

УДК 550.8.053

DOI: 10.31660/0445-0108-2022-1-51-66

Использование подхода поэтапного литологического расчленения разреза вулканогенно-осадочных отложений

Г. А. Смоляков*, Н. В. Гильманова, П. А. Боронин, А. В. Сивкова

Филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», Тюмень, Россия

**SmolyakovGA@tmn.lukoil.com*

Аннотация. В работе реализован подход поэтапного литологического расчленения разреза вулканогенно-осадочных пород Средне-Назымского месторождения с применением сопоставлений методов геофизических исследований скважин (ГИС) на качественном и количественном уровне.

Преимущественно кислый состав пород предопределяет использование единых петрофизических алгоритмов разреза доюрского комплекса (ДЮК) с дополнительным делением на укрупненные группы литотипов: лавобрекчии, туфы и неизменные эффузивы. Немаловажным фактором, влияющим на интерпретацию ГИС, является наличие трещиноватости пород в интервале ДЮК.

Проведена оценка возможности литологического расчленения разреза с учетом дополнительного деления пород на коллектор-неколлектор, которая позволяет выделить перспективные зоны развития поровых и трещинных коллекторов.

Нами предложен подход поэтапного литологического расчленения разреза, включая качественные и количественные критерии, который обеспечивает совершенствование существующих технологий.

Ключевые слова: тип порового пространства, трещинный коллектор, поровый коллектор, литотип, лавобрекчии, туфы

Для цитирования: Использование подхода поэтапного литологического расчленения разреза вулканогенно-осадочных отложений / Г. А. Смоляков, Н. В. Гильманова, П. А. Боронин, А. В. Сивкова. – DOI 10.31660/0445-0108-2022-1-51-66 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2022. – № 1. – С. 51–66.

Using the approach of step-by-step lithological dissection of the section of volcanogenic sedimentary deposits

**Gennady A. Smolyakov*, Natalia V. Gilmanova, Pavel A. Boronin,
Anastasia V. Sivkova**

KogalymNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Tyumen, Russia

**SmolyakovGA@tmn.lukoil.com*

Abstract. The article implements an approach of step-by-step lithological dissection of the section of volcanogenic sedimentary rocks of the Sredne-Nazymkoye field using comparisons of methods of geophysical surveys of rocks at the qualitative and quantitative level.

The predominantly acidic composition of the rocks determines the use of unified petrophysical algorithms for the section of the Pre-Jurassic complex with additional division into enlarged groups of lithotypes: lavobrecchia, tuffs and unchanged effusions. An important factor influ-

encing the interpretation of geophysical surveys is the presence of rock fracturing in the Pre-Jurassic complex interval.

The assessment of the possibility of lithological dissection of the section, taking into account the additional division of rocks into collector-non-collector, which allows us to identify promising zones of development of pore and fractured reservoirs.

We propose an approach of step-by-step lithological dissection of the section, including qualitative and quantitative criteria, which ensures the improvement of existing technologies.

Keywords: type of pore space, fractured reservoir, porous reservoir, lithotype, lavobreccia, tuffs

For citation: Smolyakov, G. A., Gilmanova, N. V., Boronin, P. A., & Sivkova, A. V. (2022). Using the approach of step-by-step lithological dissection of the section of volcanogenic sedimentary deposits. *Oil and Gas Studies*, (1), pp. 51-66. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2022-1-51-66

Введение

В пределах Обского правобережья доюрские отложения вскрыты на многих площадях Приобского, Сургутского, Ляминского и Красноленинского нефтегазоносных районов. Слагающие доюрский комплекс (ДЮК) породы отличаются обширным диапазоном изменения вещественного состава, для них характерна повышенная пространственная изменчивость [1].

Общеизвестно, что к вулканогенным породам относятся как пирокластические, так и эффузивные разности [2]. Существующие классификации этих пород по различным признакам весьма обширны. Классификация М. С. Швецова (В. Ф. Малеева и др. [3]) в зависимости от содержания в породе пирокластического материала выделяет следующие вулканогенно-осадочные породы: туффиты (50–90 %), туфы (> 90 %), туфоалевролиты, туфопесчаники, туфоаргиллиты (10–50 %), нормально-осадочные породы (< 10 %). Анализ состава вулканогенного компонента позволил выделить андезитовые, дацитовые, базальтовые и риолитовые разности [4]. Классификация размера обломков определила крупнообломочные (псефитовые), среднеобломочные (псаммитовые) и тонкообломочные (пелитовые и алевритовые) породы [2]. Также играют роль и агрегатные состояния обломков, слагающих горную породу. Литокластический тип состоит из обломков пород, кристаллокластический — из отдельных обломков минералов, пирокластический — из разрушенного вулканического стекла [2].

Многообразие литологических разностей, имея обширную характеристику по данным геофизических исследований скважин (ГИС), создает трудности при расчленении разреза и выделении коллекторов. Чаще всего исследователи для расчленения разреза на отдельные литотипы используют двумерные сопоставления методов ГИС друг с другом, либо различные виды факторного и дискриминантного анализа и др. [5]. В случае расширенного комплекса ГИС наиболее часто применяется сопоставление содержания $K_2O + Na_2O$ и SiO_2 с помощью палетки TAS (Total Alkalis versus Silica) для классификации и разделения пород по составу (рис. 1).

При этом в условиях использования одинаковых петрофизических алгоритмов и констант описанные в литературе подходы учитывают преимущественно содержание и различное соотношение основных породообразующих минералов, но не позволяют идентифицировать тот или иной

литотип, как коллектор или неколлектор, а также оценить тип порового пространства.

