

УДК 622.323

ВЛИЯНИЕ АСФАЛЬТЕНОВ НА СМАЧИВАЕМОСТЬ ГАЗОНЕФТЕНАСЫЩЕННЫХ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ

Н. Н. Михайлов^{1,2,*}, академик РАН О. М. Ермилов³, Л. С. Сечина²

Поступило 05.10.2018 г.

Изучена смачиваемость асфальтенами кернов терригенных и карбонатных пород нефтяных и газоконденсатных месторождений, экстрагированных н-гексаном и хлороформом. Полученные значения смачиваемости кернов асфальтенами указывают на их определённый вклад в изменение смачиваемости различных пород.

Ключевые слова: смачиваемость, асфальтены, экстракция, коэффициент гидрофобизации.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-5652486165-68>

Одной из причин низкой углеводородоотдачи пласта являются молекулярно-поверхностные процессы, происходящие на границе раздела порода–флюиды. Состав нефти, изменение термобарических условий в процессе разработки влияют на осаждение полярных соединений на поверхности поровых каналов. Эти полярные соединения обладают высокой способностью к адсорбции и поэтому могут изменять смачиваемость пласта. Смачиваемость играет ключевую роль в любом процессе извлечения нефти и газа и влияет на выпадение и подвижность конденсата в процессе разработки залежи. Пренебрежение эффектами смачивания обуславливает ошибочные распределения насыщенности при геологическом моделировании, а также некачественные прогнозные показатели разработки при гидродинамическом моделировании. Множество нефтяных месторождений обладают гидрофобной характеристикой коллектора и их невозможно эффективно разрабатывать с помощью традиционного заводнения, а запасы нефти в таких коллекторах являются трудноизвлекаемыми [3].

Наиболее склонны к адсорбции асфальтены. Адсорбция асфальтенов приводит к изменению ком-

понентного состава нефтяной дисперсионной среды, т.е. к изменению внутренней структуры и потере кинетической устойчивости системы. Адсорбция является также одной из причин асфальтеновой коагуляции нефтяного коллектора.

Асфальтены могут адсорбироваться не только непосредственно из нефти, но и как смолисто-асфальтеновые мицеллы коллоидного характера. Повышенная концентрация асфальтенов в поровом пространстве способствует формированию плотных полимолекулярных слоёв. И даже минимальная адсорбция асфальтенов породой может приводить к изменению её смачиваемости. В данной работе экспериментально изучено влияние асфальтенов на изменение смачиваемости коллектора.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектами исследования были выбраны образцы керна терригенных и карбонатных пород, отобранных из газовой, газоконденсатной и нефтяной зон Карачаганакского месторождения (карбонатные породы) и из нефтяных месторождений Ромашкинское и Черногорское (терригенные породы).

Исходные образцы керна, содержащие в поровом пространстве адсорбированную нефть, насыщали под вакуумом дистиллированной водой, затем сушили в сушильной установке при температуре 25 °С и влажности воздуха 33%. В результате опыта получена первая кривая сушки, представляющая зависимость влагосодержания образца от времени сушки. Затем образцы экстрагировались в аппарате Сокслета. Для того чтобы на поверхности поровых каналов в образцах остались асфальтены, экстракция

¹Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва

²Институт проблем нефти и газа Российской Академии наук, Москва

³Ямало-Ненецкий филиал Института нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской Академии наук, Надым Ямало-Ненецкого автономного округа Тюменской обл.

*E-mail: folko200@mail.ru

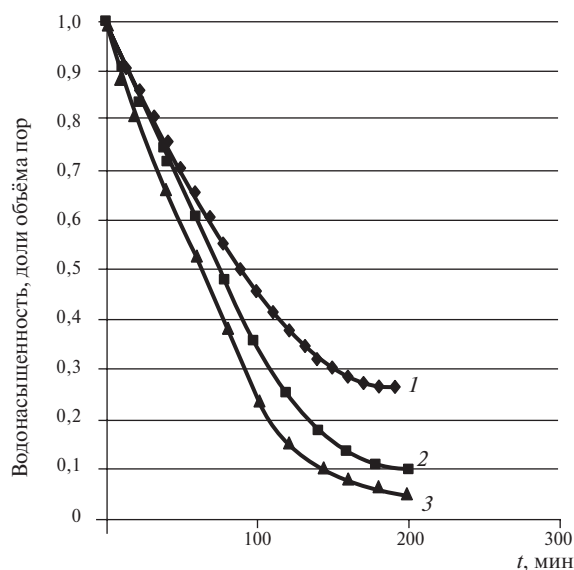


Рис. 1. Испарение воды из образца с адсорбированной нефтью (кривая 1); из образца с адсорбированными асфальтенами (кривая 2); из гидрофильного образца (кривая 3).

