

УДК 553.982

Н.Г. Нурғалиева, Э.А. Королев, А.В. Кальчева, В.М. Смелков, А.А. Ескин
 Казанский (Приволжский) федеральный университет, г. Казань
 e-mail: *nouria.nourgalieva@kpfu.ru, Alla.Kalcheva@kpfu.ru*

Литолого-петрофизические характеристики нефтеносных пород-коллекторов башкирского яруса южного склона Южно-Татарского свода

В статье рассмотрены строение и петрофизические свойства пород-коллекторов нефтеносных отложений башкирского яруса южного склона Южно-Татарского свода (север Оренбургской области). Установлено, что перспективные для освоения нефтеносные интервалы в карбонатных разрезах башкирского яруса приурочены к зонам развития эпигенетических доломитов и разуплотненных биокластовых известняков, сложенных крупными органическими остатками. Доломитовые породы-коллекторы характеризуются довольно равномерным нефенасыщением, выраженной кавернозностью, средне-крупнозернистой структурой и однородной текстурой. Зерна доломитов содержат включения нефти и реликты исходных известняков. Биокластовые известняки с хорошими коллекторскими свойствами, обусловленными специфической органогенной структурой, массивной текстурой и неравномерной кавернозностью, отмечаются по всему разрезу башкирского яруса. Эпигенетические процессы выщелачивания и доломитизации установлены как ведущие в формировании фильтрационно-емкостного пространства в башкирских карбонатных отложениях. Наиболее интенсивному воздействию выщелачивания были, по-видимому, подвержены биокластовые известняки, сложенные крупными органическими остатками (с размерами более 0,5 мм). Образование доломитовых пород-коллекторов рассматривается как результат процессов выноса и привноса минерального вещества. Стационарные условия среды и медленная скорость доломитизации обусловили формирование породы, состоящей из относительно однородных доломитовых кристаллов гипидиаморфной формы.

Ключевые слова: башкирский ярус, нефтеносные породы-коллекторы, петрофизические свойства, минеральный состав.

Башкирские отложения Оренбургской области традиционно являются одним из объектов поисков и разведки углеводородных скоплений в Волго-Уральской нефтегазосной провинции (Сысоева, 2011).

Наиболее перспективные участки для поисково-разведочных работ относятся к южному склону Южно-Татарского свода, где давно разрабатывается ряд нефтяных месторождений (Клубов, Свищев, 1963). Керновый материал одного из них и явился объектом наших исследований.

Нефтяные месторождения севера Оренбургской области находятся в эксплуатации с 1952 г. Основные запасы углеводородов связаны с отложениями позднедевонского и раннекаменноугольного возрастов. Промышленная нефть установлена и в башкирском ярусе, однако сложное строение локализованных здесь нефтяных залежей, преобладание в них тяжелых и высокосмолистых углеводородов, а также неопределенное положение уровня водонефтяных контактов до последнего времени затрудняли изучение данного нефтеносного комплекса. Между тем, по данным геофизических исследований к башкирским отложениям часто бывают приурочены весьма перспективные интервалы, которые характеризуются определенными по керну значениями параметров фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) (Табл. 1).

В соответствии с оценочно-генетической классифика-

цией карбонатных пород по К.И. Багринцевой (Багринцева, 1999), выделенные интервалы относятся к средне- и высокоемким коллекторам кавернозно-порового (группа А) и порового (группа В) типов (II-IV классов). Именно они представляют наибольший интерес для поисково-разведочных работ.

Изучение кернового материала показало, что высококачественные коллекторы в разрезах башкирского яруса представлены двумя основными структурно-генетическими типами карбонатных пород: эпигенетическими доломитами и разуплотненными биокластово-зоогенными известняками. Доломитовые породы-коллекторы развиты преимущественно в верхней и средней частях карбонатного нефтеносного комплекса башкирского яруса. Их толщина варьирует от 0,6 до 5,0 м. Визуально породы характеризуются равномерной темно-коричневой окраской, обусловленной присутствием углеводородов, ясно-зернистой структурой, массивной текстурой, наличием многочисленных каверн размером до 2,0 мм (Рис. 1а).

По данным оптико-микроскопических исследований структура доломитов средне-крупнозернистая, текстура – однородная (Рис. 1б). Породы сложены разноориентированными гипидиаморфными зёрнами доломитов, образующими незакономерные сростки. Зерна доломитов содержат вкрапления нефти и реликты исходных известня-

ков. В плотных комформнозернистых сростках отмечаются редкие теневые структуры органических остатков. Доломиты содержат 15-20 % каверн, относительно равномерно распределенных в объеме породы, придавая им «ситчатый» облик. Каверны размером 0,5-2,0 мм сообщающиеся, выполнены углеводородами.

