

Типы и свойства рифейских коллекторов в пределах Юрубчено-Тохомского месторождения

Сауткин Р.С. (Геологический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова),
Багринцева К.И. (ФГУП «ВНИГНИ»)

Аннотация

Рифейские отложения Юрубчено-Тохомского месторождения вызывают большой интерес, так как ним приурочены большие запасы нефти и газа. Эти древнейшие резервуары имеют сложное строение пустотного пространства. Решающую роль в образовании коллекторов играли тектонические факторы и постседиментационные процессы. Седиментационные пустоты залечены вторичным доломитом. Коллектор вторичный, трещинный и каверново-трещинный.

Types and properties of Riphean reservoirs within the Yurubcheno-Tokhomskoye field

Sautkin R.S. (Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University)
Bagrintseva KI (FSUE "VNIGNI")

Annotation

Riphean deposits of Yurubcheno-Tokhomskoye field cause a great interest because it confined large reserves of oil and gas. These ancient reservoirs have a complex structure of the void space. Crucial role in the formation of reservoirs played tectonic factors and postsedimentary processes. Sedimentation voids healed secondary dolomite. The collector is secondary - fractures and fug-fractures.

Юрубчено-Тохомское месторождение расположено в пределах Байкитской антеклизы Сибирской платформы. Основные запасы нефти и газа связаны с отложениями рифея. Продуктивная толща сложена доломитами преимущественно строматолитового генезиса, в различной степени окремнёнными. Первичные седиментационные пустоты залечены вторичным крупнокристаллическим доломитом. Вследствие чего седиментационный фактор не влияет на коллекторские свойства, а решающую роль в формировании резервуара сыграли постседиментационные процессы, что обусловило сложное и неоднородное строение коллекторов. Кровля рифейских отложений представляет размытую поверхность, которую несогласно перекрывают более молодые отложения.

Пустотное пространство рифейских отложений отличается сложностью строения, одновременным развитием пустот различного вида и времени возникновения. Продуктивная часть рифея сложена разнородными доломитами, в различной степени трещиноватыми и кавернозными. Большой процент зерна фиксируется в виде боя разного размера, что свидетельствует о высокой трещиноватости отложений. Главная особенность коллекторов рифейского возраста - преобладающая роль вторичных пустот, трещин и каверн. За счет развития каверн вдоль полостей трещин значительно увеличивается эффективный объём, доступный для нефти и газа (рис. 1).

Кавернозность в отложениях рифея развита практически повсеместно с различной степенью интенсивности. Это вторичная пустотность, образовавшаяся за счет выноса кальцитового и доломитового материала из полостей трещин и селективного выщелачивания отдельных гнезд и стяжений.

В настоящее время наиболее достоверным методом можно считать выделение этих пустот при макроописании зерна и использовании экспресс-метода определения морфологии пустот при помощи пенетранат, поскольку при обработке зерна крупные каверны, как правило, не сохраняются. Изучение образцов под бинокулярным микроскопом позволяет выявить форму, размер кристаллов и стадийность их образования. Для выделения и оценки более мелких каверн, сохранившихся после обработки, применяют комплекс методов.

В кремнистых доломитах рифея установлены каверны разнообразной формы: от округлых, овальных, причудливо-извилистых и длинных до щелевидных. Столь прихотливые формы объясняются интенсивным ростом вторичных кристаллов доломита,

кварца и халцедона по стенкам полостей. Нередко полости крупных каверн полностью выполнены халцедоном и вторичным доломитом. Размеры каверн от первых миллиметров до 5х10 см. В природных пластах вполне реально формирование пустот выщелачивания вплоть до расщелин и карстовых пустот.

