

Особенности литолого-минералогического состава фроловской свиты

(на примере Северо-Крутинского месторождения нефти)

Ю.В. Курушина

м.н.с.¹

junonanik@yandex.ru

С.Е. Валеева

н.с.¹

ssalun@mail.ru

Э.И. Фахрутдинов

ассистент²

mks-1989eduard@yandex.ru

¹ИПЭН АН РТ, Казань, Россия

²ИГИНГТ К(П)ФУ, Казань, Россия

В данной работе рассмотрены литологические особенности продуктивного пласта АС5 фроловской свиты барремского яруса нижнего мела по данным изучения кернового материала, отобранного из потенциально продуктивного интервала 2337,00–2351,00 м эксплуатационной скважины №204 Северо-Крутинского месторождения нефти. В результате установлен литологический тип коллектора, зоны ухудшения коллекторских свойств в связи с вторичным минералообразованием.

Материалы и методы

Оптико-микроскопический анализ, гранулометрический анализ, определение фильтрационно-емкостных свойств, люминесцентно-битуминологический анализ, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия.

Ключевые слова

литотипы, регенерация кварца, кварцевые граувакки, коллекторские свойства, керновый материал

Северо-Крутинское месторождение нефти, разрабатываемое филиалом «НГДУ Лянторнефть» ОАО «Сургутнефтегаз», было открыто в 1988 г. в результате бурения и испытания скважины №83п, в которой был получен фонтанирующий приток нефти из пласта АС5 дебитом 2 м³/сут. В декабре 2003 г. на основании «Проекта пробной эксплуатации Северо-Крутинского месторождения» оно было введено в опытно-промышленную разработку.

На Северо-Крутинском месторождении промышленная нефтеносность установлена в отложениях пласта АС5 неокомского нефтегазоносного комплекса, в стратиграфическом отношении приуроченного к фроловской свите барремского яруса нижнего мела. Исследуемый пласт включает одну залежь нефти, в пределах которой пробурены 19 поисково-разведочных и 117 эксплуатационных скважин.

Для исследования выбрана эксплуатационная скважина №204 Северо-Крутинского месторождения нефти. Объект исследования — керновый материал, отобранный из потенциально продуктивного интервала 2337,00–2351,00 м.

Всего было отобрано 3 образца керна. Образец №1 был отобран из нефтяной зоны, образец №2 — из водонефтяной зоны,

образец №3 — из водоносной части пласта. ВНК в данной скважине принят на глубине минус 2345,8 м.

Литологически породы представлены мелкозернистыми песчаниками и крупнозернистыми алевролитами от светло-серых и серых до буро-серых и бурых за счет нефтенасыщения. Текстура полого- и косоволнистая, часто можно увидеть прослойки темных глин.

Проведены следующие исследования: оптико-микроскопический анализ, гранулометрический анализ, определение фильтрационно-емкостных свойств, люминесцентно-битуминологический анализ, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия.

В силу относительно небольшой величины частиц, слагающих изучаемые образцы пород, их изучение было целесообразно проводить под поляризационным микроскопом.

Изучение шлифов из образцов керна скважины №204 показало, что песчаники пласта АС5 (обр. №1 и 2) относятся к кварцевым грауваккам (рис. 1а, б) [1]. Данные породы сложены следующими минералами: кварцем (около 30%), полевым шпатом (<5%), в незначительном количестве содержатся мусковит, роговая обманка и другие минералы.

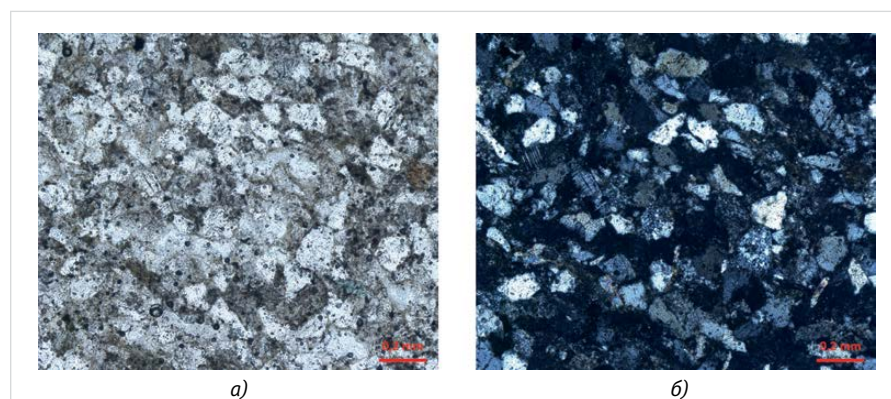


Рис. 1 — Фотография шлифа образца №1 при съемке: а) — в параллельных николях; б) — в скрещенных николях