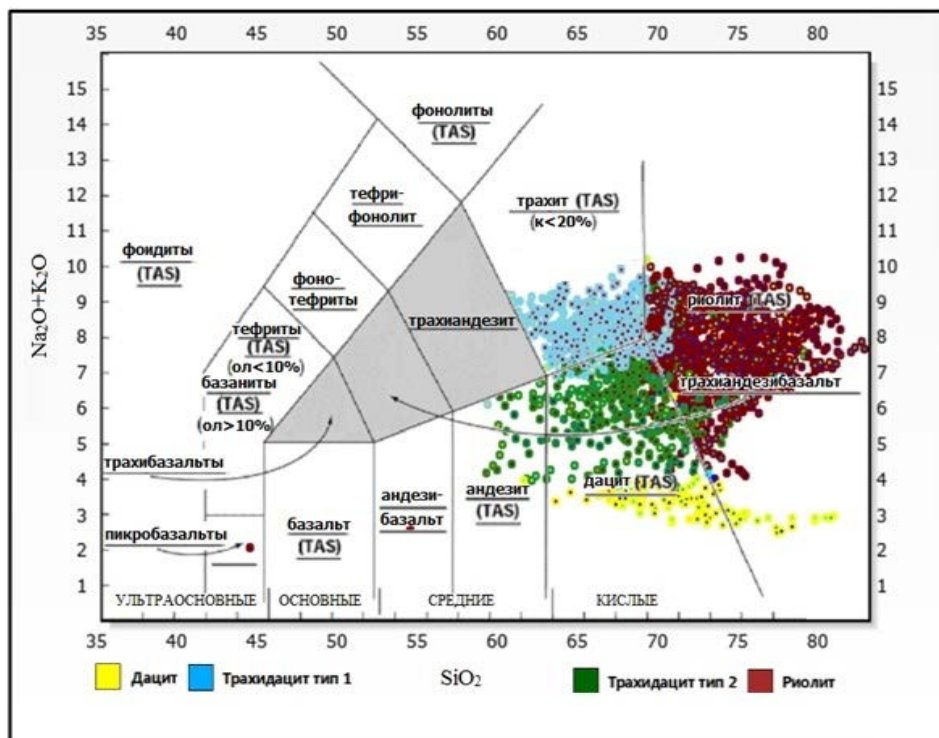


Рис. 1. Палетка определения типа эффузивного материала по его щелочности — кислотности

В данной работе будут рассмотрены возможности применения комплексного подхода для деления пород по типу порового пространства и коллекторским свойствам с учетом объединения нескольких литотипов в группы, а также последующего вычленения групп из общего анализируемого ряда на основе качественных и количественных критериев.

Объект и методы исследования

На рассматриваемой территории доюрское основание, как промежуточный структурный этаж, представлено терригенными отложениями триаса, переслаивающимися с кислыми эффузивами, и имеет локальное распространение преимущественно в депрессивных участках складчатого фундамента.

При использовании палетки TAS для литологического расчленения разреза было получено, что на Средне-Назымском лицензионном участке в отложениях триаса в 80 % случаев преобладают эффузивные породы кислого состава: дациты, трахидацииты, риолиты. Более детально расчленить разрез только с учетом используемой палетки не представляется возможным, так как большинство пород подвергнуто многочисленным вторичным изменениям; отмечено присутствие метасоматических пород, периодически развитых по кислым вулканитам [6].

Породы основного и среднего состава встречаются на изучаемом участке в малой степени. Их легко отличить по показаниям метода естественной радиоактивности (гамма-каротажа), а также по приуроченности к определенным интервалам разреза. Например, андезиты преимущественно встречаются в верхней части разреза вблизи от отложений кор выветривания. Породы среднего состава являются неколлекторами и не представляют интереса.

Остановимся подробнее на сложностях идентификации литологических типов кислых эффузивов, в интервалах развития которых зафиксированы основные промышленные притоки нефти. Как уже было обозначено ранее, в литературе для указанных пород можно встретить очень большое разнообразие применяемых терминов: неизменные эффузивные лавовые породы, эффузивные породы с трещинно-каверновой пористостью, пирокластические породы (лавобрекчии, туфоконгломераты), туфы, кластиты, лавобрекчии, кластолавы и т. д.

В данной работе в качестве терминов будут использованы обобщенные названия 4 групп (все группы по составу относятся к кислым разностям): неизменные эффузивы, лавобрекчии, туфы, трещиноватые эффузивы. Эти группы отличаются друг от друга текстурными и структурными особенностями.

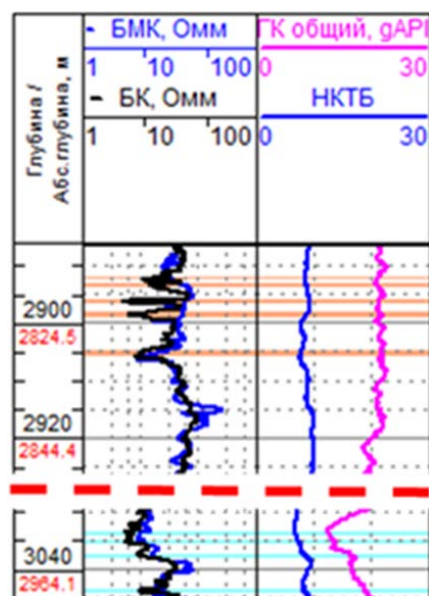


Рис. 2. Идентичность характеристик методов геофизических исследований скважин в трещиноватых и водонасыщенных интервалах

ГИС для водонасыщенных интервалов лавобрекчий (2 890–2 905 м) и трещиноватых продуктивных интервалов (3 030–3 040 м).

Из кислых эффузивов около 20÷25 % от изученного объема пород представлено туфами, идентифицировать которые при парном сопоставле-

Присутствие многочисленных структур в основной массе эффузивов говорит о быстром застывании лавы и ее высокой вязкости. При контакте горячей магмы с холодной поверхностью происходит ее растрескивание на более мелкие обломки. Потеря влаги в вулканическом материале приводит к его частичной перлитизации и раскристаллизации, впоследствии в процессе выветривания происходит замещение пустот гидрослюдой. Последующие процессы тектогенеза способствуют образованию большого количества каверн и трещин [7]. Наличие трещин и каверн существенно меняет регистрируемые данные скважинного каротажа и в ряде случаев не позволяет при использовании сокращенного комплекса ГИС отличить низкоомные литологические разности от влияния трещин. На рисунке 2 показана идентичность характеристики стандартного комплекса

нии методов ГИС крайне сложно. На рисунке 3 приведен пример сопоставления интервального времени (ΔT) и гамма-каротажа (ГК). Из рисунка видно, что область развития туфов и лавобрекчий перекрывается. Дополнительный «шум» вносят трещиноватые эффузивы.

В связи с указанными трудностями для отложений ДЮК Средне-Назымского месторождения авторами [8] был апробирован и дополнен подход поэтапного расчленения разреза.

На первом этапе, как уже было обозначено ранее, выделялись основные и средние породы (базальты и андезиты) по показаниям гамма-каротажа по комплексу: содержание калия — интервальное время, содержание тория — интервальное время.

Учитывались также средние значения плотности (ГГКп) — около 3 г/см^3 , содержание тория — менее $5 \cdot 10^{(-4)} \%$, содержание калия — менее 1 % [9]. Интервальное время пробега упругой волны (АК) для таких пород — менее 200 мкс/м [10].

Следующим шагом идентифицировались измененные терригенные отложения — метаалевролиты. Используются комплексы ГИС: ГК — содержание калия, ГК — интенсивность нейтронного каротажа (НКТ). Содержание калия — от 0 до 5 %, тория — от 6 до $30 \cdot 10^{(-4)} \%$, ГК имеет средние значения, водородосодержание (W) — в области средних значений [11]. Количество таких отложений на изучаемой площади крайне мало, кроме того, они являются неколлекторами. Исключение данного шага определения литологии не внесет существенных погрешностей.

