

Структура пустотного пространства карбонатных пород-коллекторов и ее связь с составом нефтей

Рассматриваются структуры пустотного пространства карбонатных пород. Выделяют поры, каверны селективного выщелачивания, каверны неселективного выщелачивания, трещинки растворения, трещины тектонической разгрузки. Они имеют определенное пространственное положение в нефтяных залежах. Обнаруживается определенная связь выделенных структур пустотного пространства с составом вмещающей нефти, а также с соотношением во флюиде воды и нефти, что следует учитывать при оптимизации разработки нефтяных залежей.

Ключевые слова: карбонат, коллектор, структура пустотного пространства, каверна, трещина, нефть.

Во многих работах (Смехов, Дорофеева, 1987; Кузнецов, 1992; Багринцева, 1999; Lucia, 1999; Einsele, 2000; Атлас структурных ..., 2005; Карбонатные породы ..., 2005 и др.) достаточно подробно приведена типизация структур пустотного пространства карбонатных пород. Среди них выделяют поры, каверны, трещины. Однако в подавляющем большинстве работ указываются лишь морфологические признаки различных пустот, и не всегда убедительно доказывается их пространственная распространенность. Тогда как понимание природы тех или иных типов пустот, развитых в известняках, позволит прогнозировать их развитие в определенных участках разрезов и выявить факторы их формирования.

Хорошо известно, что в карбонатных породах-коллекторах могут присутствовать различные по физико-химическим свойствам нефти и даже битумы (Нефтегазоносность ..., 2007). Однако проведенный анализ литературы не позволяет строго выявить причины присутствия в пределах залежей различных по составу нефтей (за исключением зон водонефтяных контактов), а также показать их связь с различными морфолого-генетическими типами структур пустотного пространства карбонатных пород.

Поэтому задача настоящей работы состоит в том, чтобы на основании ранее проведенной морфолого-генети-

ческой типизации структур пустотного пространства карбонатных пород (Морозов и др., 2012) показать их пространственную приуроченность в типичных разрезах нефтяных залежей. Последнее позволит с учетом данных геофизического исследования скважин делать прогноз их распространенности по вскрытой бурением части разрезов нефтяных залежей, а также реализовать более оптимальные схемы разработки нефтяных залежей.

Объектами исследования являлись карбонатные отложения турнейского и башкирского ярусов восточного борта Мелекесской впадины и западного склона Южно-Татарского свода, слагающие нефтяные месторождения – Аканское, Демкинское, Онбийское, Тавельское. При изучении кернового материала, получении экспериментальных данных, обсуждении результатов авторы стремились следовать историко-геологическому подходу, рассматривающему карбонатные толщи как развивающиеся во времени и пространстве объекты, а также положения о стадийности геодинамического и геофлюидного режимов развития осадочных бассейнов (Осадочные бассейны ..., 2004; Япаскурт, 2005).

Формирование пустотного пространства в карбонатных породах (пор, каверн, трещин) происходит на различных этапах фонового литогенеза – седиментогенезе, диагенезе

и катагенезе, а также при реализации вторичных изменений, которые имеют наложенный характер.

В составе пустотного пространства карбонатных пород по морфологическим особенностям, согласно К.И. Багринцевой (1999), могут быть выделены: пористость (межзерновая пустотность), кавернозность (межагрегатная пустотность) и трещиноватость. Имеются и другие классификации, основанные на размерных характеристиках пустот (Смехов, Дорофеева, 1987).

Типы пустотного пространства		Диагностические признаки	Распространенность	Происхождение	Основные факторы, контролирующие их происхождение
Поры		Межзерновая пустотность. Размер пор составляет величины менее 0,01 мм	В известняках, не подверженных вторичным изменениям. Повсеместно	Образуются при седиментогенезе, диагенезе, катагенезе.	Фоновый литогенез (седиментогенез-катагенез)
Каверны выщелачивания	Селективный вид	Межагрегатная пустотность. Размеры каверн не превышают расстояния между зоогенными органическими остатками	Лишь в биокластово-зоогенных известняках первого типа в нефтяных и водобитумных зонах	Образуются в результате растворения и перекристаллизации микрита в биокластово-зоогенных известняках первого типа	Геофлюидный
	Неселективный вид	Межагрегатная пустотность. Размеры каверн превышают расстояния между зоогенными органическими остатками	Лишь в биокластово-зоогенных известняках первого типа в частично разрушенных и водобитумных зонах	Образуются в результате растворения микрита и органических остатков в биокластово-зоогенных известняках первого типа	Геофлюидный
Трещины	Растворения	Трещинки извилистой до древовидной формы.	В плотных известняках, разделяющих породы-коллекторы	Образуются в результате растворения (флюидодинамические трещинки)	Геофлюидный
	Тектонической разгрузки	Имеют субвертикальную ориентировку. Нередко заполнены сульфатами.	Повсеместно	Образуются за счет снятия тектонического напряжения	Геодинамический

