортного производства: биополимеры (Биоксан ТУ 2458-025-97457491-2010 и Barazan), полианионная целлюлоза высокой (Оснопак В и PolyPac R) и низкой (Оснопак Н и Pac L) вязкости, входящие в состав буровых растворов для вскрытия продуктивных пластов [2].

Для исследований использован капиллярный вискозиметр ВПЖ-4, как самый быстрый и простой метод оценки изменения вязкостных характеристик водных растворов реагентов. Концентрация химических реагентов выбрана одинаковой и составляла 0,2 % с учетом предварительной отработки рецептур безглинистых буровых растворов. Диапазон температур выбран с учетом фактических данных для условия месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции (ТПНГП) и составил от 20 °С до 80 °С с шагом 10 °С.

Методика исследований заключалась в нагреве водного раствора полимера до температуры на 2–3 градуса выше установленной (в соответствии с программой исследований) и определяли кинематическую вязкость. При составлении программы работ учитывалось, что, как правило, в полимерном буровом растворе обычно поддерживается щелочная среда, а при вскрытии продуктивных пластов в большинстве случаев повышается минерализация. В связи с этим оценивалось воздействие всех вышеназванных факторов одновременно. При этом концентрация хлорида калия была выбрана 50 кг/м³ как наиболее распространенная в таких системах на месторождениях ТПНГП для вскрытия продуктивных пластов. Содержание каустической соды для каждого раствора свое и выбрано по наибольшим показаниям кинематической вязкости [3]. Результаты испытаний (табл. 1) представлены в порядке уменьшения кинематической вязкости «чистых» растворов полимеров (рейтинг полимеров).

Результаты исследований (табл. 1) с учетом их математической обработки позволяют оценить взаимосвязь вязкостных свойств водных растворов полимерных реагентов и температуры (рисунки 1–6).

Таблица 1 – Изменение кинематической вязкости растворов

Реагенты, 0,2 %	KCl, кг/м ³	NaOH, кг/м ³	Температура, °С						
			20	30	40	50	60	70	80
Оснопак В	0	0	39,65	31,69	27,95	24,12	20,81	18,51	16,05
		1	11,56	9,95	7,66	6,72	5,61	4,85	4,09
	50	0	7,18	6,34	5,15	4,19	3,60	2,97	2,53
		1	5,89	5,32	4,51	3,67	3,00	2,60	2,21
Barazan	0	0	30,33	25,55	23,43	20,22	16,54	12,23	8,23
		1	18,19	16,02	11,79	7,22	4,43	3,31	2,72
	50	0	16,58	13,95	13,05	–	11,19	–	8,02
		1	14,49	13,19	11,97	9,37	8,17	7,12	6,39
PolyPac R	0	0	27,13	22,33	20,83	17,61	15,62	14,51	11,86
		0,5	10,29	7,91	6,93	5,82	5,10	4,45	4,24
	50	0	5,35	4,00	3,23	2,77	2,35	2,02	1,92
		0,5	4,60	3,96	3,27	2,73	2,27	1,91	1,57
Биоксан	0	0	13,39	11,84	10,44	9,39	8,01	6,77	6,15
		0,5	10,51	8,89	7,37	6,63	5,76	5,10	4,57
	50	0	12,07	10,96	9,45	7,97	7,20	6,07	5,25
		0,5	8,44	7,32	6,91	5,53	4,62	4,14	3,70
Pac L	0	0	4,79	3,83	3,25	2,73	2,41	2,12	1,90
		0,75	2,52	2,07	1,75	1,51	1,38	1,21	1,16
	50	0	1,67	1,49	1,32	1,16	1,05	0,98	0,89
		0,75	1,69	1,51	1,34	1,20	1,09	1,01	0,94
Оснопак Н	0	0	3,87	3,17	2,80	2,33	2,10	1,89	1,60
		0,5	2,51	2,05	1,75	1,56	1,40	1,24	1,13
	50	0	1,65	1,47	1,34	1,19	1,10	1,01	–
		0,5	1,69	1,55	1,29	1,17	1,06	0,97	0,91

