

ВЛИЯНИЕ ЭФФЕКТОВ ПОЛЯРНОСТИ И ДОБАВОК НА СНИЖЕНИЕ ВЯЗКОСТИ ТЯЖЕЛОЙ НЕФТИ

А.Е. Воробьёв, М. Агхамохаммадигалехджуги,
Д.Н. Хабаров

Кафедра нефтепромысловой геологии, горного и нефтегазового дела
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Макля, 6, Москва, Россия, 117198

Добываемая на промыслах нефть содержит разное количество примесей и является сырым, высоковязким продуктом. С целью понижения вязкости нефти применяют разные методы переработки нефти (эффект полярности, эффект добавок).

Ключевые слова: снижение вязкости, тяжелая нефть, действие полярности.

В ближайшем будущем достижения в области технологий разведки и добычи нефти позволят получить новые нефтяные источники в районах, которые ранее были недоступны по различным причинам (география расположения, несовершенство технологий, политические решения и др.). Новые проекты по добыче нефти будут играть ключевую роль на рынках США, Канады, и странах Латинской Америки (особенно в Венесуэле) (рис. 1) [1].

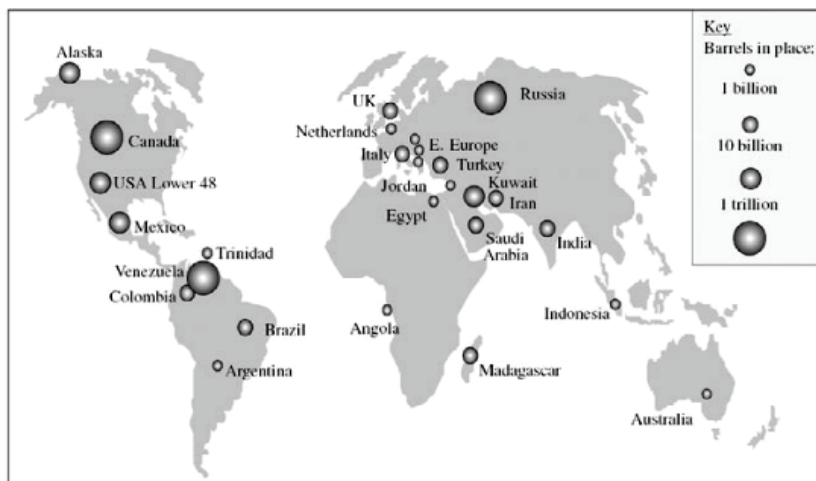


Рис. 1. Распределение запасов тяжелой нефти по странам

При увеличении добычи тяжелой нефти необходимо в ближайшее время использовать новейшие технологии и решения для понижения вязкости нефти. Добытая сырая нефть может иметь вязкость более 15 000 сантистокс (сСт), при температуре 100 °F (37,78 °C). Для транспортировки нефти по нефтепроводу вязкость должна быть ниже 150 сСт при 100 °F. Для этого сырую нефть подвергают процессам обработки (крекинг, пластификация, дистилляция) [2].

С экономической точки зрения любое улучшение эффективности разбавления полезно для процесса и позволяет сократить количество растворителя, необходимого для получения приемлемого уровня вязкости, что позволит транспортировать большие количества тяжелой нефти [3]. По этой причине проводятся многие исследования для нахождения более эффективных растворителей [4]. Применение под давлением диметилового эфира (ДМЭ) в качестве растворителя позволяет получить необходимую вязкость и сократить перепад давления в трубопроводе. Кроме того, получение ДМЭ на нефтеперерабатывающем заводе проще в отличие от других растворителей.

Другими растворителями, по которым проводятся исследования, — спирты. При этом чем выше полярность или параметр водородной связи растворителя, тем выше снижение вязкости сырой нефти. Тем не менее только полярные растворители с небольшим количеством водородных связей позволяют в значительной мере снизить вязкость сырой нефти [5]. Вязкость нефти может быть снижена путем добавления некоторых химических соединений, а также при использовании керосина, который является эффективным растворителем (рис. 2).

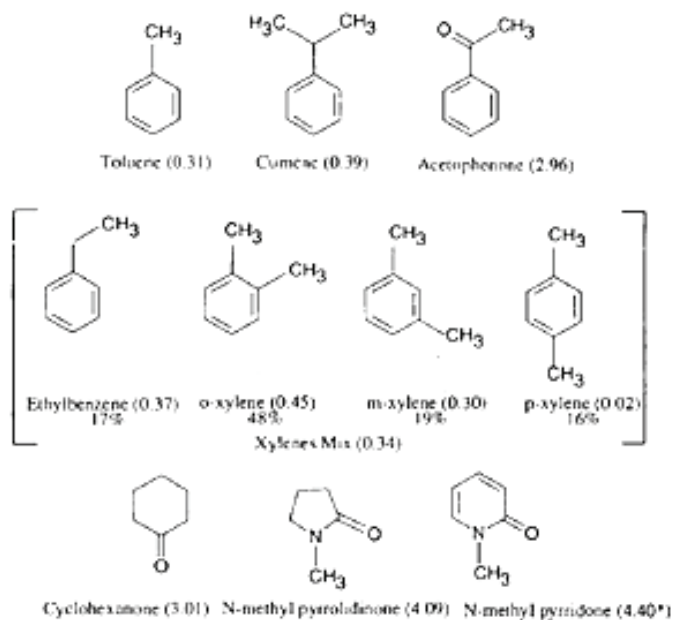


Рис. 2. Химическая структура и полярность добавок [6]

Вязкость является важным физическим параметром сырой нефти, она тесно связана со всеми процессами производства и транспортировки, особенно для тяжелой нефти. Снижение вязкости тяжелой нефти является эффективным способом увеличения производства и облегчения транспортировки.