Таблица 1. Морфолого-генетическая классификация типов пустотного пространства известняков.

Однако последние не несут генетической информации и в настоящей работе не используются.

Согласно ранее опубликованным данным (Морозов и др., 2012), в карбонатных породах-коллекторах выделяются поры, каверны селективного выщелачивания, каверны неселективного выщелачивания, трещинки растворения и трещины тектонической разгрузки (трещины растяжения). Каждый выделенный тип пустотности имеет определенные диагностические признаки и довольно строгую пространственную приуроченность в пределах изученных разрезов нефтяных залежей. Кроме того, на основании проведенной геолого-исторической реконструкции формирования карбонатных отложений удалось определить условия их происхождения и контролирующие факторы (Табл. 1).

В ходе изучения керна карбонатных пород в изучаемых отложениях пластовых и массивных литологически неоднородных нефтяных залежах была замечена определенная пространственная приуроченность выделенных типов структур пустотного пространства.

Типичным примером, показывающим пространственную приуроченность типов структур пустотного пространства пластовых нефтяных залежей, являются многие нефтяные залежи турнейского яруса. Сводные данные по их изучению сведены в таблице 2. Они показывают на определенное пространственное распределение выявленных

типов пустотного пространства по разрезу:

– селективная кавернозность распределена практически повсеместно; однако, если в нефтяной и водобитумной частях залежей она распространена весьма широко и практически повсеместно, то в плотных породах встречается спорадически, чем и обусловлена их пятнистая нефтенасыщенность;

– неселективная кавернозность присутствует лишь в водобитумной зоне, которая по данным ГИС называется зоной водонефтяного контакта;

– трещинки растворения в керна изученных скважин не наблюдались; однако в аналогичных скважинах турнейского яруса они иногда обнаруживаются, хотя и весьма редко, поэтому строго говорить об их пространственной приуроченности не представляется возможным;

– трещины тектонической разгрузки наблюдаются во всех участках разреза; однако не во всех скважинах, вскрывших отложения турнейского яруса, они обнаруживаются.

Пространственную приуроченность структур пустотного пространства для многих массивных литологически неоднородных нефтяных залежей можно рассмотреть на примерах карбонатных отложений башкирского яруса. Данные по их изучению сведены в таблицу 3. Они также указывают на определенное пространственное распределение выявленных типов пустотного пространства по разрезу:

Стратиграфия	Литологический состав	Мощность, м	Зональность по петрофизическим свойствам	Типы структур пустотного пространства				
				Кавернозность		Трещины		
				селективная	неселективная	растворения	тектонической разгрузки	
Бобриковско-тульский горизонт визейского яруса				Породы-покрышки				
Турнейский ярус	Кизеловский горизонт	ИБЗ-1 >> ИБФ, ИБФЗ	14-16	Нефтяная	Присутствует	Не обнаружена		Присутствуют весьма редко
	Черепетский горизонт	ИБФ > ИБФЗ > ИБЗ-1	18-24	Плотные породы. Нефтенасыщенность преимущественно пятнистая	Присутствует	Не обнаружена		Присутствуют весьма редко
	Малевско-упинский нерасчлененный горизонт	ИБЗ-1	>7	Водобитумная (зона ВНК)	Присутствует	Присутствует	Не обнаружена	Присутствуют весьма редко

Таблица 2. Сводная схема зональности разреза турнейского яруса по типам пустотного пространства. Ар – аргиллит, Ал – алевролит, Пгл – песчаник глинистый, ИБЗ-1 – известняк биокластово-зоогенный первого типа, ИБФ – известняк биокластово-фитозоогенный, ИБФЗ – известняк биокластово-фитозоогенный.

