

Трещиноватость кремнисто-глинистых пород пласта НБ₁ березовской свиты центральной части Западной Сибири

Калабин А.А., Чертина К.Н., Нассонова Н.В., Девятка Н.П.
ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия
aakalabin@tnnc.rosneft.ru

Аннотация
В настоящее время ПАО «НК «Роснефть» реализует целевой инновационный проект по разработке технологий изучения и освоения нетрадиционного газового объекта в отложениях березовской свиты на территории Западной Сибири. Отложения целевого пласта НБ₁, с которым связаны основные перспективы, представлены порово-трещинным типом коллектора. Данная статья направлена на демонстрацию встреченных в процессе изучения генетических типов трещин, их свойств и параметров для использования данной информации при изучении аналогичных резервуаров. Методика исследований основывалась на разномасштабном подходе при изучении трещин: от макроописания на керне до изучения минерального состава трещинного пространства методами РФА, РЭМ и в шлифах, изготовленных через выявленные на керне трещины.

Материалы и методы
Макроописание керна, классификация трещин по генетическим признакам, определение параметров трещинного пространства, рентгенофлуоресцентный анализ, рентгеновский энергодисперсионный микроанализатор, стадийный анализ.

Ключевые слова
березовская свита, кремнисто-глинистые отложения, нетрадиционный тип коллектора, макротрещиноватость, микротрещиноватость, тектонические трещины, кливаж, трещины приразломные, литогенетические трещины, синерезис, модель резервуара

Для цитирования
Калабин А.А., Чертина К.Н., Нассонова Н.В., Девятка Н.П. Трещиноватость кремнисто-глинистых пород пласта НБ₁ березовской свиты центральной части Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 1. С. **—**. DOI: 10.24412/2076-6785-2021-1-**-**

Поступила в редакцию: 08.02.2021

GEOLOGY

UDC 553.98.061.43 | Original Paper

Fracturing of siliceous clayey rocks of the NB₁ formation of the Berezovskaya suite in the central part of Western Siberia

Kalabin A.A., Chertina K.N., Nassonova N.V., Deviatka N.P.
"Tyumen Petroleum Research Center", Tyumen, Russia
aakalabin@tnnc.rosneft.ru

Abstract
Currently, the Rosneft Oil Company is implementing an innovative project to develop technologies for the study and development of unconventional gas facility in the sediments of the Berezovskaya suite in Western Siberia. Deposits of the target formation NB₁, with which the main prospects are associated, are represented by a porous-fractured reservoir type. This article contains detailed description of the properties and parameters of the genetic fractures in the NB₁ formation which can be used as an analog in the similar type reservoirs. The methodology used in this article combines several different multi-scale approaches to the fractures study: from a macro description of the core to the high resolution methods like mineral composition of the near-fracture space by the X-ray fluorescence analysis and REM method of thin sections made through the cracks identified on the core.

Materials and methods
Macro description of core material, classification of fractures by genetic characteristics, determination of fracture space parameters, X-ray fluorescence analysis, X-ray energy-dispersive microanalyzer, stage analysis.

Keywords
Berezovskaya Formation, siliceous-clayey deposits, unconventional reservoir type, macro-fracturing, micro-fracturing, tectonic fractures, cleavage, near-fault fractures, lithogenetic fractures, syneresis, reservoir model

For citation
Kalabin A.A., Chertina K.N., Nassonova N.V., Deviatka N.P. Fracturing of siliceous clayey rocks of the NB₁ formation of the Berezovskaya suite in the central part of Western Siberia. Exposition Oil Gas, 2021, issue 1, P. **—**. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2021-1-**-**

Received: 08.02.2021

Верхнемеловые отложения березовской свиты стратиграфически приурочены к коньяк-сантон-кампанскому интервалу верхнего мела и подразделяются на 2 подсвиты: нижнюю и верхнюю.