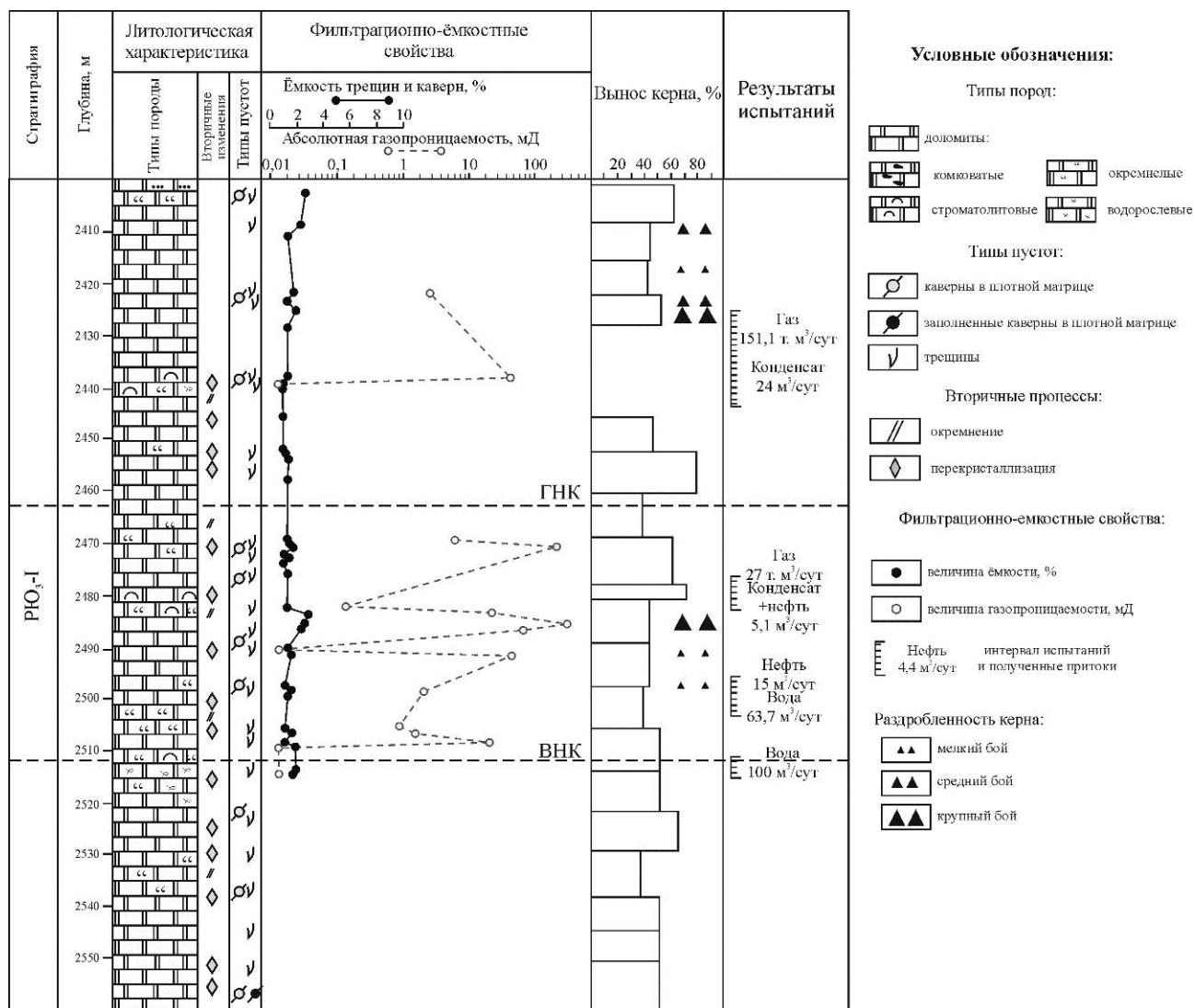


Рис. 1. Литофизическая характеристика продуктивных отложений рифея и результаты испытаний по скважине № 28.