Fig. 1 — A photo of section a sample №1 a) — parallel Nicols; b) — crossed Nicols

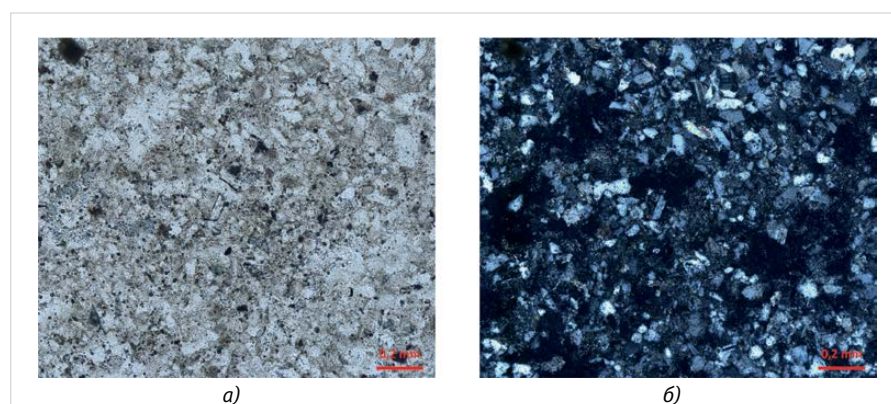


Рис. 2 — Фотография шлифа образца №3 при съемке: а) — в параллельных николях; б) — в скрещенных николях

Fig. 2 — A photo of section a sample №3 a) — parallel Nicols; b) — crossed Nicols

Содержание обломочных пород — 65%. Обломочные зерна угловатые, реже — полуокатанные. Цемент в основном поровый, по составу — глинистый. В обоих образцах повсеместно содержится обугленная растительная органика.

Образец №3 представлен крупнозернистым алевролитом с содержанием: кварца — 25%, глинистой массы — 50%, обломочных пород — 20%. Обломочные зерна преимущественно угловатые, плохо отсортированные. Цемент по составу — глинистый. Повсеместно содержится обугленная растительная органика, редко встречаются агрегаты кальцита размером до 1 мм (рис. 2а, б).

Количественное (массовое) содержание в породе частиц различной величины принято называть гранулометрическим составом [2]. Гранулометрический состав изучаемых образцов определялся с использованием прибора виброгрохот. Графическое изображение результатов данного анализа приведено на гистограммах (рис. 3а, б).

По данным гранулометрии, 0,08–0,016 мм является преобладающей фракцией. Порода-коллектор представлена мелкозернистым песчаником.

Далее определялись фильтрационно-емкостные свойства изучаемых образцов — пористость и проницаемость.

Коэффициент открытой пористости в данной работе определялся по методу Преображенского путем сравнения массы сухого и насыщенного керосином образца.

Абсолютная проницаемость измерялась в предварительно высушенных образцах при пропускании через них воздуха. Результаты определения фильтрационно-емкостных свойств приведены в таб. 1.

По данным изучения фильтрационно-емкостных свойств, первые два образца были отнесены к IV классу коллекторов, 3 образец — к V классу коллекторов [3]. Также установлено, что образец, взятый из водоносной части пласта, обладает меньшим значением пористости и проницаемости по сравнению с образцами, взятыми из нефтяной и водонефтяной зон (ухудшение коллекторских свойств идет вниз по разрезу).

По данным геофизических исследований скважин, максимальное значение $K_n = 0,235$ д.е., $K_{np} = 66,2 \cdot 10^{-3}$ мкм².

Анализируя геофизические характеристики продуктивного пласта AC5 в данной скважине, можно отметить, что фильтрационно-емкостные свойства пласта так же, как и по данным керна, ухудшаются вниз по разрезу.

