

Геология нефти и газа

Geology of oil and gas

Научная статья
УДК 622.276



ВЛИЯНИЕ ОСАЖДЕНИЯ АСФАЛЬТЕНО-СМОЛИСТО-ПАРАФИНОВЫХ КОМПОНЕНТОВ НЕФТИ НА ФИЛЬТРАЦИОННО-ЕМКОСТНЫЕ СВОЙСТВА ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ

В. М. Баскатанов

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный университет» г. Краснодар, Россия, baskatanov@mail.ru

Исследовано влияние осаждения асфальтено-смолисто-парафиновых компонентов нефти на фильтрационно-ёмкостные свойства пород-коллекторов. Рассмотрены механизмы выпадения асфальтено-смолисто-парафиновых отложений в поровом пространстве и их воздействие на проницаемость и пористость коллекторов. Показано, что осаждение тяжёлых компонентов нефти приводит к ухудшению фильтрационных характеристик, снижению продуктивности пластов и эффективности разработки. Полученные результаты могут быть использованы при обосновании технологических мероприятий, направленных на предотвращение и минимизацию негативного влияния АСПО в процессе добычи нефти.

Ключевые слова: асфальтены, смолы, парафины, асфальтено-смолисто-парафиновые отложения (АСПО), фильтрационно-ёмкостные свойства, породы-коллекторы, проницаемость

Благодарности: Автор выражает искреннюю благодарность главному специалисту отдела комплексного исследования ядра компании Роснефть НТЦ — Шахуну Михаилу Евгеньевичу за оказанную научно-методическую помощь, содействие в проведении лабораторных исследований, а также ценные консультации и рекомендации, способствовавшие подготовке и написанию данной статьи.

Для цитирования: Баскатанов В. М. Влияние осаждения асфальтено-смолисто-парафиновых компонентов нефти на фильтрационно-ёмкостные свойства пород-коллекторов // Геологический вестник. 2026. № 1. С. 99–104. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2026-1-9>

For citation: Baskatanov V. M. (2026) The Effect of Sedimentation of Asphaltene-Resin-Paraffinic Components of Oil on the Flow-Capacity Properties of Reservoir Rocks. *Geologicheskii vestnik*. 2026. No. 1. P. 99–104. <https://doi.org/10.31084/2619-0087/2026-1-9>

© В. М. Баскатанов, 2026

Original article

THE EFFECT OF SEDIMENTATION OF ASPHALTENE-RESIN-PARAFFINIC COMPONENTS OF OIL ON THE FLOW-CAPACITY PROPERTIES OF RESERVOIR ROCKS

V.M. Baskatanov

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Kuban State University"
Krasnodar, Russia. backatanov@mail.ru*

The effect of asphaltene-resin-paraffin oil component precipitation on the porosity and permeability properties of reservoir rocks was studied. The mechanisms of asphaltene-resin-paraffin paraffin deposition in pore space and their impact on reservoir permeability and porosity were examined. It was shown that the precipitation of heavy oil components leads to deterioration of filtration characteristics, reduced reservoir productivity, and reduced development efficiency. The obtained results can be used to justify technological measures aimed at preventing and minimizing the negative impact of asphaltene-resin-paraffin paraffin during oil production.

Keywords: asphaltenes, resins, paraffins, asphaltene paraffins, filtration-capacitive properties, reservoir rocks, permeability

Acknowledgements: The author expresses his sincere gratitude to Mikhail E. Shakhunov, Chief Specialist of the Rosneft STC Comprehensive Core Research Department, for his scientific and methodological assistance, assistance in conducting laboratory research, as well as valuable advice and recommendations that contributed to the preparation and writing of this article.

Введение

В процессе разработки нефтяных месторождений одной из актуальных проблем, осложняющих фильтрацию флюидов в пласте, является выпадение асфальтено-смолисто-парафиновых отложений¹ (далее АСПО) нефти. Осаждение данных соединений может происходить как в призабойной зоне, так и непосредственно в поровом пространстве пород-коллекторов, приводя к ухудшению их фильтрационно-емкостных свойств [Баженова и др., 2012].