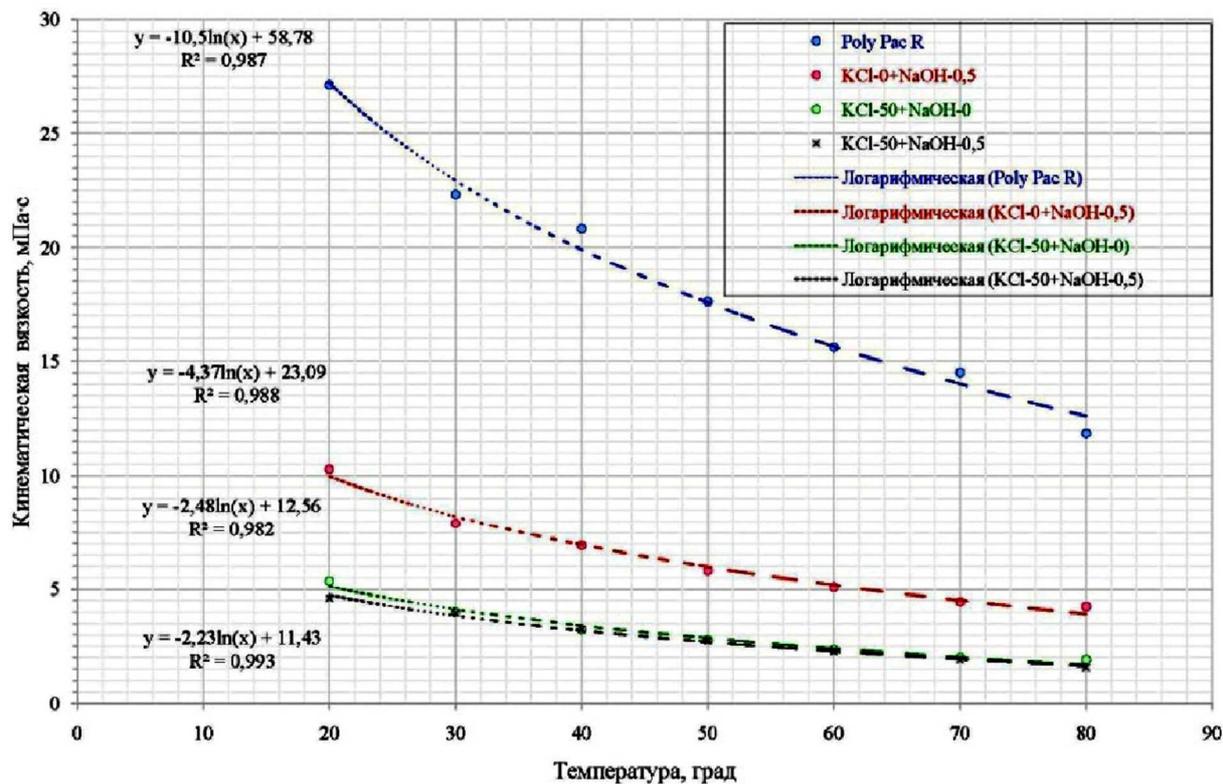


Рисунок 1 – Влияние температуры на водный раствор 0,2 % PolyPasR

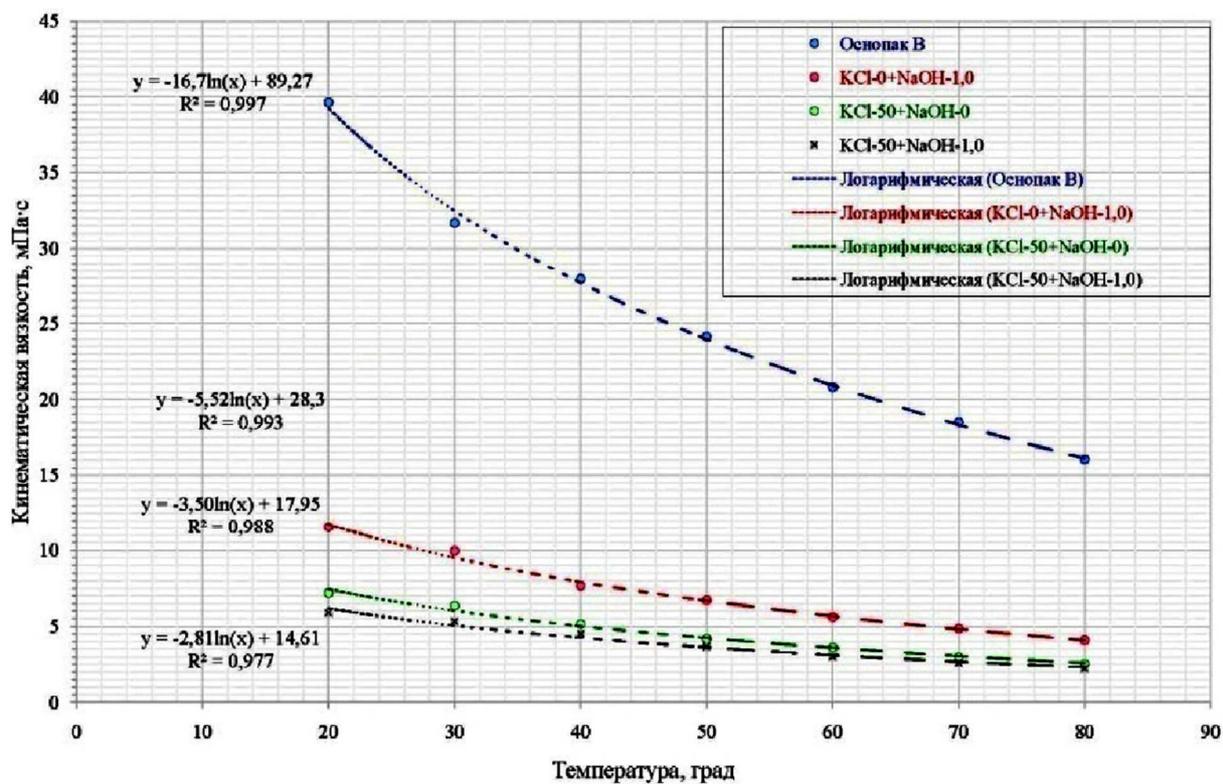


Рисунок 2 – Влияние температуры на водный раствор 0,2 % Оснопак В

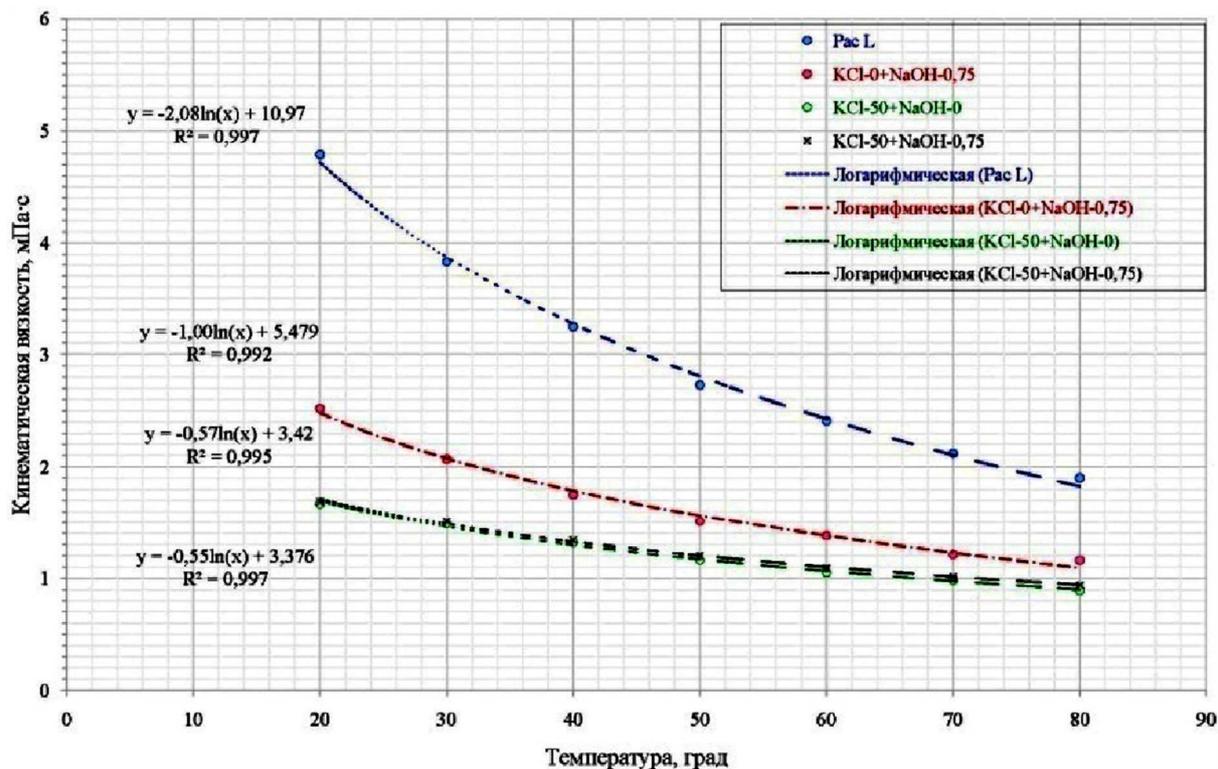


Рисунок 3 – Влияние температуры на водный раствор 0,2 % PacL

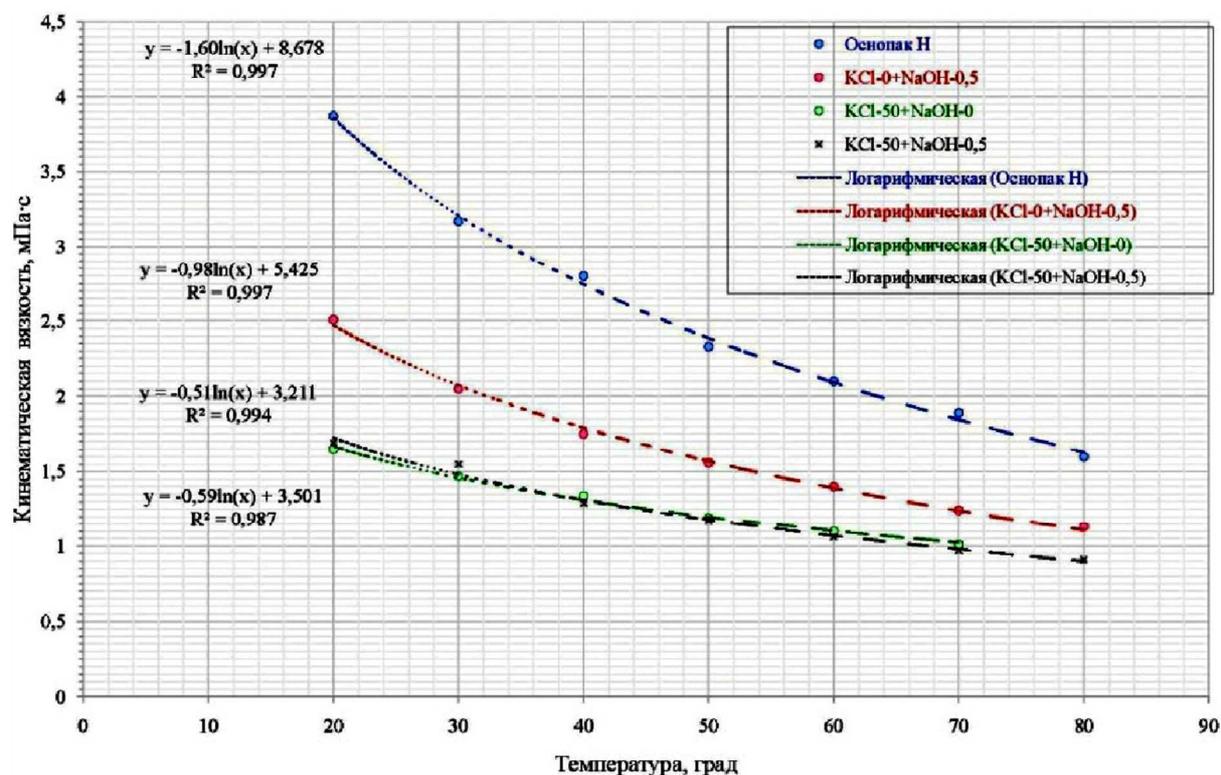


