

О НЕОБХОДИМОСТИ УЧЕТА КОЛЛЕКТОРСКИХ СВОЙСТВ ПЛАСТА ПРИ ВЫБОРЕ РЕАГЕНТОВ РЕГУЛЯТОРОВ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК БУРОВЫХ И ТАМПОНАЖНЫХ РАСТВОРОВ

Рассмотрены некоторые причины ухудшения коллекторских свойств пластов при их вскрытии и цементировании. Обоснована необходимость применения методологии физико-химической механики при рассмотрении межмолекулярных взаимодействий в системе «раствор – пористая среда» для выбора реагентов, регулирующих фильтратоотдачу буровых и тампонажных растворов. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: буровой и цементный растворы, водоотдача, поверхностные явления, неньютоновские свойства, микрогеологические параметры, вязкоупругие свойства.

Основными проблемами при первичном вскрытии продуктивных пластов является их загрязнение, при этом загрязняющая роль фильтратов промывочных жидкостей более значительна, чем роль твердой фазы.

Однако часто без должного внимания остается повреждение пластов при вторичном вскрытии пласта и цементировании эксплуатационных колонн, хотя загрязняющий эффект фильтратов перфорационных жидкостей и тампонажных растворов иногда бывает более значимым, чем загрязнение при первичном вскрытии пластов. Это связано с несколькими факторами.

1. Отсутствие должного контроля значений фильтрации перфорационных жидкостей. В лучшем случае контролируется их солевой состав.

2. Повышенная фильтратоотдача тампонажных растворов, в десятки раз превышающая фильтратоотдачу буровых растворов.

Примеров, подтверждающих указанное, достаточно много. В частности, проводилось сравнение дебитов скважин, зацементированных одно- и двухступенчатым способом. Анализ, проведенный по двум кустам Кирско-Катынского месторождения, показал, что в среднем удельные дебиты при двухступенчатом цементировании выше по пласту ЮВ₁³ в 1,4-3,2 раза, по пласту ЮВ₁¹ – в 1,3 раза, по пласту ЮВ₁² – в 6,2 раза. Эти данные также свидетельствуют об эффективности двухступенчатого способа цементирования при низкой проницаемости пластов (< 10 мД).

Причины столь существенных изменений могут быть в следующем. Объем тампонажного раствора, прокачиваемого через продуктивный пласт и контактирующего с ним, составляет при:

- одноступенчатом способе – 65-70 м³;
- двухступенчатом способе – 25-30 м³.

Давление столба цементного раствора при этом равно:

- одноступенчатый способ – 41,0-50,0 МПа;
- двухступенчатый способ – 32,0-40 МПа.

По месторождениям Западной Сибири, представленным в основном поровыми коллекторами, установлено, что если репрессию на продуктивные пласты уменьшить в 3-4 раза, то продуктивность возрастает в 1,7 раза. По

этому же региону также установлено, что скважины с открытым забоем имеют продуктивность выше в 4 раза и более по сравнению со скважинами с закрытым забоем.

На существенное ухудшение фазовой проницаемости по нефти при наличии в пласте фильтрата цементного раствора указывалось и в работах других исследователей. В частности, исследования, проведенные Каримовым Н.Х., Агзамовым Ф.А., Коренько А.В. на кернах продуктивных пластов Суторминского месторождения, показали, что после воздействия фильтрата цементного раствора коэффициент восстановления проницаемости кернов не превышал 60 %.

Механизм повреждения пласта фильтрами буровых растворов подробно рассмотрен в литературе. Среди основных причин выделяются набухание глинистой составляющей в пласте, образование эмульсий и др. (Петров и др., 2004; Кондрашев, Шарипов, 2000).

В мелкопористых коллекторах возрастает роль поверхностных явлений на границах раздела фаз, а также изменение структурно-реологических свойств жидкостей, находящихся в порах.

Механизм воздействия фильтрата цементного раствора на пласт-коллектор во многом аналогичен воздействию фильтрата промывочных жидкостей. Отличие состоит в том, что фильтрат цементного раствора содержит большое количество Са(ОН)₂. Кроме того, вместе с жидкой фазой в пласты, сложенные из трещиноватых и порово-трещиноватых пород, фильтруются продукты гидратации цемента, и даже частицы коллоидной степени дисперсности, которые при определенных условиях могут образовывать в порах пласта конгломераты, оказывающие дополнительное коагулирующее воздействие.

Наиболее перспективным направлением для предупреждения ухудшения проницаемости пласта при работах в скважине признается снижение фильтратоотдачи технологических жидкостей за счет использования различных химических реагентов.

В то же время, эффективность данного направления не всегда достаточна из-за неучета поведения фильтратов в пластовых условиях.

Мы полагаем, что для уменьшения загрязнения пористой среды необходима объективная информация о фильтрационных качествах буровых и тампонажных растворов и их соответствии геолого-техническим условиям бурения.