По результатам оценки ресурсного потенциала основным перспективным объектом является пласт НБ₁, относящийся к нижнеберезовской подсвите. Эффективная мощность пласта составляет в среднем около 10 м. Осадки нижнеберезовской подсвиты представляют собой глинисто-кремневые и кремневые разности прибрежно-морского и морского генезиса.

Пласт представлен опоками и опоковидными глинами. Особенностью этих пород является активное поглощение воды при контакте с растворами. Коллектор характеризуется высокой пористостью и очень низкой проницаемостью (Кп = 31 %, Кпр = 0,5 мД), это обусловлено малым размером пор 1–4 мкм. Пустотное пространство породы представлено микропорами глин, более крупными порами аморфного и микрокристаллического кремнезема, развитыми по биокластам, и естественными трещинами.

Возможность получения промышленных дебитов газа, при таких свойствах, обеспечивается благодаря наличию естественной трещиноватости, которая широко развита ввиду специфических упруго-прочностных свойств (хрупкость варьирует в диапазоне 0,46–0,9, при среднем значении – 0,74) и тектонического развития территории вплоть до четвертичного времени. В связи с характерной для пласта хрупкостью данные породы практически не способны к пластичным деформациям и при упругом воздействии на них неизбежно происходит растрескивание.

В рамках работ, проведенных на кернах материала, выполнены специальные лабораторные исследования трещиноватости, включающие в себя детальное изучение пород в петрографических шлифах и в растровом электронном микроскопе (РЭМ). Отбор образцов для исследований проводился в предварительно намеченных точках на участках с выявленной трещиноватостью.

В настоящее время существуют различные классификации трещин: размерные, геометрические, генетические и специальные. Все они характеризуют трещины с различных точек зрения и поэтому не исключают, а дополняют друг друга.

Керновый анализ позволил выделить два масштаба трещин — это микротрещины и макротрещины, а детальное изучение этих трещин с использованием микроскопических методов (шлиф и РЭМ) разделить их по генетическим признакам и степени заполнения [1]:

- тектонические трещины кливажа и разломной тектоники, открытые и частично заполненные вторичными минералами (минерализованные);
- тектонические, полностью заполненные вмещающей породой;
- литогенетические открытые, закрытые;

- литогенетические открытые, расширенные за счет действия тектоники.

Тектонические трещины
Среди тектонических трещин принято различать трещины, образовавшиеся при формировании складок (соскладчатые), и трещины, связанные с образованием тектонических разрывов (приразрывные) [2].

Выделенный генетический тип трещин – кливаж, относящийся к соскладчатым, — показывает связь литологии и тектонических условий. Под кливажом понимают способность горных пород делиться по параллельным или почти параллельным поверхностям на тонкие пластинки. В общем ходе деформации место образования кливажа соответствует последней стадии развития, характеризующейся потерей прочности перед разрывом [3].

Кливаж, выделенный в керне рассматриваемого объекта, — это трещиноватость, связанная с процессами сжатия и растяжения пород при формировании складок. В пределах исследуемого участка кливаж представлен в основном трещинами отрыва и связан преимущественно с пластом НБ₁ (рис. 1), что обусловлено особенностями его упруго-прочностных свойств.

На рисунке 1 отображена трещина кливажа. В шлифе макротрещина сообщается с системой микротрещин. В околотрещинном пространстве наблюдается вторичная минерализация (пирит) и участки интенсивного выщелачивания. Трещины данного типа

