



Оригинальная статья / Original article

УДК 550.8.056

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2686-9993-2019-42-4-476-486>**Петрофизическая модель покрышки парфеновского горизонта на Ковыктинской площади**© Т.С. Мамакова^a, Д.О. Мамаков^b^{a,b}Обособленное подразделение АО «Росгеология» «Иркутское геофизическое подразделение», г. Иркутск, Россия

Резюме: Целью данного исследования является получение петрофизической модели покрышки Ковыктинской залежи, основанной на анализе различных связей ее петрофизических параметров с литологическими характеристиками пород. Сделан обзор детального геологического строения и стратиграфическая привязка границ парфеновского горизонта на разрезе, пересекающем Ковыктинское месторождение с юго-запада на северо-восток. Выполнен анализ состава и пористости основных литотипов покрышки парфеновского горизонта по 47 образцам, отобраным в Ковыктинских скважинах 1, 2, 4, 13 и 24. На основе данных геофизических исследований скважин и лабораторных исследований керн проведен статистический анализ радиоактивных, электрических и акустических свойств покрышки газоносного парфеновского горизонта на Ковыктинском месторождении. Установлена достаточно надежная вероятностная связь параметров естественной радиоактивности, удельного электрического сопротивления и пластовых скоростей с литологическим составом пород покрышки парфеновского горизонта. Выявлены различия в распределении физических параметров центрального и хандинского участков, что позволило сделать вывод о формировании пород покрышки парфеновского горизонта на этих участках в различных фациальных обстановках. В связи с этим данные участки следует рассматривать как два самостоятельных структурно-тектонических блока с различными емкостными и петрофизическими характеристиками.

Ключевые слова: петрофизическая модель, геофизические исследования скважин, петрофизические параметры, покрышка

Благодарности: Авторы выражают огромную благодарность своему научному наставнику и куратору, автору идеи данной статьи доктору геолого-минералогических наук Л.А. Барышеву.

Информация о статье: Дата поступления 3 октября 2019 г.; дата принятия к печати 3 декабря 2019 г.; дата онлайн-размещения 30 декабря 2019 г.

Для цитирования: Мамакова Т.С., Мамаков Д.О. Петрофизическая модель покрышки парфеновского горизонта на Ковыктинской площади. *Науки о Земле и недропользование*. 2019. Т. 42. № 4. С. 476–486. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2019-42-4-476-486>

Petrophysical model of the Parphenovsky horizon caprock: a case study of the Kovykta field© Tatiana S. Mamakova^a, Denis O. Mamakov^b^{a,b}"Irkutsk Geophysical Division", JSC "Rosgeologia", Irkutsk, Russia

Abstract: The purpose of the study has been to build a petrophysical model of the Kovykta field caprock based on the analysis of the relationship between its petrophysical parameters (natural radioactivity, velocity, specific electric resistance) and lithological characteristics. The geological structure survey and stratigraphic boundary referencing have been conducted for the Parphenovsky horizon on the section crossing the Kovykta field from south-east to north-west. The composition and porosity analysis for the main rock types of the Parphenovsky horizon has been conducted on 47 samples taken in the Kovykta wells 1, 2, 4, 13, and 24. Based on the well-logging data and the laboratory studies of the core, a statistical analysis of the radioactive, electrical and acoustic properties of the Parphenovsky gas horizon caprock has been conducted. The study has shown a sufficiently reliable stochastic relationship between the lithological composition of the horizon caprock on the one hand, and the natural radioactivity parameters, electrical resistivity and the layer velocity on the other hand. The differences detected in the physical parameter distribution for the central and Khandinsky sections indicate that the horizon's caprock formation on these sections took place in different facies environment. In this connection, the sections should be considered as two structurally independent tectonic blocks with different capacity and petrophysical characteristics.

Keywords: petrophysical model, well logging, petrophysical parameters, caprock



Acknowledgements: The authors express their great appreciation to their scientific mentor and the author of the article concept L.A. Baryshev, Doctor of Geology and Mineralogy.

Information about the article: Received October 3, 2019; accepted for publication December 3, 2019; available online December 30, 2019.

