

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 553.98:551.72 (571.51)

Р.С. Сауткин<sup>1</sup>

## СТРУКТУРА ПУСТОТНОГО ПРОСТРАНСТВА РИФЕЙСКИХ ДОЛОМИТОВ КАМОВСКОГО СВОДА (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Рассмотрены особенности строения пустотного пространства рифейских доломитов. Фильтрационно-емкостные свойства определяются системой трещин и кавернами, т.е. вторичными пустотами. За счет развития каверн значительно увеличивается эффективный объем, доступный для углеводородов. Исследования проводились методом капиллярной дефектоскопии 5-сантиметровых образцов кубической формы.

*Ключевые слова:* пустотное пространство, Байкитская антеклиза, рифейские отложения, трещинный коллектор.

The article discusses features of a structure the void space of Riphean dolomites. Reservoir properties are determined by a system fractures and vugs, that is, secondary voids. Through the development of vugs significantly increases the effective volume available for hydrocarbons. Research conducted by penetrant testing 5 cm cube-shaped samples.

*Key words:* void space, Baikitskaya antecline, Riphean deposits, fractured reservoirs.

**Введение.** В пределах Камовского свода Байкитской антеклизы в доломитах рифейского возраста в конце 70–80-х гг. прошлого века открыты Куюмбинское и Юрубчено-Тохомское месторождения. В 1984 г. из скважины Юрубченская-5 получен дебит нефти свыше 400 м<sup>3</sup>/сут (в среднем 20–100 м<sup>3</sup>/сут из скважин месторождения) из трещинного типа коллектора с емкостью 1,5–2% [Конторович и др., 1996; Харахинов и др., 2011]. В связи с пополнением сырьевой базы страны неоднозначной корреляцией высоких дебитов из низкоемких коллекторов необходимо изучать структуру пустотного пространства рифейских доломитов.

**Методы исследования.** Детальная характеристика структуры пустотного пространства изучена методами капиллярной дефектоскопии полноразмерного керна и больших образцов кубической формы [Багринцева, 1999; Багринцева и др., 2013]. Исследование трещин и каверн проводилось под бинокляром (USB-микроскоп «COSVIEW» Anyview MV200UA); кристаллическое строение матрицы, форма и размеры вторичных кристаллов, выполняющих трещины и каверны, изучены методом РЭМ (растровая электронная микроскопия) («JEOL 6610 LV», Япония); диапазон размера поровых каналов и процентное содержание пор каждого размера оценены методом ртутной порометрии (поромер ПА-3М).

Важно подчеркнуть, что все исследования выполнены на одном образце, что уменьшает ошибку измерения и детализирует структуру пустотного пространства.

**Структура пустотного пространства.** Пустотное пространство рифейских отложений отличается сложным строением, неоднократным развитием трещин и каверн разной формы. Продуктивная часть рифейских образований сложена разнородными доломитами, в разной степени трещиноватыми и кавернозными. Большой процент керна фиксируется в виде боя разного размера.

Предшествующие детальные исследования трещиноватости позволили сделать вывод, что рифейские породы макро- и микротрещиноваты. В верхней части разреза они подвергались карстообразованию в предвендское время, за счет чего происходило формирование каверново-трещинного коллектора. Проницаемость пород колеблется от 0,1 до 1000 мД, увеличиваясь к верхней части разреза. Средняя проницаемость по скважине составляет 40–80 мД [Сауткин, Багринцева, 2013].

Преобладают разноориентированные трещины, часто образующие сложную систему, которая и обеспечивает высокие фильтрационные характеристики коллекторов (рис. 1). Вдоль трещин отмечены многочисленные пустоты выщелачивания (рис. 2). Протяженные секущие трещины осложнены короткими и

<sup>1</sup> Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, геологический факультет, кафедра геологии и геохимии горючих ископаемых, аспирант; e-mail: gomsau@yandex.ru