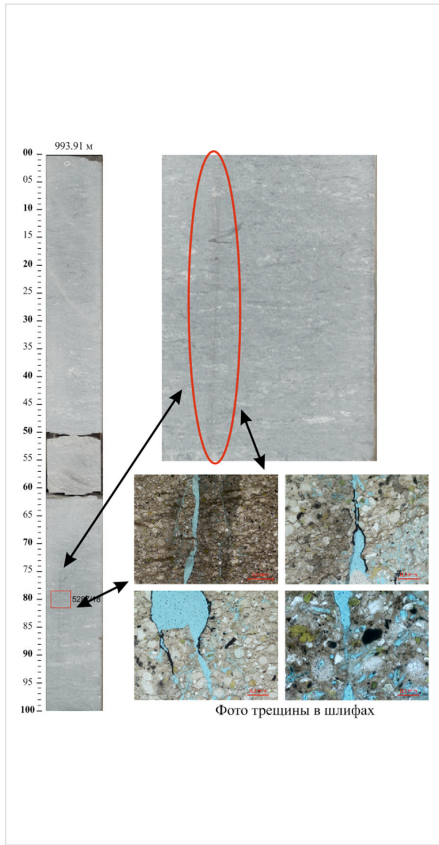


Рис. 1. Тектоническая трещина отрыва, отнесенная к генетическому типу «кливаж»
Fig. 1. Tectonic separation fracture attributed to the genetic cleavage type

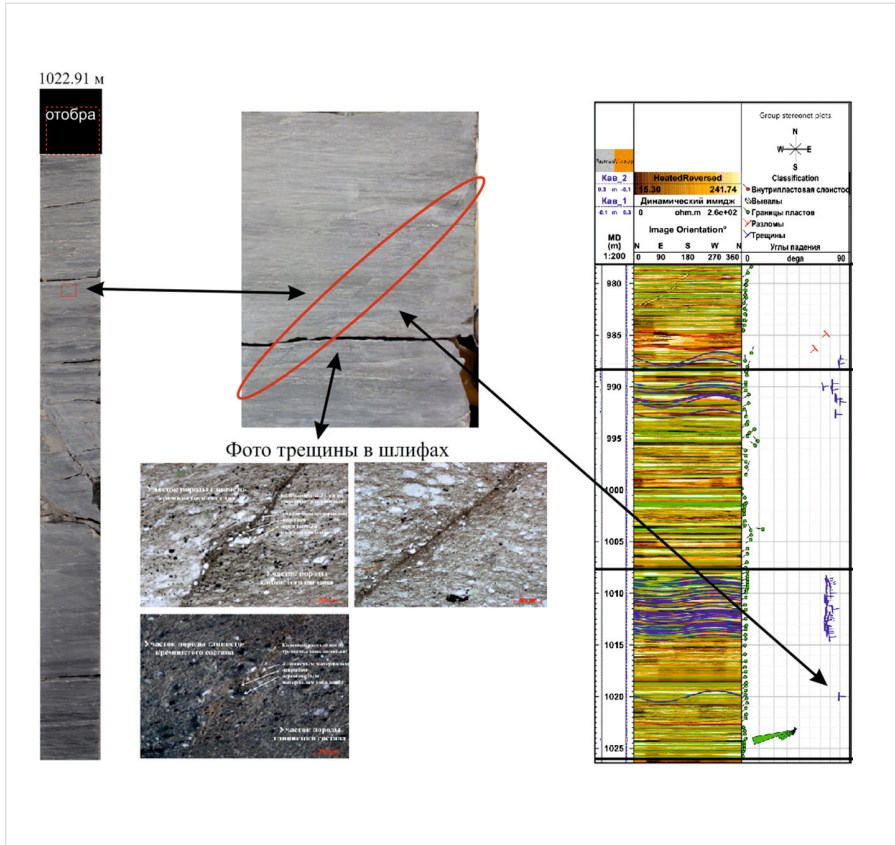


Рис. 2. Тектоническая трещина со смещением вдоль плоскости
Fig. 2. Tectonic fracture with displacement along the plane

раскрыты от волосовидных (менее 0,1 мм) до 0,5–0,6 мм в расширениях.

В породах пласта НБ₁ выделяются 2 системы трещин кливажа: первая — закрытые трещины, направленные веерообразно; вторая — открытые вертикальные трещины, секущие первую систему.

