

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/17_2017

УДК 552.54:551.734.5/.735(470.111)

Журавлев А.В., Вевель Я.А., Груздев Д.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, avzhuravlev@geo.komisc.ru, yadviga_vevel@mail.ru, dagruzdev@geo.komisc.ru

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОРОВОГО ПРОСТРАНСТВА В ПОРОДАХ ВЕРХНЕДЕВОНСКО-КАМЕННОУГОЛЬНОГО КАРБОНАТНОГО КОМПЛЕКСА ПАЙ-ХОЙСКОГО ПАРАВТОХТОНА

Рассмотрена характеристика межзернового порового пространства в карбонатных отложениях верхнего девона – карбона Пай-Хойского карбонатного паравтохтона. Общая и открытая пористости карбонатных пород характеризуются низкими значениями, при этом в поровом пространстве преобладают мелкие поры со средним диаметром. Основными факторами, контролирующими величину межзерновой пористости верхнедевонско - каменноугольных карбонатов, являются структура породы и степень вторичных преобразований: пористость прямо пропорциональна размеру детрита и снижается в доломитизированных и сильно катагенетически преобразованных разностях.

Ключевые слова: межзерновая пористость, карбонатные породы, верхний девон – карбон, Пай-Хойский карбонатный паравтохтон.

Северо-восточное обрамление Коротаихинской впадины образует Пай-Хойский карбонатный паравтохтон (ПКПА). С северо-востока и юго-запада он ограничен зонами крупных разрывных нарушений – Главным (ГПН) и Южным (ЮПН) Пайхойскими надвигами [Тимонин, Юдин, Беляев, 2004; Орогенез севера Урала..., 1994] (рис. 1). Для паравтохтона характерно развитие интенсивных складчатых и разрывных дислокаций. Структуры паравтохтона, погребенные под пермскими терригенными отложениями, рассматриваются в качестве перспективных на нефть и газ. Основные перспективы нефтегазоносности связываются с верхнедевонско-каменноугольным карбонатным комплексом [Основные положения..., 2005; Прищепа, Орлова, Чумакова, 2008]. Прогнозные ресурсы по категории Д1+Д2 в пределах Сабриягинской, Янгарейской и Верхнеянгарейской структур северо-восточного борта Коротаихинской впадины составляют 28,95 млн. т. по нефти и 15,127 млрд. м³ по свободному газу [Прищепа, Орлова, Чумакова, 2008].

Верхнедевонско-каменноугольный карбонатный комплекс северной части ПКПА сложен преимущественно мелководными (биогермными и отмельными) известняками и доломитами. Эти отложения были детально изучены в ходе геолого-съёмочных работ в 2014-2015 гг. [Журавлев, Герасимова, Вевель, 2015].

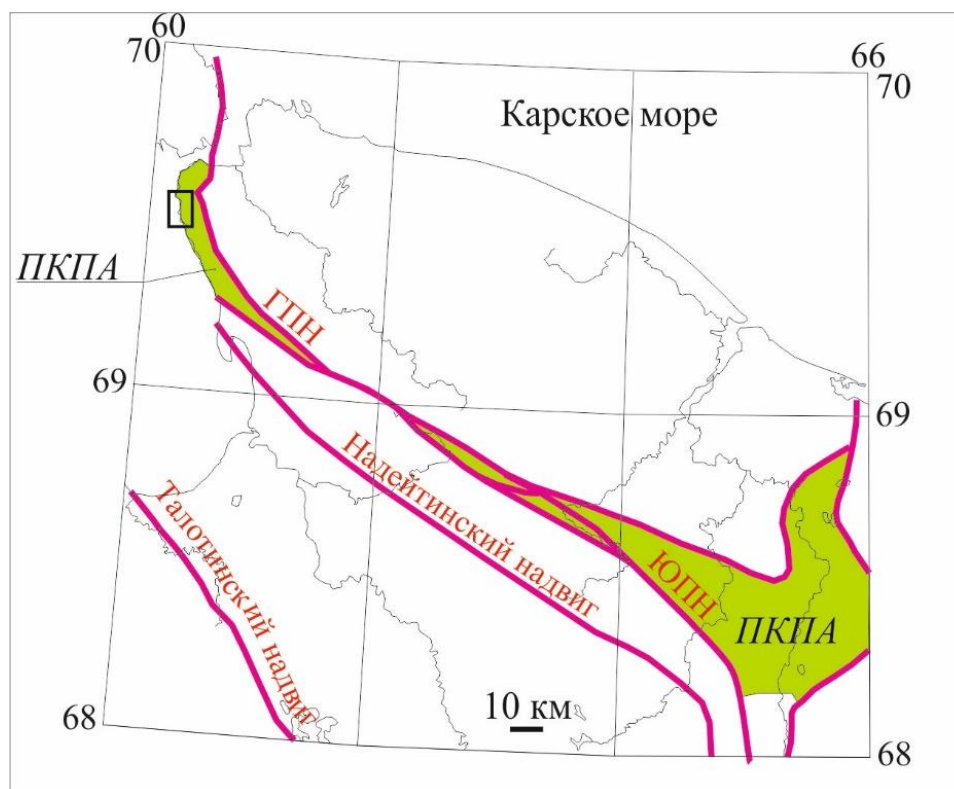


Рис. 1. Схема расположения Пай-Хойского карбонатного паравтохтона
Изученный район отмечен прямоугольником.