Известняки биокластово-зоогенные с хоро-

Интервал, м	УЭС, Ом*м	К _п , %	К _н , %	К _{пр} АБС, 10 ⁻³ мкм ²	К _{пр} ФАЗ, 10 ⁻³ мкм ²	Группа	Класс
850,0-854,5	92,8	17,2	83,6	315,1	154,5	А	II
863,5-864,7	73,6	15,3	79,2	117,4	96,2	В	III
867,8-868,8	72,6	17,6	81,4	354,1	163,5	А	II
871,0-872,0	79,3	14,9	78,9	74,8	77,5	В	IV

Табл. 1. Результаты интерпретации данных геолого-геофизических исследований.

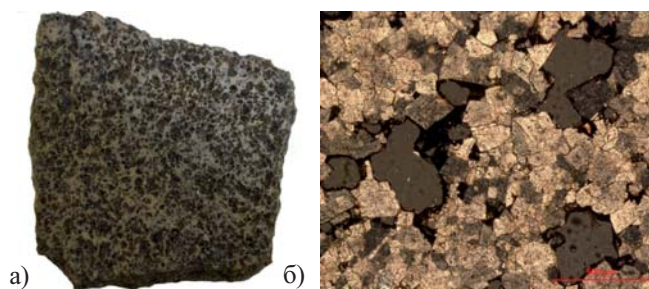


Рис. 1. Фото образца (а) и шлифа (б) доломитового коллектора башкирского яруса (Южно-Татарский свод, север Оренбургской области).

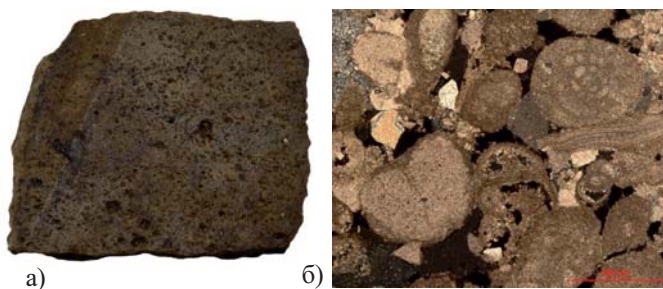


Рис. 2. Фото образца (а) и шлифа (б) разуплотненного биокластово-зоогенного известняка башкирского яруса (Южно-Татарский свод, север Оренбургской области).

шими коллекторскими свойствами встречаются по всему разрезу башкирского яруса. Однако наиболее продуктивные приурочены к его средней части. Коллекторы, находящиеся в нижней части разреза, как правило, подвержены природному обводнению. Нефтеносные интервалы имеют толщину от 1,0 до 2,5 м. Визуально известняки характеризуются интенсивной темно-коричневой окраской (за счет присутствия углеводородов), хорошо выраженной органогенной структурой, массивной текстурой, неравномерной кавернозностью (Рис. 2а).

По данным оптико-микроскопических исследований структура известняков – биоморфная, текстура – однородная (Рис. 2б). Породы на 80-85 % сложены органическими остатками, на 15-20 % – цементирующим веществом. Органические остатки размером 0,25-1,0 мм представлены преимущественно раковинами фораминифер, в меньшей степени члениками криноидей, створками брахиопод, фрагментами кораллов. Остатки морских животных сцементированы кальцитовым цементом. Цемент базально-порового типа, по структуре мелко-среднезернистый. Из-

Тип коллектора (интервал, м)	Коэффициент открытой пористости, %	Коэффициент остаточной нефтенасыщенности, %		Проницаемость по газу параллельно напластованию, мкм ²
		к массе породы	к объему пор	
Доломитовый (850,0-854,5м)	$\frac{10,24 \div 24,71}{15,91}$	$\frac{1,32 \div 3,69}{2,16}$	$\frac{30,53 \div 50,03}{36,85}$	$\frac{0,025 \div 1,500}{0,488}$
Известковый (863,5-864,7м)	$\frac{13,19 \div 18,03}{15,36}$	$\frac{1,44 \div 2,32}{1,82}$	$\frac{28,26 \div 34,90}{30,65}$	$\frac{0,070 \div 0,499}{0,240}$
Доломитовый (867,8-868,8м)	$\frac{14,31 \div 21,24}{17,18}$	$\frac{2,22 \div 4,21}{3,24}$	$\frac{36,68 \div 70,57}{51,19}$	$\frac{0,182 \div 2,170}{0,945}$
Известковый (871,0-872,0м)	$\frac{9,74 \div 24,61}{14,78}$	$\frac{1,19 \div 3,19}{1,92}$	$\frac{27,17 \div 42,40}{35,53}$	$\frac{0,003 \div 3,760}{1,020}$

Табл. 2. Петрофизические свойства карбонатных коллекторов башкирского яруса. Примечание: в числителях дробей представлен диапазон изменения величин от минимальных до максимальных, в знаменателях – средние значения по интервалам.