В отличие от поверхностных проявлений парафино- и асфальтосмолистых отложений, процессы, протекающие внутри порового пространства, изучены в меньшей степени, что связано со сложностью их экспериментального моделирования и количественной оценки. Между тем именно внутривпоровое осаждение АСПО может оказывать существенное влияние на эффективную проницаемость пласта и характер фильтрации нефти [Заббаров и др., 2013].

Большинство существующих исследований посвящено либо изменениям реологических свойств

нефти при деасфальтизации², либо анализу закупорки пор в модельных средах. Экспериментальные данные, полученные на реальных керновых образцах с количественной оценкой массы осевших компонентов и изменения фильтрационно-емкостных свойств, представлены в ограниченном объеме.

В связи с этим представляется актуальным экспериментальное исследование влияния осаждения АСПО нефти на пористость и проницаемость пород-коллекторов, выполненное на серии керновых образцов в лабораторных условиях.

Все лабораторные исследования, представленные в данной работе, проводились на базе лаборатории моделирования процессов фильтрации Роснефть НТЦ.

Объекты и методы исследования

В качестве объекта исследования использовались 14 керновых образцов пород-коллекторов³. Все исследованные образцы представлены пористыми средне- и мелкозернистыми песчаниками.

¹ Асфальтено-смолисто-парафиновые отложения — сложная углеводородная смесь, которая состоит из парафинов, асфальтосмолистых веществ (АСВ), силикагелевой смолы, воды, масел, механических примесей.

² Деасфальтизация — осаждение асфальтенов из нефти в пласте-коллекторе (в залежи) за счет увеличения содержания растворенного попутного газа и/или легких жидких УВ, которые поступают из главных зон конденсато- и нефтеобразования (ГЗК, ГЗН) смесей.

³ Породы-коллекторы — это горные породы, обладающие способностью вмещать флюиды (нефть, газ и воду) и отдавать их при разработке (при перепаде давления).

По геолого-стратиграфической приуроченности исследуемые породы относятся к терригенным отложениям сеноманского возраста, распространены в пределах Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции, Надым-Пурской нефтегазоносной области, на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Для каждого были определены геометрические параметры и объем, после чего выполнены измерения пористости и проницаемости по воздуху и по жидкости в исходном состоянии.

Насыщение керновых образцов нефтью осуществлялось с применением вакуумного насыщения, что позволило обеспечить равномерное заполнение порового пространства флюидом. В качестве насыщающей среды использовалась нефть с заранее определенными физико-химическими свойствами, включая плотность, динамическую вязкость и массовую долю асфальтеновых компонентов [Злобин, Эбзеева, 2013].

Для моделирования процесса деасфальтизации и инициирования осаждения АСПО, насыщенные нефтью образцы помещались в петролейный эфир на период 2–3 суток. Выбор данного растворителя обусловлен его способностью вызывать коагуляцию⁴ и выпадение высокомолекулярных компонентов нефти, что широко используется в лабораторных исследованиях при изучении асфальтеновых отложений [Злобин, Эбзеева, 2013].

После завершения процесса деасфальтизации образцы извлекались из растворителя, подвергались сушке до постоянной массы, после чего повторно определялись их пористость и проницаемость по воздуху и по жидкости. Масса осевших АСПО оценивалась по разнице масс керновых образцов до насыщения нефтью и после деасфальтизации и сушки [Коновальцева, 2010].

Для анализа результатов дополнительно рассчитывались масса и объем нефти в поровом пространстве, а также относительные изменения пористости и коэффициентов проницаемости, выраженные в процентах по отношению к исходным значениям [Хуснутдинов, 2003].

Результаты исследования

Общая характеристика полученных результатов

В результате проведенных экспериментальных исследований получены данные по изменению

фильтрационно-емкостных свойств керновых образцов до и после осаждения АСПО нефти. Исходные и повторные измерения пористости и проницаемости позволили оценить влияние выпадения АСПО на характеристики порового пространства.

Изменение пористости керновых образцов

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что осаждение АСПО нефти приводит к снижению пористости всех исследованных образцов (рис. 1). При этом величина уменьшения пористости носит умеренный характер и не приводит к переходу породы в более низкую категорию по классификации Ханина и, как правило, не превышает десяти процентов от исходных значений.