Цель изучения – дать характеристику межформенного порового пространства в карбонатных отложениях верхнего девона – карбона ПКПА и выявить контролирующие его параметры. Несмотря на то, что фильтрационно-емкостные свойства (ФЕС) карбонатных коллекторов в значительной степени связаны с трещиноватостью, необходимость изучения межформенной пористости очевидна [Белоновская, Булач, Гмид, 2007; Данилов и др., 2011]. Морфология межформенной пористости контролирует развитие трещиноватости и влияет на связность трещинного пустотного пространства [Данилов и др., 2011]. Вклад межформенной пористости в ФЕС может быть особенно значительным в сильно дислоцированных отложениях, где в условиях тектонического сжатия и интенсивной перекристаллизации карбонатов открытая трещиноватость является скорее исключением, чем правилом. Так в изученных отложениях верхнего девона-карбона ПКПА большая часть трещин вне зависимости от их ориентировки залечена кальцитом с вкрапленностью флюорита.

Материал и методы

Изученный в естественных обнажениях интервал разреза представлен следующими стратонами.

Пырковская толща (D₂₋₃ pr) с размывом перекрывает рифовую толщу раннедевонского возраста. Представлена в нижней части волнистым чередованием серых песчаников,

аргиллитов и алевролитов с прослоями темно-серых детритовых известняков. В верхней части известняки серые до темно-серых, органогенные и детритовые, кремнистые, местами с кремнистыми стяжениями. Мощность 60–80 м. Плотность песчаников 2,62 г/см³, известняков 2,73 г/см³.

Лымбадьяхинская свита (D₃-C₁ lb). Известняки и доломиты серые, существенно водорослево-строматопоровые, с кремнистыми и кальцитовыми стяжениями в верхней части. Маломощные (1-2 м) водорослево-строматопоровые биогермы в нижней части. Мощность свиты 130–170 м. Средняя плотность карбонатов свиты 2,71 г/см³.

Болванская свита (C₁₋₂ bl). Преимущественно волнисто-линзовидное чередование известняков серых до темно-серых, тонко- и мелкодетритовых. Многочисленные линзовидно распределенные остатки ругоз и крупных продуктид. Горизонты кремнисто-карбонатных конкреций. Мощность 500–550 м. Средняя плотность пород, слагающих свиту 2,67 г/см³.

Хойпонганасейская толща (C₂ hp) сложена преимущественно волнисто-линзовидными чередованиями известняков от светло- до темно-серых, тонко- и среднетритовых с криноидеями и брахиоподами. Тонкие глинисто-карбонатные примазки темно-серого цвета. В верхней части мелкие (первые метры) брахиоподово-мшанковые биогермы. Мощность 150-200 м. Средняя плотность известняков свиты 2,64 г/см³.

По латерали хойпонганасейская толща частично замещается комплексом крупных (десятки метров) брахиоподово-мшанковых органогенных построек (*риф Чайка (C₂₋₃ ck)*).

На средне- и верхнекаменноугольных известняках с размывом залегают терригенные отложения нижней перми, представленные волнисто-линзовидным чередованием темно-серых алевролитов и аргиллитов, с прослоями песчаников тонкозернистых, карбонатными конкрециями и конкреционными плитами.

Во всех описанных выше подразделениях найдены конодонтовые элементы. Кроме биостратиграфических выводов эти находки позволили оценить степень термального катагенеза вмещающих отложений по индексам окраски (ИОК) [Журавлев, 2017]. Пырковская толща и лымбадьяхинская свита верхнего девона – нижнего карбона охарактеризованы 34 образцами. В болванской свите нижнего-среднего карбона ИОК определены для конодонтовых элементов из 13 образцов; в Хойпанганасейской толще среднего карбона – из двух.

Кроме того, из всех подразделений верхнего девона-карбона были отобраны образцы для изучения методом рентгеновской микротомографии. Из пырковской толщи микротомографическим методом изучено 4 образца, лымбадьяхинской свиты – 14 образцов, болванской свиты – 21 образец, хойпонганасейской толщи – 3 образца. Съёмка образцов

осуществлялась на микротомографе SkyScan1173 (НМСУ «Горный», оператор А.А. Шырляева) и на экспериментальном микротомографе на основе источника рентгеновского излучения РАП-100 (ЗАО «Поляргео»). Пространственное разрешение томограмм составляло 6 мкм. Методика съемки и компьютерной обработки томограмм детально охарактеризована ранее [Шырляева, Журавлев, Герасимова, 2016]. При компьютерной обработке вычислялись общая и открытая пористости, а для отдельных образцов – морфометрические параметры порового пространства (плотность пор, распределение пор по объему, степень их изометричности, степень анизотропии порового пространства). При этом под общей пористостью понимается соотношение объема всех пустот к объему вмещающей их породы; под открытой пористостью - соотношение объема пустот, сообщающихся с поверхностью образца, к объему образца.