вестняк содержит ~15% пор и каверн, относительно равномерно распределенных в объеме породы. Порово-кавернозные каналы диаметром 0,1-1,5 мм характеризуются извилистыми очертаниями, вертикальной и латеральной сообщаемостью, наличием углеводов.

Изучение петрофизических параметров нефтенасыщенных карбонатных пород лабораторными методами показало, что выделенные интервалы обладают весьма высокими ФЕС (Табл. 2). По показателям ФЕС они относятся к средним и высокоёмким коллекторам. Учитывая отсутствие следов обводнения, данные породы можно рассматривать в качестве наиболее перспективных для промышленной разработки в разрезе башкирского яруса. По-видимому, все значимые по запасам нефтяные залежи этого стратиграфического подразделения в дальнейшем будут связаны именно с подобными типами карбонатных коллекторов.

Таким образом, литолого-петрофизические исследования башкирских отложений показывают, что в преимущественно низкопроницаемых карбонатных разрезах основные участки аккумуляции углеводородов связаны с зонами развития эпигенетических процессов выщелачивания и доломитизации.

Наиболее интенсивному воздействию агрессивных растворов были подвержены биокластовые зоогенные известняки, в составе которых преобладают крупные (>0,5 мм) органические остатки. Подобная избирательность обусловлена тем, что в этих породах создаются более благоприятные условия для растворения и выноса минерального вещества подвижными флюидами. Преимущественно сферическая форма раковин обуславливает их неплотное прилегание друг к другу и, как следствие, образование между ними различных по размерам и морфологии зазоров. Микритовый кальцит, выполняющий эти зазоры, вследствие высокой удельной поверхности, обладает лучшей растворимостью по сравнению с органическими остатками. Поэтому в первую очередь он и выщелачивался из пород при их взаимодействии с углекислыми водонефтяными флюидами. Избирательное воздействие агрессивных растворов привело к тому, что известняки оказались буквально пронизанными многочисленными порово-кавернозными каналами. При этом соприкасающиеся раковины смогли сохранить жесткий каркас карбонатных пород, не позволивший им уплотниться под действием литостатического давления. Так, биокластовые зоогенные известняки приобрели свои высокие ФЕС, став впоследствии нефтеносными коллекторами.

Образование доломитовых коллекторов представляет собой более сложный процесс, осуществляющийся не только выносом, но и привносом минерального вещества. Наличие в доломитах реликтов органических остатков свидетельствует, что первоначально породы являлись биокластово-зоогенными известняками. Свой окончательный состав и облик они приобрели лишь после взаимодействия с катагенными растворами. Очевидно, на одной из стадий тектонических активизаций Южно-Татарского свода, по разломам осуществлялась миграция магнийсодержащих углекислых флюидов. В зо-

нах разгрузок, под действием агрессивных растворов, активизировались процессы выщелачивания и выноса избыточных ионов кальция. Одновременно, за счет повышения парциального давления CO_2 в пласте и содержания ионов Mg^{2+} в растворе, шло образование доломитов.

Стационарные условия среды и медленная скорость доломитизации обусловили формирование породы, состоящей из относительно однородных доломитовых кристаллов гипидиаморфной формы.

Таким образом, результаты изучения kernового материала показывают, что в разрезах башкирского яруса южной части Южно-Татарского свода на севере Оренбургской области имеются весьма перспективные для освоения интервалы, связанные с зонами интенсивного выщелачивания и эпигенетической доломитизации.

Литература

- Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. М.: Изд-во РГГУ. 1999. 285 с.
- Клубов В.А., Свищев М.Ф. Зоны нефтенакпления юго-восточного Урало-Поволжья и типы нефтяных и газовых залежей. *Геология нефти и газа*. 1963. № 6. С. 14-21.
- Сысоева Е.Н. Условия формирования и распространения ло-

вушек стратиграфического, литологического и комбинированного типов и перспективы поисков залежей нефти и газа в нефтегазоносных районах Оренбургской области. *Автореф. дисс. канд. геол.-мин. наук*. Москва. 2011. 25 с.

Сведения об авторах

- Нурия Гавазовна Нурғалиева* – доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры геологии нефти и газа
- Эдуард Анатольевич Королев* – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры общей геологии и гидрогеологии
- Алла Владимировна Кальчева* – заведующая лабораторией, ассистент кафедры геологии нефти и газа
- Вячеслав Михайлович Смелков* – кандидат геолого-минералогических наук, доцент кафедры геологии нефти и газа
- Алексей Анатольевич Ескин* – кандидат геолого-минералогических наук, ассистент кафедры минералогии и литологии

Институт геологии и нефтегазовых технологий Казанского (Приволжского) федерального университета
420008, Казань, ул. Кремлевская, д. 4/5.
Тел: (843) 292-96-92, (843) 233-79-96, (843) 292-62-93.

