

И. Р. Габитов, Л. Ю. Яруллин, З. И. Зарипов,
Ф. Р. Габитов, М. И. Фарахов, Ф. М. Гумеров

СВЕРХКРИТИЧЕСКАЯ ФЛЮИДНАЯ ОЧИСТКА УСТЬЯ НЕФТЯНЫХ СКВАЖИН ОТ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

Ключевые слова: асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО), растворимость, пропан-бутановый флюид, н-гексан.

Динамическим методом при пластовых параметрах состояния (температуре 40°C и давлению 100 бар) исследовано влияние на асфальтосмолопарафиновые отложения (АСПО) обработки пропан-бутановой сверхкритической флюидной смесью и н-гексаном. Установлено качественное изменение структуры АСПО.

Keywords: asphaltene-resin-paraffin deposits, solubility, propane-butane fluid, n-hexane.

The effect of supercritical propane-butane mixture on asphaltene-resin-paraffin deposits (ARPD) is investigated by the dynamic method with the tabular parameters of state (temperature 40 °C, pressure 100 bar). Qualitative change in the ARPD structure is determined.

Введение

Современная нефтедобывающая промышленность России в виду преобладания месторождений, вступивших в позднюю стадию разработки, характеризуется снижением качества добываемой нефти, в частности наблюдается ухудшение реологических свойств.

Так, при добыче парафинистых нефтей, образование асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) является серьезной проблемой, вызывающей снижение производительности системы и эффективности работы насосных установок [1].

АСПО представляют собой сложную углеводородную смесь: асфальтены, смолы, парафины, масла, серу, металлы, растворы солей органических кислот, комплексные соединения, коллоидно-диспергированные минеральные вещества, а также воду и механические примеси [2].

Отложения состоят преимущественно из высокодисперсных суспензий кристаллов парафина, асфальтенов и минеральных примесей в маслах и смолах. Эти суспензии в объеме имеют свойства твердых аморфных тел, практически не растворяющихся повторно и не диспергирующихся в сырой нефти в условиях её добычи и транспортировки. В отложениях концентрируются полярные природные ПАВ и эмульгаторы нефтей, повышающие прочность сцепления отложений с металлическими поверхностями и облегчающие их проникновение вглубь зазоров, трещин и щелей на поверхности труб и оборудования продуктов коррозии, частиц горных пород, воды. В АСПО переходят те вещества, которые плохо растворяются в нефти, имеют большую по сравнению с ней плотность и поэтому осаждаются под действием гравитационных или центробежных сил, а также вещества, обладающие поверхностной активностью на границе раздела нефть–порода, нефть–металл и нефть–вода. Механизм образования АСПО и методы борьбы с этим явлением рассмотрены в работах [3,4].

К настоящему времени разработаны и применяются различные методы борьбы с АСПО [1]: механические методы (удаление отложений с помощью скребков, разделителей, поршней, мембран

и т.п.); тепловые методы (основаны на увеличении растворяющей способности нефти с повышением температуры при использовании погружных электронагревателей, горелок, промывке горячим теплоносителем); физические методы (основаны на воздействии на углеводородную жидкость электромагнитными, магнитными полями и ультразвуковыми волнами); использование различных защитных покрытий.

Наибольшее распространение получили химические методы борьбы с АСПО, основанные на введении в поток добываемой нефти ингибиторов парафинообразования [5, 6].

Не смотря на большое количество разработанных методов борьбы с АСП отложениями, все они на данный момент являются дорогостоящими, малоэффективными и экологически не безопасными.

В настоящее время перспективным способом разделения и очистки сырья, в том числе и нефти, является сверхкритическая флюидная технология [7,8]. В качестве растворителя АСПО в данном случае используются суб- и сверхкритические флюиды (диоксид углерода, вода, н-гексан, пропан, бутан) [9, 10].