Опыт работы в Уфимском государственном нефтяном техническом университете (УГНТУ) в этом направлении говорит о том, что к современным технологическим жидкостям, представляющим собой многокомпонентные дисперсные системы, необходимо применять методологию физико-химической механики, рассматривая их свойства, как результат межмолекулярных взаимодействий в системе «раствор – пористая среда». Именно на использовании таких аномалий в поведении дисперсных систем и может быть, на наш взгляд, основана разработка одного из способов предотвращения нерегулируемого и глубокого проникновения фильтратов буровых и тампонажных растворов в продуктивный пласт.

Проблема заключается в том, что процесс фильтрации в лабораторных условиях не моделируется, а лишь имитируется. Если в условиях реального пласта процесс фильтрации происходит в пористую среду, где всевозможные эффекты на поверхности раздела «фильтрат – твердое тело», в частности капиллярные явления, играют не последнюю роль, то на традиционных приборах фильтрация происходит через тонкий фильтр. Совершенно очевидно, что отличие в фильтрационных средах не может не влиять на результаты испытаний.

Если к тому же учесть, что растворы большинства полимеров при течении в тонких порах и капиллярах, как правило, проявляют аномальные свойства, то перенос результатов испытаний на фильтрационных приборах (фильтр-пресс, ВМ-6 и др.) на пластовые условия становится не корректным. В пользу такого утверждения косвенно говорит и тот факт, что растворы многих реагентов, проявляя ньютоновские свойства при течении в трубах, резко изменяют свои свойства при течении в тонких порах и капиллярах.

Поскольку поведение таких систем при течении в пористой среде будут определены, главным образом, соотношением размеров макромолекул полимеров и тонких каналов среды, то один и тот же полимер будет вести себя по-разному в каналах различной раскрытости.

Идея состоит в использовании аномалий в поведении дисперсных систем, как основы разработки способа предотвращения нерегулируемого и глубокого проникновения фильтратов в продуктивный пласт. При этом реагент – понизитель водоотдачи должен в объемных (макроскопических) условиях (в трубах и затрубном пространстве) отвечать всем требованиям технологии бурения и крепления, а в пористой среде (микроскопических условиях) усиливать неньютоновские аномалии фильтратов и блокировать поровые каналы, снижая тем самым объем жидкости, проникающей в приствольную область и уменьшая степень загрязнения последнего.

Предложенный механизм похож на технологию снижения водоотдачи за счет применения реагентов, коагулирующих поры пласта. Однако в данном случае «коагуляция» происходит за счет структурирования фильтрата в результате действия поверхностных и капиллярных сил, создания структурно-механического барьера, блокирую-

щего поры и препятствующего дальнейшему продвижению фильтрата в пласт.

Степень структурирования зависит от размера пор, заряда поверхности, вида и концентрации полимера, поэтому выбираемые реагенты не будут иметь универсальный характер: каждый из них имеет вполне определенную область эффективного применения по размерам пор, составу коллектора, давлению, температуре и т.п.

В соответствии с положениями физико-химической механики дисперсных систем жидкость на границе раздела приобретает свойства контактирующих фаз, то есть на границе с твердой фазой – породой она должна приобретать твердообразные свойства, формируя пристенные (граничные) слои с аномально высокими структурно-механическими свойствами. Подобных явлений в пористой среде следует ожидать и от фильтратов буровых и тампонажных растворов, представляющих собой смесь высокомолекулярных органических и неорганических компонентов.

Поэтому для направленного регулирования фильтрационных характеристик и прогнозирования глубины проникновения фильтратов в пласт, стандартных показателей фильтрационных свойств, характеризующихся величиной водоотдачи, далеко недостаточно.

Микрореологические (в масштабе поры) исследования полимерных регуляторов фильтрации проводились на оригинальной установке, реализующей схему прибора Вейлера-Ребиндера (Андресон и др., 2004). Суть метода исследования, реализуемого в настоящей установке, состоит в регистрации изменений резонансных параметров колебательной системы, вызванных вязкими или упругими свойствами жидкости, контактирующей с твердым телом в зазорах различной величины.

Диапазон моделируемой в опытах проницаемости пористой среды охватывал интервал от тысячных до десятых долей мкм².

По полученным данным рассчитываются реологические и гидродинамические параметры жидкости в порах данного размера. Преимуществом данного метода исследования по сравнению с другими, применяемыми в реометрии буровых растворов, является возможность получения информации о физическом состоянии и условиях движения флюидов в пористой среде, что может быть непосредственно использовано в гидродинамических расчетах при бурении или разработке нефтяных месторождений.

Методика эксперимента состояла в следующем. Образец исследуемой жидкости – фильтрата бурового или цементного раствора – помещался в рабочий узел установки – узкий зазор фиксированной величины, соответствующий характерным размерам пористой среды. При этом исследовалась кинетика структурообразования образца жидкости, ее установившиеся структурно-механические свойства, как при фиксированной скорости сдвига, так и в широком интервале, охватывающем значения последней в пристволенной и забойной зонах.

Справедливость высказанных положений можно подтвердить данными по исследованию безглинистой (на основе Selpol SL) и глинистой (обработанной КМЦ) промывочной жидкости. Параллельные фильтрационные и микрореологические исследования позволили сопоставить данные двух независимых методов, выявить механизм затухания фильтрации растворов данного типа и

использовать этот эффект в дальнейшем для снижения водоотдачи (Рис. 1).