По гранулометрическим характеристикам, параметрам фильтрационно-емкостных

свойств и составу цемента в отложениях пласта AC5 Северо-Крутинского месторождения нефти в целом выделяются четыре литолого-петрофизических типа пород (сокращенно — литотипа). Один представлен практически полностью коллекторами, три остальных представлены преимущественно неколлекторами. Выделенные литолого-петрофизические типы пород условно имеют названия «мелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевролиты», «мелко-крупнозернистые алевролиты и слоистые песчаники», «аргиллиты, глинистые песчаники и алевролиты» и «песчаники и алевролиты с карбонатным цементом».

К литотипу 1 «мелкозернистые песчаники и крупнозернистые алевролиты» относятся наиболее однородные песчаники и алевролиты с глинистым цементом.

К литотипу 2 «мелко-крупнозернистые алевролиты и слоистые песчаники» — алевролиты и слоистые песчаники с пониженными фильтрационными свойствами.

К литотипу 3 «аргиллиты, глинистые песчаники и алевролиты» — глинистые алевролиты и тонкое переслаивание песчано-алевролитового и глинистого материалов.

К литотипу 4 «песчаникам и алевролитам с карбонатным цементом» — породы с содержанием карбонатного материала выше 12% [4].

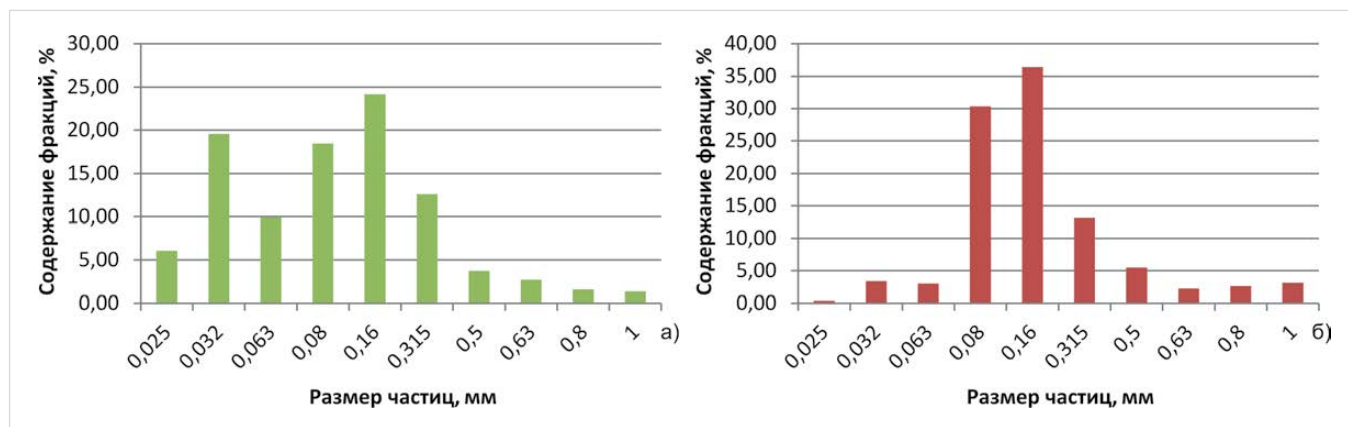


Рис. 3 — Гистограмма распределения зерен по размерам: а) — образца №1; б) — образца №3
Fig. 3 — A histogram of the distribution of grains sizes: a) — sample №1; b) — sample №3