Преимуществами данного метода являются:

- более широкий (по сравнению с жидкими растворителями) спектр растворяемых углеводородных компонентов;
- использование в качестве растворителя фракции попутного газа;
- отсутствие дополнительной стадии - выделения растворителя;

Экспериментальная часть

Механизм воздействия на асфальтосмолопарафиновые отложения сверхкритических флюидов почти не изучен. С этой целью были проведены исследования по растворению АСПО 50% пропан-бутановой смесью и н-гексаном, используемых в нефтяной промышленности, при пластовых параметрах состояния: температуре 40°C и давлению 100 бар. Исследования растворимости проведены дина-

мическим методом на экспериментальной установке (рис.1) с расходом растворителя 1 г/мин. Масса загруженного в ячейку АСПО составила для пропан-бутановой смеси 3,6265 грамм, для гексана 2,5738 грамм. Образец АСПО были взяты на Оренбургском нефтяном месторождении. При работе с гексаном баллон (1, рис 1) заменялся на емкость.

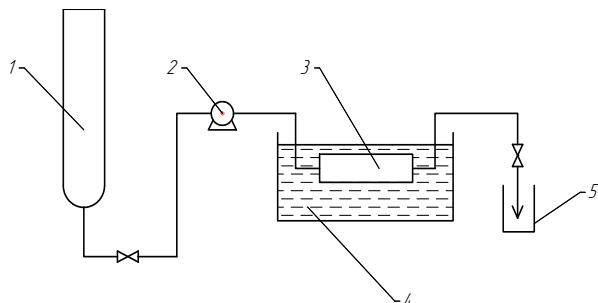


Рис. 1 - Схема экспериментальной установки: 1 - баллон с пропан-бутаном; 2 - насос; 3 - ячейка с АСПО; 4 - термостат; 5 - сборник.

Результаты исследования

Результаты исследований (рис. 2, 3) свидетельствуют об эффективности используемой флюидной пропан-бутановой смеси. Так выход АСПО с увеличением количества пропущенной смеси растет, в то время как при обработке гексаном предел выхода наступает уже при 30 г., пропущенного растворителя (рис. 2).

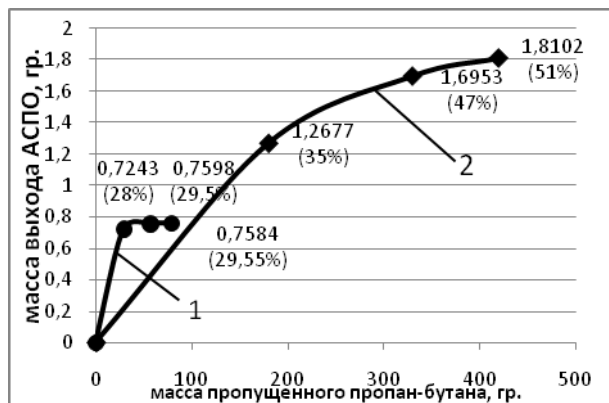


Рис. 2 - Зависимость выхода отложений от количества пропущенного растворителя (в скобках процент от общей массы): 1 - н-гексан, 2 - пропан-бутановая смесь

Скорость выхода АСПО с ростом количества растворителей падает (рис. 3). Интенсивность изменения скорости выхода отложений в зависимости от количества пропущенного растворителя для пропан-бутановой смеси меньше, чем для гексана.

Сверхкритический флюид, растворяя смолистые соединения, удаляет их из АСПО. После обработки флюидом изменилась структура отложений (рис.4). Не растворившиеся части асфальтосмолопарафиновых отложений после обработки пропан-бутаном представляют рыхлый порошок (рис.4 б), который легко удаляется продувкой. Воздействию

гексана на образец АСПО практически не изменило его структуру (рис.4 - в).