For citation: Mamakova TS, Mamakov DO. Petrophysical model of Parphenovsky horizon caprock: a case study of the Kovykta field. *Earth sciences and subsoil use*. 2019;42(4):476–486. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2019-42-4-476-486>

Введение

Сегодня в нефтегазовой геологии и геофизике на этапе создания геологических моделей резервуаров углеводородов основное внимание уделяется исследованию емкостных свойств горизонтов-коллекторов [1, 2]. Параметрические модели пористости, проницаемости коллекторов, построенные на основе их корреляционных связей с многочисленными параметрами (атрибутами) геофизических полей, как правило, не содержат в себе никакой информации о геологических процессах, которые повлияли на формирование залежи и отобразились в различных геологических и петрофизических характеристиках пород как самого коллектора, так и покрышки [3]. Именно покрышка является неотъемлемой частью геологической модели залежи и обеспечивает ее сохранность на протяжении длительной геологической истории, в которой неоднократно активизировались различные тектонические процессы, сыгравшие одновременно конструктивную и деструктивную роль в ее формировании.

В нашей работе петрофизическая модель покрышки Ковыктинской залежи носит целенаправленный характер и основана на анализе различных связей ее петрофизических параметров (естественная радиоактивность, скорость, удельное электрическое сопротивление) с литологическими характеристиками пород.

Материалы и методы исследования

Осадочный чехол на Ковыктинской площади сложен терригенно-карбонатными отложениями рифей-венда, галогенно-карбонатными и терригенными отложениями нижнего, среднего, верхнего

кембрия и терригенными осадками ордовика суммарной толщиной 3900 м.

В структурном отношении Ковыктинская газоносная площадь представляет собой очень крупную литологически ограниченную ловушку, центральная часть которой представляет собой моноклираль, полого погружающуюся в северном, северо-западном направлении с градиентом 1,4–2,8 м/км [4].

Промышленная газоносность Ковыктинской залежи связана с вендскими песчаниковыми коллекторами парфеновского горизонта, который залегает в кровельной части терригенного комплекса осадочного чехла. На территории месторождения толщина парфеновского горизонта плавно увеличивается от 30 м на юго-востоке до 81 м на северо-западе [3–5].

Парфеновский газоносный горизонт подстилается и перекрывается пачками терригенных пород, представленных аргиллито-алевролитовыми разностями. Толщина покрывающей аргиллито-алевролитовой пачки, которая является покрышкой парфеновского горизонта, изменяется от 10 до 32 м.

На карте толщины покрышки парфеновского горизонта (рис. 1) отчетливо прослеживается закономерное увеличение ее толщины с запада на восток и северо-восток.

В центральной части исследуемой территории и в зонах литологического замещения коллекторов, которые ограничивают газовую залежь с юго-запада и северо-востока, толщина покрышки изменяется от 10 до 20 м [4, 6]. В Хандинской зоне на востоке толщина покрышки увеличивается до 32 м и, по-видимому, будет возрастать и далее в восточном направлении в сторону Предпатомского регионального прогиба.