Тяжелые и сверхтяжелые нефти могут иметь высокое содержание серы, солей и металлов (рис. 3), что может привести к закупориванию нефтепровода и остановок производства [7].

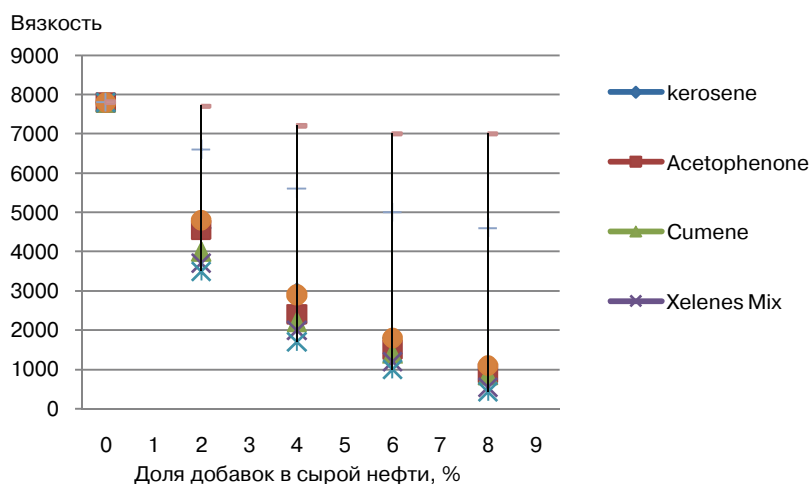


Рис. 3. График зависимости вязкости от доли добавок в сырой нефти

В проведенном исследовании использовались компоненты химической компании Aldrich, а также Marathon Oil's Texas City. В табл. 1 приведены характеристики испытуемого образца тяжелой нефти. Эксперименты проводились с использованием 70 мл образца сверхтяжелой нефти в специальном реакторе. К известному количеству нефти добавляли присадки, закрыли и продули азотом. Реакторы помещали в нагретую ванну на два часа при температуре 200 °С. Затем полученные смеси извлекали из реактора и хранили в герметичных контейнерах в атмосфере азота.

Таблица 1

Характеристики образца тяжелой нефти

Характеристики образца	
Содержание углерода, %	76,6
Содержание водорода, %	10,5
Содержание азота, %	0,7
Средняя молекулярная масса	548
Плотность жидкости (г/мл)	1,013
Точка кипения / WT%	>200 °С / 99,8%
Вязкость (сП при 140 °F)	7800

Измерения вязкости проводили с использованием программируемого вискозиметра — Brookfield DV-III, оснащенного системой (Thermosel) для измерения вязкости при повышенных температурах. Вязкость измеряли при температуре 140 °F (60 °С), когда образец был в равновесном состоянии.

Образец нефти растворим в толуоле, ксилоле и N-метилполидиноне. Кривая линия расположена низко, там, где присутствует циклогексанон и ацетофенон. Вязкость должна выравниваться при использовании добавок и смешивается с полярностью между 1 и 3 DU. Таким образом, частичное растворимость должна быть причиной снижения вязкости. Однако, чтобы доказать эту гипотезу, необходимо было произвести лабораторные эксперименты. На рис. 4 показана вязкость сырья на сегодняшний день.

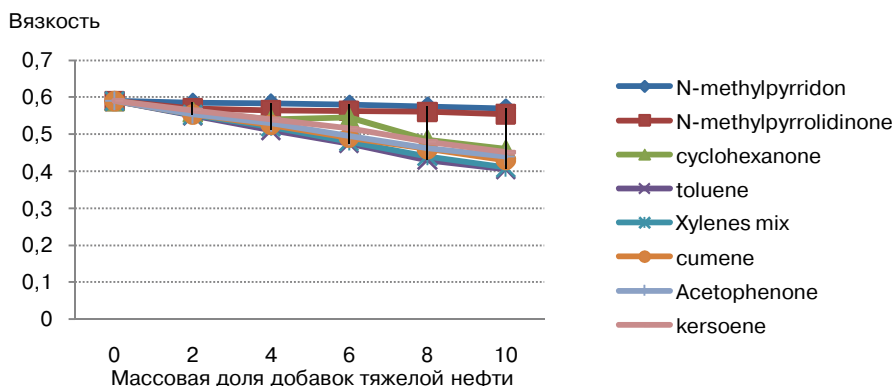


Рис. 4. Зависимость вязкости от массовой доли добавок в тяжелой нефти

Исследования изменения вязкости осуществлялись на основе теоретического обоснования компьютерного моделирования, а также с использованием тренажера SHLF 6000 brill (приобретенного по программе ИОП РУДН на кафедре нефтепромышленной геологии, горного и нефтегазового дела) с привлечением практических данных.