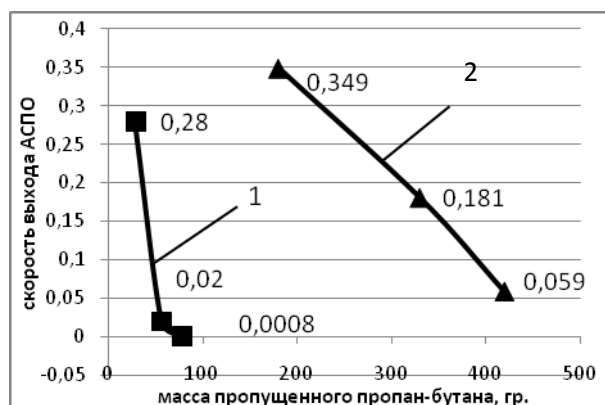


Рис. 3 - Скорость выхода АСПО в зависимости от количества пропущенного растворителя: 1 - н-гексан, 2 - пропан-бутановая смесь

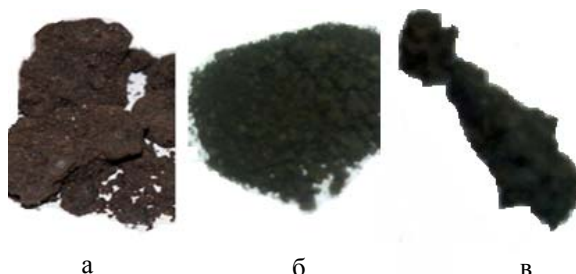


Рис. 4 - Образец АСПО: а) до эксперимента; б) после обработки пропан-бутановой смесью; в) после обработки н-гексаном

Таким образом, растворение асфальтосмолопарафиновых отложений субкритической пропан-бутановой смесью показало свою эффективность, а в совокупности с конкурентными преимуществами использования данной смеси для очистки оборудования от АСПО, может явиться основой создания энерго-ресурсосберегающих технологий для нефтедобывающих производств.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 13-03-12078 офи-м).

Литература

1. Н.Персиянцев, Добыча нефти в осложненных условиях, ООО Недра-Бизнесцентр, Москва, 2000, 653 с.
2. М.И.Курбанбаев, Б.С. Муллаев, К.К. Нурмагамбетов, Материалы международной НПК «Инновационное развитие нефтегазового комплекса Казахстана». 2013. С. 163-174;
3. Л.В. Иванова, Е.А. Буров, В.Н. Кошелев, Электронный научный журнал Нефтегазовое дело, 1, 268-287, 2011;
4. В.М. Строганов, М.Б. Турукалов, Ю.П. Ясьян, Нефтепереработка и нефтехимия, №12, 25-28, 2006;
5. Г.А. Бабалян, Борьба с отложениями парафинов, ООО Недра-Бизнесцентр, Москва, 1965, С. 264-270;
6. С.Ф. Люшин, В.А. Рассказов, Д.М. Шейх-Али, Р.Р. Иксанова, Е.П. Линьков, Борьба с отложениями парафи-

- на при добыче нефти, Гостоптехиздат, Москва, 1961, С. 57-61;
7. *Ф.М. Гумеров, А.Н.Сабирзянов, Г.И. Гумерова*, Суб- и сверхкритические флюиды в процессах переработки полимеров, ФЭН, Казань, 2007, 336 с.;
8. *Ф.И. Самедова, С.Ю. Рашидова, А.М. Касумова, Н.А. Кулиев*, Сверхкритические флюиды: Теория и практика, **3**, 2, 52-57, 2008;
9. *Цихмейстр Е.В., Гумеров Ф.М.*, Вестник Казанского технологического университета, **15**, 10, 98-99, 2012.
10. *Ф.М. Гумеров, Ф.Д. Юзмухаметов, Р.Ф. Габитов, Н.З. Шакиров*, Вестник Казанского технологического университета, **15**, 5, 64-71, 2012.

© **И. Р. Габитов** – асп. каф. теоретических основ теплотехники КНИТУ, gabitov.ilgiz@gmail.com; **Л. Ю. Яруллин** – инженер той же кафедры; **З. И. Зарипов** – д-р техн. наук, проф. той же кафедры, zufar_zaripov@mail.ru; **Ф. Р. Габитов** – д-р техн. наук, проф. той же кафедры, farizan@kstu.ru; **М. И. Фарахов** – д.т.н., проф. каф. ПАХТ КНИТУ; **Ф. М. Гумеров** – д-р техн. наук, зав. каф. теоретических основ теплотехники КНИТУ, gum@kstu.ru.