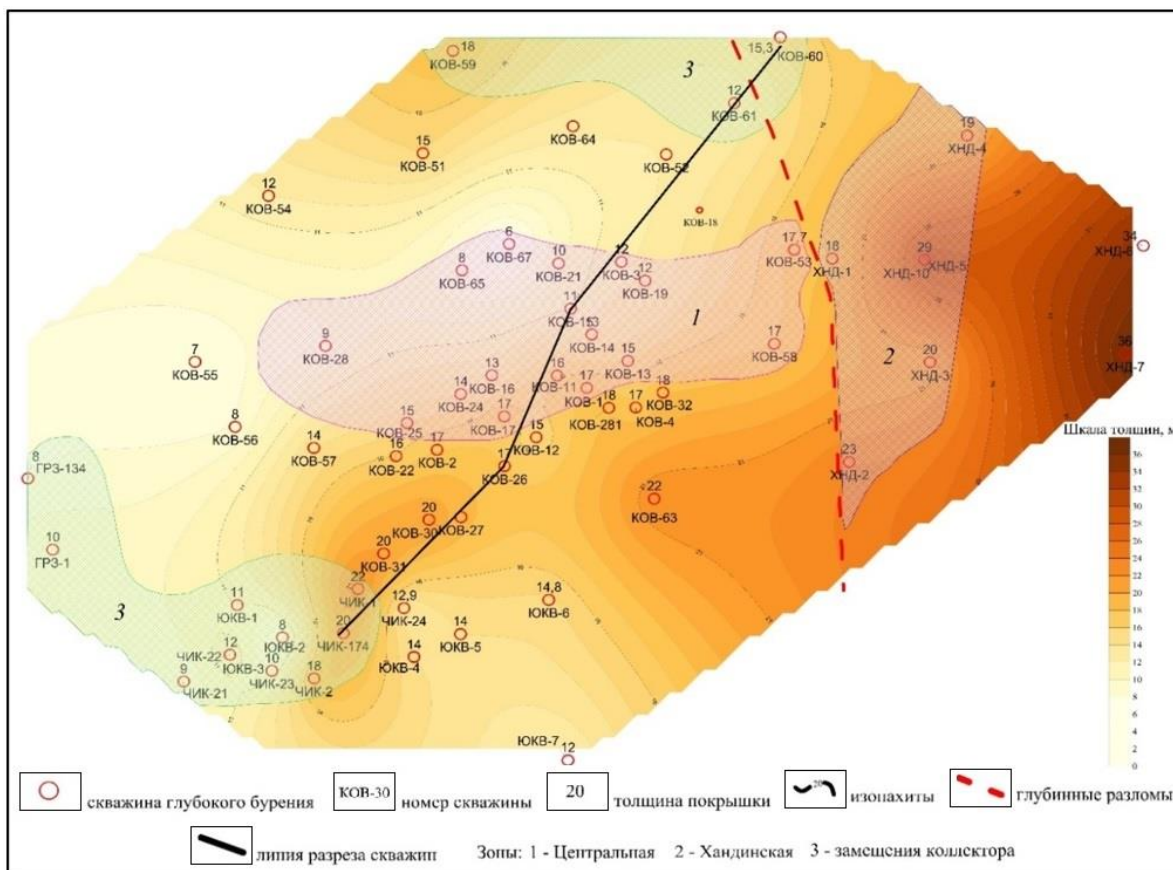


Рис. 1. Карта толщины покрышки парфеновского горизонта на Ковыктинской площади
Fig. 1. Thickness map of the Parphenovsky horizon caprock. Kovykta field

Геологическое строение и стратиграфическая привязка границ парфеновского горизонта показаны на разрезе (рис. 2), пересекающем Ковыктинское месторождение в направлении с юго-запада на северо-восток по линии скважин 174-ЧИК – 26-КОВ – 15-КОВ – 60-КОВ (местоположение разреза показано на рис. 1).

По литологическим признакам парфеновский горизонт разделяется на два пласта: верхний – P_1 и нижний – P_2 толщиной до 40 и 47 м соответственно. Эти пласты существенно различаются площадью распространения и фильтрационно-емкостными свойствами.

Пласт P_1 имеет подчиненное значение, в основном содержит мелкозернистые (в среднем 0,21 мм), хорошо отсортированные субаркозовые песчаники с интенсивной кварцевой цементацией (в среднем 10 %). Породы-коллекторы в нем распространены локально вдоль южной границы месторождения и занимают

не более 15 % всего объема коллекторов парфеновского горизонта. Эффективная газонасыщенная толщина $H_{эф}$ составляет 3,8–8,4 м, средняя пористость – 10–11 %, средняя проницаемость – 5–2 мД [4, 6].

Пласт P_2 является промышленно-продуктивным, и породы-коллекторы в нем распространены повсеместно. Состав представлен среднезернистыми (в среднем 0,281–0,322 мм) умеренно хорошо отсортированными лититовыми песчаниками с обильным хлоритовым либо кварцевым цементом (в среднем 11 %). Эффективные толщины закономерно увеличиваются от 4 до 29 м в направлении с юго-востока на северо-запад. Средняя пористость коллекторов в пласте P_2 – 11–16 %. Газопроницаемость изменяется в широких пределах от 290 до 990 мД. Доля проницаемых прослоев пласта P_2 в среднем составляет 0,45, достигая 0,8, что в два раза выше, чем доля в верхнем пласте P_1 [6, 7].