Достаточно однозначно среди оставшихся кислых эффузивов можно идентифицировать неизменные лавы. Используются комплексы ГИС: пористость по методам нейтронного (водородосодержание — W), плотностного (ГГКп) или акустического (АК) каротажей и удельное электрическое сопротивление (УЭС) — боковой каротаж (БК) [12]. Сопоставление данных методов ГИС приведено на рисунке 4.

Из рисунка видно, что разделение измененных и неизменных лав соответствует классическому представлению «коллектор-неколлектор». Проницаемые интервалы характеризуются значениями, выделенными оранжевыми маркерами. Данный тип пород интересен тем, что может рассматриваться как псевдогранулярный коллектор, так как матрица вулканогенных пород Средне-Назымского месторождения имеет перлитовую структуру. Это позволяет применять стандартные методические подходы к интерпретации данных ГИС, как для поровых коллекторов.

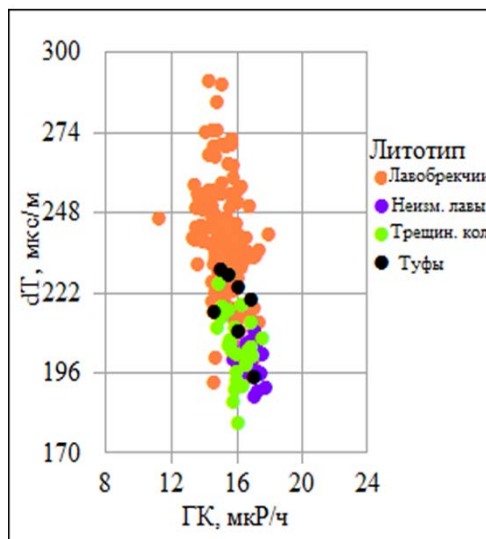


Рис. 3. Парное сопоставление методов ГИС по укрупненным литотипам

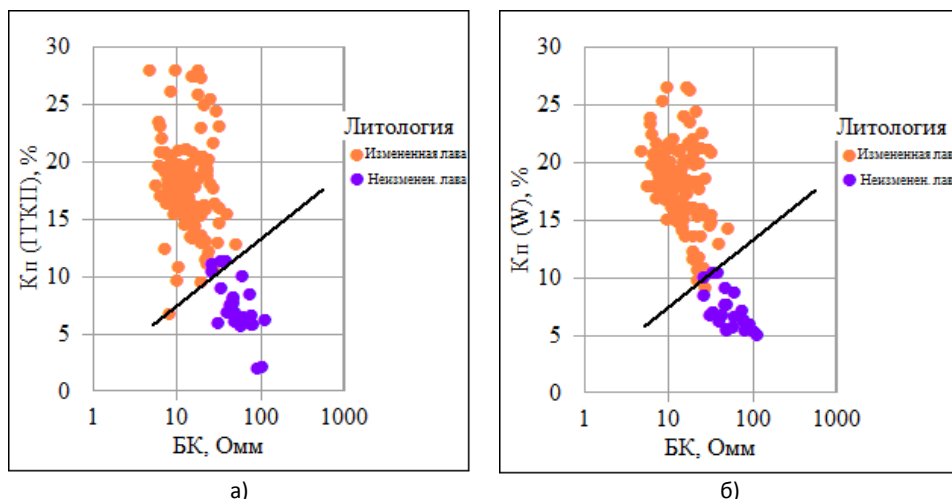


Рис. 4. Сопоставление методов ГИС для выделения неизменных лав:
а) K_p по ГГКП с БК б) K_p по W с БК

На рисунке 5 приводится пример шлифа с характерной структурой порового пространства.

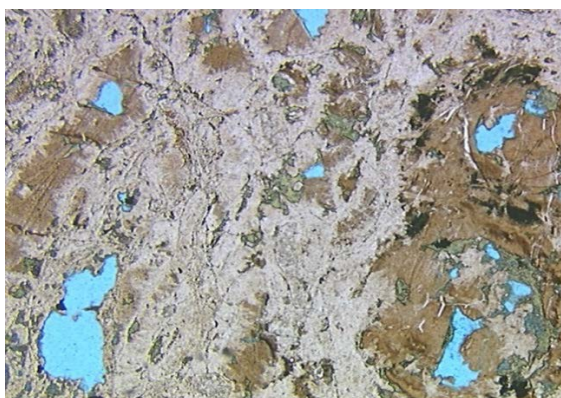


Рис. 5. Фотография шлифа — зоны выщелачивания в перлите

На рисунке 6 приведены парные корреляционные связи для определения граничных значений псевдогранулярных коллекторов: $K_{пэфф} = f(K_{пл})$, $K_{пэфф} = f(K_p)$.

Величины $K_{пэфф}$ и $K_{пл}$ определяются выражениями

$$K_{пэфф} = K_n \cdot (1 - K_{во}), \quad (1)$$

$$K_{но} = K_n \cdot (1 - K_{во} - K_{но}), \quad (2)$$

где $K_{во}$ — коэффициент остаточной водонасыщенности, $K_{но}$ — коэффициент остаточной нефтенасыщенности.

При этом для расчета динамической пористости использовались средние значения остаточной нефтенасыщенности по результатам экспе-

риментов по вытеснению нефти водой и определению ОФП на керне отложений ДЮК и значения остаточной водонасыщенности при максимальной высоте залежи.

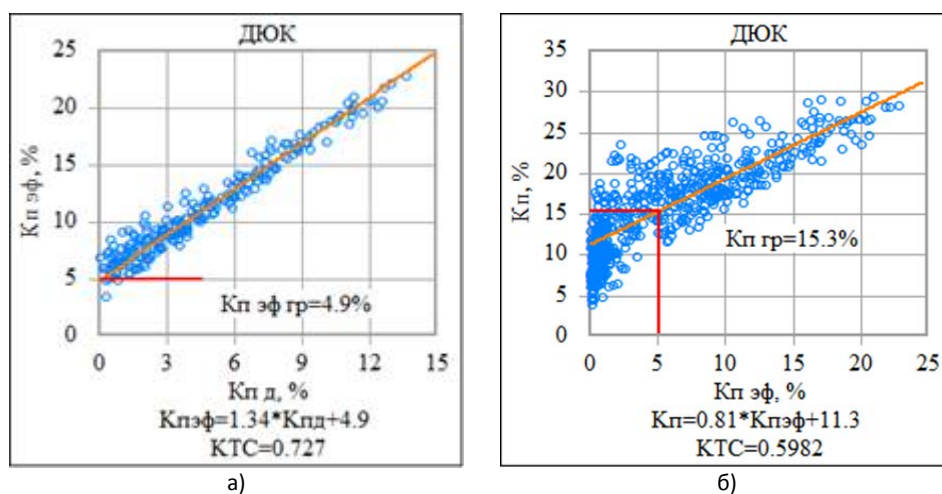


Рис. 6. Сопоставление «керна-керна»: а) пористость эффективная — пористость динамическая, %; б) пористость открытая — пористость эффективная, %

Таким образом, задача выделения неизменных лав решается как по качественным, так и по количественным признакам.