Относительно слабое изменение пористости по сравнению с проницаемостью указывает на то, что осаждение АСПО не приводит к существенному сокращению общего объема порового пространства, а в большей степени затрагивает его фильтрационную составляющую.

Изменение коэффициентов проницаемости

В отличие от пористости, коэффициенты проницаемости по воздуху и по жидкости после деасфальтизации претерпевают более значительные изменения (рис. 2). Для большинства керновых образцов зафиксировано заметное снижение проницаемости, величина которого варьирует в широком диапазоне — от нескольких до 25–30% от исходных значений.

Полученный разброс значений указывает на неоднородный характер влияния осаждения АСПО на фильтрационные свойства пород-коллекторов. Даже при сопоставимой массе осевших компонентов степень ухудшения проницаемости может существенно различаться, что свидетельствует о важной роли исходной структуры порового пространства.

Относительные изменения пористости и коэффициентов проницаемости после деасфальтизации представлены в таблице 2.

Сопоставление изменений пористости и проницаемости

Сравнительный анализ данных таблиц 1 и 2 показывает, что снижение коэффициентов про-

⁴ Коагуляция — (от лат. coagulatio — сгущение, свёртывание), слипание частиц дисперсной фазы с образованием более крупных агрегатов, в результате которого дисперсная система самопроизвольно переходит в состояние с более низкой свободной энергией.

Таблица 1. Фильтрационно-емкостные свойства керновых образцов до и после деасфальтизации
Table 1. Filtration and capacity properties of core samples before and after deasphalting

№ образца	m_0 , %	k_0 , мД	kl_0 , мД	m_1 , %	k_1 , мД	kl_1 , мД	m АСПО, г
1	29.4969	776.66	752.969	27.823	752.404	744.374	0.468
2	29.5271	764.572	741.049	27.9051	575.323	568.39	0.542
3	29.2809	965.879	938.949	28.4249	741.633	733.692	0.272
4	25.0965	103.993	96.2791	23.7637	98.6528	96.0624	0.396
5	29.5993	710.369	687.866	28.5829	581.799	574.838	0.183
6	28.8079	859.122	833.855	26.7455	641.608	634.309	0.455
7	24.0802	204.109	192.876	22.4515	178.844	175.209	0.393
8	21.3682	12.4727	10.2735	19.5793	9.0613	8.3964	0.335
9	29.0934	612.729	591.685	27.7911	549.183	542.434	0.424
10	28.455	419.851	402.99	26.5438	318.537	313.569	0.469
11	29.1226	717.269	694.575	28.0854	619.82	612.622	0.219
12	23.7489	111.273	103.371	22.5935	80.3387	78.0315	0.23
13	23.9217	140.763	131.575	22.9317	103.44	100.83	0.275
14	26.9033	428.141	411.231	25.881	316.348	311.358	0.317

Примечание. m_0 — пористость до насыщения образцов нефтью; k_0 — проницаемость по воздуху до насыщения образцов нефтью; kl_0 — проницаемость по жидкости до насыщения образцов нефтью; m_1 — пористость после выпадения АСПО в поровом пространстве; k_1 — проницаемость по воздуху после выпадения АСПО в поровом пространстве; kl_1 — проницаемость по жидкости после выпадения АСПО в поровом пространстве; m АСПО — масса асфальтено-смолисто-парафиновых отложений, находящаяся в поровом пространстве.

Note. m_0 — porosity before saturation of samples with oil; k_0 — air permeability before saturation of samples with oil; kl_0 — liquid permeability before saturation of samples with oil; m_1 — porosity after precipitation of ASPO in the pore space; k_1 — air permeability after precipitation of ASPO in the pore space; kl_1 — permeability to liquid after precipitation of asphaltene-resin-paraffin deposits in the pore space; m ASPO is the mass of asphaltene-resin-paraffin deposits located in the pore space.

