УДК 622.276.001

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ И ХИМРЕАГЕНТОВ НА КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ СВЕРХВЯЗКОЙ НЕФТИ

ASSESSMENT OF TEMPERATURE AND CHEMICAL REAGENTS EFFECT ON SUPER VISCOUS OIL COMPONENT COMPOSITION

Саяхов Вадим Аликович
аспирант, ассистент кафедры
«Разработка и эксплуатация нефтяных
и газовых месторождений»,
Альметьевский государственный нефтяной институт
sayakhoff@mail.ru

Хайрутдинова Альбина Акдасовна
магистрант кафедры «Разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений»,
Альметьевский государственный нефтяной институт
khayrutdinova.a@inbox.ru

Аннотация. Перспективным направлением является разработка месторождений с трудноизвлекаемыми запасами, к которым отнесены залежи сверхвязкой нефти (СВН). Для проведения исследований по разработке технологии добычи СВН, обеспечивающей высокий потенциал вытеснения нефти, была разработана методика оценки влияния воздействия температурой и растворителем на компонентный состав СВН. Результаты исследования свидетельствуют о перспективности разработки технологий добычи СВН, предусматривающих комплексное воздействие температуры и растворителя.

Ключевые слова: сверхвязкая нефть; хроматография; методика исследования; керн; скважина; термическое воздействие; растворитель.

Sayakhov Vadim Alikovich
Postgraduate student, Assistant of
the «Development and exploitation of
oil and gas fields» department,
Almetyevsk State Oil Institute
sayakhoff@mail.ru

Khairutdinova Albina Akdasovna
Master's degree student of the «Development
and exploitation of oil and gas fields»
department,
Almetyevsk State Oil Institute
khayrutdinova.a@inbox.ru

Annotation. The promising area is the development of oil fields with hard to recover reserves of the deposits of extra-viscous oil (EVO). To research the development of production technology of extra-viscous oil provided high potential of oil displacement, it was developed the method of assessing the impact to temperature and solvent on the component composition of the extra-viscous oil. The research shows that is promising technology of extraction extra-viscous oil with combined effect of temperature and solvent.

Keywords: extra-viscous oil; chromatography; method of investigation; core; well; thermal-recovery method; solvent.

В настоящее время наблюдается тенденция к увеличению доли сверхвязких нефтей (СВН) в балансе углеводородов, добываемых как в России, так и в мире, что сильно усложняет технологические процессы нефтедобычи [1]. Известно, что особенности свойств и состава сверхвязких нефтей оказывают существенное влияние на выбор оптимального способа нефтеизвлечения и эффективность добычи в целом. При добыче СВН с целью снижения вязкости производится нагрев пласта закачкой теплоносителя – пара. Альтернативным вариантом паротеплового воздействия является закачка различных растворителей [2]. Использование растворителей, состоящих только из низкокипящих алифатических углеводородов приводит к коагуляции асфальтенов и, как следствие, к возможной кольматации порового пространства с последующим снижением коэффициента вытеснения. Для предотвращения осаждения асфальтенов используются ароматические углеводороды, такие как толуол, ксилол и т.д. [3]. Однако в зависимости от химических и структурных характеристик, а также состава и свойств нефти эффективность растворителя может различаться.

Целью работы являлся сопоставительный анализ растворяющей способности пара-ксилола и тетрахлорид углерода, а также изучение изменения компонентного состава СВН при термическом и химическом воздействии в лабораторных условиях.

Для проведения исследований влияния высоких температур и растворителей на состав СВН была разработана методика, которая включает отбор керна, его нагрев, воздействие растворителем и проведение хроматографического, спектрофотометрического и микроскопического анализов. Хроматографические исследования проводились на газожидкостном хроматографе GC 2010 Plus, спектрофотометрические исследования выполнялись на спектрофотометре UV-1800, микроскопические исследования керна выполнялись с использованием микроскопа Leica DM 750. Анализировалась нефть (табл. 1) из керна скважины Аверьяновского месторождения.