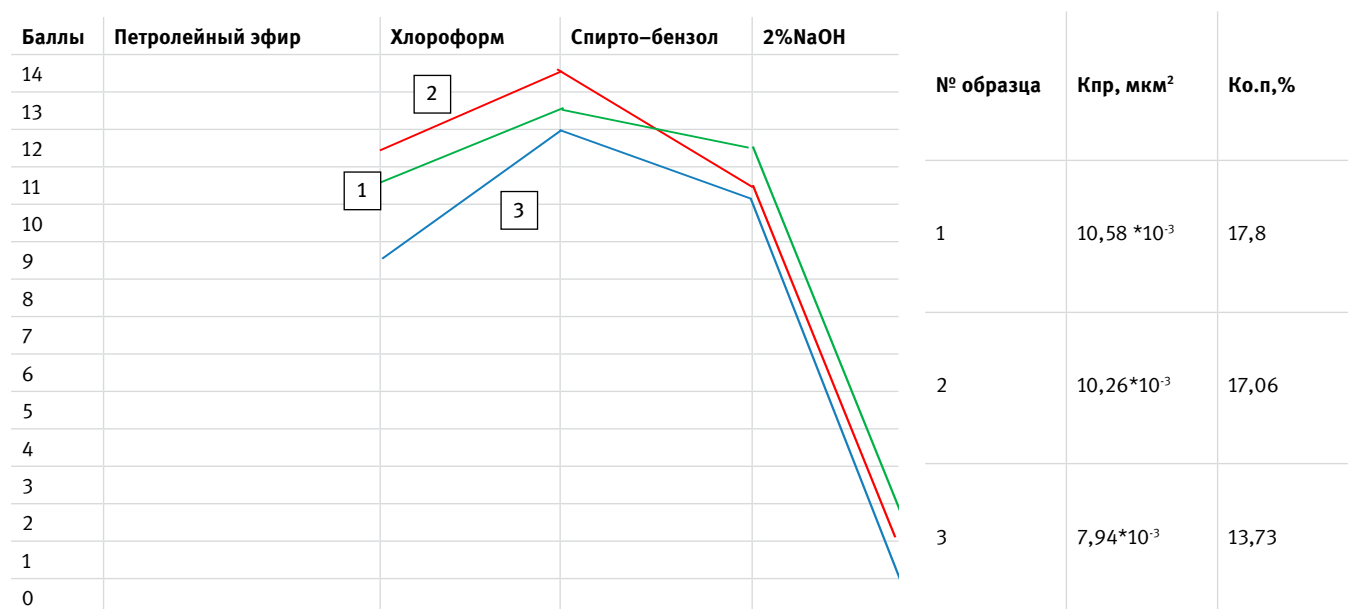


Рис. 4 — Люминесцентно-экстракционная характеристика битуминозных веществ
Fig. 4 — Fluorescent-extraction characteristics of bituminous substances

Таб. 1 — Результаты определения фильтрационно-емкостных свойств
Tab. 1 — The results determining reservoir porosity and permeability

По гранулометрическим характеристикам, параметрам фильтрационно-емкостных свойств и составу цемента образцы №1 и 2 относятся к 1 литолого-петрофизическому типу пород, образец №3 — к 4 литотипу.

В результате люминисцентно-битуминолого-химического анализа в хлороформе было определено количество битума в породе и тип битума. Битуминозные вещества в образцах №1 и 2 отнесены к осмоленным битумам (ОБА), образец №3 — к маслянистым битумам (МБА). По данным этого же анализа с использованием четырех растворителей, битуминозные вещества всех 3 образцов были отнесены к группе эпигенетических битуминоидов [5] (рис. 4).

Информацию об элементном составе различных объектов (горных пород, минералов, химических соединений, сплавов и т.д.) можно получить при помощи рентгенофазового анализа (РФА).

РФА по дифракционным спектрам от изучаемых поликристаллических образцов это сопоставление значений $d(hkl)$ изучаемого образца с соответствующими значениями $d(hkl)$ одного или более справочных стандартов при сравнении интенсивностей линий в спектрах образца и стандартов [6] (рис. 5, 6).

В результате анализа полученных дифрактограмм, установлено, что преобладающими минералами в изучаемых поликристаллических

образцах являются кварц, полевые шпаты, слюды.

В целом, для пласта АС5 Северо-Крутинского нефтяного месторождения характерно сильное влияние вторичного минералообразования на фильтрационно-емкостные свойства пород-коллекторов [4]. Поэтому необходимо было изучить исследуемые образцы под электронным микроскопом (рис. 7а, б).

По данным изучения электронной микроскопии ядерного материала, отмечается регенерация зерен кварца в виде тонких прерывистых каемок, развитие вторичного кальцитового цемента.