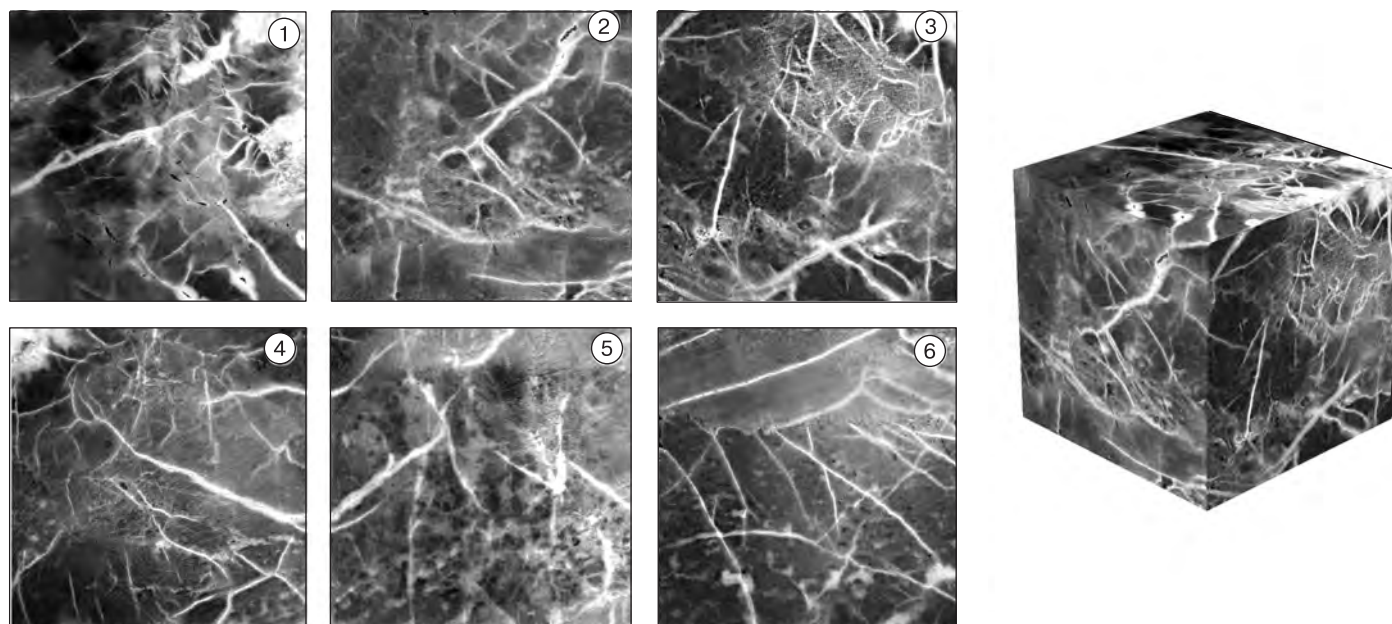
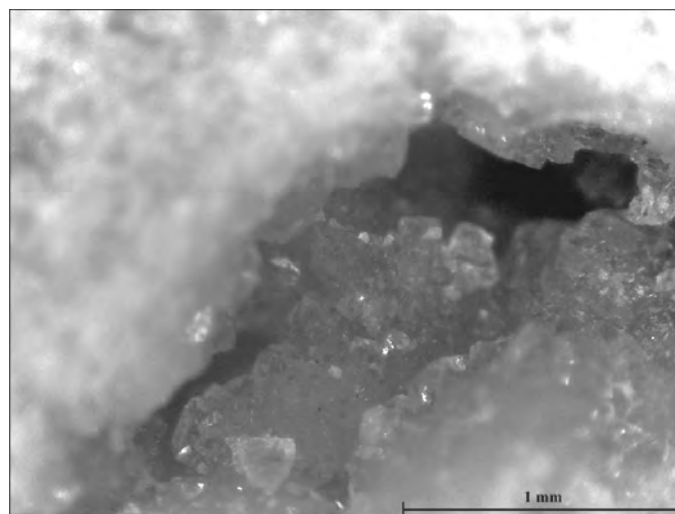