Исследования компонентного состава проводились для алканов от С10 до С40. Для исследования влияния термообработки на изменение состава СВН проводился предварительный нагрев двух образцов керна до температуры 150°, 200° и 250 °С и их последующее растворение в пара-ксилоле и тетрахлорид углероде. С целью получения данных об эффективности применения растворителей, стоит отметить, что первый образец («нагретый») растворялся непосредственно в нагретом состоянии, а второй («охлажден-

ный») дополнительно охлаждался до комнатной температуры. На рисунке 1 представлено изменение компонентного состава СВН при воздействии высоких температур и исследуемых растворителей.

Таблица 1 – Плотность, вязкость и компонентный состав нефти из кернового материала Аверьяновского месторождения

Плотность, г/см^3, 20 °С	Вязкость, мм^2/с, 20 °С	Содержание, мас. %			
		фракции н.к.–200 °С	углеводородов (масел)	смол	асфальтенов
0,957	18356,4	отс.	75,8	20,1	4,1

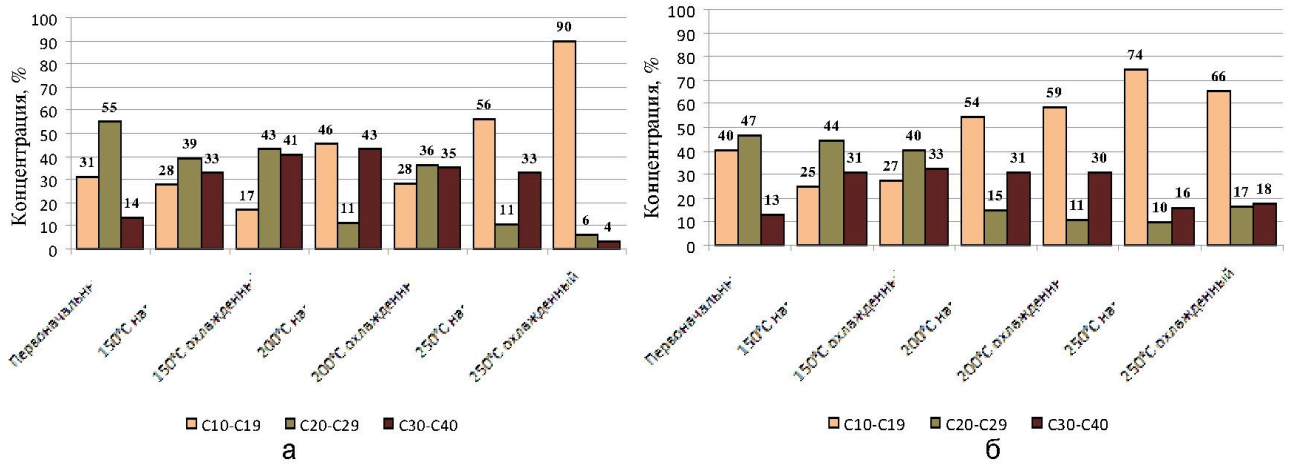


Рисунок 1 – Изменение компонентного состава СВН при воздействии высоких температур и пара-ксилола (а) и тетрахлорид углерода (б)

В целом можно отметить, что в контрольном образце СВН, основная концентрация приходится на группу алканов от С20 до С29. Стоит отметить, что при воздействии температурой 150 °С и последующем растворении в обоих растворах отмечается преобладание доли тяжелых углеводородов групп С20–С29 (порядка 40 % объема) и групп С30–С40 (порядка 34 % объема). При повышении температуры до 200 °С доля углеводородных групп С20–С29 значительно уменьшается, в свою очередь возрастает доля легких компонентов, а концентрация тяжелых углеводородов С30–С40 остается на прежнем уровне, что говорит о относительно высокой способности исследуемых растворителей вытеснять асфальтены. Стоит также отметить, что способность пара-ксилола к растворению тяжелых углеводородов сохраняется при всем диапазоне исследуемых температур. На основе данных, полученных при анализе хроматограмм, можно судить о вытеснении СВН с поверхности зерен керна (рис. 2).