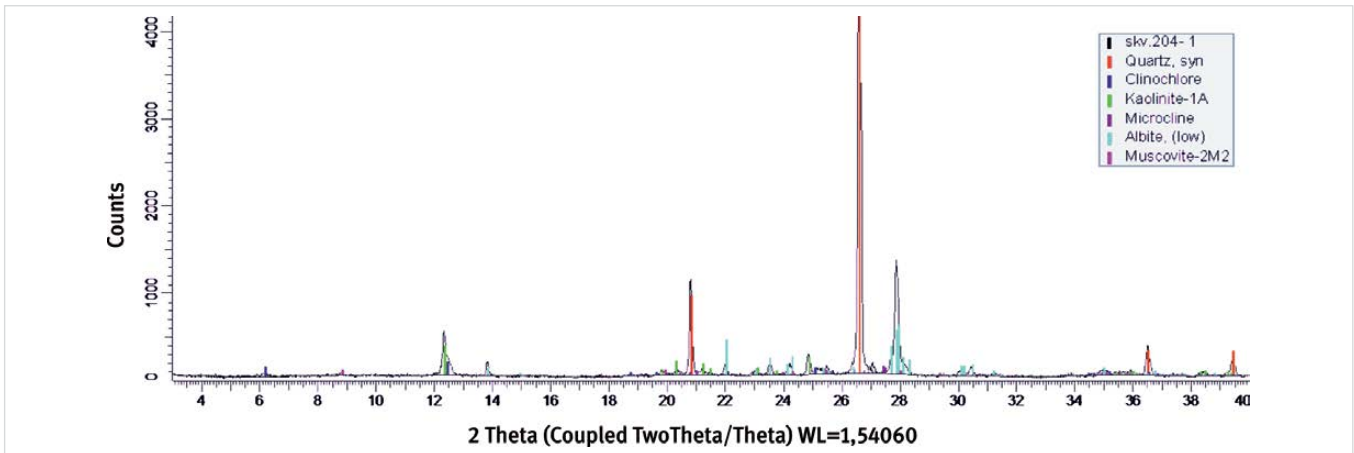


Рис. 5 — Дифрактограмма поликристаллического образца №1
Fig. 5 — The diffractogram of polycrystalline sample №1

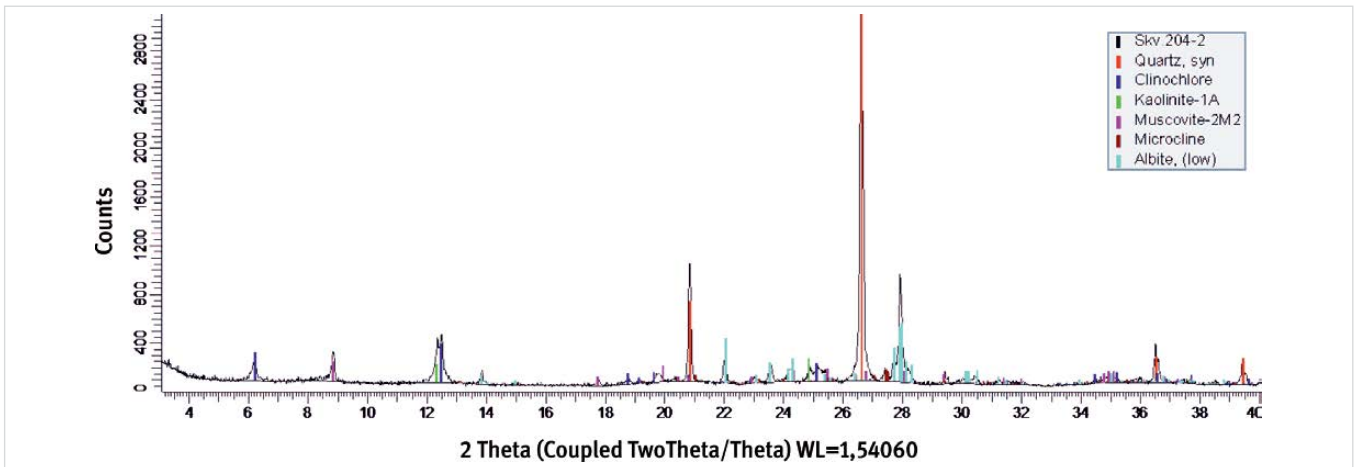


Рис. 6 — Дифрактограмма поликристаллического образца №3
Fig. 6 — The diffractogram of polycrystalline sample №3