Рис. 1. Сеть пересекающихся трещин и шелевидные каверны выщелачивания в доломитах. Образец № 5 насыщен люминофором, Юрубчено-Тохомское месторождение, скважина 198, глубина 2776,25 м. В доломите очень много хаотически распределенных тонких коротких трещин разной ориентировки. Узкие каверны приурочены к полостям открытых трещин. Линзовидная конкреция, сложенная кремнеземом, также осложнена сетью трещин, но их морфология и ориентировка иные. Равномерное развитие системы взаимосвязанных трещин обусловило одинаковую фильтрацию по трем направлениям кубика. Емкость трещин и каверн 2,56%. Проницаемость по направлениям (мД): 1 — 0,18; 2 — 0,45; 3 — 0,69. Поверхностная плотность трещин по 6 граням кубика (см/см<sup>2</sup>): 1 — 1,1; 2 — 0,99; 3 — 1,3; 4 — 0,97; 5 — 0,7; 6 — 1,23 (средняя 1,05). Раскрытость трещин (мкм): минимальная — 5; максимальная — 120; средняя — 70

Рис. 2. Каверны выщелачивания в полостях трещин, Юрубчено-Тохомское месторождение, скважина 56, образец 4. Глубина 2356,8 м



тонкими трещинами, за счет чего обеспечивается связь между ними. Эффективная емкость 2,56%.

Изучение структурных характеристик образцов рифейских доломитов проводилось методом ртутной порометрии, который дает объемную характеристику геометрии пустот в породе. Результаты исследований приведены в виде гистограмм на рис. 3 и сведены в таблицу. Из данных таблицы видно, что в доломитах преобладают системы взаимопересекающихся микротрещин с раскрытостью до 64 мкм и небольшим количеством субкапиллярных пор диаметром <0,2 мкм, содержание которых редко превышает 15–20%.

Гистограмма имеет вид отдельных столбиков, особенно при диаметре поровых каналов >0,2 мкм. Такой вид кривых характерен для слаботрещиноватых разностей, некоторые участки соответствуют отдельным микротрещинам. По расположению отдельных столбиков на гистограмме можно получить оценку раскрытости микротрещин.

Примером служит образец № 1 (скважина № 272, глубина 2558,9 м), представленный доломитом строма-толитовым, волнисто-слоистым, сильноокремненным, трещиноватым, с емкостью 4,1%. Порометрическая кривая характеризует систему разнонаправленных трещин с раскрытостью 2–64 мкм (рис. 3). Фильтрацию обеспечивают крупные поровые каналы диаметром от 10 до 64 мкм. В большом образце кубической формы проницаемость достигает 11 мД.

Исследование матрицы доломитов методом РЭМ позволило оценить кристаллическое строение породы. При значительном увеличении (в 100 раз и более) не выявлены пористые участки или отдельные поры, обеспечивающие фильтрационно-емкостные свойства. Матрица доломитов непроницаема и нарушена кавернами выщелачивания, развитыми в полостях трещин разной раскрытости (рис. 4).