Результаты и их обсуждение

Для палеозойских пород паравтохтона характерны ИОК от 3 до 5, что отвечает стадиям катагенеза МК2-АК3 и выше (температуры прогрева 160-350°C). Средние значения ИОК распределились следующим образом: пырковская толща и лымбадьяхинская свита - 4,5; болванская свита - 4; хойпонганасейская толща - 3,5. Подробно эти данные рассмотрены в опубликованной работе [Журавлев, 2017].

Микротомографическое изучение образцов позволило определить общую и открытую межзерновую пористости для пор крупнее 6 мкм, а для характерных литологических разностей получить морфометрическую характеристику порового пространства.

Основные результаты изучения образцов представлены в табл. 1. Следует отметить, что общая пористость исследованных образцов не превышает 22% (в среднем около 6%), а открытая 20% (в среднем 1,9%). Зависимость открытой пористости от общей представлена на рис. 2. Из рисунка видно, что при общей пористости менее 9% открытая пористость близка к нулевой. В диапазоне общей пористости от 9% и больше отмечается линейная зависимость открытой пористости от общей. Как общая, так и открытая пористости демонстрируют зависимость от первичной структуры карбонатной породы (размера детрита). Пелитоморфные и тонкодетритовые разности обладают открытой пористостью менее 5%, мелкодетритовые разности, наиболее широко представленные в изученных отложениях, демонстрируют широкий диапазон значений открытой пористости – от 0 до 19,4%. Максимальные значения открытой пористости (до 19,4%) отмечены в мелко-, средне- и крупнодетритовых известняках. В целом, чем крупнее форменные элементы (детрит), тем выше значение пористости (рис. 3).

Таблица 1

Основные результаты изучения образцов

Образец	Свита, толща	Общая пористость (%)	Открытая пористость (%)	ИОК	Литологическая характеристика
2070/1	D2-3 pr	0	0	4,5	средне-мелкодетритовый глинистый известняк
2082/4	S1-D1 ls	8	0,19	4,7	мелкодетритовый доломитистый известняк
2088/4	D2-3 pr	6,8	0,4	5	песчаник мелко-тонкозернистый
2088/7	D2-3 pr	0	0	5	тонко-мелкодетритовый доломитистый известняк
2088/9	D2-3 pr	5,87	0,09	4,5	тонко-мелкодетритовый доломитистый известняк
2700/10	C1-2 bl	8,57	0,35	4	тонко-мелкодетритовый известняк
2700/12	C1-2 bl	9,88	0,76	4	мелкодетритовый известняк
2700/17	C1-2 bl	3,48	0,02	4,5	пелитоморфный известняк
2700/20	C1-2 bl	3,32	0,08	4,5	мелкодетритовый известняк
2700/23-1	C1-2 bl	13,5	12,5	4,5	тонко-мелкодетритовый известняк
2700/3	C1-2 bl	6,5	0,1	4	тонкодетритово-пелитоморфный известняк
2700/30	C1-2 bl	3,8	0,03	4	мелкодетритовый доломитистый известняк
2700/31	C1-2 bl	5,1	0,06	4	мелкодетритовый известняк
2700/33	C1-2 bl	7,28	0,76	4	тонко-мелкодетритовый известняк
2700/34	C1-2 bl	3,5	0,3	4	мелкодетритовый известняк
2700/40	C1-2 bl	11	3,81	3,5	мелкодетритовый известняк
2700/47	C1-2 bl	3,69	0,09	3,5	кремнисто-карбонатное стяжение
2700/50	C1-2 bl	3,6	0,04	3,5	мелкодетритовый известняк
2700/9	C1-2 bl	2,3	1,1	4	мелкодетритовый доломитистый известняк
2703/1B	C1-2 bl	20,38	19,13	4	мелко-грубодетритовый, плохо сортированный известняк
2703/6	C2 hp	15,1	9,7	4	мелко-тонкодетритовый известняк
2708/2	D3-C1 lb	0	0		тонкодетритовый доломитовый известняк
2708/2--1	D3-C1 lb	0,005	0		тонкодетритовый доломитовый известняк
2709/3	D3-C1 lb	4,8	0	4,5	тонко-мелкодетритовый доломитовый известняк
2711/4	C1-2 bl	21,32	19,43	3	мелкодетритовый кремнистый известняк
2712/4	C1-2 bl	3,74	0		доломит
2715/2	D3-C1 lb	1,21	0,07	5	доломит
2715/7	D3-C1 lb	0,11	0,006	5	пелит-тонкодетритовый известняк
2717/4	C1-2 bl	5,05	0,13	4	пелитоморфный доломитистый известняк
2717/8	D3-C1 lb	1,53	0,01	4	тонкодетритовый доломитистый известняк
2719/4	C1-2 bl	9,75	0,17	5	тонкодетритовый известняк
2719/9	C1-2 bl	6	0,13	4,5	тонкодетритово-пелитоморфный известняк
2724/3	D3-C1 lb	6,8	0,25	4,5	тонко-мелкодетритовый доломитовый известняк
2724/3--1	D3-C1 lb	2,83	0,32	4,5	тонко-мелкодетритовый доломитовый известняк
2726/3	D3-C1 lb	12,2	2,1	4,5	тонкодетритово-пелитоморфный известняк
2728/2	D3-C1 lb	9,8	0,2	5	пелит-тонкодетритовый доломитистый известняк
2728/3	D3-C1 lb	8,8	0,4	5	тонкодетритово-пелитоморфный доломитистый известняк
2730/14	D3-C1 lb	0,04	0,003	5	пелитоморфный доломитистый известняк
2730/16	D3-C1 lb	2,82	0,04	5	тонкодетритовый доломитовый известняк
2730/3	D3-C1 lb	0,14	0,01	4	доломитистый тонкодетритовый известняк
2734/1	C2 hp	1,77	0,01	3	мелкодетритовый известняк
2736/1	C2 hp	14,5	8,9		мелко-среднедетритовый известняк
2737/2	D3-C1 lb	3,79	0,06	4	тонкодетритовый известняк