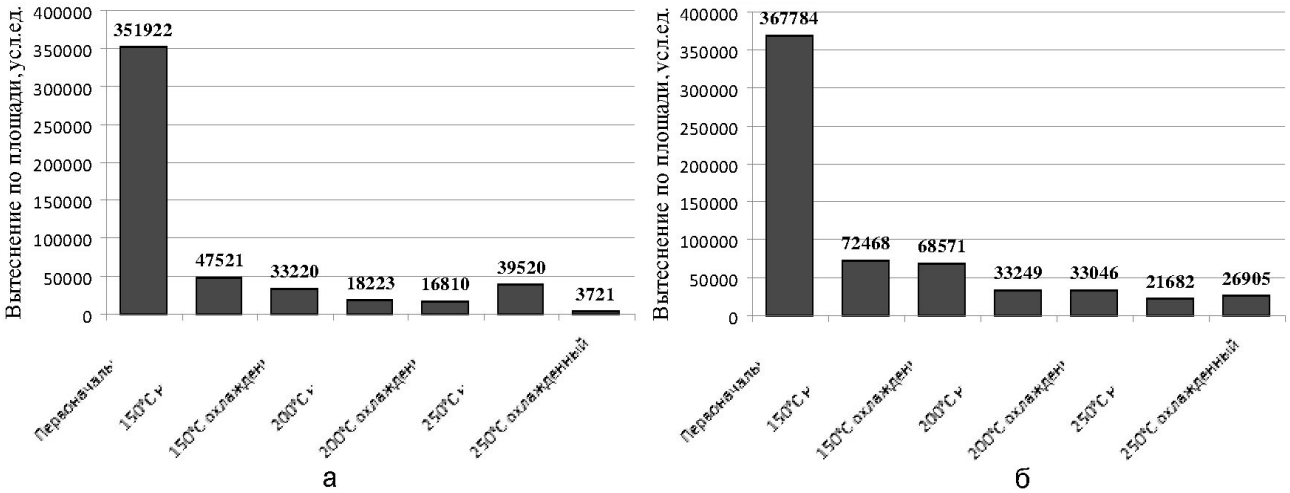


Рисунок 2 – Количество вытесненных пара-ксилолом (а) и тетрахлорид углеродом (б) углеводородов по площади (в условных единицах)

При нагреве вязкость образца СВН снижается, начинаются внутримолекулярные процессы, под действием которых часть фракций СВН улетучивается, часть стекает, а также остается на зернах керна. Согласно рисунку 2 достаточно большая часть легких углеводородов улетучивается при термическом воздействии, поэтому среди вытесняемых растворителем углеводородов преобладают более тяжелые фракции. Стоит отметить, более высокую вытесняющую способность тетрахлорид углерода на всем диапазоне исследуемых температур.

Особенности В/УФ спектров поглощения нефтей и их асфальтеновых компонентов изучали с помощью спектрофотометра UV-1800 в диапазоне длин волн от 1100 нм до 190 нм. Специфическая коричневатая окраска раствора является одним из типичных признаков смолисто-асфальтеновых веществ и обусловлена присутствием широких электронных полос поглощения в В/УФ диапазоне. В таблице 2 приведены результаты расчетов первых производных измеренных спектров поглощения. Расчеты произведены с помощью стандартной программы спектрофотометра UVProbe.

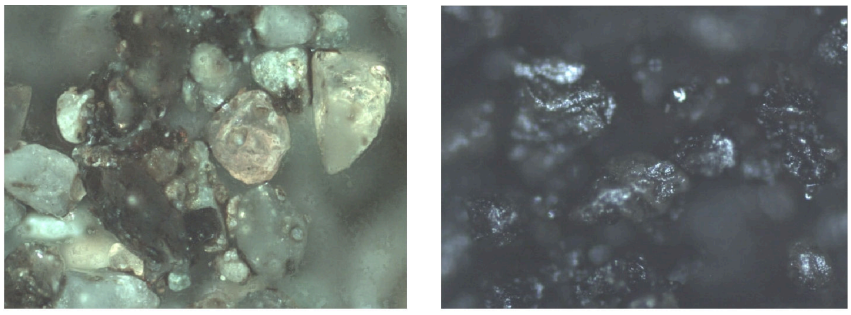
Таблица 2 – Оптические спектры поглощения и первая производная для раствора СВН, полученного растворением керна в пара-ксилоле