Стратиграфия	Литологический состав	Мощность, м	Зональность по петрофизическим свойствам	Типы структур пустотного пространства				
				Кавернозность		Трещины		
				селективная	неселективная	растворения	тектонической разгрузки	
Верейский горизонт московского яруса				Породы-покрышки				
Башкирский ярус. Горизонты не выделяются	ИБЗ-1	17-40	Нефтяная	Присутствует	Не обнаружены		Присутствуют	
	ИБЗ-1				Плотные породы			
	ИБЗ-1 >> ИЛ				Присутствует	Присутствует		Присутствует
	ИБЗ-1 >> ИЛ				Плотные породы			Присутствует
Верхи серпуховского или низы башкирского ярусов	ИБЗ-1	>20	Водобитумная (зона ВНК)	Присутствует	Присутствует	Присутствует	Присутствуют	

Таблица 3. Сводная схема зональности разрезов башкирского яруса по типу пустотного пространства. Ар – аргиллит, ИБЗ-1 – известняк биокластово-зоогенный первого типа, ИБЗ-1 – известняк биокластово-зоогенный второго типа, ИП – известняк пелитоморфный, ИЛ – известняк литокластовый.

– селективная кавернозность распространена довольно широко как в нефтяной, так и в нефтяной частично разрушенной, также в водобитумной частях залежи;

– неселективная кавернозность отсутствует лишь в нефтяных частях залежей и распространена в нефтяных частично разрушенных залежах, расположенных ниже, а также в зонах водонефтяного контакта;

– трещинки растворения в керновом материале изученной скважины часто имеют субвертикальную пространственную ориентировку и наблюдаются в плотных не нефтенасыщенных породах;

– трещины тектонической разгрузки характерны для отложений башкирского яруса и могут наблюдаться во всех участках разрезов.

В заключении следует сказать, что в результате проведенных исследований на основании выделения типов структур пустотного пространства выявлена их пространственная приуроченность к определенным зонам пластовых (турнейский ярус) и литологически неоднородных массивных (башкирский ярус) нефтяных залежей. Это, на наш взгляд, является важным и должно учитываться в целях оптимизации разработки нефтяных залежей в карбонатных породах-коллекторах.

Литература

Атлас структурных компонентов карбонатных пород. Фортунагова Н.К., Карцева О.А., Баранова А.В., Агафонова Г.В., Офман И.П. М.: ВНИГНИ. 2005. 440 с.

Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. М.: РГУ. 1999. 282 с.

Карбонатные породы-коллекторы фанерозоя нефтегазоносных бассейнов России и сопредельных территорий. Белонин М.Д., Бе-

лоновская Л.Г., Булач М.Х., Гмид Л.П., Шиманский В.В. СПб: «Недра». 2005. Кн. 1 – 260 с. Кн. 2 – 156 с.

Кузнецов В.Г. Природные резервуары нефти и газа карбонатных отложений. М.: Недра. 1992. 240 с.

Морозов В.П., Плотникова И.Н., Закиров Р.Х., Кольчугин А.Н., Кальчева А.В., Королев Э.А. Морфолого-генетическая классификация структур пустотного пространства карбонатных пород-коллекторов. *Георесурсы*. № 4(46). 2012. С. 19–22.

Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений. Под ред. Р.Х. Муслимова. Казань: Изд-во «Фэн». 2007. Т. I – 316 с. Т. II – 524 с.

Осадочные бассейны: методика изучения, строение и эволюция. М.: «Научный мир». 2004. 526 с.

Смехов Е.М., Дорофеева Т.В. Вторичная пористость горных пород – коллекторов нефти и газа. М.: «Недра». 1987. 96 с.

Япаскерт О.В. Основы учения о литогенезе. М.: Изд-во МГУ. 2005. 379 с.

Einsele G. Sedimentary basins: evolutions, facies, and sediment budget. Berlin: Springer-Verlag. 792 p.