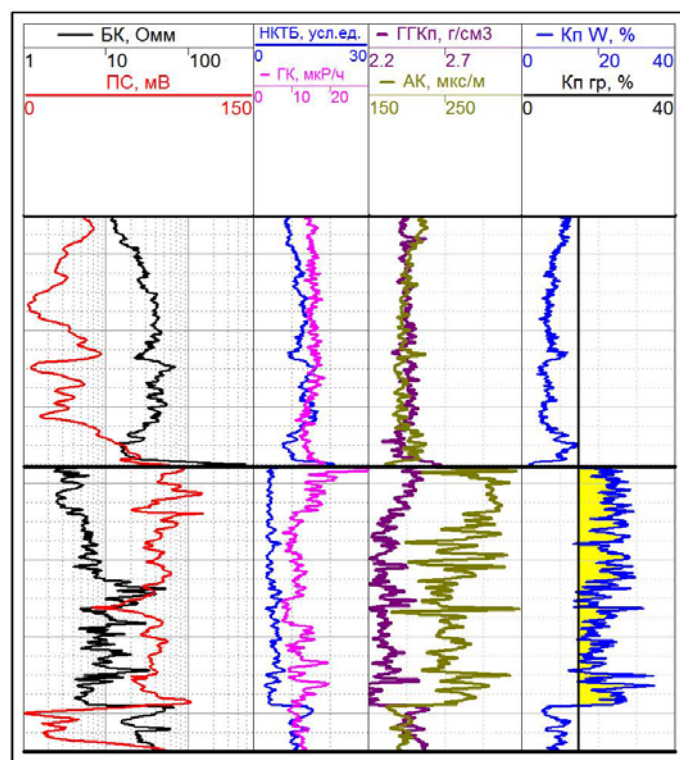


Рис. 7. Пример выделения литотипов неизменных и измененных лав по скв. 1702

На рисунке 7 желтой заливкой выделены интервалы измененных лав, в которых отмечаются более низкие показания БК по отношению к вмещающим породам, а значения пористости выше граничной величины $K_{п.гр.} = 15,3 \%$. Интервалы неизменных лав, не выделенные заливкой, соответствуют обратным величинам (БК и $K_{п.}$).

Различные зоны отдельных пепловых потоков подвергаются разной степени консолидации: некоторые их части — это слабосвязанные, почти рыхлые породы, другие — слегка или полностью сварены [6]. В ряде случаев в слабо сваренных туфах пепловых потоков присутствует эффект окремнения, выражающийся в выделении и переотложении кремнезема в виде опала и халцедона. Именно такие разновидности путают с образованиями кор выветривания, а также с зонами коллекторов. Перекристаллизации могут глубоко изменить первичные структуры и физические свойства пород.

Логичным шагом является выделение перекристаллизованных туфов из зоны коллекторов, которое осуществляется по сопоставлению пористости, определенной различными методами ГИС: по водородосодержанию (W), интервальному времени (AK) и плотности (ГГКп). Основной расчет пористости проводится по единым для кислых эффузивов алгоритмам и с учетом средних констант: плотность скелета — $2,64 \text{ г/см}^3$, интервальное время — 160 мкс/м .

Туфы диагностируются при расхождении пористости по указанным трем видам каротажа (рис. 8). Установлено, что при расхождении более 5 % туфы идентифицируются как неколлектор, так как отличаются повышенными значениями остаточной водонасыщенности ($K_{во}$).

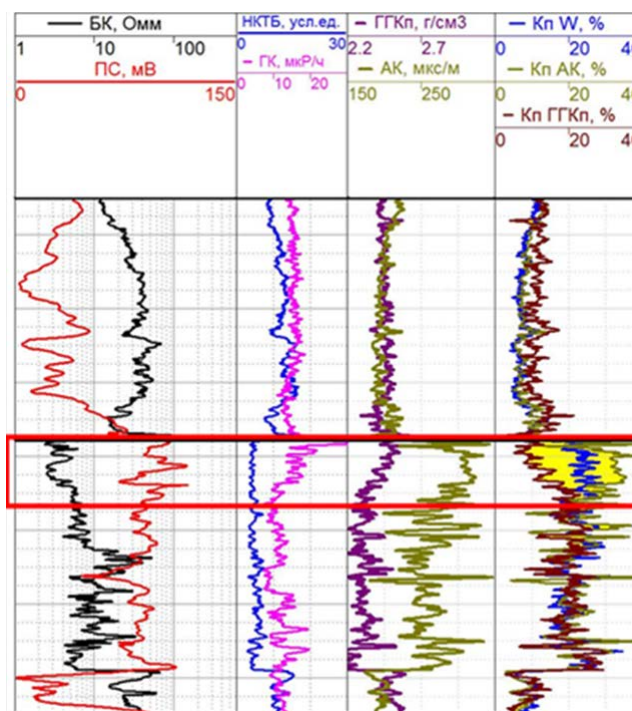


Рис. 8. Сопоставление методов пористости определенных по ГИС и керну для выделения туфов (красной рамкой выделен интервал туфов)

При необходимости по стандартным видам каротажа туфы можно отличить по пониженным значениям УЭС и отсутствию потенциалов фильтрации на СП. Это качественный уровень, и его достоверность при выделении туфов невелика.

После проведенного расчленения разреза на литотипы остается идентифицировать интервалы развития вторичных преобразований — зон трещиноватости.

Для выделения трещиноватых интервалов существует несколько способов, рассмотрим их подробнее.

Известно, что большей чувствительностью к наличию в разрезе трещин обладают методы акустических исследований и электрометрии скважин.

Признак наличия проницаемого интервала — это качественное превышение интервального времени измеренной кривой волны Лэмба — Стоунли над модельной (данные должны быть отнормированны по глинистым и плотным пластам). В данном случае затухание волны Лэмба — Стоунли обусловлено трещиноватостью пород, а ее уменьшение по скорости распространения связано с увеличением пористости и проницаемости.

Большая часть акустических исследований в скважинах на Средне-Назымском месторождении — это стандартный каротаж с регистрацией продольной волны. Поэтому наиболее предпочтительно использование удельного электрического сопротивления для выделения трещиноватых интервалов.