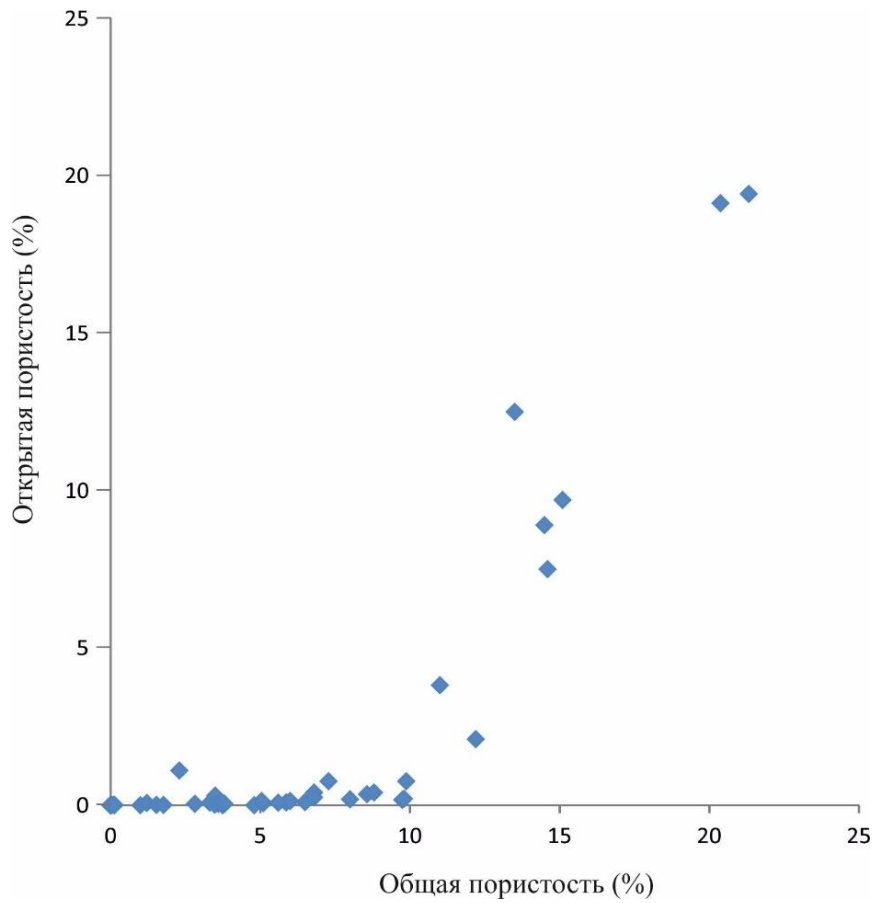


Рис. 2. График зависимости открытой пористости от общей для позднедевонско-каменноугольных карбонатов севера Пай-Хойского карбонатного паравтохтона