**Выводы.** 1. Продуктивные отложения рифейских доломитов Байкитской антеклизы характеризуются

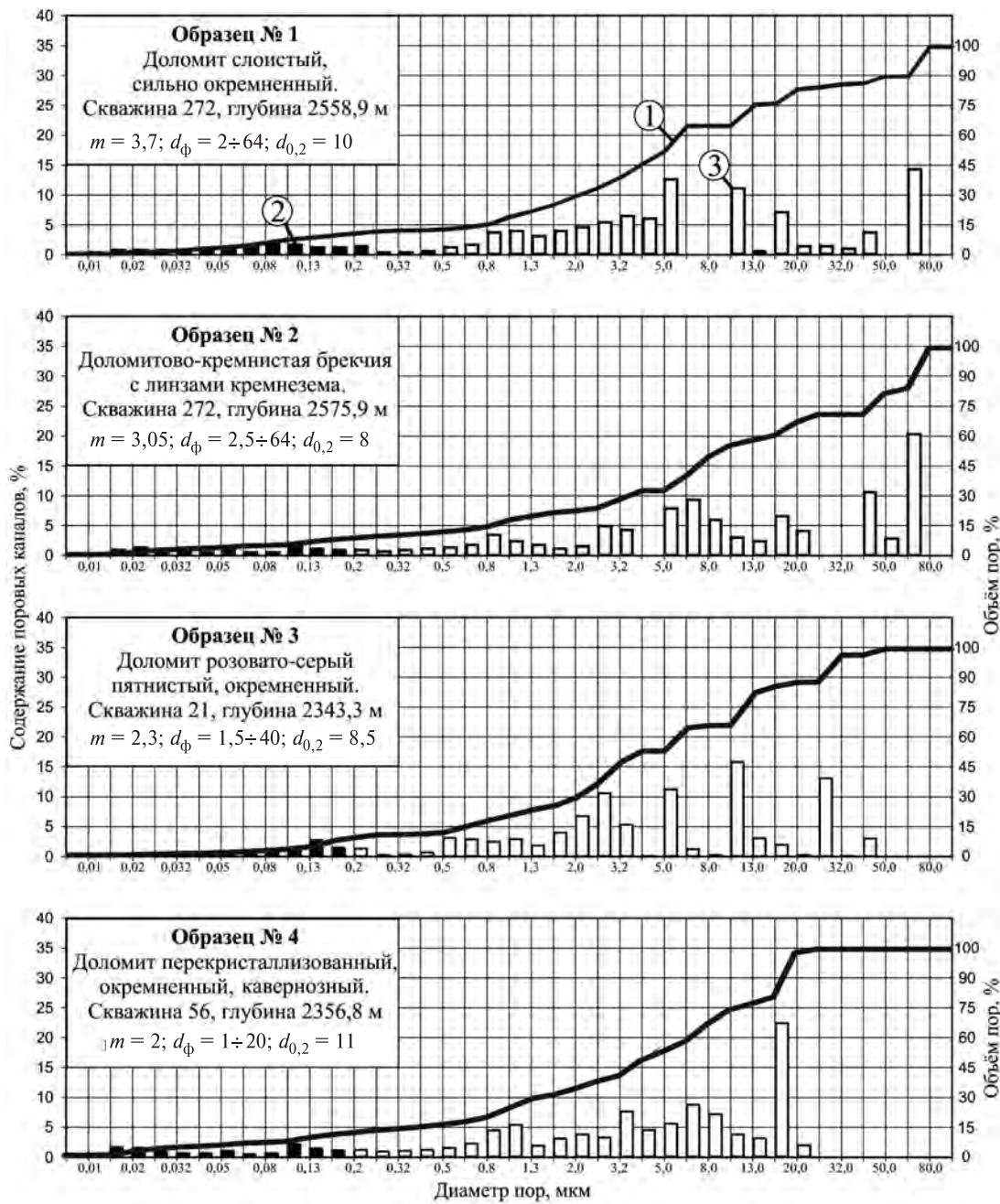


Рис. 3. Структура пустотного пространства по данным ртутной порометрии: 1 — кумулятивная кривая; 2 — субкапиллярные поры; 3 — поры и трещины, определяющие фильтрацию;  $d_{\phi}$  — диаметр фильтрующих трещин;  $d_{0,2}$  — процентное содержание пор диаметром  $<0,2$  мкм;  $m$  — емкость

