

Г. В. Булидорова, С. В. Крупин

КИНЕТИКА ВПИТЫВАНИЯ КОМПОНЕНТОВ ВОДООГРАНИЧИТЕЛЬНОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ОСНОВЕ КАТИОННОГО ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТА В МОДЕЛЬНУЮ ДИСПЕРСНУЮ СИСТЕМУ

Ключевые слова: капиллярное впитывание, гидроизолирующий состав, гидроизолирующий эффект.

Изучены процессы капиллярного впитывания компонентов водоограничительной композиции. Определена концентрация латекса, при которой смачиваемость поверхности водоограничительным составом повышается. Для состава, признанного оптимальным, определен гидроизолирующий эффект. Сравнение с аналогом подтверждает перспективность введения латекса в состав композиции.

Keywords: capillary penetration, waterproofing compound, waterproofing effect.

The processes of the capillary sorption of water-restricting composition components in model disperse system has been studied. Concentrations of the latex, when surfaces wettability by composition increases are determined. Waterproofing effect for optimal composition was determined. Comparison with analogue confirms suitability of latex entering in water-restricting composition.

Введение

Осуществление процессов нефтедобычи в большой степени связано с пропиткой капиллярно-пористых тел. Известно, что интенсивность и направление действия капиллярных сил зависят, так или иначе, от всего многообразия свойств пластовых систем и от гидродинамических условий вытеснения. Знак и величина капиллярных сил представляют как бы суммарный результат физических свойств и физико-химических характеристик пласта, горных пород и пластовых жидкостей. Изучение капиллярных процессов позволяет объединить в связанную систему все факторы, одновременно влияющие на нефтеотдачу и на интенсивность проявления капиллярных сил [1-3].

В данной работе исследовалась кинетика капиллярного впитывания компонентов водоограничительной композиции в модель пластовой породы - кварцевый песок различной дисперсности. Основой водоограничительной композиции послужил нашедший применение в нефтедобыче (для повышения технологической эффективности бурения нефтяных и газовых скважин, для ограничения притока пластовых вод), а также в ряде экологически чистых ресурсо- и энергосберегающих технологий водоподготовки интерполимерный комплекс (ИПК) [4]. В состав комплекса входит катионный полиэлектролит и натриевое растворимое стекло («жидкое стекло» или ЖС). Полиэлектролит ВПК-402 – высокомолекулярный катионный водорастворимый полимер линейно-циклической структуры, получаемый путём радикальной полимеризации мономера диметилдиаллиламмоний-хлорида. Молекулярная масса полимера составляет примерно $3 \cdot 10^5$. В качестве активной добавки, улучшающей адгезию ИПК на поверхности частиц породы, использовался латекс СКС-65 ГПБ [5].

Расчет скорости впитывания жидкости капиллярным телом, пронизанным капиллярами (среднего радиуса r и средней длиной l), основан на использовании уравнения Пуазейля, описывающего скорость установившегося течения жидкости через капилляр, и уравнения Лапласа для избыточного

давления в капилляре радиуса r .

Для объемной скорости течения V ($\text{м}^3/\text{с}$) при установившемся режиме течения уравнение Пуазейля имеет вид

$$V = \pi r^4 \Delta P / (8 \eta l),$$

где r – радиус капилляра длиной l ; η – вязкость жидкости, текущей через капилляр, ΔP – давление, под которым течет жидкость.

Движение жидкости по капиллярам осуществляется в результате действия капиллярного давления P_k , которое определяется углом смачивания Q жидкостью стенки капилляра, поверхностным натяжением жидкости σ и радиусом капилляра r . Связь между всеми этими величинами описывается уравнением Лапласа:

$$P_k = (2\sigma \cos Q) / r,$$

где σ – поверхностное натяжение жидкости, Θ – динамический угол смачивания, r – радиус кривизны, считающийся равным радиусу капилляра.

Если капилляры располагаются горизонтально, то можно не учитывать противодействие течению гидростатического давления жидкости. Если же они не горизонтальны, а располагаются к горизонтали под некоторым углом, то следует учитывать гидростатическое давление

$$P_h = \rho g l \sin \alpha,$$

где ρ – плотность жидкости, g – ускорение силы тяготения [3].

Результаты и обсуждение

На рис. 1 приведены кинетические кривые впитывания в модель пласта полимера ВПК-402 различной концентрации (кр. 1-3). Растворы полимера – весьма вязкие жидкости, и вполне логично, что скорость впитывания тем выше, чем ниже концентрация (а, следовательно, вязкость) раствора. Для высоких концентраций полимера отмечена более низкая, чем у воды, начальная скорость впитывания.