Преимущественным развитием пользуются целые серии каверн, соединяющиеся сетью хорошо фильтрующих микротрещин, сужений и каналов. В некоторых разностях емкость единичных каверн достигает 20 см³, это крупные округлой или удлиненной формы пустоты, приуроченные к широким вертикальным трещинам.

Средняя эффективная величина емкости каверн составляет 2,5 %, а проницаемость кавернозно-трещиноватых пластов может достигать 500 мД и выше.

Трещиноватость в продуктивных отложениях рифея Юрубчено-Тохомского месторождения развита интенсивно, с различной морфологией, ориентировкой, протяженностью и раскрытостью. Время образования трещин различно: выявлены вертикальные секущие трещины первой генерации и развиты сложные системы трещин на последующих стадиях преобразования пород. Интенсивность развития трещин по разрезу неодинакова.

Изучение керна методом капиллярной дефектоскопии позволяет получить достоверную оценку трещиноватости и кавернозности кремнистых доломитов, доказать различный

характер секущих трещин и пустот, которые развиваются в доломитах и в кремнеземе, а также обосновать количественную характеристику эффективной ёмкости и фильтрации флюидов по сложной системе трещин.

Детальные исследования характера трещиноватости позволили сделать вывод, что породы рифея макро- и микротрещиноваты. Развиты трещины разноориентированные, часто образующие сложную систему, которая и обеспечивает высокие фильтрационные характеристики коллекторов. Вдоль трещин отмечены многочисленные пустоты выщелачивания. Протяженные секущие трещины осложнены короткими, тонкими, за счёт чего обеспечивается взаимосвязь между ними.

По типу трещины можно разделить на трещины "сжатия" и трещины расширенные выщелачиванием. Трещины "сжатия" возникают за счет напряженного состояния массива, и обуславливают растрескивание керна после его подъема. Это выражается в выносе керна в виде мелкого и крупного боя и невозможности в ряде случаев выпилить кубик при обработке доломитов в лаборатории.

Трещины, расширенные выщелачиванием представляют собой удалённые друг от друга вертикальные широкие секущие трещины, которые заполнены углеводородом и являются эффективными. Вдоль полостей трещин развиты каверны. Емкость собственно каверн в ряде случаев превышает 20 см^3 , в пласте вероятны более высокие значения полезной емкости. Вертикальные трещины как правило, прямые, горизонтальные секущие слабоизвилистые, оперённые короткими. Эти протяженные вертикальные и горизонтальные трещины обеспечивают фильтрацию флюидов. Особенностью этих трещин является значительное удаление их друг от друга, они имеют широкий "шаг" - расстояние между ними составляет 3-5 см, иногда более. Удаленность трещин друг от друга определяет сложность их выявления, что видно при сравнении кубиков больших размеров и керна изученного экспресс-методом при помощи пенетранта (рис. 2).

В большинстве случаев в лабораторных условиях удастся изучить микротрещиноватость, которая в кремнистых доломитах рифея представлена в основном сложной системой взаимопересекающихся трещин длинных, коротких, различной ориентировки и раскрытости (таблица 1). Длинные, прямолинейные и извилистые трещины, характеризуются непостоянством раскрытости от 5-10 микрон до 100-150 микрон, в среднем фильтрующие трещины имеют раскрытость 50 мкм - 70 мкм. Полости трещины неодинаково выщелочены, что и определяет непостоянство раскрытости. Эти трещины можно отнести к трещинам последней генерации.

Выявленные трещины имеют различный генезис и характеризуются различным временем их возникновения. Вертикальные трещины, на плоскостях скола которых отмечается рост новых крупных кристаллов доломита, без сомнения относятся к наиболее ранней генерации. На первой стадии возникновения они длительное время оставались открытыми и определяли пути фильтрации флюидов. Несмотря на частичное их заполнение новообразованными кристаллами они сохраняют фильтрационные свойства и определяют проводимость флюидов в вертикальном направлении.