Опыты по фильтрации проводились на автоматизированной установке FDES (США) – аналоге отечественной УИПК, в режиме постоянного расхода.

Характерным для опытов на пористой среде является увеличение в пределах порядка перепада давления (Рис. 1) и пропорциональное снижение проницаемости (Рис. 2) уже в течение первого часа фильтрации или после прохождения одного порового объема фильтрата. Глинистая компонента в образце с КМЦ отсутствовала.

Для растворов с твердой фазой подобный эффект обычно связывается с возникновением малопроницаемой фильтрационной корки. В нашем случае, снижение проницаемости породы связано со структурно-механической коагуляцией пористой среды, процессом «запечатывания» пор из-за модификации надмолекулярной структуры фильтрата при контакте с породой.

На это однозначно указывает сопоставление фильтрационных и микрореологических параметров в реальном масштабе времени. Видно, что в узких зазорах, размеры которых соответствуют среднему радиусу кернов, вязкопластичные (по стандартным методикам) жидкости приобретают несвойственные им в обычных условиях аномальные физические свойства: появляются модуль сдвига и вязкость, величина которой возрастает в пределах порядка. Принципиально важно отметить, что перегиб кривой давления наступает при выходе вязкоупругих свойств (кривые 2 и 3) на максимальный уровень, характерный для уже сформировавшегося граничного слоя, сужающего просветность пор. Совпадение точек перегиба кривых изменения во времени проницаемости, вязкости и модуля упругости (Рис. 2) для другого образца прямо указывает на то, что именно структурно-механическая коагуляция поровых каналов является основной причиной снижения проницаемости и роста перепада давления при фильтра-

ции. Дальнейшие исследования течения фильтратов в узких зазорах разной величины показали, что их критические напряжения – градиенты давления – соизмеримы с действующими в призабойной зоне.

Из представленных материалов видно, что применение нестандартного подхода к разработке технологических жидкостей позволяет подобрать компонентный состав, обеспечивающий надежную изоляцию пристольной области от загрязнения уже на начальном этапе.

В качестве регуляторов фильтрации тампонажных материалов рассматривался ряд полимеров: гивпан, ОЭЦ, гипан, ВПК и др. (Комлева и др., 2008).

Установлено, что в порах микронной толщины разбавленные водные растворы полимеров проявляют вязкоупругие свойства, не свойственные подобным жидкостям в обычных условиях: динамическая вязкость кратно превышает объемные значения этого параметра, а наличие сдвиговой упругости, характеризующей способность тел к сопротивлению изменению формы, указывает на наличие твердообразной структуры в данных растворах.

При этом нами установлено, что микрореологические параметры плохо коррелируют с объемными. К примеру, Гипан и ВПК-402 имеют весьма посредственные стандартные объемные показатели, в порах же они превосходят по своим свойствам более высокомолекулярные образцы.

Например, для ВПК-402 по мере уменьшения величины узкого зазора неньютоновские аномалии заметно усиливаются, и кривая течения приобретает характерный для твердообразного тела вид, количественные характеристики которого (эффективная динамическая вязкость, критические напряжения сдвига) кратно превосходят аналогичные параметры других реагентов.

Эксперименты указывают на комплексный и неоднозначный характер действия полимеров – регуляторов фильтрации: повышение концентрации ВМС в растворах (обозначено стрелками) может приводить к разнонаправленному изменению условной водоотдачи и растекаемости раствора (Рис. 3).

Другим побочным эффектом, обнаруженным при исследовании водных растворов полимеров, является резкое усиление их консистенции и снижения водоотдачи в присутствии солей кальция, применяемых обычно в качестве ускорителей схватывания и твердения тампонажных растворов.

Из таблицы 2 следует, что водоотдача водных растворов и фильтратов ВМС с хлористым кальцием снижается в 5 и более раз даже при значительно меньшей продолжительности опытов, а динамическая вязкость растворов в той же степени возрастает. Отмеченное вызвано эффектом «электролитного набухания», суть которого состоит в изменении конформаций молекул, их «распрямлении» или «сворачивании» при нарушении баланса сил электростатического отталкивания и притяжения под действием вводимых в раствор ионов.

В данном случае катионы Ca^{2+} , нейтрализуя отрицательно заряженные боковые группы ОЭЦ, усиливают тем самым когезионное и адгезионное взаимодействие в системе и изменяют ее структурно-чувствительные параметры: вязкость, водоотдачу и т.п.

Полимер	Концентрация, %	Размер зазора, мкм	Эффективная вязкость, мПа·с	Модуль сдвига, кПа
ВПК-402	0,2	1,5	59,4	2,83
то же	0,2	6,0	55,2	1,43
- // -	0,5	1,5	53,3	2,59
- // -	0,5	6,0	20,5	1,62
Гипан	0,2	1,5	171	0,14
то же	0,2	6,0	101	0,15
- // -	0,5	1,5	15,2	0,27
- // -	0,5	6,0	12,2	0,09
ПАА	0,2	1,5	10,4	0,10
то же	0,2	6,0	10,0	0,06
- // -	0,5	1,5	66,7	0,24
- // -	0,5	6,0	31,0	0,09
КМЦ-600	0,5	1,5	44,2	0,18
то же	0,5	6,0	31,8	0,05

Табл. 1. Вязкоупругие свойства растворов в узких зазорах.