На начальном этапе возможно выделение трещин по уменьшению УЭС, но степень открытости трещин неизвестна, они могут быть залечены карбонатным или проводящим материалом. Поэтому для выделения открытых трещин, работающих по результатам испытаний, было построено статистическое распределение УЭС по боковому каротажу, показанное на рисунке 9. Определенное граничное значение составило около 21 Ом · м, и это значительно упростило выделение соответствующих интервалов (рис. 10) по разрезу скважин. Область перекрытия от 10 до 32 Ом · м, достоверность 80 %. Также для выделения трещиноватых интервалов могут быть использованы графики сопоставления УЭС пропластков с показаниями одного из методов пористости: УЭС- K_p (НК); УЭС- K_p (АК); УЭС- K_p (ГГКп). Смещение точек на графиках по отношению к линии гранулярных пород в сторону снижения УЭС может указывать на наличие в изучаемом разрезе трещиноватых интервалов, а величина этого смещения будет зависеть от величины трещинной пористости.

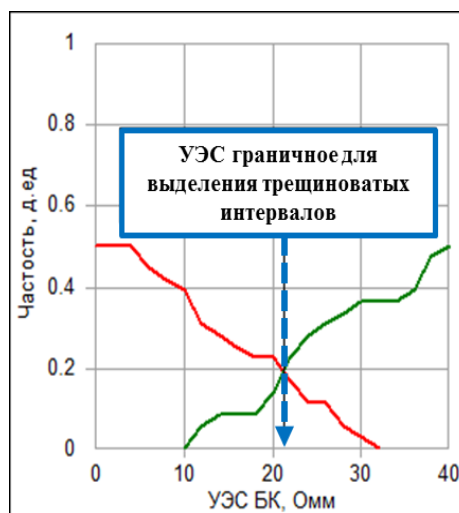


Рис. 9. Накопленная гистограмма распределения удельного электрического сопротивления для определения граничных значений проницаемых трещиноватых интервалов

Для количественного определения трещинной составляющей пористости, а также для исключения влияния вторичных проводящих минералов, например, содержащих железо (FeS_2 , CuFeS_2), дополнительно анализируется связь УЭС — K_d блока [13].

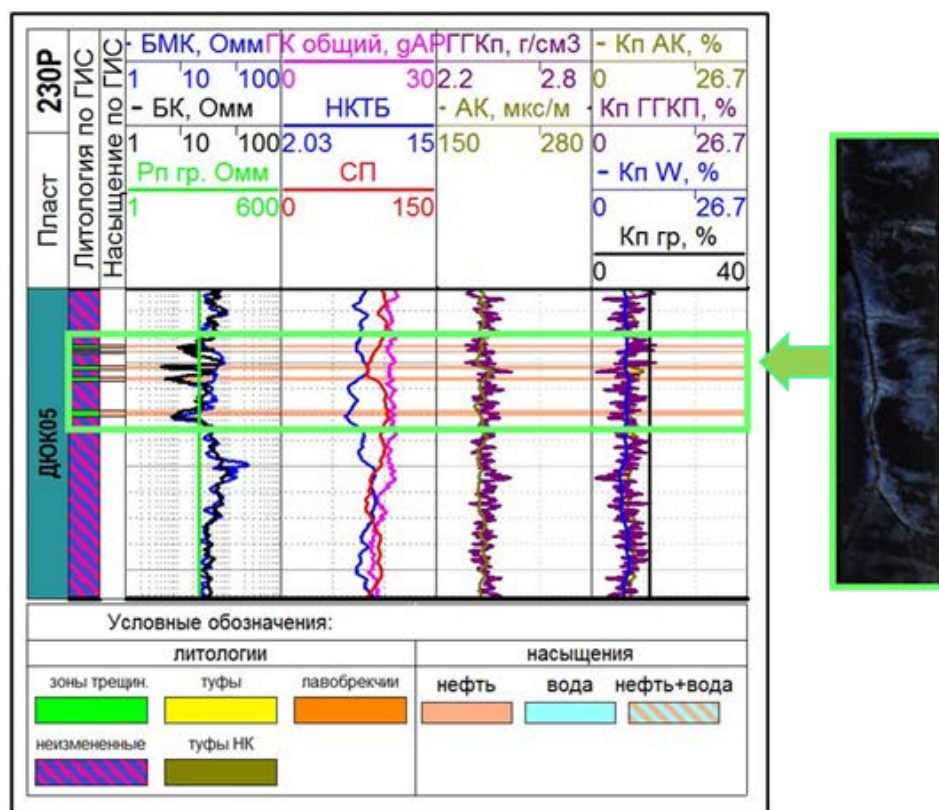


Рис. 10. Пример литологического расчленения разреза на петротипы кислых пород по скв. 230Р, трещиноватый проницаемый интервал с фотографией керна в ультрафиолетовом свете

В водонасыщенных породах с межзерновой пористостью связь относительного сопротивления P_{Π} с пористостью K_{Π} хорошо описывается уравнением Арчи вида [14]

$$P_{\Pi} = a/K_{\Pi}^n. \quad (3)$$

При усложнении структуры пустотного пространства постоянная в числителе и показатель степени в знаменателе изменяются в зависимости от соотношения различных типов пор в породе.

На основе теоретических и экспериментальных исследований (А. М. Нечай, И. Н. Горюнов, С. Г. Пирсон и др.) установлено, что УЭС пласта ($\rho_{пт}$) для пород с трещинно-блоковой пористостью описывается следующим уравнением [15]:

$$\rho_{пт} = \frac{\rho_{бл} \cdot \rho_{ф}}{A \cdot K_{пт} \cdot \rho_{бл} + \rho_{ф}}, \quad (4)$$

где A — коэффициент, изменяющийся в пределах $0,5 < A < 1$ в зависимости от ориентации трещин в коллекторе, для хаотического распределения трещин равен 0,67; $\rho_{бл}$, $\rho_{ф}$ — удельное сопротивление блока породы и фильтрата ПЖ, заполняющего трещины; $K_{пт}$ — коэффициент трещинной пористости.

Учитывая преобладающее развитие в породах субвертикальных трещин, при дальнейших расчетах принималось $A = 1$.

Анализ данной формулы показывает, что влияние трещиноватости пород, снижающее УЭС коллектора, может быть внушительным и тем больше, чем выше удельное электрическое сопротивление блока породы и чем меньше сопротивление фильтрата бурового раствора [16]. При увеличении значений $\rho_{ф}$ и снижении $\rho_{бл}$ ($\rho_{ф} > 0,2 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, $\rho_{бл} < 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) влияние трещиноватости на УЭС коллектора снижается.

