

Введение Современнаянефтедобывающая 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 объёме 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]. Несмотря 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 динамическим 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 был взят 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. Воздействие гексана на образец АСПО практически не изменило его структуру (рис.4 - в). 2

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

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.