#### Структура порового пространства рифейских доломитов

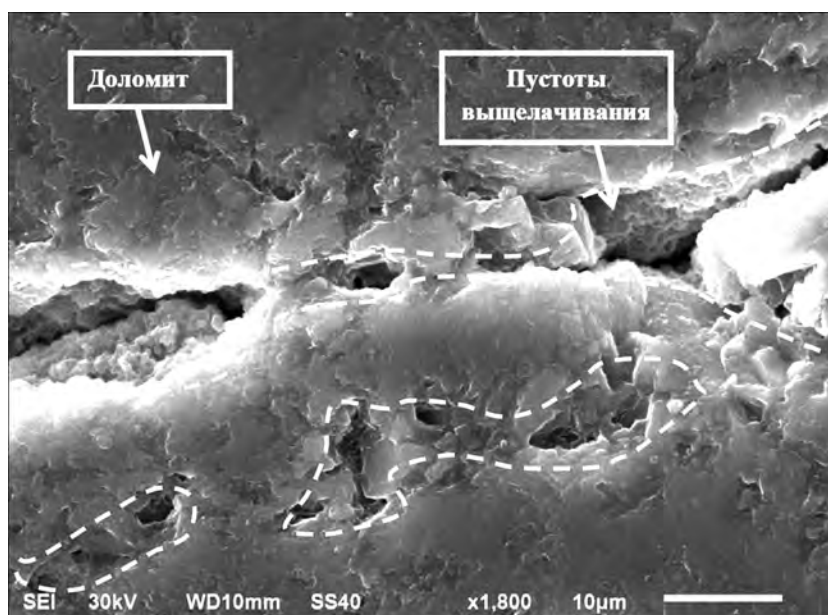
| Глубина, м | Емкость трещин, %  |                       | Газопроницаемость, мД | Ртутная порометрия                      |   | Литологическая характеристика                                 |
|------------|--------------------|-----------------------|-----------------------|---|---|---|
|            | по кубуку (5×5 см) | по ртутной порометрии |                       | Содержание пор (%) диаметром $<0,2$ мкм | Диапазон трещин, определяющих фильтрацию, мкм |   |
| 2558,9     | 4,1                | 3,7                   | 11,1                  | 10                                      | 2–64  | Доломит волнисто-слоистый, строматолитовый, сильноокремненный |
| 2575,9     | 2,56               | 3,05                  | 12,8                  | 8                                       | 2,5–64  | Доломитово-кремнистая брекчия с линзами кремнезема            |
| 2343,3     | 2,1                | 2,3                   | 1,28                  | 8,5                                     | 1,5–40  | Доломит пятнистый, окремненный                                |
| 2356,8     | 1,6                | 2                     | 0,02                  | 11                                      | 1–20  | Доломит перекристаллизованный, окремненный, кавернозный       |

Рис. 4. Плотная матрица и пустоты выщелачивания, развитые в полостях трещин, Юрубчено-Тохомское месторождение, образец № 1, скв. 272, глубина 2558,9 м

интенсивно развитой трещиноватостью. Вся толща продуктивна, поскольку в ней развиты преимущественно трещинный и каверново-трещинный типы коллекторов.

2. Порометрические кривые позволили оценить диапазон размеров пор, развитых в породе, а также процентное содержание пор каждого диаметра. В основном в доломитах преобладают системы пересекающихся микротрещин с раскрытостью до 64 мкм, отмечено небольшое количество субкапиллярных пор диаметром  $<0,2$  мкм, содержание которых редко превышает 15–20%.

3. Исследования продуктивных отложений, проведенные с использованием разных методов, свидетельствуют о том, что матрица пород плотная, непористая и непроницаемая. Следовательно, эффективный объем нефти и газа может обеспечи-



ваться только вторичной пустотностью — трещинами, полостями выщелачивания по трещинам и собственно кавернами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Багринцева К.И.* Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. М.: РГГУ, 1999. 285 с.

*Багринцева К.И., Сауткин Р.С., Шершуков Г.В.* Применение капиллярной дефектоскопии в нефтяной геологии для выделения и оценки трещиноватости в горных породах // Megatech — новые технологии в промышленной диагностике и безопасности. 2013. № 4. С. 24–32.

*Конторович А.Э., Изосимова А.Н., Конторович А.А.* и др. Геологическое строение и условия формирования гигантской Юрубчено-Тохомской зоны нефтегазоаккумуляции в верхнем протерозое Сибирской платформы // Геология и геофизика. 1996. Т. 37, № 8. С. 166–195.

*Сауткин Р.С., Багринцева К.И.* Типы и свойства рифейских коллекторов в пределах Юрубчено-Тохомского месторождения // Докл. III Междунар. конф. молодых ученых и специалистов «Актуальные проблемы нефтегазовой геологии XXI века». Т. 3. СПб.: ВНИГРИ, 2013. С. 33–38.

*Харахинов В.В., Шленкин С.И., Зеренинов В.А.* и др. Нефтегазоносность докембрийских толщ Куюмбинско-Юрубчено-Тохомского ареала нефтегазоаккумуляции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2011. Т. 6, № 1. С. 1–25.

Поступила в редакцию  
18.02.2014