

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 (м³/с) при установившемся режиме течения уравнение Пуазейля имеет вид $V = \frac{pr^4}{8hl}$, где r – радиус капилляра длиной l ; h – вязкость жидкости, текущей через капилляр, DP – 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 s и радиусом капилляра r . Связь между всеми этими величинами описывается уравнением Лапласа: $P_k = \frac{2s \cos Q}{r}$, где s – поверхностное натяжение жидкости, Q – 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 $P_h = rgl \sin \alpha$, где r – 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 раствора 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 гидрофилизации 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	K0	K	W, %	[ВПК]
К0.1012	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 K0, K и гидроизолирующий эффект W в процентах. K0 - 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 гидроизолирующего эффекта с аналогом подтверждает перспективность введения латекса в состав композиции