

Введение Водогазовое воздействие (ВГВ) считается в настоящее время одним из наиболее эффективных методов увеличения нефтеотдачи пластов на поздней стадии разработки месторождения, характеризующейся увеличением доли трудноизвлекаемых нефтей. Их доля в настоящее время в России составляет 55 %, а в Республике Татарстан приближается к 85 % [1]. Требуется применение новых технологий добычи такой нефти, которые позволят преодолеть пороговые ограничения, характерные для традиционных технологий добычи нефти [2] и удовлетворить новым лицензионным требованиям по коэффициенту извлечения нефти (КИН более 25 %). Проведенный обзор промышленного применения водогазового воздействия показывает, что к настоящему времени оно реализовано на значительном числе месторождений в России (Ромашкинское, Самотлорское, Средне-хулымское и т.д.), а также на месторождениях, расположенных в США, Канаде и Аргентине. Эффективность водогазового воздействия зависит от большого количества факторов: пластовые условия, свойства пластовых флюидов, режимных параметров вытесняющего агента. С целью учета приведенных параметров требуется проведение экспериментальных исследований по водогазовому воздействию на физической модели нефтяного пласта. Анализ экспериментальных методов исследования ВГВ [3-6] показал, что требуются новые экспериментальные данные по процессу вытеснения вязких и высоковязких нефтей, поскольку значительная доля трудноизвлекаемых нефтей приурочена именно нефтям вязкостью более 30 мПа·с. С этой целью создана экспериментальная установка, приведенная на рис. 1 [7]. Методика проведения исследований

Проведение эксперимента начинается с вывода экспериментальной установки на рабочий температурный режим. Контроль за постоянством температуры по длине кернодержателя ведется с помощью 9 термопар 12, подключенных через ПМТ к цифровому милливольтметру В7-35. Установка готова к работе после выхода температуры кернодержателя на стационарный режим. Температура газа, подаваемого в кернодержатель, поддерживается с помощью термостата 19. Перед началом эксперимента регулятор давления 37 (рис. 1) настраивается на рабочее давление опыта с помощью регулировочного устройства 38. Регулирование производится согласно показаниям манометров 4 и 16, расположенных на входе в кернодержатель 18 и на баллоне 3 соответственно. В этот момент вентили 13, 30 и 39 закрыты, а вентили 14 и 40 открыты. До начала опытов вентили 13, 14, 40, 30, 39, 22, 23 и 27 закрыты. Проведение эксперимента начинается с открытия вентилей 13, 14, 30 и 39. По достижении необходимого давления в модели пласта открываются вентили 22, 23 и 27, установка переводится в режим непрерывной фильтрации. При этом измеряется давление и температура по длине пласта с помощью образцовых манометров 5-7 и хромель-алюмелевых термопар соответственно (рис. 1). Перед попаданием в сепаратор смесь проходит через специально разработанный термостатируемый дроссельный

вентиль 22, в котором происходит понижение давления и температуры газа до субкритических значений. Давление и температура контролируются установленными на сепараторе образцовым манометром 29 класса точности 0,4 (рис. 1) и двумя хромель-алюмелевыми термопарами. Смесь, выходящая из кернодержателя 18, подается непосредственно в верхнюю часть аппарата. Диоксид углерода через вентиль 27 попадает в приемный баллон 26, устанавливаемый на электронные весы, и производится взвешивание баллона 26 с погрешностью измерения ± 50 г. По окончании взвешивания CO_2 , находящийся в баллоне выпускается в атмосферу либо поступает на рецикл и производится повторное взвешивание пустого приемного баллона на весах. Для более точного определения массы диоксида углерода, находившегося в приемном баллоне, определяется масса газа, оставшегося в приемном баллоне после стравливания его по уравнению состояния идеального газа. Вытесняемая нефть накапливается в нефтесборнике 25, откуда сливается в мерную мензурку для определения объема и массы. С этой целью открывается вентиль 36, и нефть поступает в мерную мензурку, взвешиваемую на электронных весах с погрешностью 0,5 г.

Рис. 1 - Схема экспериментальной установки: 1 - компрессор мембранный; 2 - баллон промежуточный; 3 - баллон рабочий; 4, 5, 7, 16, 17, 29, 41 - манометры образцовые; 6 - блок манометров; 8 - баллоны накопительные; 9-14, 22, 23, 27, 28, 30, 39, 40, 42, 47-50 - вентили высокого давления; 15 - тройник; 18 - кернодержатель; 19 - термостат; 20, 21 - гильза; 24 - сепаратор; 25 - сборник нефти; 26 - баллон приемный; 31 - весы электронные; 32 - насос вакуумный; 33 - сосуд разделительный; 34 - вентиль напускной; 35 - вентиль вакуумный; 36 - вентиль сливной; 37 - регулятор давления; 38 - регулировочное устройство; 43 - термостат; 44 - узел донасыщения; 45 - узел перенабивки (вибростенд); 46 - парогенератор; 51 - насос плунжерный. По завершении эксперимента закрываются вентили 22, 23, 27, 30 и 39. Отключается термостатирование кернодержателя 18, останавливается термостат 19 и сбрасывается давление в модели пласта ослаблением одного из резьбовых соединений. На основании взвешивания баллона 3 до и после опыта, газа в приемном баллоне 26 и нефти в нефтесборнике 25 составляется материальный баланс процесса вытеснения нефти по каждому компоненту в отдельности. Проведение пробных опытов. На экспериментальной установке проведены пробные опыты по определению зависимости КВН от объема нагнетаемого в пласт CO_2 , на изотерме 320С при давлении 5,5 МПа, пористости 36,4%, проницаемости пласта 530 мкм². Результаты пробных опытов представлены на рис. 2. Максимальное отклонение опытных данных, полученных в настоящей работе, от приведенных в работе [9,10], не превышает 12 %. Наблюдаемое согласие указывает на надежность выбранной методики проведения эксперимента и корректность выбора модели нефти.

Рис. 2 - Зависимость КВН от объема нагнетаемого диоксида углерода на изотерме 32 0С при давлении 55 атм. 1 - [8]; 2 - настоящая работа