Образец	При растворении в пара-ксилоле		При растворении в тетрахлорид углероде	
	λ, нм	D	λ, нм	D
первоначальный	406	1,539	409	1,859
150 °С нагретый	406	1,278	407	1,549
150 °С охлажденный	406	1,257	407	1,532
200 °С нагретый	406	1,314	407	1,13
200 °С охлажденный	406	1,411	407	0,997
250 °С нагретый	–	–	311	1,314
250 °С охлажденный	–	–	311	1,411

Максимальные значения оптической плотности D отмечаются при растворении образца без предварительного нагрева, следовательно, можно предположить, что при воздействии высокими температурами часть тяжелых углеводородов остается на поверхности зерен керна. Также отметим достаточно высокие значения оптической плотности при воздействии температурой 150ºС и последующем растворении как в пара-ксилоле, так в тетрахлорид углероде. Высокое содержание тяжелых компонентов подтверждается также специфической темно-коричневой окраской полученных растворов.

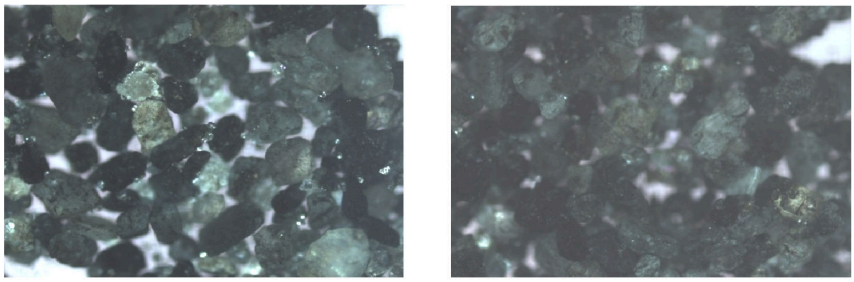
На микрофотографиях керна (рис. 3) представлены первоначальный образец (без воздействия) и образец керна подвергнутый термическому воздействию. Во втором случае видно, что при предварительном термическом воздействии часть СВН адсорбируется на поверхности зерен керна и отмывается растворителем значительно хуже.

На рисунке 4 представлены микрофотографии зерен керна после последовательного нагрева до 150 °С и растворения «нагретом» и «охлажденном» состояниях при 100-кратном увеличении.



а б

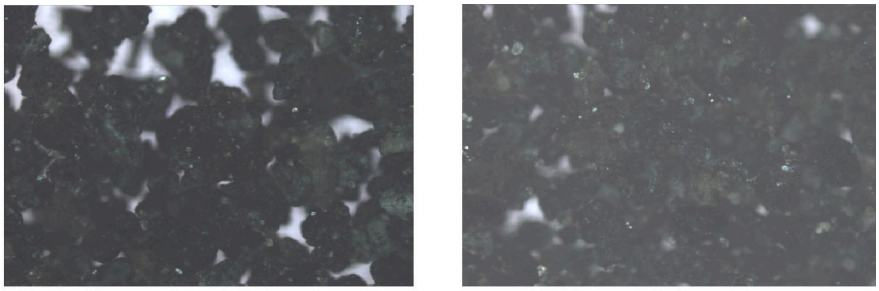
Рисунок 3 – Микрофотографии керна (10х) первоначального образца керна (а) и керна, подвергнутого термическому воздействию (б)



а б

Рисунок 4 – Микрофотографии керна (10х) после нагрева до 150 °С и растворения в «горячем» (а) и «охлажденном» (б) состояниях

На рисунке 5 представлены микрофотографии зерен керна после последовательного нагрева до 150 °С и растворения «нагретом» и «охлажденном» состояниях при 100-кратном увеличении.