№ пп	Состав раствора, %				Водоотдача, см ³ /мин	Динамическая вязкость, мПа·с	
	ОЭЦ	CaCl_2	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	Вода		Раствор	Фильтрат
1	0,40	-	-	ост.	35/12	18,4	14,62
2	0,40	-	1,00	- " -	35/1	5,08	4,4
3	0,40	40,0	-	- " -	7/30	129,71	23,75
4	0,40	40,0	1,00	- " -	2/30	144,23	15,88

Табл. 2. Сравнение вязкости водных растворов ОЭЦ и их фильтратов.

Реагент	Коэффициент растекаемости, % ⁻¹	Коэффициент водоотдачи, % ⁻¹	Диапазон концентраций, % масс.	В/Ц
ВПК-402	0,6	0,12	2-7	0,5
Гивпан	0,016	0,197	5-10	0,5
ССБ	0,406	0,915	0,25-1,0	0,5-0,36
КМЦ-600	0,233	1,03	0,25-1,0	0,5
Нитролигнин	0,291	1,03	0,25-1,0	0,5-0,4
ПФЛХ	0,292	1,06	0,25-1,0	0,5-0,4
Гипан	0,262	1,55	0,5-1,0	0,5
Персол-156	- 0,085	1,98	0,5-1,0	1,0
ОЭЦ	- 0,511	6,38	0,15-0,30	0,55-0,72

Табл. 3. Приведенные характеристики реагентов.

Величина узкого зазора, мкм	Относительная вязкость фильтрата с добавками ВПК -402					
	5 %			10 %		
	Время выдержки фильтрата в узком зазоре, ч					
	0,08	5	10	0,08	5	10
1	1,8	1,4	0,6	1,8	1,5	2,3
2	1,9	3,7	3,5	13	71	67
5	1,3	1,8	2,3	2,6	4,6	6,5

Табл. 4. Зависимость относительной вязкости фильтрата от концентрации полимера, величины узкого зазора и времени наблюдения.

Этот эффект привлекателен тем, что он позволяет изменять в широких пределах структурно-механические свойства дисперсных систем без применения дорогостоящих реагентов.

Другим принципиально важным обстоятельством, не учитываемым в стандартной реометрии буровых растворов, является их контактное взаимодействие с пористой средой.

По современным представлениям проникновение фильтрата в приствольную зону определяется двумя факторами: малопроницаемой коркой на стенке скважины и структурно-механической коьматацией пористой среды. Последняя, обнаруженная еще более полувека назад П.А. Ребиндером и др. по затуханию фильтрации, обусловлена образованием адсорбционно-соьватных пристенных или граничных слоев на поверхности пор. По данным, полученным в УГНТУ, и другим независимым исследованиям, толщина этих слоев составляет от единиц для пластовых флюидов до десятков микрон для полимеров. При их соизмеримости с размерами пор возможна структурно-механическая коьматация, дополнительно ограничивающая проникновение фильтрата в пористую среду.

Для оценки значимости последней были выполнены специальные микрореологические исследования в плоских капиллярах, соответствующих размерам пор нефтенасыщенных коллекторов.

На кинетических кривых можно выделить 2 фазы структурообразования: быструю и медленную (Рис. 4). В течение первой возникает адсорбционный слой, на второй осуществляется более медленная достройка полимолеку-

лярного граничного слоя, простирающегося на несколько молекулярных порядков от границы раздела и определяющего тем самым структурно-механические характеристики жидкости в этой области.

Из рисунка 4 видно, что в этих условиях вязкие свойства фильтрата увеличиваются на порядок и более. По уровню консистентности кривые 1 и 3 соответствуют гелеобразному состоянию образцов, объемная вязкость которых не превышает 56 мПа·с.

Факторы, обуславливающие аномальные свойства – водо-цементное отношение (В/Ц) и размер узкого зазора, имеют сугубо поверхностную природу: уменьшение зазора усиливает действие твердой фазы, а микрочастицы цемента, как наполнитель дисперсной системы, увеличивают площадь контактного взаимодействия и дополнительно структурируют фильтрат в поровом объеме. Этим объясняются более высокие скорости структурообразования и уровень вязкости при снижении величины В/Ц (кривая 3).

Анализ особенностей течения образцов фильтрата показал, что оно отвечает реологической модели вязкопластичного тела, а критические напряжения-градиенты давления в этих условиях соизмеримы с призабойными. Последнее дает основание полагать, что малопроницаемые пропластки могут быть надежно «запечатаны» за счет структурно-механической коьматации фильтрата без добавок ВМС.