Выразим из формулы (4) величину трещинной пористости пласта:

$$K_{пт} = \frac{\rho_{ф} \cdot (\rho_{бл} - \rho_{пт})}{A \cdot \rho_{пт} - \rho_{бл}}. \quad (5)$$

Применяемые на данный момент методы оценки трещинной пористости по данным электрометрии отличаются способами определения/задания величин УЭС блока породы.

В первом приближении за УЭС блока ($\rho_{бл}$) можно принять среднее из максимальных определенных УЭС породы в разрезе [17], ориентируясь на литотип «неизменные лавы».

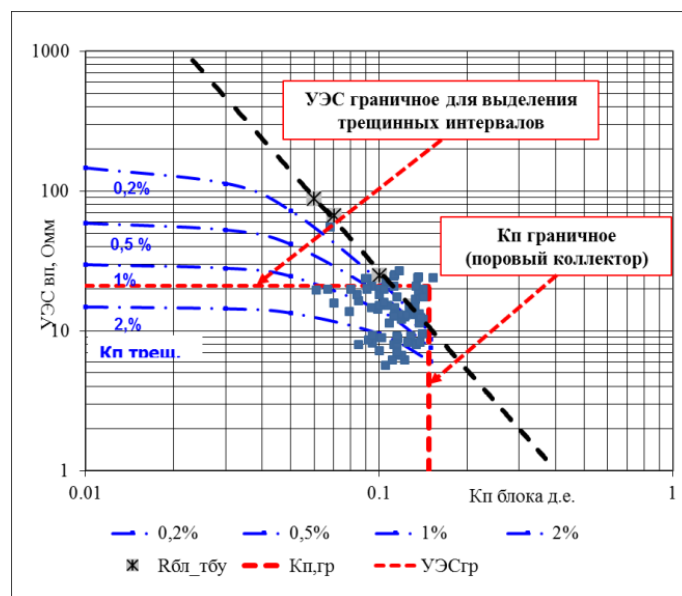


Рис. 11. Теоретические зависимости удельного электрического сопротивления от общей пористости кислых эффузивов сложного строения

Рассчитанные по формуле (5) значения $K_{пт}$ отражают степень трещиноватости разреза. Самые благоприятные условия для оценки трещиноватости возникают при изучении высокоомных пород. Именно явление проникновения фильтрата промывочной жидкости на водной основе по трещинам в пласт-неколлектор позволяет использовать связь УЭС блока от $K_{п}$ [18].

Теоретическая палетка $\rho_{пт} = f(K_{пбл}, K_{пт})$, построенная на основе уравнения (4) и отражающая связь между УЭС трещинно-поровых полностью водонасыщенных пород с составляющими пустотного пространства, показана на рисунке 11. Характер распределения точек на графике относительно палеточных линий говорит о преобладании в пустотном пространстве породы отдельного вида пор, а также позволяет приближенно оценить составляющие емкостного пространства проницаемой части породы.

В итоге получено, что при заданном значении $K_{п}$ интервал, находящийся ниже УЭС блока (см. рис. 11, черная линия), относится к открытым трещинам. Представленный подход подтверждается статистическим граничным УЭС трещиноватых коллекторов и граничным значением $K_{п}$, полученным для коллекторов порового типа (псевдогранулярных).

Точки порового коллектора соответствуют самой зависимости блока, наличие каверновой пористости смещает точки вверх, наличие железа в трещинах резко увеличивает расчетное $K_{п}$ и смещает точки вправо и вниз.

Исходя из графика (см. рис. 11) видно, что трещинная пористость кислых эффузивов Средне-Назымского месторождения достаточно мала и уверенно описывается представленным алгоритмом.

Результаты

Таким образом, установлено, что в результате пошагового расчленения разреза возможно выделить укрупненные группы литотипов пород.

Предлагаемый подход дополнен количественными критериями для выделения интервалов с различным типом пустотного пространства.

Результаты типизации пород кислого состава (SiO_2 — 63–78 %) Средне-Назымского месторождения

Тип пород	Идентификация по принципу	Классификация по ФЕС
Лавобрекчии с перлитовой структурой	Выделяются по количественному значению пористости по ГИС выше $K_{пгр} = 15 \%$	Коллектор
Неизменные эффузивы	Значения пористости по ГИС ниже $K_{пгр} = 15 \%$	Неколлектор
Туфы — неколлектор	При расхождении пористости по ГИС по разным методам (W, ГГКп, АК) более 5 %	Неколлектор
Туфы	При расхождении пористости по ГИС по разным методам (W, ГГКп, АК)	Коллектор
Зоны трещиноватости	Выделяются по количественному значению УЭС(БК) меньше 21 Ом · м, пористости по ГИС ниже $K_{пгр} = 15 \%$	Коллектор

Подход с использованием количественных расчетов пористости по разным методам идентифицирует интервалы перекристаллизованных ту-

фов, позволяет отличить их от водонасыщенных псевдогранулярных коллекторов. Дополнительное использование зависимости УЭС блока (K_n) с расчетными линиями трещинной пористости однозначно идентифицирует трещиноватые интервал с приближенной оценкой значения $K_{нт}$.

Результаты типизации пород кислого состава приведены в обобщенном виде в таблице.

Обсуждение

Породы доюрского комплекса отличаются широким диапазоном изменения вещественного состава, для них характерна сильная пространственная изменчивость [19], в связи с этим интерпретатор испытывает сложности при литологической идентификации данных отложений. Предложенный подход пошагового расчленения разреза позволяет существенно упростить прогнозирование типов пород в скважинном пространстве, а также решить проблему с установлением причин зон низкого УЭС, которые раньше ошибочно относили к водонасыщенным интервалам, а после детального изучения данные прослои охарактеризованы как туфы с повышенным содержанием остаточной воды ($K_{во}$) [20, 21]. Теоретически обосновано выделение трещиноватых интервалов по статистическому распределению УЭС-БК и на основании полученной зависимости УЭС блока (K_n).

Выводы

В работе реализован подход с поэтапным литологическим расчленением разреза вулканогенно-осадочных отложений с последовательным исключением типов пород, в скважинах со стандартным и сокращенными комплексами ГИС. Проведенный анализ позволил выбрать комбинации методов ГИС для идентификации пород различных типов, а также позволил получить качественные и количественные критерии выделения псевдогранулярных и трещиноватых коллекторов.

Использование предложенного подхода позволяет на этапах поиска и разведки определять перспективные на приток флюидов объекты, а также наиболее эффективные интервалы для освоения и разработки.