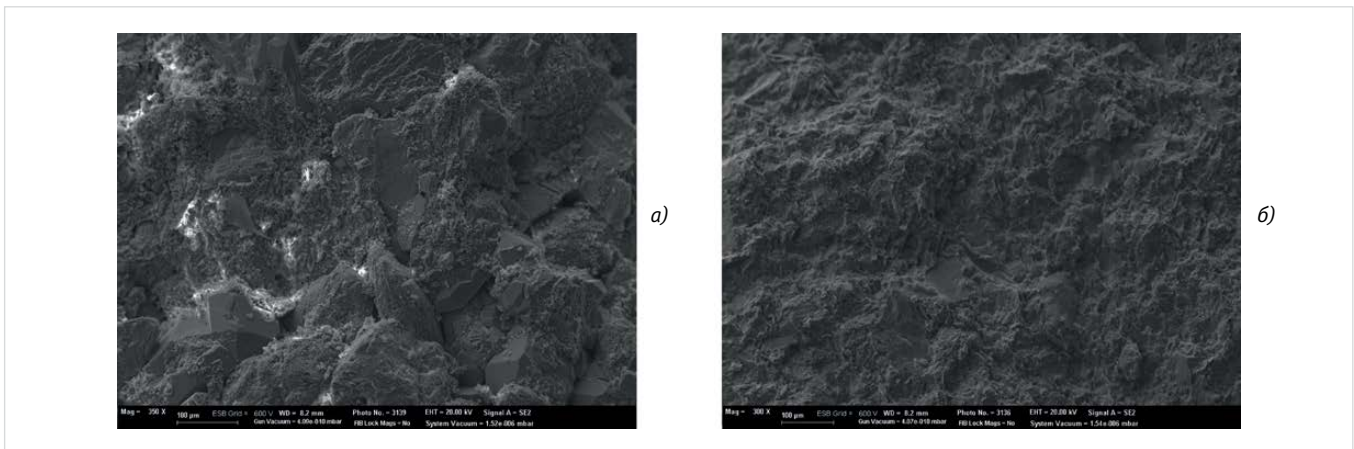


Рис. 7 — Электронно-микроскопическая фотография: а) — песчаника (образец №1); б) — алевролита (образец №3)
Fig. 7 — Electron microscope photography: a) — sandstone (sample №1); b) — siltstone (sample №3)

Итоги

В результате ряда проведенных исследований, были рассмотрены литологические особенности продуктивного пласта AC5 фроловской свиты барремского яруса нижнего мела по данным изучения трех образцов кернового материала.

Выводы

Установлено, что литологическим типом коллектора являются кварцевые граувакки с высоким содержанием углефицированной органики.

Высоким фильтрационно-емкостным свойствам коллекторов способствует поровый тип цементации зерен.

Фильтрационно-емкостные свойства пласта по геофизическим данным, так же как и по данным керна, ухудшаются вниз по разрезу. Снижение проницаемости и, в меньшей

степени, снижение пористости связано с развитием вторичного минералообразования. Влияние вторичных изменений приводит к отсутствию четкой дифференциации петрофизических свойств выделенных литотипов.

Список литературы

1. Морозов В.П. Учебно-методическое пособие к лабораторным занятиям по курсу «Литология». Казань: Казанский университет, 2010. 40 с.
2. Бжицких Т.Г., Санду С.Ф., Пулькина Н.Э. Определение физических и фильтрационно-емкостных свойств горных пород: практикум для выполнения учебно-научных работ студентами направления «Прикладная геология» и «Нефтегазовое дело». Томск: Томский политехнический университет, 2008. 90 с.
3. Ханин А.А. Породы-коллекторы и их изучение. М.: Недра, 1969. 368 с.
4. Материалы, обосновывающие подсчет запасов нефти и растворенного газа Северо-Крутинского месторождения. Пласт AC-5. Книга. Текст, таблицы. Фактический материал. Сургут: СургутНИПИнефть, 2014. 93 с.
5. Плотникова И.Н., Батырбаева Р.А., Смелков В.М. Люминесцентно-битуминологический анализ: методическое пособие по выполнению анализа для бакалавров направления 05.03.01 «Геология», профиль «Геология и геохимия горючих ископаемых». Казань: Казанский университет, 2015. 24 с.
6. Ескина Г.М., Морозов В.П. Рентгенографический фазовый анализ. Учебно-методическое пособие. Казань: Казанский университет, 2010. 31 с.