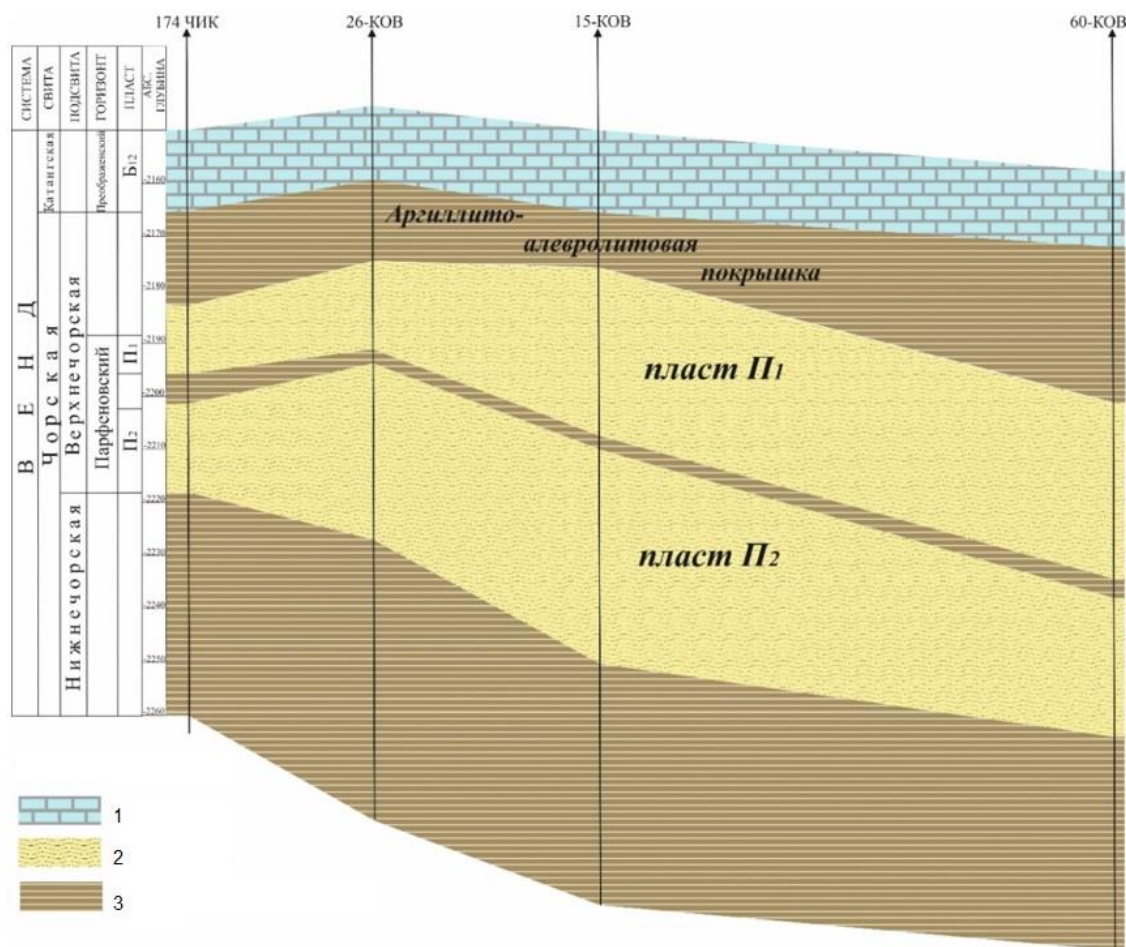


Рис. 2. Геологический разрез терригенного комплекса по линии скважин 174-ЧИК – 26-КОВ – 15-КОВ – 60-КОВ:

1 – доломиты; 2 – песчаники; 3 – аргиллиты, алевролиты

Fig. 2. Geological section of the terrigenous complex along the line of wells 174-CHIK – 26-KOV – 15-KOV – 60-KOV:

1 – dolomites; 2 – sandstone rocks; 3 – argillites, aleurolites

Результаты исследования и их обсуждение

Для анализа состава покрывки парфеновского горизонта авторы использовали данные керн по 47 образцам, отобранным в Ковыктинских скважинах 1, 2, 4, 13 и 24. В образцах в разных количествах присутствуют песчаники, песчаники глинистые, песчаники алевроитистые, алевролиты, алевролиты песчанистые, аргиллиты песчанистые, аргиллиты алевроитистые, доломиты. Текстура этих пород слоистая, микрослоистая, реже однородная. Процентное содержание основных литотипов в покрывке парфеновского горизонта показано на рис. 3, а.

В общем объеме пород, составляющих покрывку парфеновского горизонта,

песчаники и алевролиты занимают 80 %. На долю доломитов и аргиллитов приходится 20 %.

Пористость основных литотипов покрывки имеет низкие значения (рис. 3, б). В основном это плотные песчаники, алевролиты и аргиллиты, редко трещиноватые с параллельными трещинами.

Для построения петрофизической модели покрывки авторы использовали данные глубокого бурения, геофизических исследований скважин и лабораторных исследований керн. На основе этих данных был проведен статистический анализ естественной радиоактивности, удельного электрического сопротивления и пластовых скоростей в интервале отложений покрывки парфеновского

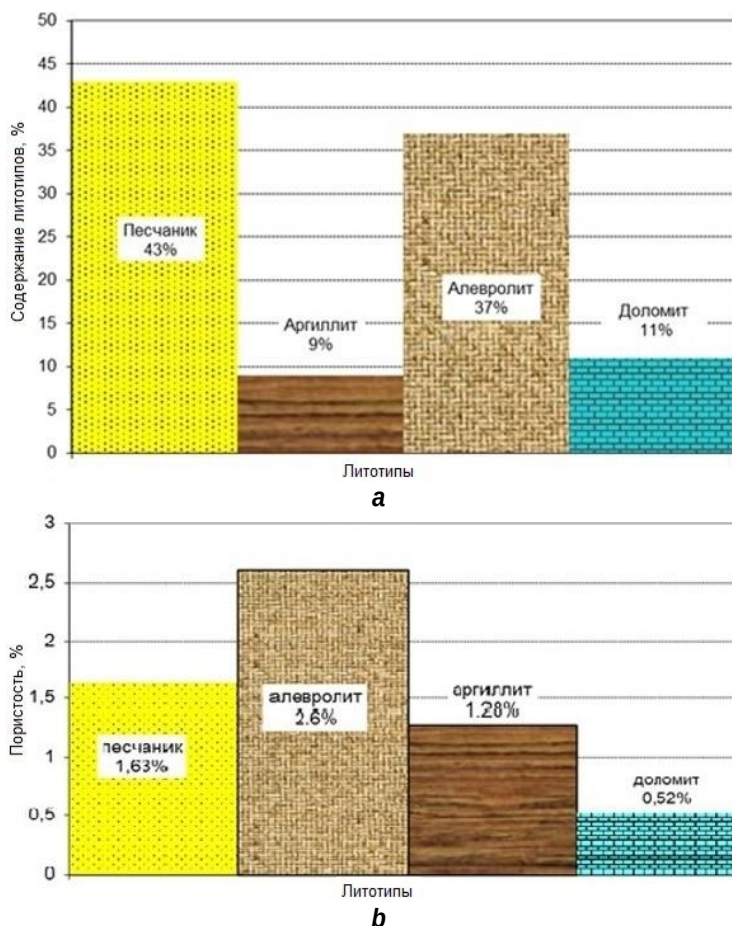


Рис. 3. Параметры основных литотипов покрышки парфеновского горизонта по данным исследования керна:

a – процентное содержание основных литотипов покрышки парфеновского горизонта;

b – средняя пористость основных литотипов покрышки парфеновского горизонта

Fig. 3. Parameters of the main lithotypes of the Parphenovsky horizon caprock (the core analysis data):

a – percentage of the main lithotypes, Parphenovsky horizon caprock;

b – average porosity of the main lithotypes, Parphenovsky horizon caprock

горизонта. Для статистического анализа на территории Ковыктинской площади авторами выделены участки (центральный, хандинский и зоны замещения коллекторов (см. рис. 1)), на которых по данным многих исследователей [4, 6, 8] породы в разрезе Ковыктинской залежи различаются по условиям осадконакопления, литофациальным характеристикам и петрофизическим свойствам. Результаты статистического анализа петрофизических свойств на исследуемой территории представлены в виде гистограмм на рис. 4–6.