Рисунок 4 – Влияние температуры на водный раствор 0,2 % Оснопак H

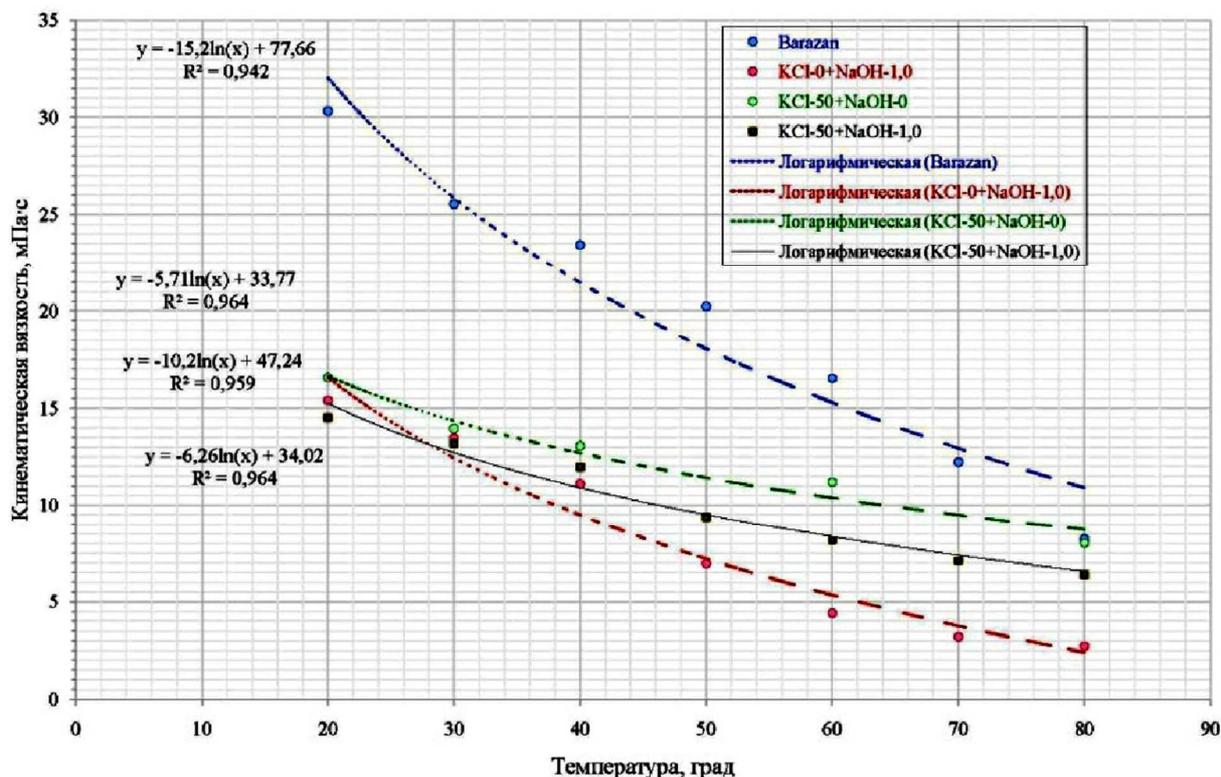


Рисунок 5 – Влияние температуры на водный раствор 0,2 % Barazan

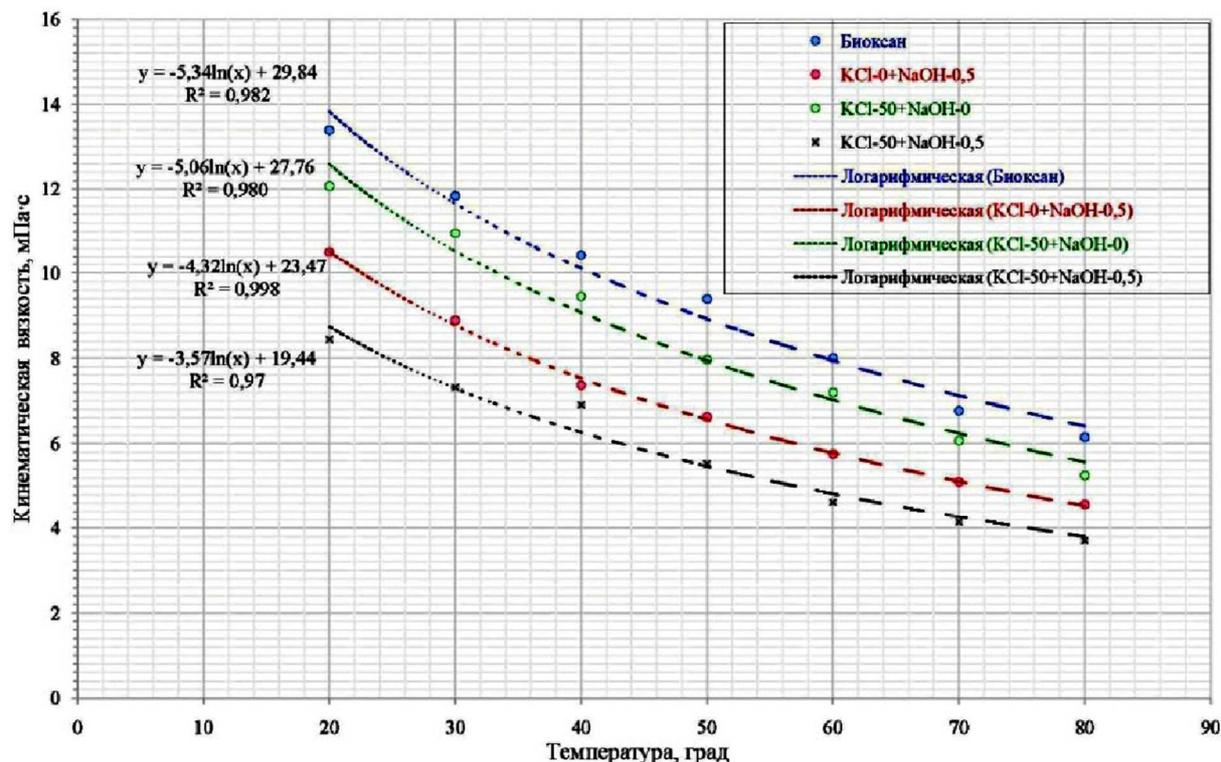


Рисунок 6 – Влияние температуры на водный раствор 0,2 % Биоксан

Математическая обработка с целью выявления зависимости кинематической вязкости от