На графике (см. рис. 4) видно, что добавка используемых соединений, может по-разному влиять на исходную вязкость. Следует отметить полученную зависимость: с увеличением полярности диспергатора увеличивается измеряемая вязкость. Чем выше полярность добавки, тем сильнее взаимодействие между дипольными соединениями и выше вязкость [8; 9]. Однако снижение вязкости не может быть вызвано только расщеплением агломератов [10].

Из теории Айринга можно вывести отношения между эффектами разбавления и вязкости. Необходимо получить более точные расчеты по относительной плотности, теплоте испарения, молярных объемов и молекулярной массе полученных соединений и их смесей. Но эти расчеты не учитывают в полной мере эффект дипольных взаимодействий, которые являются существенными. Это не единственные факторы, которые следует учитывать. Растворимость диспергатора играет важную роль в снижении вязкости тяжелой нефти. Когда происходит разделение фаз, то чем больше флюидная фаза добавки, тем ниже вязкость.

В случае если тяжелые нефти растворимы в диспергаторах, размер молекул добавок играет ключевую роль в снижения вязкости. Меньшие молекулы или молекулы с правильными физическими и химическими характеристиками могут снизить вязкость в большей степени. Это связано с более глубоким внедрением, которое вызывает больший распад агломератов. Одна из целей проводимых исследований — изучение влияния добавок с целью понижения вязкости. К примеру, если одного процента добавки достаточно для начала распада асфальтенового агломерата, то потребуется меньше керосина, чтобы снизить уровень вязкости до уровня, приемлемого для трубопроводного транспорта.

Можно предположить, что при низких концентрациях добавок тяжелой нефти соединение с полярностью около 0,6—0,7 единиц Дебая могло бы эффективнее снизить вязкость из-за лучших дисперсионных свойств. Однако этот вывод нуждается в проверке путем детального исследования добавок с полярностью, а также исследования с использованием смеси керосина.

При использовании толуола или ксилола вязкость снижается на 50% в отличие от керосина (см. рис. 3). В области добычи тяжелой нефти использование толуола или ксилола может быть жизнеспособной альтернативой керосина. При этом потребуется меньший объем дистиллята. Дополнительное преимущество в том, что толуол и ксилол имеют низкую температуру кипения и могут быть удалены из сырой нефти до обработки.

В период начального исследования было показано, что вязкость особо тяжелой нефти можно снизить в большей степени, используя некоторые добавки, по сравнению с использованием обычного разбавителя — керосина. Интересные взаимодействия, связанные с полярностью, наблюдались между добавкой соединения и сырой нефти. Здесь возможно компьютерное моделирование взаимодействий, а также изучение механизма распада асфальтеновых агломератов.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Воробьев А.Е., Джумиева Р.Б., Чекушина Е.В. // Научный вестник норильского индустриального института. — 2009. — № 5. — С. 53—63.
- [2] *Hermes R.A.* Oil and gas journal. — 1998. — № 16.
- [3] *Badger W., Schobert H.* Viscosity reduction in heavy crude oils mark. The Laboratory for hydrocarbon process chemistry. The energy institute. 2009.
- [4] *Henaut I., Gateau P.* Method of transporting heavy crude oils in Dispersion. US Patent Application 20060118467. 2006.
- [5] *Yu Y., Li K.* Method for calculating temperature profile in heavy oil wells with injection of light oil diluent. Petroleum Science and Technology. 2012.
- [6] *Rafael Martínez-Palou, María de Lourdes Mosqueira.* Transportation of heavy and extra-heavy crude oil by pipeline. 1979.
- [8] *Glasstone S., Laidler K.J., Eyring H.* The theory of rate processes — the kinetics of chemical reactions. McGraw-Hill, New York. 1991.
- [9] *Temperley H.N.V., Trevena D.H.* Liquids and Their Properties — a molecular and macroscopic treatise with Applications. Wiley, New York. 1978.
- [10] *Himmelblau D.M.* Basic principles and calculation in chemical engineering. 1993. P. 723—728.

EFFECT OF POLARITY AND ADDITIVE COMPOUND IN REDUCTION OF OIL VISCOSITY

**A.E. Vorob'ev, M. Aghamohamadighalejoghi,
D.N. Khabarov**

The Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

In order heavy oils to be transported via pipeline from the source, the viscosity must be lower than 150 centistokes at 100 °F. The crude oils being very viscous on extraction have to go through some processing, therefore this paper investigate the effect of polarity and effect of additive to detect the influence of this material on reduction of heavy oil viscosity.

Key words: reduce, viscosityheavy oil, effect of polarity.