На центральном участке для статистического анализа петрофизических

свойств покрышки авторами использовались данные геофизических исследований скважин и керна по скважинам КОВ-3, КОВ-11, КОВ-12, КОВ-13, КОВ-14, КОВ-15, КОВ-16, КОВ-17, КОВ-19, КОВ-21, КОВ-24, КОВ-25, КОВ-28, КОВ-32, КОВ-53, КОВ-58, КОВ-68; на хандинском участке – ХНД-1, ХНД-2, ХНД-3, ХНД-10; в зоне замещения коллекторов – КОВ-59, КОВ-60, ГРЗ-1, ГРЗ-134, ЧИК-1, ЧИК-2, ЧИК-174.

Вещественный состав (литология) пород покрышки парфеновского горизонта контролируется методами радиоактивного каротажа.

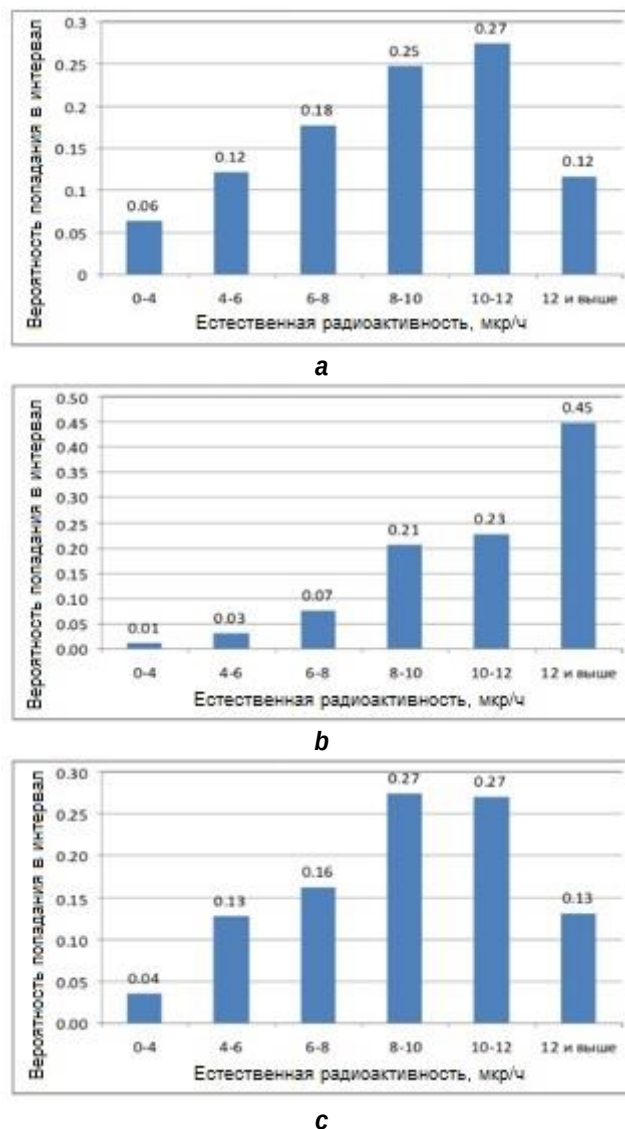


Рис. 4. Гистограммы распределения естественной гамма-активности на участках Ковыктинской площади:

а – центральный участок; б – хандинский участок; с – зона замещения коллекторов

Fig. 4. Distribution histograms for natural gamma-ray activity on the Kovykta field sections:

a – central section; b – Khandinsky section; c – reservoir drive zone

Высокая естественная радиоактивность (12–25 мкр/ч) характерна для аргиллитов, алевролитов, калийных солей.