В шлифах трещины кливажа идентифицировались по следующим признакам:

- трещины расположены преимущественно перпендикулярно слоистости, реже под наклоном, подчеркивая системность;
- морфология трещин преимущественно одинакова на всем ее протяжении;
- минерализация трещин выдержана по составу.

Тектонические (приразрывные) оперяющие — возникающие при смещении вдоль поверхности основного разлома, формируются путем роста, сгущения и слияния существовавших ранее мелких оперяющих трещин. Для оперяющих трещин характерно развитие группами, внутри которых густота трещин повышена, а трещины расположены кулисообразно [4].

В керновом материале преимущественно были зафиксированы приразломные трещины скалывания (рис. 2).

Отнесение трещин к приразломным (скалывания) по керновому материалу проводилось по следующему ряду признаков:

- наличие зеркал скольжения;
- резкая смена литологического состава пород по разные стороны от трещины;
- трещины крутые;
- по трещине фиксируется видимое смещение слоев породы;
- трещины короткие, редко протяженные;
- иногда обрамляются оперяющими трещинами;
- трещины образуют выдержанную систему;
- трещины зачастую располагаются через равные интервалы.

В шлифах приразломные трещины (скалывания) идентифицировались по следующим признакам:

- крайне малая ширина (раскрытость) трещин;
- наличие глинок трения;
- смещение структурных элементов породы вдоль трещины друг относительно друга.



Рис. 3. Литогенетическая трещиноватость. Параллельный оси зерна срез. Опоры пласта НБ₁ березовской свиты. Вид - без анализатора, увеличение 4 ×
Fig. 3. Lithogenetic fracturing. Cut parallel to the core axis. Flasks of formation NB₁ of the berezovskaya suite. View - without analyser, magnification 4 ×

В петрографическом шлифе тектоническая трещина, выявленная на этапе макро-описания керна, заполнена глинистым веществом (рис. 2). В перегибе отмечается относительное раскрытие и заполнение продуктами интенсивного разрушения вмещающих пород. Ниже и выше, относительно трещины, породы различаются составом и строением. Для зоны смещения характерна ориентировка чешуек глинистых минералов по направлению сдвига.

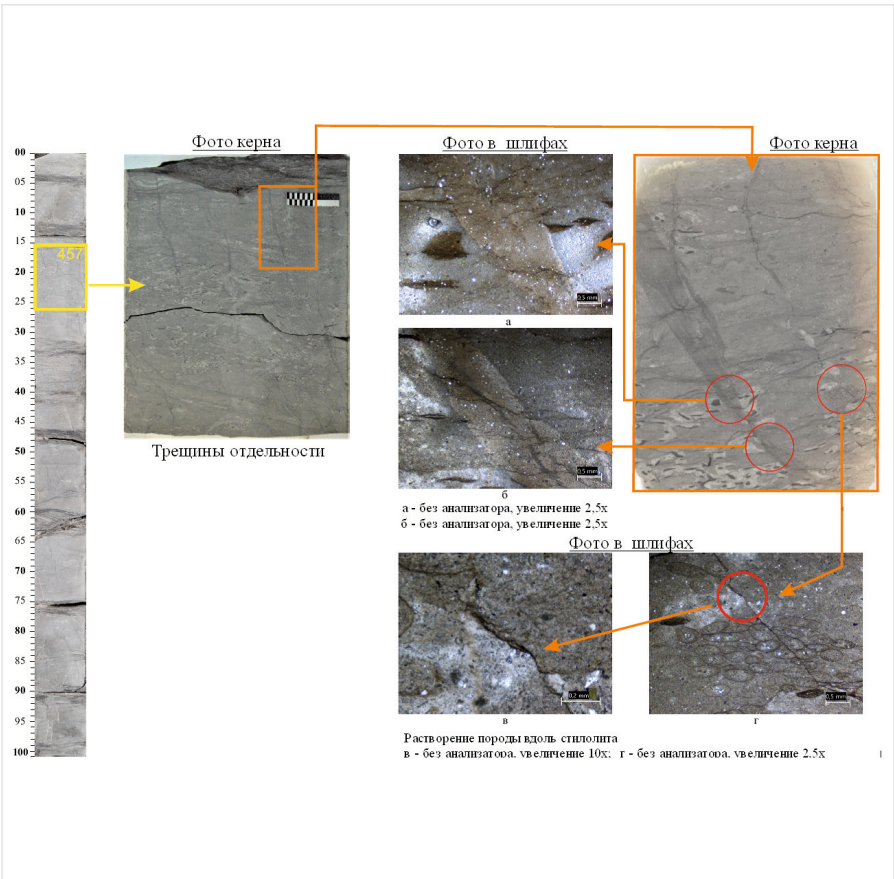
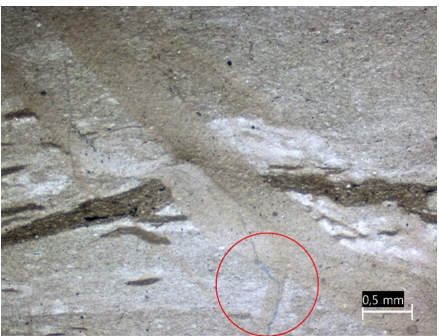
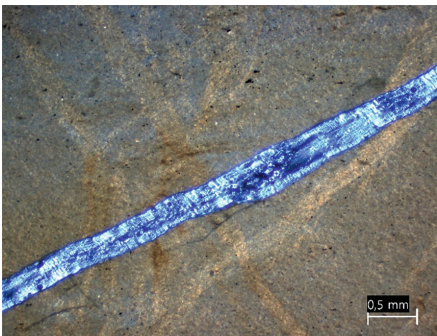