температуры с учетом ранга полимера (номера в рейтинге), позволила получить весьма точные закономерности, у которых достоверность аппроксимации (R^2) не ниже 0,99. Графический вид функций для «чистых» растворов показан на рисунке 7. Для всех исследованных полимерных растворов характерна логарифмическая зависимость ν от T :



$$V = K \cdot \ln(T) + B. \tag{1}$$

Для примера получены значения коэффициентов B и K (рис. 8) для «чистых» водных растворов полимерных реагентов (x – номер реагента в рейтинге):

$$B = 1,67x^3 - 16,65x^2 + 28,88x + 74,93; \tag{2}$$

$$K = -0,34x^3 + 3,40x^2 - 6,06x - 13,77. \tag{3}$$

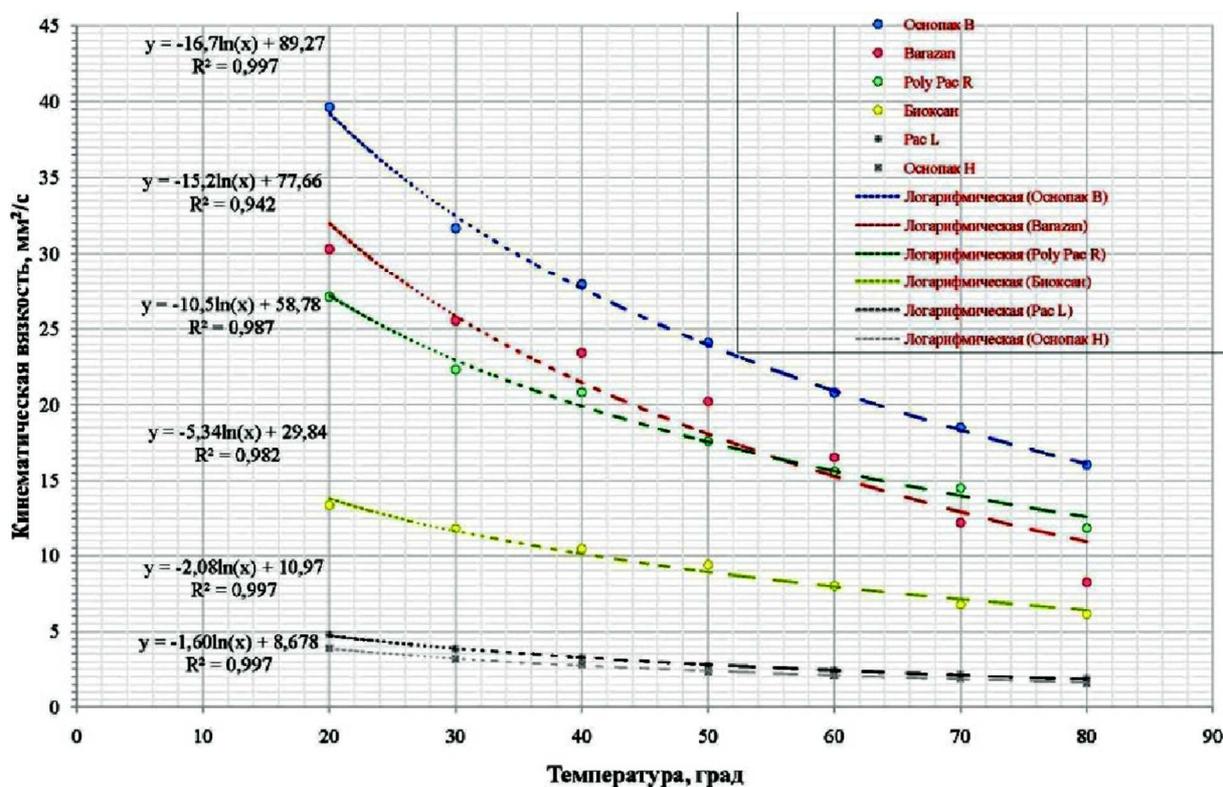


Рисунок 7 – Зависимость кинематической вязкости «чистых» полимеров от температуры