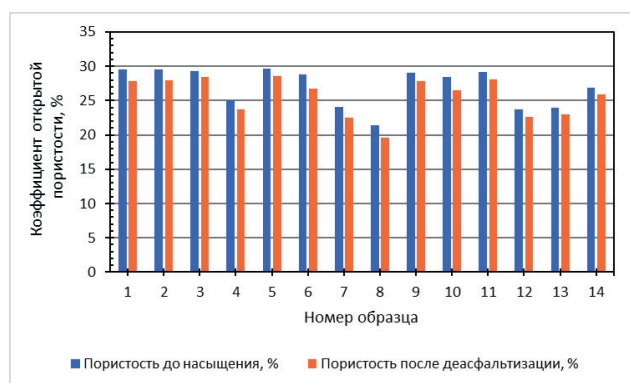


Рис. 1. Гистограмма изменение пористости

Fig. 1. Histogram change in porosity

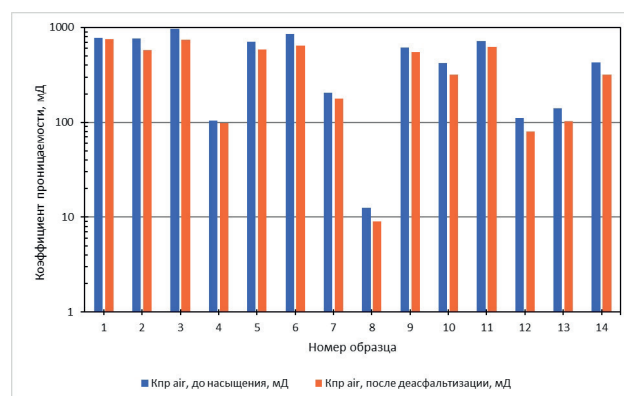


Рис. 2. Гистограмма изменение коэффициента проницаемости

Fig. 2. Histogram change in permeability coefficient

**Таблица 2. Относительное изменение фильтрационно-емкостных свойств
кernовых образцов после деасфальтизации**
Table 2. Relative change in filtration-capacitive properties of core samples after deasphalting

№ о образцов	Δm , %	Δk , %	Δk_l , %
1	-5.67	-3.12	-1.14
2	-5.49	-24.75	-23.3
3	-2.92	-23.22	-21.86
4	-5.31	-5.14	-0.23
5	-3.43	-18.1	-16.43
6	-7.16	-25.32	-23.93
7	-6.76	-12.38	-9.16
8	-8.37	-27.35	-18.27
9	-4.48	-10.37	-8.32
10	-6.72	-24.13	-22.19
11	-3.56	-13.59	-11.8
12	-4.87	-27.8	-24.51
13	-4.14	-26.51	-23.37
14	-3.8	-26.11	-24.29

Примечание. Δm — изменение коэффициентов пористости в результате осаждения АСПО в поровом пространстве; Δk — изменение коэффициентов проницаемости по воздуху в результате осаждения АСПО в поровом пространстве; Δk_l — изменение коэффициентов проницаемости по жидкости в результате осаждения АСПО в поровом пространстве.

Note. Δm — change in porosity coefficients as a result of the deposition of ASPD in the pore space; Δk — change in air permeability coefficients as a result of deposition of ASPD in the pore space; Δk_l — change in liquid permeability coefficients as a result of the deposition of ASPD in the pore space.

ницаемости существенно превышает уменьшение пористости для всех исследованных образцов. В большинстве случаев осаждение АСПО оказывает непропорционально более сильное влияние на фильтрационные свойства по сравнению с ёмкостными характеристиками.

Данный эффект указывает на селективный характер воздействия АСПО-компонентов на поровое пространство. Осаждение высокомолекулярных соединений преимущественно затрагивает узкие поровые каналы и горловины пор, которые в наибольшей степени определяют величину проницаемости, тогда как общий объём пор при этом изменяется в меньшей степени.

Заключение

Полученные экспериментальные результаты подтверждают, что осаждение АСПО нефти в поровом пространстве пород-коллекторов оказывает существенное влияние на их фильтрационные свойства. При этом основное ухудшение характеристик связано не с уменьшением пористости,

а с резким снижением проницаемости, что согласуется с физическими представлениями о фильтрации флюидов в пористой среде.