Сведения об авторах

Владимир Петрович Морозов – доктор геол.-мин. наук, профессор, заведующий кафедрой минералогии и литологии

Ирина Николаевна Плотникова – доктор геол.-мин. наук, заведующий кафедрой геологии нефти и газа

Алексей Александрович Ескин – ассистент каф. минералогии и литологии

Эдуард Анатольевич Королев – канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии

Антон Николаевич Кольчугин – канд. геол.-мин. наук, доцент кафедры минералогии и литологии

Никита Владимирович Пронин – ст. преподаватель кафедры геологии нефти и газа

Казанский (Приволжский) Федеральный университет. 420008, Россия, Казань, ул. Кремлевская, 18. Тел: (843) 233-79-88.

Voids Structure of Carbonate Reservoir and its Relation with Oil Composition

V.P. Morozov, I.N. Plotnikova, A.A. Eskin, E.A. Korolev, A.N. Kol'chugin, N.V. Pronin

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia, Vladimir.Morozov@kpfu.ru

Abstract. Void space structures of carbonate rocks are considered. Pores, selective leaching caverns, nonselective leaching caverns, dissolution fractures, tectonic relief fractures are allocated. They have certain spatial position in the oil deposits. Determined relation of allocated void structures with adjacent oil composition, as well as with ratio of water and oil in the fluid is found. Obtained data should be considered when optimizing oil reservoir development.

Keywords: carbonate, reservoir, voids structure, caverns, fractures, oil.

References

Atlas strukturnykh komponentov karbonatnykh porod [Atlas of the structural components of carbonate rocks]. Fortunatova N.K., Kartseva O.A., Baranova A.V. et al. Moscow: VNIGNI Publ. 2005. 440p.

Bagrinceva K.I. Conditions of formation and properties of carbonate reservoirs of oil and gas. Moscow: RGGU Publ. 1999. 282p. (In russian)

Karbonatnye porody-kollektory fanerozoia neftegazonosnykh basseynov Rossii i sopredel'nykh territoriy [Carbonate reservoir rocks of Phanerozoic oil and gas basins of Russia and adjacent territories]. Belonin M.D., Belonovskaya L.G., Bulach M.Kh. et al. St. Petersburg: «Nedra» Publ. 2005. Vol. 1 – 260 p. Vol. 2 – 156 p.

Kuznetsov V.G. Prirodnye rezervuary nefiti i gaza karbonatnykh otlozheniy [Natural reservoirs of oil and gas carbonate deposits]. Moscow: «Nedra» Publ. 1992. 240p.

Morozov V.P., Plotnikova I.N., Zakirov R.Kh., Kol'chugin A.N. et al. Morphological-genetic classification of carbonate reservoir voids structure. *Georesursy* [Georesources]. № 4(46). 2012. Pp.19–22.

Petroleum potential of the Republic of Tatarstan. Geology and

development of oil fields. Ed. by R.Kh. Muslimov. Kazan: «Fen» Publ. 2007. Vol. I – 316 p. Vol. II – 524 p. (In russian)

Sedimentary Basins: Study Methods, Structure, and Evolution. Moscow: «Nauchnyy mir» Publ. 2004. 526p. (In russian)

Smekhov E.M., Dorofeeva T.V. Vtorichnaya poristost' gornykh porod-kollektorov nefiti i gaza [Secondary porosity of oil and gas reservoirs]. Moscow: «Nedra» Publ. 1987. 96p.

Yapaskurt O.V. Fundamentals of lithogenesis. Moscow: MGU Publ. 2005. 379p. (In russian)

Einsele G. Sedimentary basins: evolutions, facies and sediment budget. Berlin: Springer-Verlag. 792p.

Information about authors

Vladimir P. Morozov – Dr. Sci. (Geol.-Min.), Professor, Head of the Department of Mineralogy and Lithology

Irina N. Plotnikova – Dr. Sci. (Geol.-Min.), Head of the Department of Oil and Gas Geology

Aleksey A. Eskin – assistant professor of the Department of Mineralogy and Lithology

Eduard A. Korolev – Cand. Sci. (Geol.-Min.), Associate Professor of the Department of of general geology and hydrogeology

Anton N. Kol'chugin – Cand. Sci. (Geol.-Min.), Associate Professor of the Department of Mineralogy and Lithology

Nikita V. Pronin – Senior Lecturer at the Department of Oil and Gas Geology

Kazan (Volga region) Federal University, 420008, Kremlevskaya Str., 18, Kazan, Russia. Tel.: +7(843) 233-79-88.