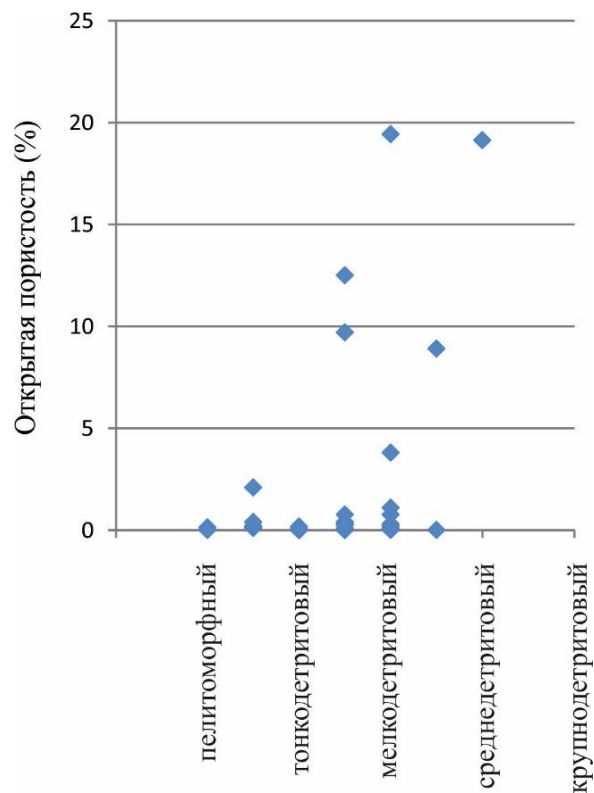


Рис. 3. График зависимости открытой пористости от структуры карбонатной породы

Присутствие доломита в исследованных известняках отрицательно сказывается на величине пористости (рис. 4). Доломитистые и доломитовые известняки обладают открытой пористостью менее 1% при общей пористости не более 10%. Полностью доломитизированные известняки (вторичные доломиты) демонстрируют исключительно низкую пористость (открытая пористость - менее 0,1%, общая – менее 4%).

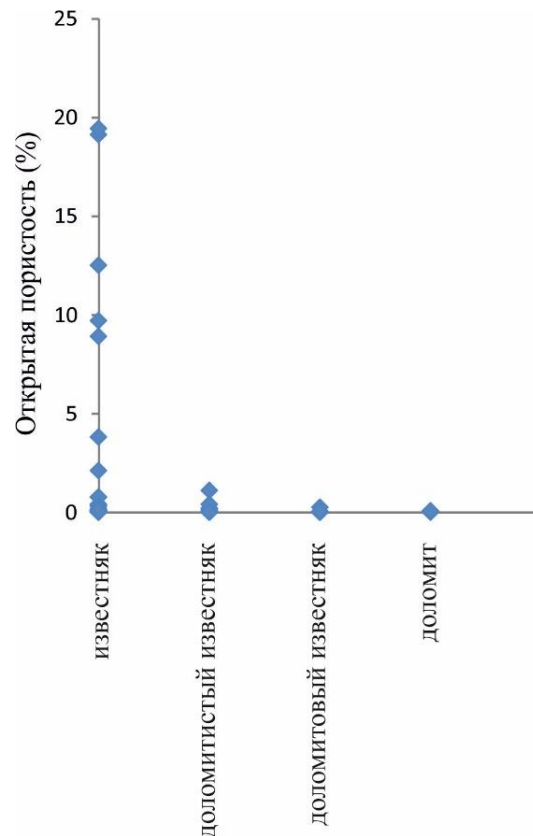


Рис. 4. График зависимости открытой пористости от количества доломита в породе

Известная для терригенных пород тенденция снижения пористости с увеличением степени катагенеза [Органическая геохимия..., 2004, с. 196-199] у изученных карбонатов проявлена слабее (рис. 5). Для пород со степенью катагенеза ПК характерен широкий диапазон вариаций пористости. Карбонаты, для которых определена степень катагенеза АК, демонстрируют низкие значения пористости (менее 5%) (см. рис. 5).

Наиболее распространенные в пределах рассматриваемого стратиграфического интервала литологические разности карбонатов представлены тонко- и мелкодетритовыми известняками. Для этих известняков проведено более детальное изучение морфологии порового пространства.