Список источников

1. Кос, И. М. Сейсмогеологическое строение доюрских образований Рогожниковского месторождения / И. М. Кос, Н. М. Белкин, Н. К. Курышева. – Текст : непосредственный // Геофизика. – 2004. – № 5. – С. 77–82.
2. Ворон, И. А. Геологическое строение Средне-Назымского месторождения и проект доразведки залежей нефти в доюрских отложениях / И. А. Ворон. – Текст : непосредственный // Актуальные вопросы поисков и разведки месторождений нефти и газа: сборник научных трудов конференции, РГУ нефти и газа (НИУ) им. И. М. Губкина, г. Москва, 28–29 сентября 2017 г. – Москва : Нефть и газ, 2017. – С. 168–173.
3. Попов, И. П. Обоснование комплекса исследований трещинных коллекторов пласта ТР Рогожниковского месторождения / И. П. Попов, А. Ю. Кузьмин. – Текст : непосредственный // Естественные и технические науки. – 2016. – № 4 (94). – С. 54–57.
4. Сеидов, В. М. О. Об определении петрофизических параметров эффузивных коллекторов на основе промыслово-геофизических данных / В. М. О. Сеидов. – Текст : непосредственный // Образование и наука в России и за рубежом. – 2019. – № 3 (51). – С. 425–435.

5. Гильманова, Н. В. Разработка методов литологического расчленения и межскважинной корреляции геологических разрезов терригенных и вулканогенно-осадочных отложений на основе данных исследований скважин : специальность 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Гильманова Наталья Вячеславовна. – Тюмень, 2007. – 15 с. – Место защиты: Тюменский государственный нефтегазовый университет. – Текст : непосредственный.
6. Physical and chemical variations of volcanic rocks from historical eruptions of Klyuchevskoy volcano, Kamchatka / O. V. Bergal-Kuvikas, T. G. Churikova, B. N. Gordychik [et al.]. – Text : electronic // Abstracts of XII L. L. Perchuk International School of Earth Sciences (Ises-2020). – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44364433>.
7. Magmatic processes of Daheishan volcano, Ashikule volcano cluster in the western Kunlun Mountains, China / H. M. Yh, B. Zhao, J. D. Xu, F. X. Wei. – Direct text // Acta petrologica sinica. – 2017. – Vol. 33, Issue 1. – P. 56–58.
8. Глебочева, Н. К. Структура емкостного пространства эффузивных коллекторов по данным ГИС и керн / Н. К. Глебочева, В. М. Теленков, Э. Р. Хаматдинова. – Текст : непосредственный // Каротажник. – 2009. – № 6 (183). – С. 3–10.
9. Юматов, А. Ю. Распространение упругих продольных волн в пористых горных породах с трещинами и кавернами : специальность 01.04.12 «Геофизика» : диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук / Юматов Аркадий Юрьевич. – Москва, 1984. – 133 с. – Текст : непосредственный.
10. Three-dimensional volcano-acoustic source localization at Karymsky volcano, Kamchatka, Russia / C. R. Rowell, D. Fee, C.A.L. Szuberla [et al.]. – DOI 10.1016/j.jvolgeores.2014.06.015. – Direct text // Journal of volcanology and geothermal research. – 2014. – Vol. 283. – P. 101–115.
11. Ефимов, В. А. Ядерно-магнитная характеристика вулканогенных горных пород / В. А. Ефимов. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2006. – № 8. – С. 108–110.
12. Хаматдинова, Э. Р. Емкостно-фильтрационные свойства эффузивных коллекторов Западной Сибири / Э. Р. Хаматдинова. – Текст : непосредственный // Каротажник. – 2008. – № 12 (177). – С. 19–35.
13. Плотников, В. В. Влияние трещиноватости на петрофизические свойства пород-коллекторов / В. В. Плотников, Б. В. Терентьев. – Текст : непосредственный // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2007. – № 9. – С. 10–13.
14. Добрынин, В. М. Петрофизика (физика горных пород) : учебник для студентов вузов / В. М. Добрынин, Б. Ю. Вендельштейн, Д. А. Кожевников. – Москва : Нефть и газ, 2004. – 368 с. – Текст : непосредственный.
15. Тиаб, Д. Петрофизика : теория и практика изучения коллекторских свойств горных пород и движения пластовых флюидов / Д. Тиаб, Эрл Ч. Доналдсон ; перевод с английского М. Д. Углова ; под редакцией В. И. Петерсилье, Г. А. Былевского. – 2-е изд., доп. – Москва : Премиум Инжиниринг, 2009. – 838 с. – Перевод изд.: Petriphysics. Theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties / Djebbar Tiab, Erle C. Donalson, 2003. – Текст : непосредственный.
16. Нечай, А. М. Определение литологических свойств горных пород по результатам геофизических исследований в скважинах / А. М. Нечай. – Текст : непосредственный // Прикладная геофизика. – 1954. – № 11. – С. 3–49.
17. Боярчук, А. Ф. Современное состояние и перспективы развития промыслово-геофизических методов изучения трещинных коллекторов / А. Ф. Боярчук. – Москва : ВНИИОНГ, 1983. – 57 с. – Текст : непосредственный.
18. Князев, А. Р. Оценка трещиноватости низкопористых карбонатных пород по результатам геофизических исследований скважин : специальность 25.00.10 «Геофизика, геофизические методы поисков полезных ископаемых» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Князев Александр Рафаилович. – Пермь, 2009. – 26 с. – Место защиты: Пермский государственный университет. – Текст : непосредственный.
19. Хотылев, А. О. Строение доюрского комплекса Краснотинского свода (Западная Сибирь) : состав, структура и нефтеносность / А. О. Хотылев. – Текст : непосредственный // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий. – 2019. – № 7. – С. 32–36.

20. Guziyev, I. S. Factors in Regional Authigenic Zeolitization of Ash Tuffs / I. S. Guziyev, V. V. Vlasov. – Direct text // International Geology Review. – 1980. – Vol. 22, Issue 12. – P. 1421–1433.
21. Zinchuk, N. N. Weathering alteration of tuffs and tuffogenic rocks in Yakutia / N. N. Zinchuk, D. D. Kotel'nikov, V. N. Sokolov. – DOI 10.1080/00206818309466849. – Direct text // International Geology Review. – 1983. – Vol. 25, Issue 12. – P. 1425–1435.