Следует подчеркнуть, что открытые микротрещины, широко развитые в продуктивной толще рифея своим возникновением обязаны тектоническим процессам, но морфология, раскрытость и протяженность их обусловлены литогенетическими особенностями образования кремнистых доломитов и дальнейшим движением по ним подземных вод.

Количественные характеристики трещиноватости влияют как на ёмкость, так и проницаемость горных пород. Для сложных типов коллекторов характерна анизотропия фильтрационных свойств.

По оси абсцисс отложены значения газопроницаемости замеренные в направлении параллельном напластованию, а по оси ординат - в направлении перпендикулярном. Пунктирная линия, лежащая под углом 45 градусов к оси абсцисс, является линией равных значений. Расположение точек вблизи этой линии свидетельствует об изотропности

Таблица 1. Характеристика трещиноватости кремнистых доломитов Юрубчено-Тохомского месторождения

№ обр.	Глубина, м	Емкость каверн и трещин, %	Газопроницаемость по трём направлениям, мД			Поверхностная плотность трещин по 6 граням кубика (см/см ²)							Раскрытость трещин, мкм		
			I	II	III	I	II	III	IV	V	VI	сред.	мин.	макс.	сред.
1	2769,05	2,59	0,047	21,6	14,15	0,65	0,47	0,60	0,62	0,71	0,18	0,54	6	150	60
2	2773,73	0,94	0,048	0,049	0,052	0,30	0,48	0,70	0,26	0,42	0,48	0,44	5	160	30
3	2775,25	2,48	0,089	0,13	0,98	0,62	1,51	1,23	0,67	1,20	1,65	1,15	5	107	40
4	2775,9	1,27	0,068	0,41	0,176	0,60	0,63	0,59	0,71	0,87	0,78	0,67	6	105	40
5	2776,25	2,56	0,18	0,45	0,69	1,10	0,99	1,30	0,97	0,70	1,23	1,05	5	120	70
6	2786,55	8 см ³	Более 200			0,58	0,64	0,56	0,93	0,92	0,95	0,80	7	290	150
7	2808,43	0,5	0,037	0,043	0,056	0,19	0,22	0,22	0,09	0,21	0	0,17	5	92	55
8	2828,20	1,12	6,83	0,176	0,176	0,27	0,20	0,60	0,23	0,23	0,33	0,31	5	200	60
9	2846,93	1,58	0,434	0,06	0,901	0,31	0,75	0,69	0,26	0,74	0,43	0,54	5	100	50



Рис. 2. Особенности строения пустотного пространства пород насыщенных люминофором

фильтрационных характеристик, характерной для трещиноватых разностей, которые отличаются развитием системы разноориентированных трещин, определяющих проницаемость в горизонтальном и вертикальном направлениях. Диапазон изменения проницаемости от тысячных долей до 40 мД, что безусловно связано с неравномерной трещиноватостью (рис. 3). Максимальные значения проницаемости установлены в сильно трещиноватых доломитах достигают 1000 мД. Именно к интервалам повышенной трещиноватости приурочены притоки нефти с высоким дебитом до 446 м³/сут.

Вся продуктивная толща рифейских отложений является эффективной, поскольку в ней преимущественно развит **трещинный и каверново-трещинный типы коллекторов**, не исключена возможность развития крупных полостей, заполненных нефтью. Средняя величина емкости трещин - 1,5 %, так как все трещины отличаются развитием полостей выщелачивания и мелких каверн. Среднее значение емкости с учетом развития кавернозных разностей — 2,5 %.