ENGLISH

GEOLOGY

Features of litho-mineralogical consistence of frolov formation (on the example of Severo-Krutinskoe oil field)

UDC 551

Authors:

Julia V. Kurushina — junior researcher¹; junonanik@yandex.ru

Svetlana E. Valeeva — researcher¹; ssalun@mail.ru

Eduard I. Fakhrutdinov — assistant²; mks-1989eduard@yandex.ru

¹IPEM TAS, Kazan, Russian Federation

²IGPT KFU, Kazan, Russian Federation

Abstract

The lithological features of the productive formation AC5 in frolovskaya suite of the barremian stage of lower cretaceous, according to core material studies, selected from the potentially productive interval 2337,00–2351,00 m of production well №204 of Severo-Krutinskoe oil field are described in the article. The lithological reservoir type, zones of the deterioration of reservoir properties in connection with secondary mineral formation were set.

Materials and methods

Optical-microscopic analysis, grain size measurement, determination of reservoir

porosity and permeability, fluorescence analysis, X-ray diffraction analysis, electron microscopy.

Results

As a result of several studies, the lithological features of the productive formation AC5 in frolovskaya suite of the barremian stage of lower cretaceous were analyzed, according to core material of three samples.

Conclusions

The quartzose graywackes with high content of organic coalified are considered to be the lithological types of the reservoir. Pore-filling of the grains is the reason for

high reservoir porosity and permeability.

The reservoir porosity and permeability, according to geophysical and core analysis, deteriorates downsection.

Reduced permeability and porosity reduction, to a less degree, is connected with progressing of secondary mineral formation. The influence of secondary changes is the reason for the lack of the clear differentiation of selected lithotypes petrophysical properties.

Keywords

lithotypes, regeneration of quartz, quartzose graywackes, reservoir properties, core material

References

1. Morozov V.P. *Uchebno-metodicheskoe posobie k laboratornym zanyatiyam po kursu "Litologiya"* [Teaching manual for laboratory exercises for the course "lithology"]. Kazan: Kazan University, 2010, 40 p.
2. Bzhitskikh T.G., Sandu S.F., Pul'kina N.E. *Opreделение fizicheskikh i fil'tratsionno-emkostnykh svoystv gornykh porod: praktikum dlya vypolneniya uchebno-nauchnykh rabot studentami napravleniya "Prikladnaya geologiya" i "Neftegazovoe delo"* [The determination of the physical and reservoir porosity and permeability of rocks: a workshop for implementation of educational-scientific works of students of the direction "Applied Geology" and "The Oil and Gas Business"]. Tomsk: Tomsk Polytechnic University, 2008, 90 p.
3. Khanin A.A. *Porody-kollektory i ikh izucheniye* [Reservoir Rocks and their study]. Moscow: Nedra, 1969, 368 p.
4. *Materialy, obosnovyvayushchie podschet zapasov nefi i rastvorenogo gaza Severo-Krutinskogo mestorozhdeniya. Plast AS-5. Kniga. Tekst, tablitsy. Fakticheskii material* [Materials supporting the calculation of reserves of oil and dissolved gas in Severo-Krutinskoe field. Layer of AC5. Book. The text, the tables. Factual material]. Surgut: SurgutNIPIneft, 2014, 93 p.
5. Plotnikova I.N., Batyrbayeva R.A., Smelkov V.M. *Lyuminescentno-bituminologicheskii analiz: metodicheskoe posobie po vypolneniyu analiza dlya bakalavrov napravleniya 05.03.01 "Geologiya", profil' "Geologiya i geokhimiya goryuchikh iskopaemykh"* [Fluorescence analysis: Toolkit for performing analysis for bachelor's direction 05.03.01 "Geology", "Geology and Geochemistry of combustible minerals"]. Kazan: Kazan University, 2015, 24 p.
6. Eskin G.M., Morozov V.P. *Rentgenograficheskii fazovyy analiz* [X-ray diffraction analysis. Educational-methodical manual]. Kazan: Kazan University, 2010, 31 p.