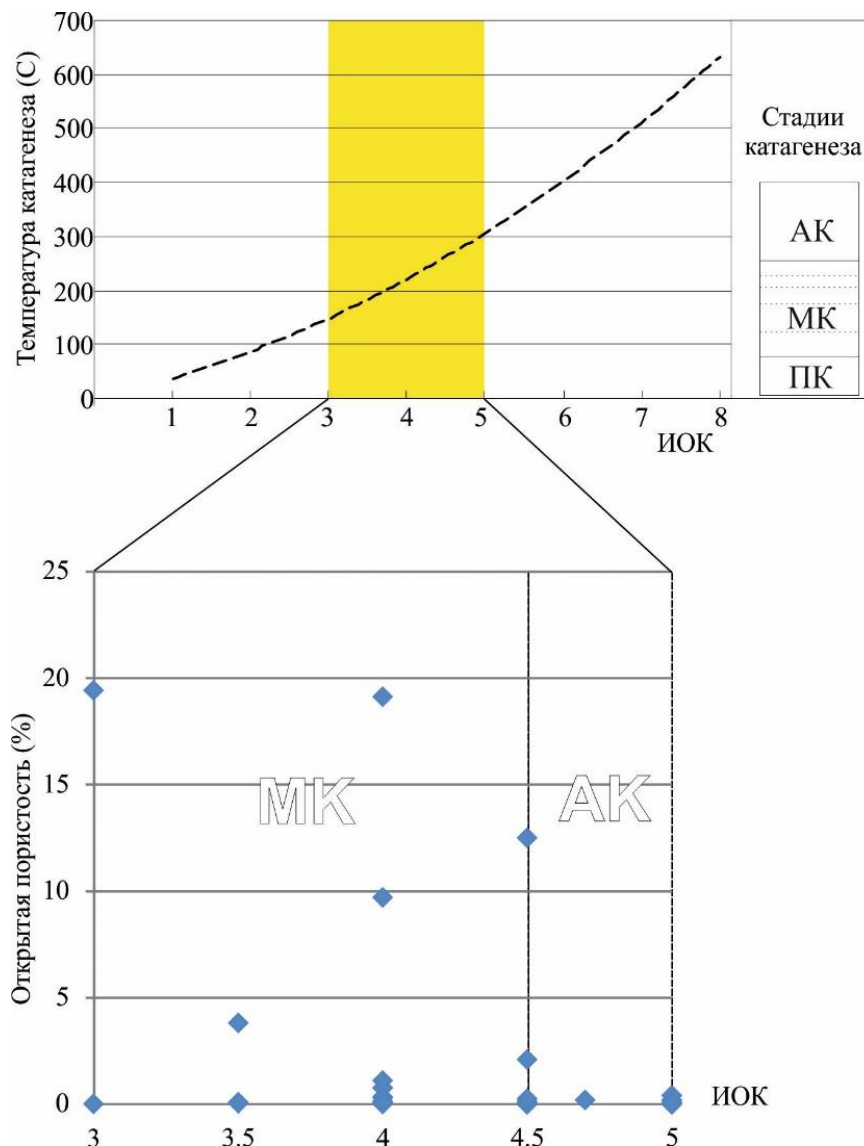


Рис. 5. График зависимости открытой пористости от степени термального катагенеза отложений

Тонко- и мелкодетритовые известняки характеризуются средним размером пор 13-15 мкм, при этом распределение пор по размеру демонстрирует значительную асимметрию с явным преобладанием мелких пор (рис. 6). Характер распределения показывает некоторую зависимость от структуры пород. В мелкодетритовых известняках средний размер пор несколько больше, чем в тонкодетритовых (рис. 7). Полный диапазон вариаций размера пор охватывает интервал от 6 до 60 мкм. Поры крупнее 60 мкм встречаются крайне редко.

Плотность расположения пор, как и их размер, возрастает в ряду от пелитоморфных до мелкодетритовых известняков (см. рис. 7). Высокая плотность расположения пор и их относительно крупный размер обуславливают увеличение пористости в мелкодетритовых литологических разностях.

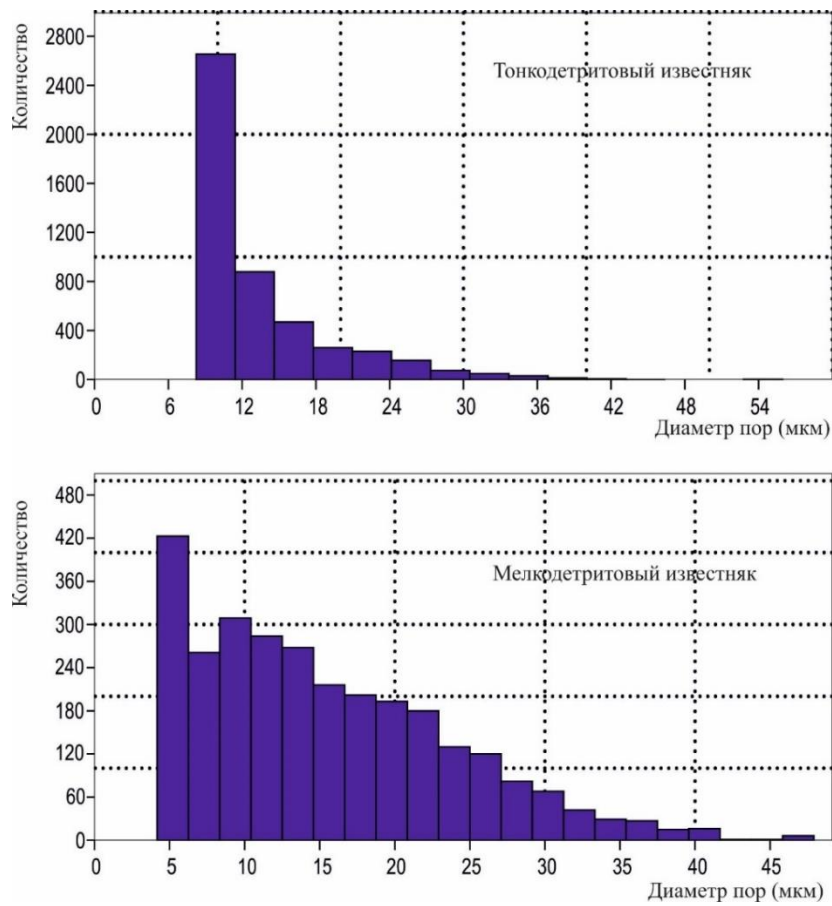


Рис. 6. Гистограммы распределения пор по размеру в тонко- и мелкодетритовом известняках