Список литературы:

1. Багринцева К.И. Условия формирования и свойства карбонатных коллекторов нефти и газа. М.:РГУ, 1999. 285 с.
2. Багринцева К.И., Дмитриевский А.Н., Бочко Р.А. Атлас карбонатных коллекторов месторождений нефти и газа Восточно-Европейской платформ. Спб. Издательство ОАО «Иван Фёдоров», 2003г. 264 с.
3. Багринцева К.И., Сауткин Р.С., Ступакова А.В. Карбонатные резервуары Восточной Сибири. Глубокие горизонты Енисей-Хатангского прогиба и рифейские резервуары Юрубчено-Тохомского месторождения. ВНИИГАЗ – 2012.
4. Багринцева К.И., Сауткин Р.С., Шершуков Г.И. Применение капиллярной дефектоскопии в нефтяной геологии для выделения и оценки трещиноватости в горных породах // Российский научно-технический журнал MGATECH № 4. Москва – 2013.

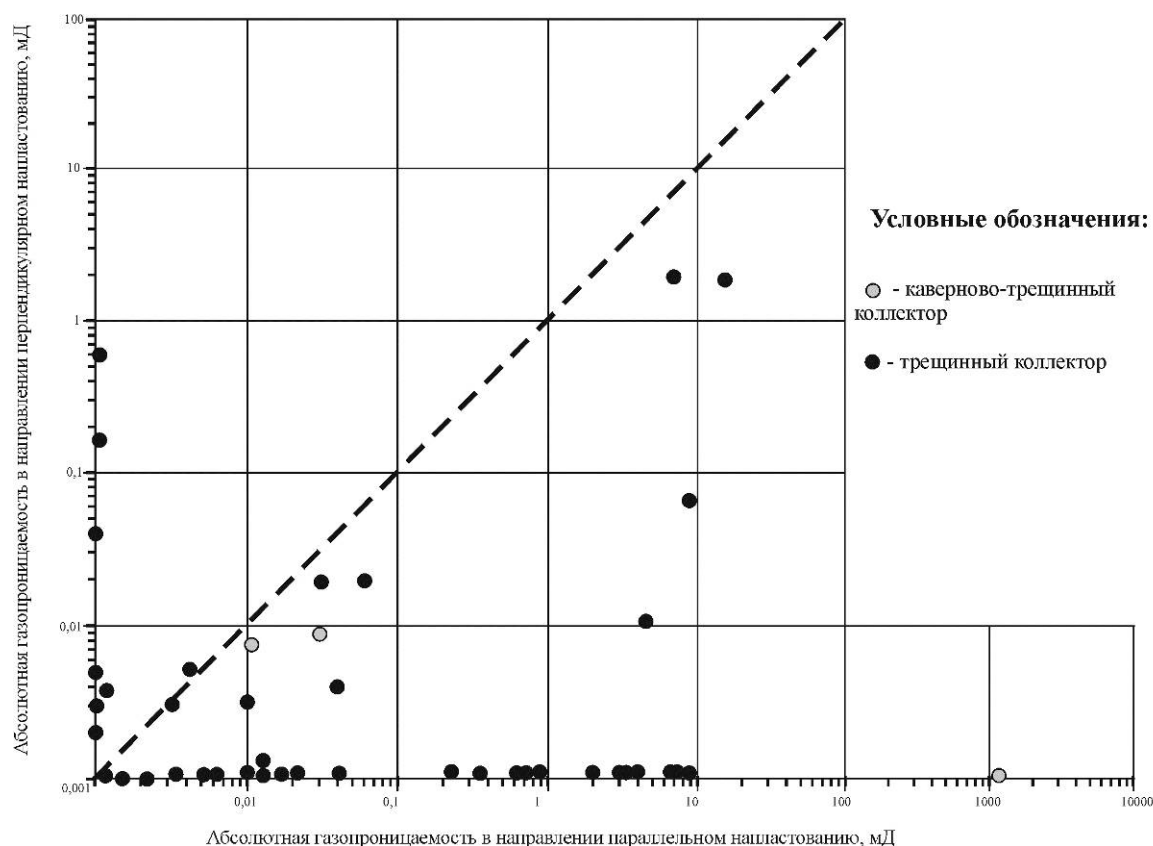


Рис. 3. Изменение газопроницаемости по направлениям в образцах кубической формы (продуктивная часть разреза)