Антифильтрационные характеристики тампонажного раствора для более проницаемых сред тестировались по стандартным и микрореологическим методикам. В последней серии опытов было установлено, что полимеры, имеющие весьма средние показатели по водоотдаче, в порах микронной величины проявляют аномально высокие структурно-механические свойства. Анализ полученных данных показал, что это связано с особенностями структурообразования жидкости в пристенных слоях (Рис. 5).

Экстремальный характер концентрационной зависимости вязкости фильтрата говорит о том, что наибольшие аномалии наблюдаются в средах со слабым когезионным взаимодействием (изолированные молекулы в разбавленных или их агрегаты в более концентрированных растворах). В этих случаях обеспечивается наиболее интенсивный массоперенос к границе раздела жидкость – твердое тело и формирование плотноупакованной надмолекулярной структуры в граничном слое. Напротив, ВМС с развитой объемной сеткой и соответственно низкой водоотдачей в этих условиях подвергаются меньшей модификации. С увеличением размера пор поверхностные эффекты уменьшаются, структурирование жидкости все более развивается по объемному механизму, а зависимость приобретает более монотонный характер (кривая 2).

Отмеченное выше четко прослеживается на кривых течения в порах разной величины (Рис. 6): логарифмический масштаб оси напряжений отражает резкое увеличение прочности упруговязкой структуры фильтрата и величины критических напряжений при возрастании доли ВПК с 5 до 10 %. Последнему случаю соответствует критический градиент давления ~22 МПа/м, соизмеримый с их уровнем в призабойной зоны.

В действительности, структурно-механическая «пробка» фильтрата должна выдерживать еще большие давле-

ния, поскольку при разрыве сплошности (участки кривых течения с отрицательным углом наклона) они локализируются во входной части пор и не распространяются на остальной объем фильтрата.

Установлено, что вязкость собственно фильтрата без полимерных добавок в мелких порах кратно (в пределах порядка) превышает объемные значения этого параметра, получаемые с помощью ротационной вискозиметрии. Из этого следует, что для объективной оценки фильтрационных качеств цементных растворов необходимы дополнительные исследования в пористой среде или на ее моделях, как это имело место в нашем случае.

Дальнейшие эксперименты показали, что структурно-механические свойства фильтрата сильно и однозначно зависят от величины узкого зазора и водоцементного отношения: двукратное их уменьшение приводит к резкому росту скорости структурообразования и величины вязкости (до 1000 мПа·с). По мере увеличения размеров узкого зазора структурирующее действие твердого тела – породы снижается; пропорционально уменьшается и различие в консистенции фильтрата: при ВЦ=0,5 вязкость последнего в зазорах 2 и 5 мкм составляет уже соответственно 1052 и 574 мПа·с.

Анализ микрореологических исследований фильтратов цементного раствора показал, что в этих условиях принципиальное значение имеет не только уровень структурно-механических свойств, но и динамика их изменения при молекулярно-поверхностном взаимодействии с породой, определяющая скорость формирования структурно-механического барьера, который препятствует проникновению жидкой фазы раствора в пористую среду. Сопоставление указанных временных характеристик тампонажных и биополимерных безглинистых промысловых жидкостей показало, что в низкопроницаемых пористых средах их фильтраты практически не отличаются по этому критерию. Другими словами, в таких средах полимер практически не влияет на процесс фильтрации.

Введение добавки неоднозначно влияет на структурно-механические свойства фильтрата цементного раствора и их динамику (Табл. 3). Табличные данные представлены в безразмерном виде, фактор приведения – эффективная вязкость собственно фильтрата при прочих равных условиях.

Из таблицы 4 видно, что в порах малого размера (до 1 мкм) ВПК-402 несколько увеличивает вязкость и снижает

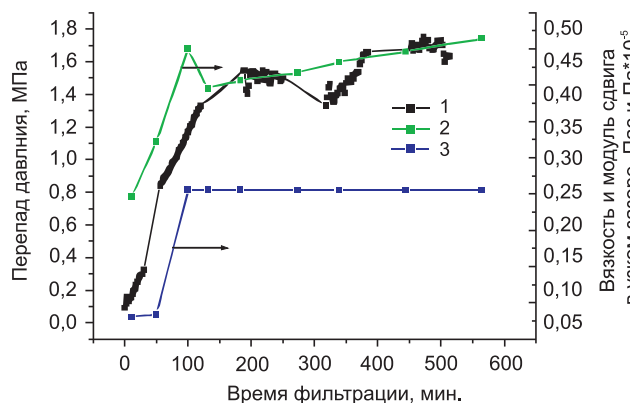


Рис. 1. Зависимость перепада давления (1), вязкости (2) и модуля сдвига (3) раствора на основе Selpol SL в узком зазоре 5 мкм от времени.

ет скорость структурообразования.

Отмеченное связано с известным замедлением адсорбционных процессов при соизмеримости размеров молекул и пор. Уменьшение влияния данного эффекта в более крупных порах, как следует из представленных данных, приводит к кратному возрастанию вязкости фильтрата. Обращает внимание очень сильная динамика вязкости в зазоре 2 мкм, что связано с перекрытием просвета поры граничными слоями толщиной ~ 1 мкм, возникающими на ее стенках и полностью ее колюматирующими.