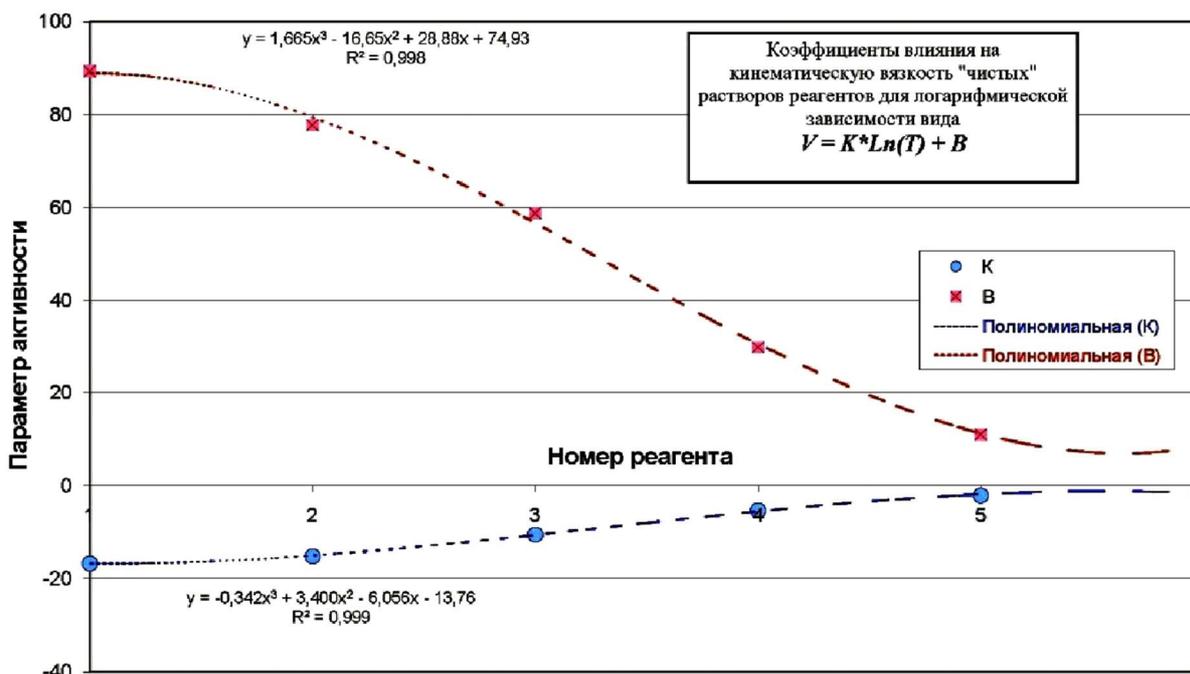


Рисунок 8 – Функциональные параметры для «чистых» водных растворов полимерных реагентов



Установлено, что на изменение вязкостных свойств растворов полимеров определенное влияние оказывает состав воды (присутствие минерализатора, щелочность). При этом интенсивность процессов зависит от собственной молекулярной массы реагента и его природы. Так, например, реакция высоковязких марок полианионной целлюлозы на температурный фактор значительно выше, чем низковязких. В присутствии минерализатора влияние температуры не так заметно, что обусловлено, по нашему мнению, предварительным изменением конформации макромолекул полимерных реагентов. Повышение концентрации каустической соды не только не повышает развернутость макромолекул анионных полимеров, но, наоборот, приводит к их глобулизации. Скорее всего, это обусловлено усилением ионизации активных групп в пресной среде при избыточном количестве щелочного электролита и требует дополнительного исследования. Таким образом, проникновение полимерных реагентов в призабойную зону продуктивного пласта будет усиливаться при повышении температуры в минерализованной среде.

Учитывая полученные результаты по оценке поведения полимерных реагентов при повышенных температурах, в ходе исследований было решено установить (сравнить) влияние пресных и минерализованных растворов с реагентами отечественного (табл. 2) и иностранного производства на фильтрационно-емкостные свойства пласта-коллектора. Для оценки влияния полимерных систем на коллекторские свойства использовались терригенные и карбонатные образцы. В данной работе представлены результаты исследований, полученных с применением образцов керна, извлеченного из карбонатных пород различной пористости и проницаемости. КERN плотный, но с некоторым количеством рыхлого материала. Для достоверности результатов число образцов, которые насыщались растворами, было 17–18. В данной статье не представлены результаты сравнительных исследований с реагентами сервисных компаний.