проводилась н-гексаном, так как асфальтены не растворяются в алкановых углеводородах, а масла и смолы адсорбированной нефти растворяются [5, 8]. Далее образцы сушили при температуре 70 °С для удаления н-гексана. После его удаления получили вторую кривую сушки способом, описанным выше.

Третью кривую сушки получали после экстракции образцов зерна хлороформом (рис. 1). При данной процедуре образцы зерна становятся гидрофильными. Во всех случаях экстракцию проводили до прекращения светимости растворителей в ультрафиолетовом свете [1, 4].

На основании анализа кривых до экстракции, после экстракции н-гексаном и после экстракции хлороформом рассчитывались коэффициенты гидрофобизации поверхности поровых каналов образцов зерна адсорбированной нефтью и отдельно асфальтенами. Коэффициент гидрофобизации — это доля площади поверхности пор, занятая гидрофобизирующими веществами [6].

Для углеводородов, выделенных путём экстракции н-гексаном и хлороформом, делались ИК-спектры (рис. 2, 3). ИК-спектры определялись методом НПВО на ИК-Фурье спектрометре “Nicolet iS10”, кристалл НПВО StSe.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

В таблице 1 приведены результаты определений коэффициента гидрофобизации порового пространства образцов зерна адсорбированной нефтью и отдельно асфальтенами, маслами и смолами.

Как следует из табл. 1, доля площади поверхности пор, занятых адсорбированной нефтью у исследо-

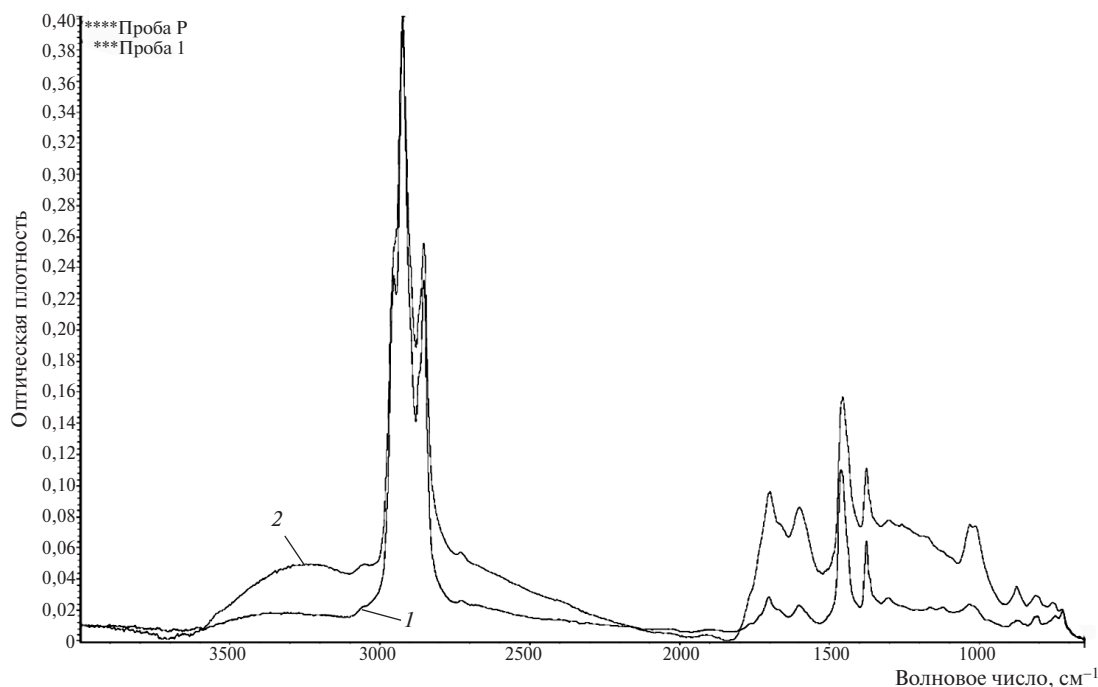


Рис. 2. ИК-спектр углеводородов, экстрагированных из образца 1: 1 — н-гексаном (масла и смолы); 2 — хлороформом (асфальтены).