Дальнейшие микрореологические измерения позволили выявить характер течения фильтратов и возникающих в этих условиях надмолекулярных структур. В отсутствие полимерной добавки фильтрат проявляет свойства хрупкой твердообразной структуры конденсационного типа, прочность которой в узких зазорах до 2 мкм соизмерима с градиентами давления в призабойной зоне. Это подтверждает сделанные выше выводы о высоких антифильтрационных качествах самого фильтрата в малопроницаемых средах.

Введение полимера пластифицирует надмолекулярную структуру, придавая ей более упругие свойства. При концентрации ВПК-402 до 10 % кривая течения фильтрата приобретает вид, характерный для вязкоупругих твердообразных структур с разрывом сплошности, что указыва-

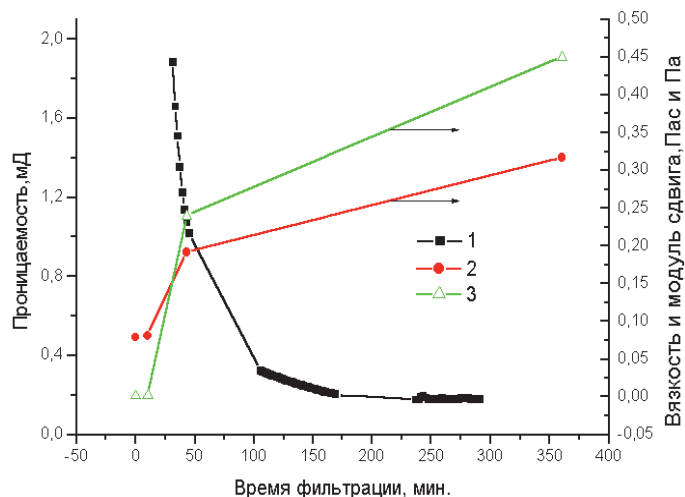


Рис. 2. Зависимость проницаемости (1) от времени фильтрации, вязкости (2) и модуля сдвига (3) в узком зазоре 5 мкм для фильтрата глинистого раствора на основе КМЦ.

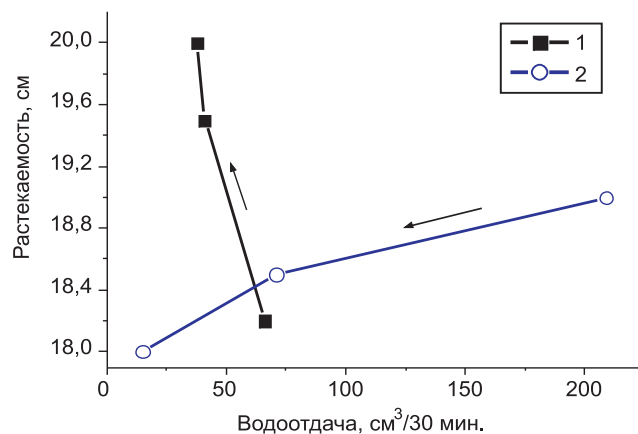


Рис. 3. Соотношение растекаемости и водоотдачи в тампонажных растворах с различным содержанием ОЭЦ (1) и гилана (2).

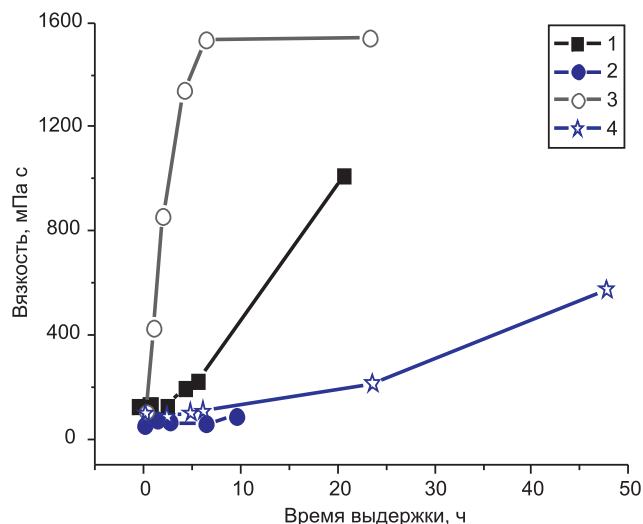


Рис. 4. Динамика вязкости фильтрата в зазорах различной величины: 1 – 1 мкм ($B/C=1,0$); 2 – 2 мкм ($B/C=1,0$); 3 – 2 мкм ($B/C=0,5$); 4 – 5 мкм ($B/C=0,5$).