В процессе капиллярного впитывания натриевого растворимого стекла (рис.1, кр. 4-6) зависимость скорости впитывания от концентрации проходит через максимум в области концентрации рас-

твора 1,75%. Следует отметить, что в этом случае наблюдается начальная скорость процесса высшая, чем у дистиллированной воды, что говорит о более высокой смачиваемости поверхности песка раствором натриевого стекла данной концентрации. Скорость капиллярного впитывания латекса также выше, чем воды (рис. 2).

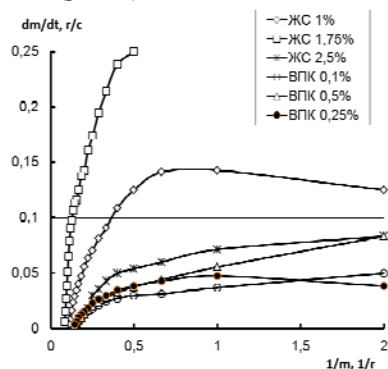


Рис. 1 – Кинетические кривые капиллярного впитывания растворов катионного полиэлектролита ВПК-402 и натриевого растворимого стекла (ЖС) в модельную дисперсную систему. Концентрации: ЖС: 1 – 1%; 2 – 1,75%; 3 – 2,5%; ВПК: 4 – 0,1%; 5 – 0,5 %; 6 – 0,25%

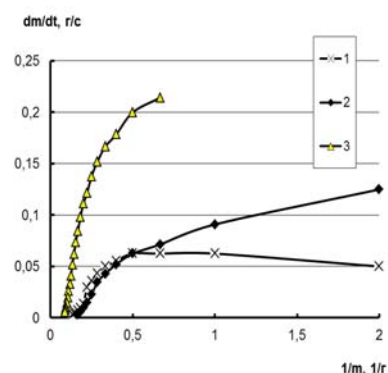


Рис. 2 – Кинетические кривые капиллярного впитывания дистиллированной воды и дисперсии латекса в модельную дисперсную систему: 1 – вода; 2, 3 – латекс: 2 – 0,1%; 3 – 0,01 %

Было высказано предположение, что повышение смачиваемости поверхности пластовых пород растворами, содержащими латекс, можно использовать для модификации поверхности и улучшения впитывания водоограничительного состава. Этого удалось добиться в концентрационной области до 0,6% полимера. Адсорбция катионного полиэлектролита на поверхности частиц песка приводит к гидрофиллизации поверхности. Оптимальная скорость впитывания водоограничительной композиции в предварительно обработанный ВПК_402 песок наблюдается при концентрации 0,3% ВПК (рис. 3).

На рисунке 4 приведены данные по совместному введению ВПК-402 и ЖС. Пунктиром на рисунке показаны зависимости для тех же концентраций полимера и ЖС, но при предварительной обработке песка латексом. Именно в последнем случае наблюдается наибольшая скорость впитывания водоограничительной композиции.

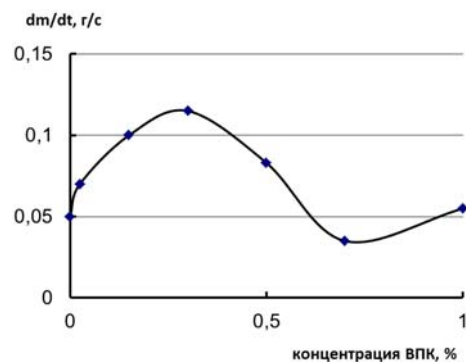


Рис. 3 – Зависимость начальной скорости капиллярного впитывания водоограничительной композиции в модельную дисперсную систему после предварительной обработки ВПК-402 от концентрации полимера

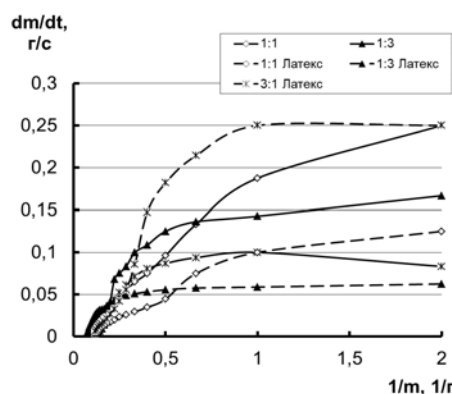


Рис. 4 – Кинетические кривые капиллярного впитывания ВПК в модельную дисперсную систему после предварительной обработки ВПК-402. Соотношение ВПК-402 :ЖС приведено в подписях к кривым. [ВПК] = 0,25 %; [ЖС] = 1,75 %, [Латекс] = 0,01%

Для определения гидроизолирующего эффекта были отобрана композиция, признанная оптимальной по данным предыдущих опытов ([ВПК] = 0,3 %; [ЖС] = 1,75 %, [Латекс] = 0,01%). Полученные данные приведены в таблице 1. По величине гидроизолирующего эффекта W можно сделать вывод, что перспективность использования латекса в данной водоограничительной композиции подтверждена.