Lithological and Petrophysical Parameters of Bashkirian Oil Reservoirs on the Southern Slope of the South Tatar Arch

N.G. Nurgalieva, E.A. Korolev, A.V. Kalcheva, V.M. Smelkov, A.A. Eskin

Kazan (Volga region) Federal University, Kazan, Russia, e-mail: nouria.nurgalieva@kpfu.ru, Alla.Kalcheva@kpfu.ru

Abstract. The article describes structure and petrophysical properties of Bashkirian oil reservoir rocks on the southern slope of the South Tatar arch (north of Orenburg region). Promising oil-bearing carbonate intervals of the Bashkirian tier are confined to areas of epigenetic dolomites and decompressed bioclastic limestones, composed of large organic residues. Dolomite reservoirs are established mainly in the middle and upper parts of the Bashkirian carbonate strata. They are characterized by fairly uniform oil saturation, intense cavern porosity, middle to coarse grained structure and uniform texture. Dolomite grains contain inclusions of oil and relics of original limestones. Bioclastic limestones are established in the whole Bashkirian section. They have good reservoir properties, which are determined by specific organogenic structure, massive texture and uneven cavern porosity.

Epigenetic processes of leaching and dolomitization are set as leading processes in the formation of reservoir space in the Bashkirian carbonate deposits. Bioclastic limestones composed of large organic residues (with a size greater than 0.5 mm) were apparently subjected to the most intensive leaching. Such selectivity is explained by the fact that conditions for dissolution and removal of mineral matter by moving fluids were more favorable in these rocks. Formation of dolomite reservoir rocks is considered as a result of removal and supply of mineral matter. Probably, carbonate fluids containing magnesium migrated along the faults during tectonic activity of the South-Tatar arch. Leaching and removal of excess calcium ions were initiated in areas of unloading under aggressive solutions. Simultaneously, dolomites were formed at the expense of increased partial pressure of carbon dioxide and content of magnesium ions in the solution. Static environmental conditions and low rate of dolomitization have caused formation of rocks comprised of relatively uniform dolomite crystals of hypautomorphic form.

Keywords: Bashkirian tier, reservoir rocks, mineral composition, petrophysical properties.

References

- Bagrintseva K.I. Usloviya formirovaniya i svoystva karbonatnykh kolektorov nefi i gaza [Generation conditions and properties of oil and gas carbonate reservoirs]. Moscow: "RGGU" Publ. 1999. 285 p.
- Klubov V.A., Svishev M.F. Zony neftenakopleniya yugovostochnogo Uralo-Povolzh'ya i tipy neftyanykh i gazovykh zalezhey [Oil accumulation zones of southeast of the Ural-Volga region and types of oil and gas deposits]. *Geologiya nefi i gaza* [Oil and gas geology]. 1963. № 6. Pp. 14-21.
- Kulakov A.I., Mozhaev N.S. O neftenosnosti terrigenogo kompleksa nizhnego karbona na territorii Orenburgskoy oblasti [About oil-bearing terrigenous complex of Lower Carboniferous in the Orenburg region]. *Geologiya nefi i gaza* [Oil and gas geology]. 1958. № 5. Pp. 32-36.
- Sysoeva E.N. Usloviya formirovaniya i rasprostraneniya lovushek stratigraficheskogo, litologicheskogo i kombinirovannogo tipov i perspektivy poiskov zalezhey nefi i gaza v neftegazonosnykh rayonakh Orenburgskoy oblasti [Generation and distribution conditions of stratigraphic, lithological and combined traps and prospects of the search for oil and gas deposits in the Orenburg region]. *Avtoref. Diss. kand. geol.-min. nauk* [Abstract Cand. geol. and min. sci. diss.]. Moscow. 2011. 25 p.

Information about authors

- Nuriya G. Nurgalieva* – Doctor of Science, Professor of the Oil and Gas Geology Department
- Eduard A. Korolev* – PhD, associate professor of the General Geology and Hydrogeology Department
- Alla V. Kalcheva* – Head of the Laboratory of Oil and Gas Geology Department
- Vyacheslav M. Smelkov* – PhD, associate professor of the Oil and Gas Geology Department
- Aleksey A. Eskin* – assistant of the Mineralogy and Lithology Department
- Institute of Geology and Petroleum Technologies, Kazan (Volga region) Federal University. 420008, Kazan, Kremlevskaya str., 4/5
Phone: +7(843)292-96-92, +7(843)233-79-96, +7(843)292-62-93.