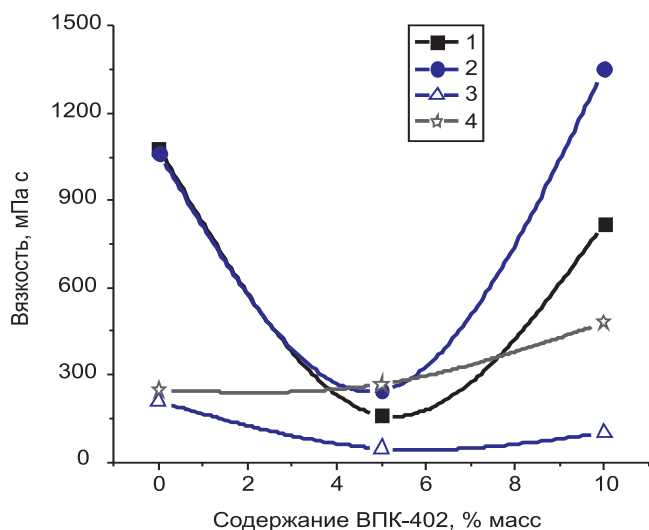


Рис. 5. Зависимость вязкости фильтрата от концентрации ВПК-402, времени выдержки и величины узкого зазора: 1 – 10 час., 2 мкм; 2 – 40 час., 2 мкм; 3 – 10 час., 5 мкм; 4 – 40 час., 5 мкм.

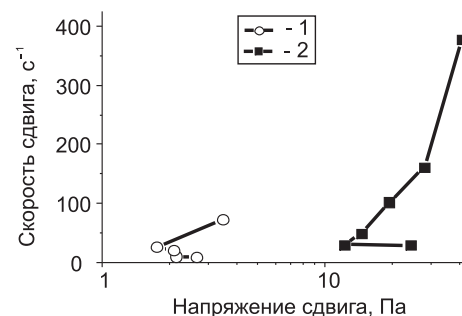
ет на снижение проникающей способности фильтрата и в более проницаемой пористой среде (Рис. 6).

Исходя из проведенных исследований, сделан весьма важный вывод о том, что в низкопроницаемых пористых средах (средний размер пор до 2 мкм) тампонажный раствор без всяких полимерных добавок может вполне обеспечивать высокое фильтрационное сопротивление в пластовой системе «фильтрат – пористая среда». В более проницаемых коллекторах глубина проникновения фильтрата эффективно регулируется с помощью реагента ВПК-402.

Анализ такого рода данных по всем образцам позволил существенно ограничить количество потенциально возможных полимерных модификаторов и с учетом последнего этапа – фильтрации на пористой среде выбрать по обобщенному критерию, отражающему влияние полимера на другие показатели раствора, оптимальный регулятор фильтрационных свойств – ВПК-402.

Опытно-промышленные испытания тампонажного раствора на ряде месторождений Казахстана подтвердили правильность подхода, реализованного при его разработке.

Рис. 6. Кривые течения фильтрата с 5 (1) и 10 (2)% ВПК-402 в зазоре 5 мкм.



Выводы

1. Лабораторными и промысловыми исследованиями установлен новый фактор регулирования антифильтрационных свойств технологических буровых жидкостей – структурно-механическая коагуляция пористой среды, обусловленная усилением неньютоновских свойств фильтрата при контакте с породой.

2. Этот фактор играет важную роль в ограничении глубины проникновения (загрязнения) в пористую среду технологических жидкостей и является определяющим для безглинистых (без твердой фазы) промысловых систем.

3. Применение изложенного в практике бурения требует изменения сложившихся стереотипов о способах сохранения продуктивных свойств пласта и принципиальной модификации стандартных методик анализа водоотдачи технологических буровых жидкостей.

4. Реагенты – понизители водоотдачи тампонажных растворов должны в объемных условиях в затрубном пространстве отвечать всем требованиям технологии цементирования, а в пористой среде усиливать неньютоновские аномалии фильтрата и блокировать поровые каналы, снижая тем самым объем фильтрата в пристрелочной области и степень загрязнения последней.

5. Впервые по оригинальной методике определены микрореологические свойства фильтратов тампонажных растворов. Установлено, что фильтрат цементного раствора в узких зазорах микронной величины проявляет аномально высокие структурно-механические свойства. В самом начале контактного взаимодействия его вязкость достигает ~100 мПа·с, чтократно превышает объемные значения этого параметра. С уменьшением величины узкого зазора и водоцементного отношения неньютоновские свойства фильтрата усиливаются.

6. Произведена оценка «загрязняющего» эффекта реагентов – понизителей водоотдачи, и показано, что в высокопроницаемых коллекторах хорошие результаты обеспечивает применение полимерного реагента – понизителя водоотдачи ВПК-402.

Литература

- Андресон Б.А., Гилязов Р.М., Гибадуллин Н.З., Кондрашев О.Ф. Физико-химические основы применения безглинистых полисахаридных растворов для заканчивания скважин. 2004. 250.
- Комлева С.Ф., Измухамбетов Б.С., Кондрашев О.Ф. Тампонажные растворы с пониженной водоотдачей. под редакцией Агзамова Ф.А. Уфа. 2008. 188.
- Кондрашев О.Ф., Шарипов А.У. Модификация структурно-механических свойств полимеров в пористой среде. М.: Геоинформмак, 2000. 56.
- Петров Н.А., Измухамбетов Б.С., Агзамов Ф.А., Ногаев Н.А. Катиоактивные ПАВ – эффективные ингибиторы технологических процессов нефтегазовой промышленности. СПб.: 2004. 408.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ИМИДЖЕРА В ООО «ТНГ-ГРУПП»

Статья посвящена опыту применения электрического микросканера при геофизических исследованиях скважин. Электрический микросканер позволяет определять элементы залегания пластов и трещин, параметры трещин и пустотного пространства, первичную и вторичную пористости, а также направление минимального горизонтального напряжения.