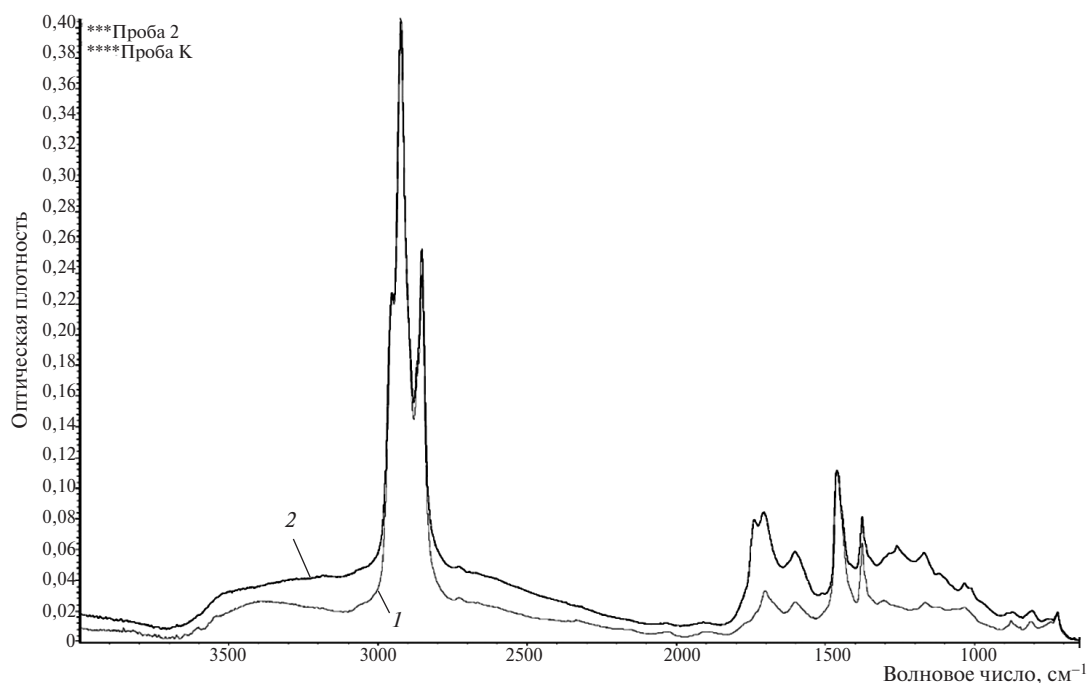


Рис. 3. ИК-спектр углеводородов, экстрагированных из образца 5: 1 — н-гексаном (масла и смолы); 2 — хлороформом (асфальтены).

ванных терригенных образцов нефтяных месторождений, различна.

Для карбонатных пород этот параметр увеличивается от образца из газовой зоны к образцу из нефтяной зоны.

После экстракции образцов керна н-гексаном коэффициент гидрофобизации ($\Theta_{\text{H асф}}$) стал меньше, чем у образцов с адсорбированной нефтью. А в образце 2 из нефтяного месторождения поверхность поровых каналов стала гидрофильной ($\Theta_{\text{H асф}} = 0$).

Значит, гидрофобизация исследованных образцов увеличивается при наличии в адсорбированной нефти углеводородов, извлечённых н-гексаном (табл. 1; $\Theta_{\text{H масел и смол}}$). Для выяснения разницы в составе углеводородов, извлечённых из образцов

Таблица 1. Коэффициент гидрофобизации адсорбированной нефтью, асфальтенами, маслами и смолами

№ образца	Коэффициент гидрофобизации, Θ_{H} , доли единиц площади поверхности пор		
	$\Theta_{\text{H адс. нефти}}$	$\Theta_{\text{H асф}}$	$\Theta_{\text{H масел и смол}}$
1	0,238	0,065	0,173
2	0,074	0	0,074
3	0,093	0,044	0,049
4	0,100	0,02	0,098
5	0,312	0,104	0,208

н-гексаном, а затем хлороформом был проведён ИК-спектральный анализ для образца из Ромашкинского нефтяного месторождения и для образца из нефтяной зоны Карачаганакского месторождения.