Наблюдаемая неоднородность изменений проницаемости, выражающаяся в широком диапазоне относительных значений (от нескольких до 25–30%), может быть объяснена различиями в исходной структуре порового пространства исследованных образцов. В коллекторах с развитой системой узких пор и поровых горловин даже незначительное осаждение АСПО-компонентов приводит к резкому сокращению эффективных каналов фильтрации. В то же время в образцах с преобладанием более крупных пор влияние осаждения проявляется в меньшей степени.

Следует отметить, что используемая в работе методика деасфальтизации с применением петролейного эфира представляет собой лабораторную модель процесса осаждения высокомолекулярных компонентов нефти. Несмотря на упрощённый характер условий по сравнению с пластовыми, данный подход позволяет количественно оценить влияние осаждения АСПО-ком-

понентов на фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов и выявить основные закономерности изменения их параметров.

Полученные результаты имеют практическую значимость при оценке изменения проницаемости призабойной зоны пласта в условиях выпадения асфальтено-смолисто-парафиновых отложений и могут быть использованы при анализе рисков ухудшения фильтрационных свойств коллекторов в процессе разработки нефтяных месторождений.

Список литературы

Баженова О.К., Бурлин Ю.К., Хаин В.Е., Соколов Б.А. Геология и геохимия нефти и газа. М.: Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, 2012. 432 с.

Заббаров Р.Р., Ахмитшин А.А., Валева Н.Г. Моделирование процесса деасфальтизации природных битумов и тяжелых нефтяных // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 18. С. 270–271. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20294470>

Злобин А.А., Эбзеева О.Р. Закономерности изменения смачиваемости пород-коллекторов по лабораторным данным // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Геология. Нефтегазовое и горное дело. 2013. Т. 12. № 8. С. 52–61. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21769744>

Коновальцева Е.С. Вторичные процессы в породах-коллекторах продуктивных отложений ярактинского ме-

сторождения // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2010. Т. 5. № 1. С. 1. <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33737185>

Хуснутдинов И.Ш. Исследование различных методов подготовки тяжелого нефтяного сырья // Вестник Казанского технологического университета. 2003. № 2. С. 231–235. <https://elibrary.ru/item.asp?id=9270089>

References

Bazhenova O.K., Burlin Yu.K., Sokolov B.A., Khain V.E. (2012) Geology and geochemistry of oil and gas. Moscow: Moscow State University named after M. V. Lomonosov. 432. p. (In Russian).

Zabbarov R.R., Akhmitshin A.A., Valeeva N.G. (2013) Modeling the process of deasphalting natural bitumen and heavy oil residues. Bulletin of Kazan Technological University. 16 (18), 270–271. <https://elibrary.ru/item.asp?id=20294470> (In Russian).

Zlobin A.A., Ebzeeva O.R. (2013) Regularities of Changes in Reservoir Rock Wettability Based on Laboratory Data. Subsoil Use. 12 (8), 52–61. <https://elibrary.ru/item.asp?id=21769744> (In Russian).

Konovaltseva E.S. (2010) Secondary Processes in Reservoir Rocks of Productive Sediments of the Yarakinskoye Field. Oil and Gas Geology. Theory and Practice. 5 (1), 1. <https://elibrary.ru/contents.asp?id=33737185> (In Russian).

Khusnutdinov I.Sh. (2003) Study of Various Methods of Preparing Heavy Oil Feedstock. Bulletin of the Kazan Technological University. (2), 231–235. <https://elibrary.ru/item.asp?id=9270089> (In Russian).

Сведения об авторе:

Баскатанов Вячеслав Максимович, студент 4-го курса Кубанского государственного университета, г. Краснодар, Россия, baskatanov@mail.ru

About the author:

Baskatanov Vyacheslav Maksimovich, 4th year student of Kuban State University, Krasnodar, Russia, baskatanov@mail.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 12.01.2026; одобрена после рецензирования 10.02.2026; принята к публикации 02.03.2026

The article was submitted 12.01.2026; approved after reviewing 10.02.2026; accepted for publication 02.03.2026