Низкой радиоактивностью (0,5–7 мкр/ч) характеризуются чистые разности песчаников, ангидриты, каменная соль (NaCl), известняки и доломиты.

Промежуточные значения естественной радиоактивности (8–12 мкр/ч) характерны для пород с различной степенью содержания глинистого вещества с рассеянной глинистостью или линзовидной глинистостью.

На гистограмме естественной радиоактивности центрального участка (см. рис. 4) выделяется диапазон относительно высоких (8–10 и 10–12 мкр/ч) значений естественной радиоактивности с суммарной вероятностью 0,52. При этом максимум гистограммы ($P = 0,27$) располагается в диапазоне 10–12 мкр/ч.

В зоне замещения гистограмма естественной радиоактивности по значениям вероятности практически не отличается от центрального участка. Здесь суммарная вероятность попадания значений



естественной радиоактивности в диапазоне 8–12 мкР/ч равна 0,54.

На хандинском участке по сравнению с центральным участком и зоной замещения максимум гистограммы естественной радиоактивности ($P = 0,45$) находится в диапазоне более высоких (от 12 мкР/ч и выше) значений естественной радиоактивности. Характерной особенностью распределения значений естественной радиоактивности на хандинском участке является то, что здесь в диапазоне низких (0–6 мкР/ч) значений радиоактивности вероятность ($P = 0,04$) в четыре раза ниже, чем в районе центрального участка и зонах литологического замещения песчаных коллекторов ($P = 0,18$).

Результаты сравнительного анализа гистограмм естественной радиоактивности дают основание полагать, что породы покрышки парфеновского горизонта на хандинском участке имеют более высокие значения естественной радиоактивности и, следовательно, более высокое содержание глинистых тонкодисперсных разностей в отличие от центрального участка и зоны замещения.

Распределение значений удельного электрического сопротивления в покрышке парфеновского горизонта показано на рис. 5.

На гистограммах центрального участка и зоны замещения коллекторов наиболее вероятные значения удельного электрического сопротивления сосредоточены в диапазоне сопротивлений 20–40 Ом·м. Вероятности удельного электрического сопротивления в этом диапазоне в центральной зоне – 0,68, в зоне замещения – 0,8.

На хандинском участке в отличие от центрального участка и зоны замещения значения удельного электрического сопротивления сосредоточены в диапазоне самых низких сопротивлений 0–20 Ом·м

с максимальной вероятностью $P = 0,5$.

Общеизвестно, что удельное электрическое сопротивление горных пород в общем случае зависит от состава породообразующих минералов и типа флюидов, заполняющих их поровое пространство. Сопротивление глинистых пород в отличие от неглинистых зависит не только от их пористости и структуры пор, но и от их глинистости и минерализации насыщающих вод. Повышение содержания тонкодисперсного глинистого материала увеличивает удельную поверхность и адсорбционную способность пород и, следовательно, их проводимость^{1,2} [2, 9].

Результаты наших исследований показывают, что в породах, слагающих покрышку парфеновского горизонта, преобладают низкие значения удельного электрического сопротивления. Причем самые низкие значения с максимальной вероятностью наблюдаются на хандинском участке. Это говорит о том, что наиболее сильное влияние на удельное сопротивление пород покрышки на хандинском участке оказывает увеличение содержания тонкодисперсного глинистого материала.

Распределение значений пластовых скоростей в покрышке парфеновского горизонта показано на рис. 6.

Значения средних пластовых скоростей в интервале покрышки парфеновского горизонта изменяются в широких пределах от 4200 до 6000 м/с и выше. На всех участках выделяется диапазон 5000–5400 м/с, вероятность попадания в который на центральном участке ($P = 0,39$), в зоне замещения ($P = 0,36$), на хандинском участке ($P = 0,44$) является наиболее высокой. Можно отметить, что на хандинском участке и в зоне замещения максимальная вероятность равномерно распределена в двух диапазонах: 5000–5200 м/с и 5200–5400 м/с по 0,22

¹ Вахромеев Г.С., Ерофеев Л.Я., Канайкин В.С., Номоконова Г.Г. Петрофизика: учебник для вузов. Томск: Изд-во ТГУ, 1997. 402 с.