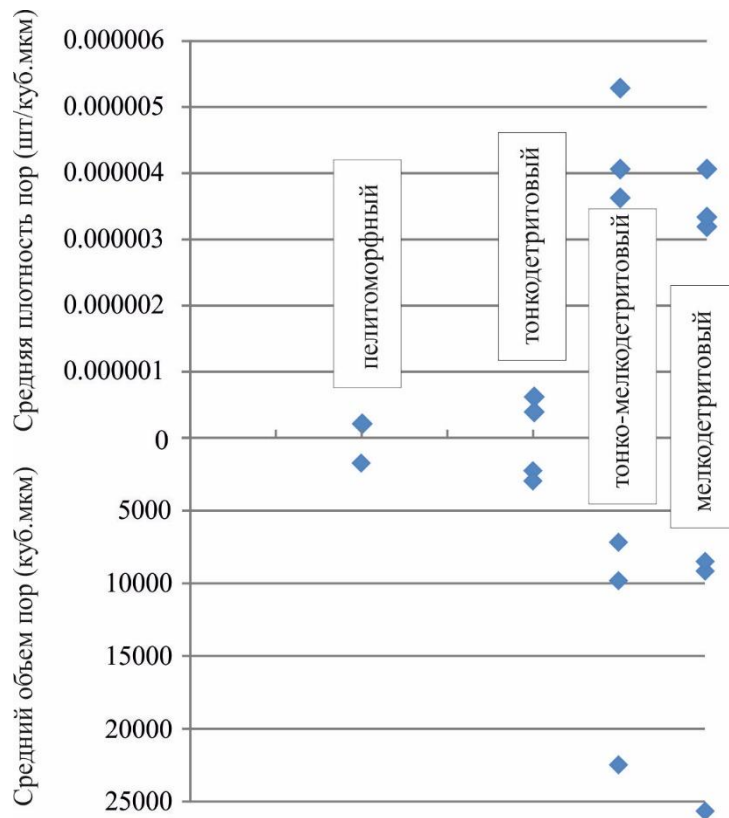


Рис. 7. График зависимости среднего объема отдельных пор и их плотности от структуры карбонатных пород

Выводы

Общая и открытая пористости карбонатных пород ПКПА характеризуются низкими значениями, в среднем они составляют 6% и 1,9% соответственно. Лишь отдельные образцы демонстрируют относительно высокую пористость (Кп до 19%). При этом в поровом пространстве преобладают мелкие поры со средним диаметром 13-15 мкм. Для наиболее распространенных тонко- и мелкодетритовых известняков характерны широкие вариации пористости (Кп от 0% до 19%) при средней открытой пористости около 3%. В доломитизированных и сильно катагенетически преобразованных (стадия катагенеза АК) разностях пористость существенно снижается (Кп менее 1%).

Работа выполнена по программе фундаментальных исследований УРО РАН №15-18-5-21. Тема «Закономерности размещения и условия формирования скопления углеводородов в осадочных толщах Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции».

Литература

Белоновская Л.Г., Булач М.Х., Гмид Л.П. Роль трещиноватости в формировании ёмкостно-фильтрационного пространства сложных коллекторов // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2007. - Т.2. - <http://www.ngtp.ru/rub/8/030.pdf>

Данилов В.Н., Иванов В.В., Гудельман А.А., Журавлев А.В., Вишератина Н.П., Огданец Л.В., Уткина О.Л. Перспективы нефтегазоносности центральной части поднятия Чернышева по результатам геологоразведочных работ на Адакской площади // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. - Т.6. - №2. - http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2011.pdf

Журавлев А. В. Оценка степени термального катагенеза палеозойских отложений севера Пай-Хойского паравтохтона по индексам окраски конодонтов // Литосфера. - 2017. - № 1. - С. 44–52.

Журавлев А.В., Герасимова А.И., Вевель Я.А. Местная стратиграфическая схема верхнедевонско-среднекаменноугольного интервала севера Пайхойского карбонатного паравтохтона // Вестник ИГ Коми НЦ УрО РАН. - 2015. – №4. - С.8-13.

Органическая геохимия и нефтегазоносность пермских отложений севера Предуралья / Л.А.Анищенко, С.С. Клименко, Н.Н. Рябинкина, Н.А. Малышев, С.В. Рябинкин, И.Л. Куплевич, А.А. Захаров, С.Ф. Прозоров, В.И. Антонов, В.В. Иванов, Н.И. Кузнецов, В.М. Юдин – СПб: Наука, 2004. – 214 с.

Орогенез севера Урала и Пай-Хоя / В.В. Юдин; РАН, Урал. отд-ние, Коми науч. центр, Ин-т геологии. - Екатеринбург: УИФ «Наука», 1994. – 285 с.

Основные положения Программы комплексного освоения ресурсов углеводородного сырья Северо-Западного региона России до 2020 года / М.Д. Белонин, О.М. Прищепа - СПб: ВНИГРИ, 2005. - 116 с.

Прищепа О.М., Орлова Л.А., Чумакова О.В. Направления геологоразведочных работ на нефть и газ в северо-восточной части Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. - 2008. - Т.3. - №3. http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2008.pdf

Тимонин Н.И., Юдин В.В., Беляев А.А. Палеогеодинамика Пай-Хоя. - Екатеринбург: УрО РАН, 2004. - 223 с.

Штырляева А.А., Журавлев А.В., Герасимова А.И. Перспективы и проблемы использования компьютерной микротомографии для изучения образцов керн // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. - Т.11. - №1. http://www.ngtp.ru/rub/12/8_2016.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/8_2016

Zhuravlev A.V., Vevel Ya.A., Gruzdev D.A.