а б

Рисунок 5 – Микрофотографии керна (10х) после нагрева до 200 °С растворения в «горячем» (а) и «охлажденном» (б) состояниях

На микрофотографиях керна в обоих случаях видно, что при предварительном воздействии температур более 150 °С часть СВН адсорбируется на поверхности зерен керна и практически не отмывается растворителем, что свидетельствует о низкой эффективности применения исследуемых химреагентов в качестве растворителей при воздействии температур более 150 °С.

Таким образом, следует отметить, что при термическом воздействии и последующем использовании пара-ксилола и тетрахлорид углерода в качестве растворителей концентрация групп более тяжелых компонентов С20–С40 в исследованных образцах увеличивается по сравнению с содержанием в контрольном образце. Кроме этого отмечается относительно высокая способность рассматриваемых растворителей к вытеснению асфальтенов, о чем свидетельствуют результаты хроматографического и спектрофотометрического анализов. При воздействии высокими температурами часть легких фракций улетучивается, а часть тяжелых фракций плотно адсорбируются на поверхности зерен керна, что препятствует отмыву углеводородов растворителем. Если технология предусматривает одновременное воздействие температуры (до 200 °С) и растворителя, то компонентный состав выделившейся СВН практически не меняется по сравнению с контрольным образцом, за исключением небольших потерь легких углеводородов, что в свою очередь повышает долю тяжелых компонентов в растворе. В совокупности все вышеизложенное свидетельствует о перспективности разработки технологий добычи СВН, предусматривающих комплексное воздействие температуры и растворителя.

По результатам исследований были сделаны следующие выводы:

– показано, что при тепловом воздействии происходит изменение компонентного состава СВН, нагрев и последующее применение в качестве растворителей пара-ксилола и тетрахлорид углерода приводит к снижению доли легких компонентов и увеличению доли тяжелых компонентов;

– предложена методика исследования, обеспечивающая возможность тестирования технологий на основе хроматографического, спектрофотометрического и микроскопического анализов СВН и керна;

– данный метод может быть использован для выявления оптимального интервала температур, при которых достигается минимизация потерь легких фракций;

– микроскопический анализ керна после теплового воздействия показал, что на поверхности зерен керна сформировался плотный адсорбционный слой, в состав которого входят группы тяжелых углеводородов;

– выбор технологии добычи СВН может быть основан на требованиях к компонентному составу добываемой нефти.

На основе выполненных исследований предлагается продолжить изучение возможности применения растворителей для добычи СВН и поиск оптимального интервала температур воздействия для конкретных геолого-физических условий.

Литература:

1. Сорокин А.В. Исследование процесса изменчивости физико-химических свойств пластовой нефти при разработке месторождений Западной Сибири / А.В. Сорокин, В.Д. Сорокин. – Тюмень : Вектор–Бук, 2004. – 237 с.

2. Грайфер В.И. Технико-технологические основы освоения запасов битумных нефтей на базе инноваций / В.И. Грайфер, Р.А. Максутов, В.Б. Заволжский, А.С. Якимов // Технологии ТЭК. – 2003. – № 10.

3. Andersen S.I. Variation in Composition of Subfractions of Petroleum Asphaltenes / S.I. Andersen, A. Keul, E.Stenby // Petroleum Science and Technology. – 1997. – 15. – № 7. – P. 611–645.

References:

1. Sorokin A.V. A research of process of variability of physical and chemical properties of reservoir oil when developing fields of Western Siberia / A.V. Sorokin, V.D. Sorokin. – Tyumen : Vector Bouck, 2004. – 237 p.

2. Grayfer V.I. Technical and technological bases of development of stocks bituminous nefty on the basis of innovations / V.I. Grayfer, R.A. Maksutov, V.B. Zavolzhsky, A.S. Yakimov // Technologies of energy industry. – 2003. – № 10.

3. Andersen S.I. Variation in Composition of Subfractions of Petroleum Asphaltenes / S.I. Andersen, A. Keul, E. Stenby // Petroleum Science and Technology. – 1997. – 15. – № 7. – P. 611–645.