Таблица 2 – Составы исследуемых буровых растворов

Компоненты	Назначение	Содержание компонентов, % мас	
		пресный	минерализованный
Биоксан	Загуститель	2,0–3,0	3,0–4,0
Полицелл КР-К (Крахмальный реагент)	Загуститель, понизитель фильтрации	3,0–4,0	20,0–25,0
ПАЦ В	Понизитель фильтрации	3,0–4,0	2,0–3,0
ПАЦ Н	Понизитель фильтрации	–	2,0–3,0
Каустическая сода	Регулятор щелочности	2,0–3,0	2,0–3,0
Хлорид калия	Ингибитор	–	40,0–50,0
ИКБАК А	Бактерицидная добавка	0,5–1,0	0,5–1,0
Глитал	Смазочный материал	10,0–20,0	10,0–20,0
Дефом	Пеногаситель	1,0–3,0	1,0–3,0
AtrenPG	Комплекс полигликолей для сохранения проницаемости коллектора	10,0–20,0	10,0–20,0
Мраморная крошка	Утяжелитель, кольматант	согласно расчета	согласно расчета

Определение пористости и проницаемости образцов проводилось до и после насыщения раствором в атмосферных условиях (*В лаборатории Петрофизики УГТУ*). Перед замерами после насыщения растворами образцы керна подвергались экстрагированию.

Полученные результаты изображены на рисунках 9–12. На первых 2 рисунках (рис. 9–10) представлены изменения пористости образцов, а на остальных (рис. 11–12) изменение проницаемости. На графиках слева изображена связь открытой пористости / газопроницаемости, определенной по газу до и после воздействия буровым раствором, а на графиках справа показано распределение открытой пористости / газопроницаемости, определенной по газу до и после воздействия буровым раствором.

Проанализировав полученные данные, можно заметить, что при использовании пресных растворов происходит незначительное увеличение пористости. Это можно объяснить выносом некоторой части рыхлого цементирующего вещества.

В минерализованном же растворе с отечественными реагентами происходит некоторое уменьшение порового пространства. Это может быть вызвано адсорбцией некоторой части химических реагентов на поверхности фильтрационных каналов. Однако это не вызывает существенного ухудшения проницаемости керна.