Таблица 1 - Определение гидроизолирующего эффекта композиций

Композиция	$K_0 \cdot 10^{12}$	$K \cdot 10^{12}$	W, %
[ВПК] = 0,3 %; [ЖС] = 1,75 %, [Латекс] = 0,01%	0,092	0,003	96,74
Контрольный состав [ВПК] = 0,30 %; [ЖС] = 1,80 %, [Na-КМЦ] = 0,05%	0,101	0,006	94,06

Экспериментальная часть

Кинетика впитывания контролировалась по изменению массы впитываемой жидкости в модель пласта [6]. Определялась скорость впитывания. Для

оценки гидроизолирующего эффекта использовалась методика, основанная на сравнении скоростей истечения воды через слой песка, моделирующего промытую часть нефтяного пласта, до и после обработки его гидроизолирующим составом [7]. Модель пласта составлялась из кварцевого песка различных фракций. Количество фракций подбиралось таким образом, чтобы проницаемость модели пласта находилась в пределах 1500-150 мД. Для изготовления моделей пористых сред использовались стальные трубки, длиной 60 мм и 40 мм и внутренним диаметром 32,5 мм, которые набивались моделью и закрывались с обоих концов заглушками. В заглушках проделаны сквозные отверстия, через которые фильтруется рабочий раствор. Буфером служил 0,6% раствор хлорида калия. Он же использовался для определения порового объема. Для сопоставления был взят ранее разработанный [4] состав. Осадкообразователем служила пресная (дистиллированная) вода. Вычислялись: коэффициенты проницаемости K_0 , K и гидроизолирующий эффект W в процентах. K_0 - проницаемость до закачки гелеобразующей композиции, K - после закачки и выдерживания модели в течение 24 часов.

Выводы

С целью разработки водоограничительных составов для нефтедобывающей промышленности изучена кинетика капиллярного впитывания компонентов водоограничительной композиции в модельную дисперсную систему при варьировании порядка ввода компонентов. На основании полученных данных предложен состав композиции и выбран оптимальный порядок обработки. Сравнение гидроизо-

лирующего эффекта с аналогом подтверждает перспективность введения латекса в состав композиции.

Литература

- 1 Самсонов, В.М. О кинетике капиллярного поднятия жидкостей / В.М. Самсонов, Л.М. Щербаков // Коллоидный журнал. - 1988. - Т. 90. - № 5. - С. 1024-1025.
- 2 Ковалев, А. Г., О капиллярном поднятии вязкопластичных жидкостей / А.Г. Ковалев, А.Ш. Асадов // НТС Нефтепромышленное дело. - 1966. - № 4. - С. 46-48.
- 3 Баренблатт, Г.И. Об основных уравнениях фильтрации однородных жидкостей в трещиноватых породах / Г.И. Баренблатт, Ю.П. Желтов // ДАН СССР. - 1960. - Т.132. - № 3. - С. 159-188.
- 4 Крупин, С.В. Опытные-промышленные испытания ограничителя водопритоков ИПК на Ромашкинском и Ватинском нефтяных месторождениях / С.В. Крупин, А.В. Порядин, Г.Ф. Кандаурова и др. // Вестник КГТУ. - 1998. - № 1. - С. 87-91.
- 5 Церажков, П.И. Колоидно-химические основы повышения стабильности латексов привлекаемых в качестве водоограничительного материала в нефтепромышленном деле / П.И. Церажков, С.В. Крупин // Вестник КСТУ. - 2010. - №9. с 584-590.
- 6 Крупин, С.В. Изучение кинетики впитывания жидкостей в пористые среды: Методические указания к лабораторной работе / С.В. Крупин, Г.В. Булидорова, А.О. Харитонов, С.В. Чичканов. - Казань: КГТУ, 2001 г. - 28 с.
- 7 Осипов, П.В. Изучение гидроизолирующего эффекта в высокопроницаемых обводненных коллекторах от циклической закачки низкомодульного растворимого стекла (НМРС) с модифицирующими добавками водорастворимых полимеров / П.В.Осипов, С.В.Крупин, А.О.Харитонов// Материалы научно-технической конференции КГТУ.- Казань: КГТУ, 2002. - С. 18.