Рис. 4. Тектоно-литогенетические трещины синерезиса
Fig. 4. Tectono-lithogenetic fractures of syneresis



а) литогенетическая трещина пересекает трещину синерезиса, полностью заполненную вмещающей породой. Пласт НБ₁
the lithogenetic fracture crosses the syneresis fracture, completely filled with the host rock. Formation NB₁



б) тектоническая открытая трещина пересекает трещину синерезиса, полностью заполненную вмещающей породой. Пласт НБ₁
an open tectonic fracture crosses a syneresis fracture, completely filled with host rock. Formation NB₁

Рис. 5. Тектоно-литогенетические трещины синерезиса, полностью заполненные вмещающей породой, пересечены а - литогенетической и б - тектонической трещинами
Fig. 5. Tectono-lithogenetic fractures of syneresis, completely filled with host rock, crossed by а - lithogenetic and б - tectonic fractures

Литогенетические трещины

Образуются в процессе уплотнения осадка и уменьшения его объема. Трещины повторяют и подчеркивают текстуру породы, прослеживаются вдоль многочисленных слоев уплотнения. Отмечаются в шлифах, изготовленных параллельно и перпендикулярно наслоению. В шлифах, изготовленных параллельно наслоению, выделяется значительно меньшее их количество. Это говорит о том, что трещины данного типа располагаются

по отношению к слоистости по-разному: косо, параллельно, либо имеют изогнутые сложной формы поверхности, но преимущественно ориентированы субпараллельно поверхности наслоения и находятся в условиях максимального вертикального стресса.

В поле шлифа, изготовленного перпендикулярно наслоению, отражены (рис. 3) пологовогнутые, протяженные, ветвящиеся трещины, проходящие по контактам глинисто-гидрослюдистых слоев, ответвления образуют сеть. Трещины частично раскрыты, образованы на границах разностей различного минералогического состава, имеют перемычки.

Пласт НБ₁ имеет свои уникальные особенности в части трещиноватости, они заключаются в наличии полностью заполненных вмещающей породой тектоно-литогенетических трещин, первично литогенетические трещины синерезиса (рис. 4, 5), с обновлением по плоскостям во время тектонических активизаций. Эти трещины пересекаются литогенетическими и тектоническими трещинами (рис. 5), что ставит их на первое место в ряду последовательности формирования от более ранних к более поздним. Тектоно-литогенетические трещины синерезиса повсеместно полностью заполнены вмещающей породой.

