

И. А. Кондратьев, Н. Р. Батраков, А. В. Радаев,
А. Н. Сабирзянов, А. А. Мухамадиев, Р. Р. Галимзянов

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВОДОГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ ВЫТЕСНЕНИИ ВЯЗКИХ НЕФТЕЙ

Ключевые слова: водогазовое воздействие, сверхкритический флюид, трудноизвлекаемые нефти.

Создана экспериментальная установка для исследования процессов вытеснения трудноизвлекаемых нефтей с помощью сверхкритических флюидов. Проведены пробные опыты по исследованию процесса вытеснения нефти с помощью диоксида углерода при давлении 55 атм и температуре 32 °С. Разработана методика проведения опыта по водогазовому воздействию на пласт.

Keywords: water alternative gas impact, supercritical fluid, hard-recovery oil.

An experimental setup for the study of hard oil displacement processes using supercritical fluids. Trial conducted experiments on the process of oil displacement by carbon dioxide at a pressure and temperature. The technique of the experiment on water-gas stimulation.

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 промыслового применения водогазового воздействия показывает, что к настоящему времени оно реализовано на значительном числе месторождений в России (Ромашкинское, Самотлорское, Средне-хулымском 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 ввода 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 кернодер-

жателя 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 объ-

ема и массы. С этой целью открывается вентиль 36, и нефть поступает в мерную мензурку, взвешиваемую на электронных весах с погрешностью 0,5 г.

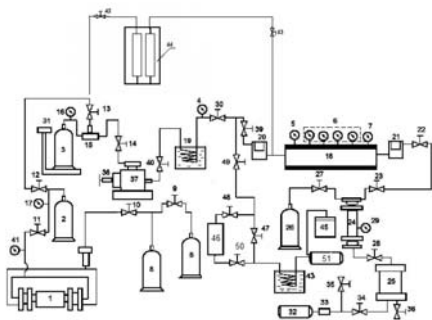


Рис. 1 - Схема экспериментальной установки: 1 - компрессор мембранный; 2 - баллон промежуточный; 3 - баллон рабочий; 4, 5, 7, 16, 17, 29, 41 - манометры образцовые; 6 - блок манометров; 8 - баллоны накопительные; 9-14, 22, 23, 27, 28, 30, 39, 40, 42, 47-50 - вентили высокого давления; 15 - тройник; 18 - 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 32°C при давлении 5,5 МПа, пористости 36,4%, проницаемости пласта 530 мкм^2 . 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.

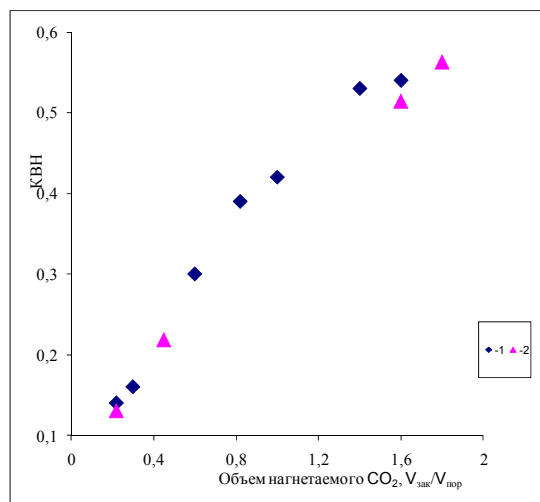


Рис. 2 - Зависимость КВН от объема нагнетаемого диоксида углерода на изотерме 32°C при давлении 55 атм. 1 - [8]; 2 - настоящая работа

Литература

1. Высоковязкие нефти и природные битумы: проблемы и повышение эффективности разведки и разработки месторождений // Международная научно-практическая конференция.-5-7 сентября 2012.
2. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов / М.Л. Сургучев.- М.: Недра, 1985.- 313 с.
3. Макатров А.К. Физическое моделирование водогазового воздействия на залежи нефти в осложненных горно-геологических условиях автореф. дис. к-та техн. наук / А.К. Макатров.- Уфа, 2006.- 24 с.
4. Степанова Г.С. Газовые и водогазовые методы воздействия на нетягиваемые пласты.- М: Газойл пресс, 2006.-200 с.
5. Егоров Ю.А. Разработка технологии водогазового воздействия с использованием насосно-эжекторных систем для повышения нефтеотдачи пластов. – Дис. ... канд. техн. наук. – М., 2006. – 169 с.
6. Телков В.П. Разработка технологии водогазового воздействия на пласт путем насосно-эжекторной и насосно-компрессорной закачки водогазовых смесей с пенообразующими ПАВ. – Дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. – 168 с.
7. Радаев А.В. Экспериментальная установка для исследования процесса вытеснения нефти при термобарических условиях реальных пластов с использованием свехкритических флюидных систем / А.В. Радаев, Н.Р. Батраков, А.А. Мухамадиев, А.Н. Сабирзянов / Вестник Казанского технологического университета.- Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та, 2009.-№ 3.- С. 96-102.
8. Orr F.M. Carbon dioxide flooding for enhanced oil recovery: promise and problems // F. M. Orr, J.P. Heller, J.J. Tuber // JACCS.- 1982.- № 10.- vol. 59.-P. 810-817.
9. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешностей результатов измерений. Л. «Энергоатомиздат», 1985. 248 с
10. Зайдель А.И. Погрешность измерений физических величин. Л. «Наука». 1984. 112 с.