Ключевые слова: микросканер, трещина, угол падения, азимут падения, первичная пористость, вторичная пористость.

Методы пластового микроэлектрического сканирования за счет высокого вертикального разрешения, сопоставимого с данными керна, и обзорной оценки стенок скважины, позволяют получить уникальную для практики геофизических исследований скважин информацию:

- о сложнопостроенных коллекторах (выделение и характеристика микроразностей, определение типов трещин и параметров трещиноватости, оценка проницаемости по раскрытости и плотности трещин, определение истинной эффективной толщины, привязка глубины отбора и ориентировки керна);
- о структуре месторождения (определение углов падения и азимутов простирания, структурных несогласий, тектонических нарушений);
- о седиментологических особенностях (направление полеотечения, фации и циклы);
- о направлении стрессов.

Информация, получаемая в результате обработки и интерпретации материалов электрического микро-

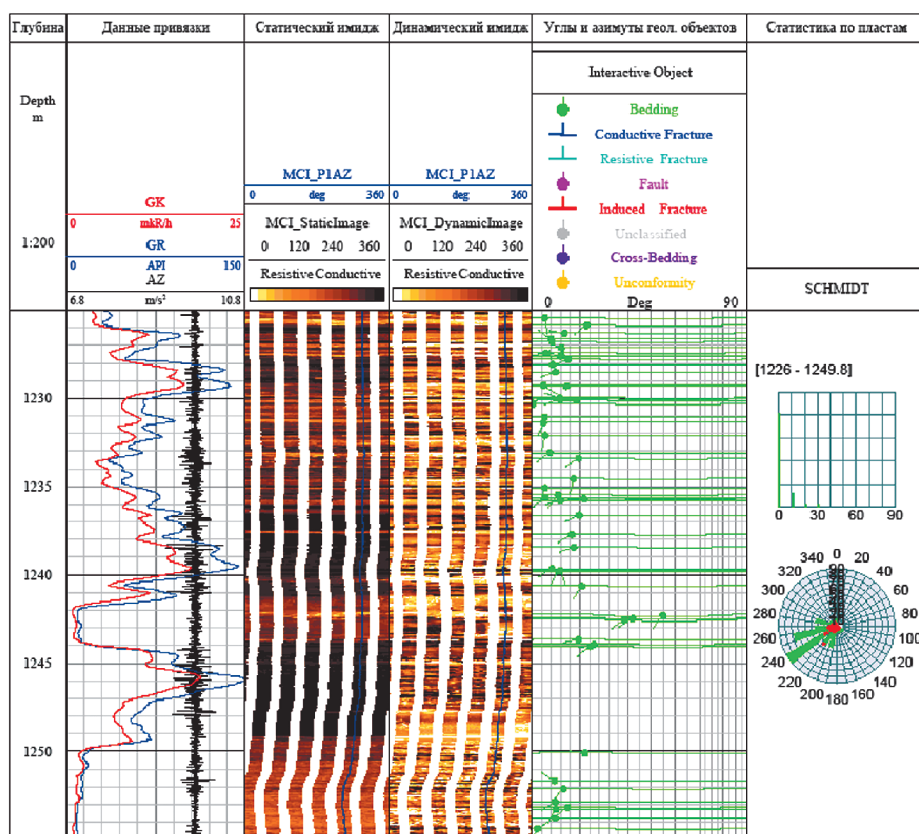


Рис. 1. Структурный анализ.

Окончание статьи Ф.А. Агзамова, О.Ф. Кондрашева, С.Ф. Комлевой «О необходимости учета коллекторских свойств пласта при выборе реагентов...»

F.A. Agzamov, O.F. Kondrashov, S.F. Komleva. **Necessity of the reservoir properties accountancy in the selection of agents and adjusters of drilling and cement fluids filtration characteristics.**

The article covers some causes of reservoir properties deterioration during completion and grouting processes. Necessity of physical-chemical mechanics methodology application is established when considering molecular interaction in «solution - porous medium» system for the selection of agents regulating filtrate return of drilling and cement fluids. Experimental results are given.

Key words: drilling and cement fluids, water loss, surface phenomena, non-Newtonian properties, microrheology parameters, the viscoelastic properties.

Фарит Акрамович Агзамов

Д.тех.н., профессор кафедры «Бурения нефтяных и газовых скважин».

Олег Федорович Кондрашев

Д.тех.н., профессор кафедры «Физика».

Светлана Фаритовна Комлева

К.тех.н., доцент кафедры «Бурения нефтяных и газовых скважин».

Уфимский государственный нефтяной технический университет. 450062, Башкортостан, Уфа, ул. Космонавтов, д. 1. Тел.: (342)-242-09-34.