ENGLISH

Results

Thus, in the course of the studies carried out, it was found that the structure of the fractured space of the NB₁ formation is very complex. Micro- and macro-fracturing is developed, fractures are divided into tectonic and lithogenetic. Tectonic, in turn, are subdivided into cleavage fractures and cracks feathering discontinuous faults. According to the degree of filling the void space, predominantly open (60 %) and mineralized (40 %) are established. In view of the small extent, connectivity, openness and decaying nature, lithogenetic cracks presumably do not have the best effect on the permeability of rocks relative to the host fluids. Of greater interest are tectonic fractures, in view of their length and opening, as well as well-organized systemicity in terms of morphology.

References

1. Maximov E.M. General and structural geology. Tyumen: TyumGNGU, 2014, 220 p.
2. Recommendations for the study of rock fracturing during engineering

- and geological surveys for construction, Moscow: Stroyizdat, 1974, 40 p.
3. Mikhaylov A.E. Field methods of the rock fracturing study. Moscow:

фильтрационно-емкостные свойства пород, методика изучения отложений березовской свиты должна содержать целый набор инструментов различного масштаба, только в этом случае результаты исследований позволят понять модель резервуара и впоследствии стать качественной основой для выполнения прогноза зон повышенной продуктивности, которые для резервуара опок-видного пласта НБ₁ связаны с улучшенными свойствами матрицы породы и наличием трещинной проницаемости за счет интенсивной природной трещиноватости.

Литература

1. Максимов Е.М. Общая и структурная геология. Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. 220 с.
2. Рекомендации по изучению трещиноватости горных пород при инженерно-геологических изысканиях для строительства. М.: Стройиздат, 1974. 40 с.
3. Михайлов А.Е. Полевые методы изучения трещин в горных породах. М.: Госгеолтехиздат, 1956. 132 с.
4. Рад М.В., Чернышев С.Н. Трещиноватость и свойства трещиноватых горных пород. М.: Недра, 1970. 164 с.

Conclusion

Based on the identified scale, variety of types and multidirectional effects of fracturing on the reservoir properties of rocks, the method for studying the deposits of the Berezhovskaya suite should contain a whole set of tools of various scales, only in this case the research results will make it possible to understand the reservoir model and subsequently become a qualitative basis for forecasting zones of increased productivity, which for the reservoir of the opoka-like formation NB₁ are associated with improved properties of the rock matrix and the presence of fracture permeability due to intense natural fracturing.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Калабин Артемий Александрович, главный инженер проекта управления научно-технического развития, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия
Для контактов: aakalabin@tnnc.rosneft.ru

Чертина Ксения Николаевна, заведующий лабораторией петрографических исследований центра исследований керна ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

Нассонова Наталья Валентиновна, к.г.-м.н., старший эксперт экспертно-аналитического управления ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

Девяткина Надежда Петровна, начальник отдела литолого-фациального и седиментологического изучения керна центра исследований керна ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

Kalabin Artemy Aleksandrovich, chief project engineer of the scientific and technical development department, "Tyumen Petroleum Research Center" LLC, Tyumen, Russia
Corresponding author: aakalabin@tnnc.rosneft.ru

Chertina Ksenia Nikolaevna, head of the petrographic research laboratory of the core research center, "Tyumen Petroleum Research Center" LLC, Tyumen, Russia

Nassonova Natalya Valentinovna, ph.d., Senior expert of the expert and analytical department, "Tyumen Petroleum Research Center" LLC, Tyumen, Russia

Devyatkina Nadezhda Petrovna, head of lithological-facial and sedimentological core study section of the core research center, "Tyumen Petroleum Research Center" LLC, Tyumen, Russia