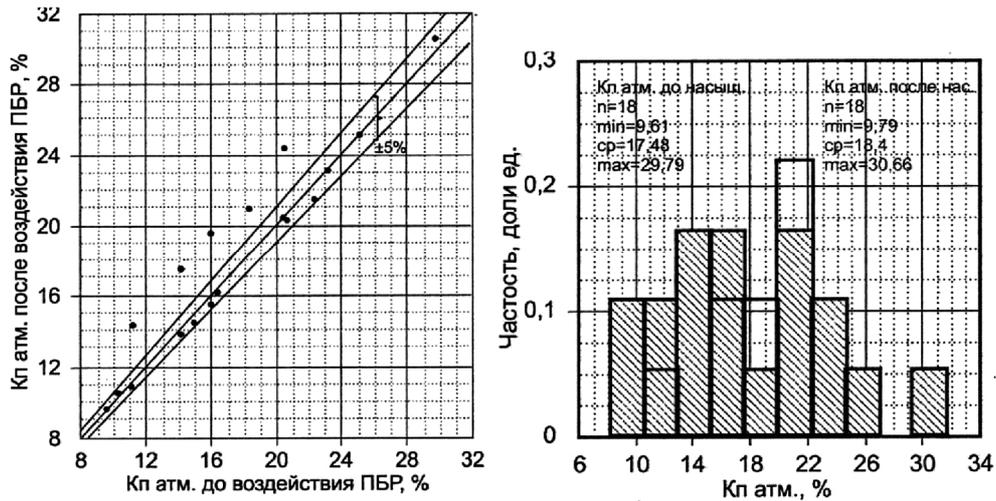


Рисунок 9 – Пористость образца до и после насыщения пресным раствором

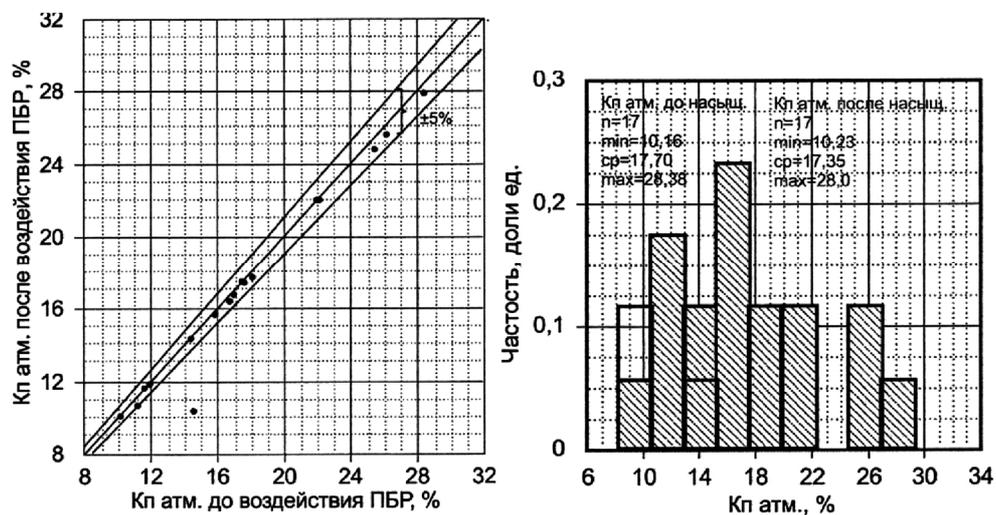


Рисунок 10 – Пористость образца до и после насыщения минерализованным раствором

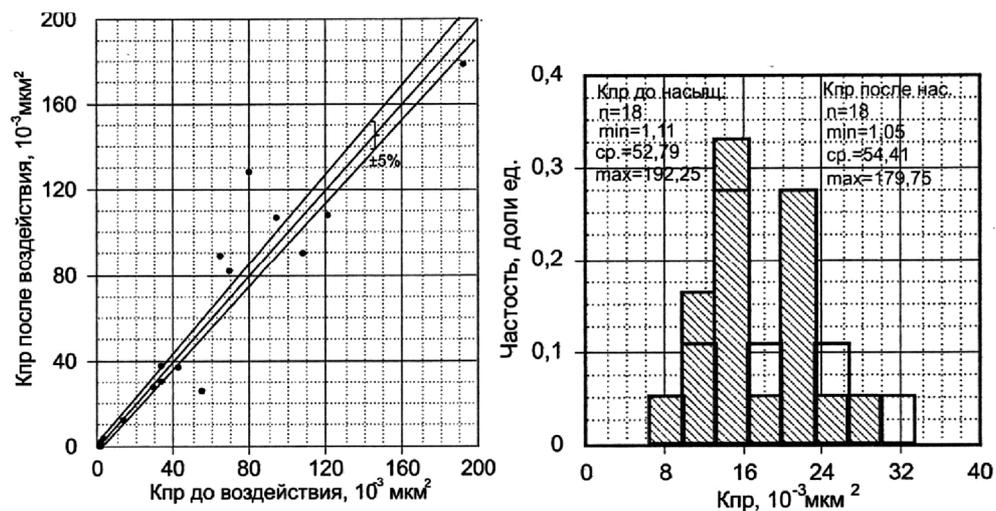


Рисунок 11 – Проницаемость образца до и после насыщения пресным раствором

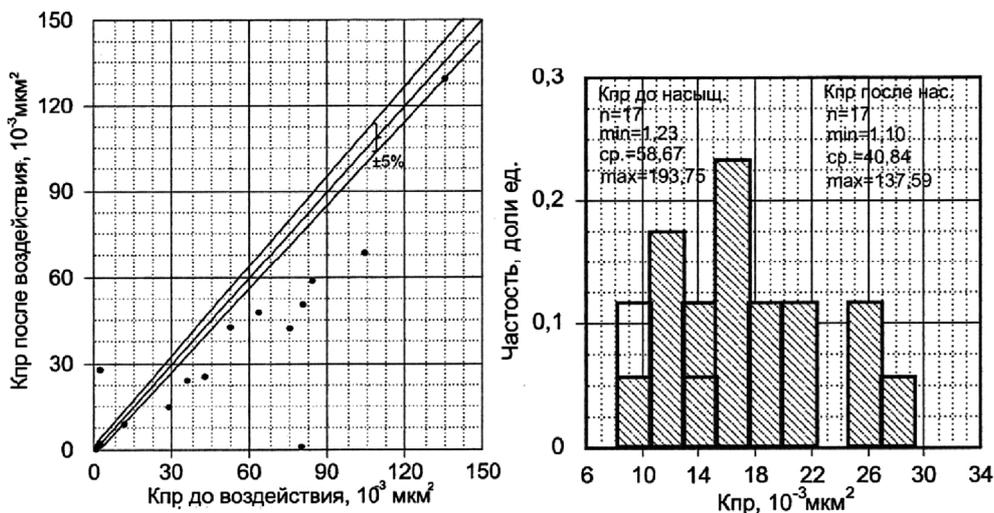


Рисунок 12 – Проницаемость образца до и после насыщения минерализованным раствором

Таким образом, результаты исследований, в том числе на керновом материале, показали, что использование отечественных полимерных реагентов в пресных и минерализованных буровых растворах не вызывает необратимых процессов в продуктивных пластах. Результаты выполненных экспериментальных исследований по оценке влияния различных компонентов промывочных жидкостей на ФЕС керна, отобранного из терригенной и карбонатной частей разреза, позволили сделать вывод о возможности импортозамещения.

Литература:

1. Жуховицкий С.Ю. Промывочные жидкости в бурении. – М. : Недра, 1976. – 200 с.
2. Уляшева Н.М. Технология полимерных буровых растворов : учеб. пособие для вузов. – Ухта : Ухтанефтегазгеология, 1992. – 92 с.
3. Шишов А.М. Сравнительная оценка вязкостных свойств водных растворов отечественных и импортных полимерных реагентов // XVII Международная молодежная научная конференция «Севергеотех-2017» : в 5 ч. : материалы конференции (12–14 апреля 2017 г.). – Ч. 2. – Ухта : УГТУ, 2018. – С. 35–39.

References:

1. Zhukhovitsky S.Yu. Flushing fluids in drilling. – М. : Nedra, 1976. – 200 p.
2. Ulyasheva N.M. Technology of polymer drilling fluids: manual for graduate students. – Ukhta : Ukhtaneftegeologiya, 1992. – 92 p.
3. Shishov A.M. Comparative assessment of viscous properties of aqueous solutions of domestic and imported polymer reagents // XVII international youth scientific conference «Severgeocotech – 2017»: in 5 parts : proceedings of the conference (12–14 April 2017). – Part 2. – Ukhta : USTU, 2018. – P. 35–39.