Анализ ИК-спектров экстрактов н-гексаном и хлороформом из образцов нефтяных месторождений карбонатных и терригенных пород показал, что спектры почти не различаются между собой, т.е. содержат те же структуры. Отличаются полосы только по интенсивности.

Для исследованных углеводородов характерны полосы поглощения в интервале $3369 \text{ см}^{-1} - 722 \text{ см}^{-1}$. Исходя из анализа характеристических полос установлено, что экстракты н-гексана и хлороформа из терригенного и карбонатного образцов керна представлены полиароматическими углеводородами, в составе которых есть кислородные и серосодержащие соединения. На основании данных рассчитаны спектральные коэффициенты, характеризующие ароматичность (C_1), окисленность (C_2), разветвлённость (C_3), алифатичность (C_4), осернённость (C_5) (табл. 2) [2].

Как следует из табл. 2, хлороформенные экстракты, состоящие из асфальтенов, содержат больше ароматики, имеют большую разветвлённость, содержат больше сернистых соединений. Они больше окислены, но в их составе меньше длинных алифатических цепей. По-видимому, поэтому гидрофоби-

Таблица 2. Спектральные коэффициенты

№ обр., порода	Фракция	Спектральные коэффициенты				
		C_1	C_2	C_3	C_4	C_5
1 терригенная	Масла, смолы	1,16	0,256	0,588	3,67	0,216
	Асфальтены	4,17	0,610	0,706	1,54	0,474
2 карбонатная	Масла, смолы	1,375	0,301	0,585	3,24	0,2
	Асфальтены	3,07	0,759	0,734	1,713	0,34

зация только асфальтенами меньше, чем в присутствии в адсорбированной нефти масел и смол.

Таким образом, исследование показало, что асфальтены гидрофобизируют поровое пространство пород–коллекторов в различной степени; гидрофобизация исследованных образцов асфальтенами меньше, чем масляно-смоляной фракцией из-за меньшего количества в их составе длинных алифатических цепей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ботнева Т.А., Ильина А.А. и др. Методическое руководство по люминесцентно-битуминологическим и спектральным методам исследования органического вещества пород и нефтей. М.: Недра, 1979, 204 с.
2. Иванова Л.В. Регулирование низкотемпературных свойств нефтяных систем разного уровня сложности. Дис. д-ра хим. наук. М., 2016. С. 89.
3. Михайлов Н.Н., Ермилов О.М., Сечина Л.С. Адсорбционно-связанная нефть газоконденсатных месторождений // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 6. С. 1213–1224.
4. Михайлов Н.Н., Ермилов О.М., Сечина Л.С. Физико-химические особенности адсорбционно связанной нефти в образцах ядра газоконденсатных месторождений // ДАН. 2016. Т. 466. № 3. С. 319–323.
5. Петрова Л.М., Аббакумова Н.А., Зайдуллин И.М., Борисов Д.Н. Фракционирование асфальтенов из тяжелой нефти полярным растворителем и их характеристика // Нефтехимия. 2013. Т. 53. № 2. С. 94–101.
6. Танкаева Л.К., Дмитриевский А.Н., Сечина Л.С., Приваленко Н.В. Способ определения степени гидрофобизации поверхности пор. Авторское свидетельство № 1022005 // Бюл. изобр. 1983.
7. Тарасевич Б.Н. ИК-спектры основных классов органических соединений. Справочные материалы. М.: Изд-во МГУ, 2012.
8. Mullins O.C. The Asphaltenes // Annu. Rev. Anal. Chem. 2011. V. 4. P. 393–418.

INFLUENCE OF ASPHALTENES ON WETTABILITY OF GAS AND OIL SATURATED RESERVOIR ROCK

N. N. Mikhailov^{1,2}, Academician of the RAS O. M. Ermilov³, L. S. Sechina²

¹Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russian Federation

²Oil and Gas Research Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

³Nesmeyanov Oil and Gas Geology and Geophysics Research Institute, Siberian branch of the Russian Academy of Sciences, Nadym, Yamalo-Nenetsk autonomous district, Russian Federation

Received October 5, 2018

The wettability of terrigenous and carbonate rock cores of oil and gas condensate fields extracted with *n*-hexane and chloroform by asphaltenes was studied. The obtained values of core wettability with asphaltenes show their contribution to the change of wettability of different rocks.

Keywords: wettability, asphaltenes, extraction, coefficient of hydrophobization.