Institute of Geology, Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktyvkar, Russia, avzhuravlev@geo.komisc.ru, yadviga_vevel@mail.ru, dagruzdev@geo.komisc.ru

CHARACTERISTIC OF THE PORE SPACE IN THE UPPER-DEVONIAN - CARBONIFEROUS CARBONATE SECTION OF THE PAI-KHOY PARAUTOCHTHONE UNIT

The characteristics of intergrain pore space in the carbonate deposits of the Upper Devonian - Carboniferous Pai-Khoy carbonate parautochthone unit are given. The total and open porosity of carbonate rocks is characterized by low values; however, small pores with an average diameter predominate in the pore space. The main factors controlling the values of intergranular porosity of the Upper Devonian - Carboniferous carbonates are rock texture and the degree of secondary transformations: the porosity is proportional to the detritus size and decreases in thermally matured rocks.

Keywords: *intergranular porosity, carbonates, Late Devonian – Carboniferous, Pai-Khoy Carbonate Parautochthone.*

References

Anishchenko L.A., Klimenko S.S., Ryabinkina N.N., Malyshev N.A., Ryabinkin S.V., Kuplevich I.L., Zakharov A.A., Prozorov S.F., Antonov V.I., Ivanov V.V., Kuznetsov N.I., Yudin V.M. *Organicheskaya geokhimiya i neftegazonosnost' permskikh otlozheniy severa Predural'skogo progiba* [Organic geochemistry and petroleum potential of the Permian deposits from the north of the Pre-Urals trough]. St. Petersburg: Nauka, 2004, 214 p.

Belonin M.D., Prishchepa O.M. *Osnovnye polozheniya Programmy kompleksnogo osvoeniya resursov uglevodorodnogo syr'ya Severo-Zapadnogo regiona Rossii do 2020 goda* [The main content of the Program for the Integrated Development of Hydrocarbon Resources in the North-West Region of Russia until 2020]. St. Petersburg: VNIGRI, 2005, 116 p.

Belonovskaya L.G., Bulach M.Kh., Gmid L.P. *Rol' treshchinovatosti v formirovaniy emkostno-fil'tracionnogo prostranstva slozhnykh kollektorov* [The role of fracture in the formation of capacitive-filtration space of complex reservoirs]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2007, vol. 2, <http://www.ngtp.ru/rub/8/030.pdf>

Danilov V.N., Ivanov V.V., Gudelman A.A., Zhuravlev A.V., Visheratina N.P., Ogdanets L.V., Utkina O.L. *Perspektivy neftegazonosnosti tsentral'noy chasti podnyatiya Chernysheva po rezul'tatam geologorazvedochnykh rabot na Adakskoy ploschadi* [Oil and gas potential of the central part of the Chernyshev swell based on geological exploration data at the Adak area]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2011, vol. 6, no. 2, http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2011.pdf

Prishchepa O.M., Orlova L.A., Chumakova O.V. *Napravleniya geologorazvedochnykh rabot na nef't' i gaz v severo-vostochnoy chasti Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii* [Directions of exploration for oil and gas in the north-eastern part of the Timan-Pechora petroleum province]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2008, vol. 3, no. 3, http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2008.pdf

Shtyrlyayeva A.A., Zhuravlev A.V., Gerasimova A.I. *Perspektivy i problemy ispol'zovaniya komp'yuternoy mikrotomografii dlya izucheniya obraztsov kerna* [Prospects and problems of computer microtomography using for core samples studies]. *Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika*, 2016, vol. 11, no. 1, http://www.ngtp.ru/rub/12/8_2016.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/8_2016

Timonin N.I., Yudin V.V., Belyaev A.A. *Paleogeodinamika Pay-Khoya* [Paleogeodynamics of Pai-Khoy]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2004, 223 p.

Yudin V.V. *Orogenez severa Urala i Pay-Khoya* [Orogenesis of the North Urals and Pai-Khoy]

area]. RAN, Ural. otd-nie, Komi nauch. tsentr, In-t geologii, Ekaterinburg: UIF «Nauka», 1994, 285 p.

Zhuravlev A. V. *Otsenka stepeni termal'nogo katageneza paleozoyskikh otlozheniy severa Pay-Khoyskogo paravtokhtona po indeksam okraski konodontov* [Estimation of thermal catagenesis degree of the Paleozoic deposits of the north of the Pai-Khoi paravtohton according to the conodonts colors indexes]. *Litosfera*. 2017, no. 1, p. 44–52.

Zhuravlev A.V., Gerasimova A.I., Vevel' Ya.A. *Mestnaya stratigraficheskaya skhema verkhnedevonsko-srednekamennougol'nogo intervala severa Paykhoyskogo karbonatnogo paravtokhtona* [Local stratigraphic scheme of the Upper Devonian-Middle Carboniferous section of the north of the Pai-Khoi carbonate paravochthon]. *Vestnik IG Komi NTs UrO RAN*, 2015, no. 4, p. 8-13.

© Журавлев А.В., Вевель Я.А., Груздев Д.А., 2017