References

1. Kos, I. M., Belkin, N. M., & Kurysheva, N. K. (2004). Seysmogeologicheskoe stroenie doyruskikh obrazovaniy Rogozhnikovskogo mestorozhdeniya. Russian Geophysics, (S), pp. 77-82. (In Russian).
2. Voron, I. A. (2017). Geologicheskoe stroenie Sredne-Nazym'skogo mestorozhdeniya i proekt dorazvedki zalezhey nefi v doyruskikh otlozheniyakh. Aktual'nye voprosy poiskov i razvedki mestorozhdeniy nefi i gaza: sbornik nauchnykh trudov konferentsii. Moscow, Neft' i gaz Publ., pp. 168-173. (In Russian).
3. Popov, I. P. & Kuzmin, A. Yu. (2016). Obosnovanie kompleksa issledovaniy treshchinnykh kollektorov plasta TR Rogozhnikovskogo mestorozhdeniya. Estestvennye i tekhnicheskie nauki, (4(94)), pp. 54-57. (In Russian).
4. Seyidov, Vagif oglu Mirgaza. (2019). On the determination of petrophysical parameters of effusive collectors based on industrial and geophysical data. Education and science in Russia and abroad, (3(51)), pp. 425-435. (In Russian).
5. Gilmanova, N. V. (2007). Razrabotka metodov litologicheskogo raschleneniya i mezhskvazhinnoy korrelyatsii geologicheskikh razrezov terrigennykh i vulkanogenno-osadochnykh otlozheniy na osnove dannykh issledovaniy skvazhin. Avtoref. diss. ... kand. geol.-mineral. nauk. Tyumen, 15 p. (In Russian).
6. Bergal-Kuvikas, O. V., Churikova, T. G., Gordeychik, B. N., Ladygin, V. M., Kronz, A., & Wörner, G. (2020). Physical and chemical variations of volcanic rocks from historical eruptions of Klyuchevskoy volcano, Kamchatka. Abstracts of XII L. L. Perchuk International School of Earth Sciences (Ises-2020). Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44364433>
7. Yh, H. M., Zhao, B., Xu, J. D., & Wei, F. X. (2017). Magmatic processes of Daheishan volcano, Ashikule volcano cluster in the western Kunlun Mountains, China. Acta petrologica sinica, 33(1), pp. 56-58. (In Chinese).
8. Glebocheva, N. K., Telenkov, V. M., & Khamatdinova, E. R. (2009). The structure of the capacitive space of effusive reservoirs according to logging and core data. Karotazhnik, (6(183)), pp. 3-10. (In Russian).
9. Yumatov, A. Yu. Rasprostraneniye uprugikh prodol'nykh voln v poristyykh gornykh porodakh s treshchinami i kavernami. Diss. ... kand. fiz.-mat. nauk. Moscow, 133 p. (In Russian).
10. Rowell, C. R., Fee, D., Szuberla, C. A. L., Arnoult, K., Matoza, R. S., Firstov, P. P., ... Kim, K. (2014). Three-dimensional volcano-acoustic source localization at Karymsky volcano, Kamchatka, Russia. Journal of volcanology and geothermal research, 283, pp. 101-115. (In English). DOI: 10.1016/j.jvolgeores.2014.06.015
11. Efimov, V. A. (2006). The nuclear physics characteristic of volcanogenic rocks. Oil Industry, (8), pp. 108-110. (In Russian).
12. Khamatdinova, E. R. (2008). Filtration and capacity properties of west Siberian effusive reservoirs. Karotazhnik, 12(177), pp. 19-32. (In Russian).
13. Plotnikov, V. V. & Terentiev, B. V. (2007). Vliyanie treshchinovatosti na petrofizicheskie svoystva porod-kollektorov. Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields, (9), pp. 10-13. (In Russian).
14. Dobrynin, V. M. Vendelstein, B. Yu. & Kozhevnikov, D. A. (2004). Petrofizika (fizika gornykh porod). Moscow, Neft' i gaz Publ., 368 p. (In Russian).
15. Tiab, D., & Donaldson, E. C. (2003). Petrophysics. Theory and practice of measuring reservoir rock and fluid transport properties. Amsterdam [etc.], Elsevier, 864 p. (In English).
16. Nechai, A. M. (1954). Opredeleniye litologicheskikh svoystv gornykh porod po rezul'tatam geofizicheskikh issledovaniy v skvazhinakh. Prikladnaya geofizika, (11), pp. 3-49. (In Russian).
17. Boyarchuk, A. F. (1983). Sovremennoe sostoyaniye i perspektivy razvitiya promyslovo-geofizicheskikh metodov izucheniya treshchinnykh kollektorov. Moscow, VNIIONG, Publ., 57 p. (In Russian).

18. Knyazev, A. R. (2009). Otsenka treshchinovatosti nizkoporistykh karbonatnykh porod po rezul'tatam geofizicheskikh issledovaniy skvazhin. Avtoref. diss. ... kand. geol.-mineral. nauk. Perm, 26 p. (In Russian).
19. Khotylev, A. O. (2019). Stroenie doyrskogo kompleksa Krasnoleninskogo svoda (Zapadnaya Sibir): sostav, struktura i neftenosnost'. Geologiya, geoekologiya i resursnyy potentsial Urals i sopredel'nykh territoriy, (7), pp. 32-36. (In Russian).
20. Guziyev, I. S., & Vlasov, V. V. (1980). Factors in Regional Authigenic Zeolitization of Ash Tuffs. International Geology Review, 22(12), pp. 1421-1433. (In English).
21. Zinchuk, N. N., Kotel'nikov, D. D., & Sokolov, V. N. (1983). Weathering alteration of tuffs and tuffogenic rocks in Yakutia. International Geology Review, 25(12), pp. 1425-1435. (In English). DOI: 10.1080/00206818309466849

Информация об авторах

Смоляков, Геннадий Анатольевич, главный специалист, Управление проектного сопровождения разрабатываемых месторождений, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень, SmolyakovGA@tmn.lukoil.com

Гильманова Наталья Вячеславовна, кандидат геолого-минералогических наук, главный специалист, проектный офис по освоению Имилорско-Источного участка недр, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень

Боронин Павел Александрович, главный специалист, Управление проектного сопровождения разрабатываемых месторождений, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень

Сивкова Анастасия Владимировна, инженер 2 категории, Центр геологического моделирования и подсчета запасов, филиал ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» «КогалымНИПИнефть», г. Тюмень

Information about the authors

Gennady A. Smolyakov, Chief Specialist, Management of Project Support of the Developed fields, KogalymNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Tyumen, SmolyakovGA@tmn.lukoil.com

Natalia V. Gilmanova, Candidate of Geology and Mineralogy, Main Specialist, Project Office for the Development of the Imilorsko-Istochny Subsoil Area, KogalymNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Tyumen

Pavel A. Boronin, Chief Specialist, Management of Project Support of the Developed fields, KogalymNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Tyumen

Anastasia V. Sivkova, Engineer of 2nd category, Center for Geological Modeling and Reserves Estimation, KogalymNIPIneft Branch of LUKOIL-Engineering LLC, Tyumen

Статья поступила в редакцию 22.10.2021; одобрена после рецензирования 22.11.2021; принята к публикации 03.12.2021.
The article was submitted 22.10.2021; approved after reviewing 22.11.2021; accepted for publication 03.12.2021.