² Латышова М.Г., Мартынов В.Г., Соколова Т.Ф. Практическое руководство по интерпретации данных ГИС: учеб. пособие для вузов. М.: Недра, 2007. 327 с.

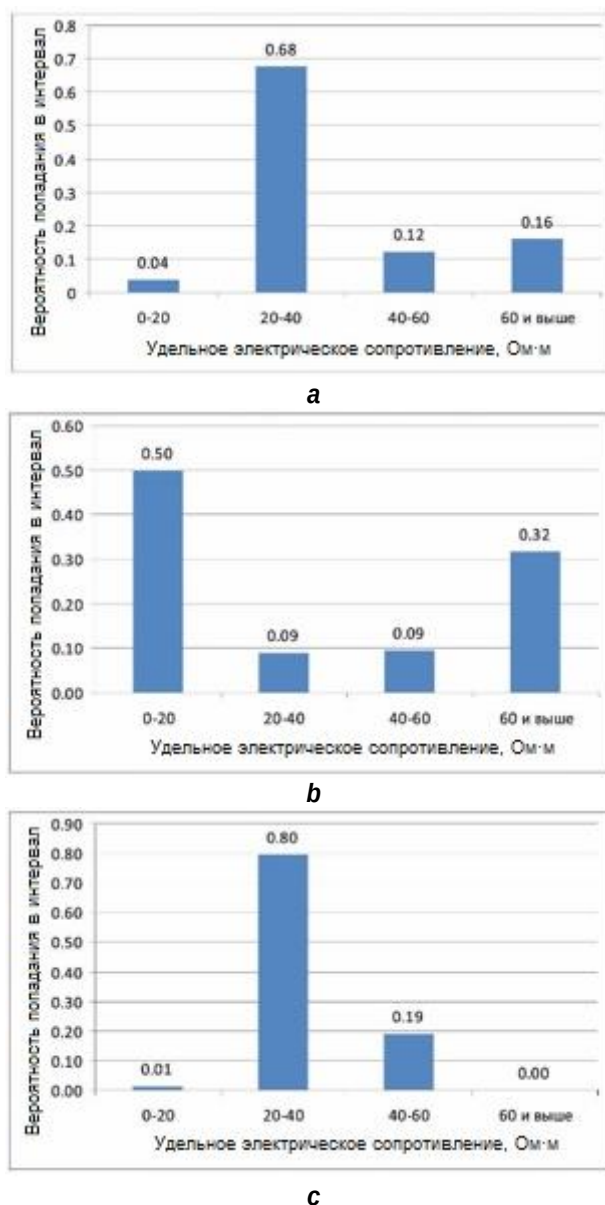


Рис. 5. Гистограммы распределения удельного электрического сопротивления на участках Ковыктинской площади:

а – центральный участок; б – хандинский участок; в – зона замещения коллекторов

Fig. 5. Distribution histograms for electric resistivity on the Kovykta field sections:

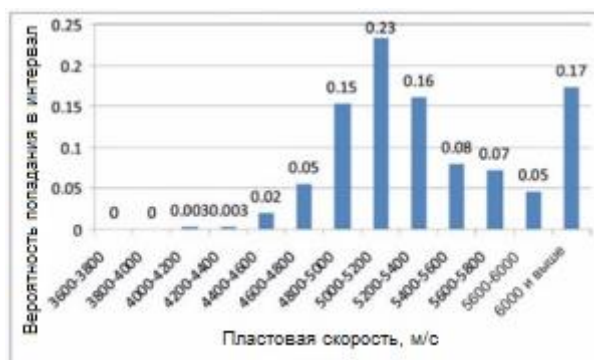
a – central section; b – Khandinsky section; c – reservoir drive zone

и 0,18 соответственно в каждом из них. На центральном участке максимальная вероятность сосредоточена в одном диапазоне 5000–5200 м/с и составляет 0,23. Также на всех участках почти с одинаковой вероятностью 0,17–0,18 встречается диапазон самых высоких значений пластовых скоростей от 6000 м/с и выше.

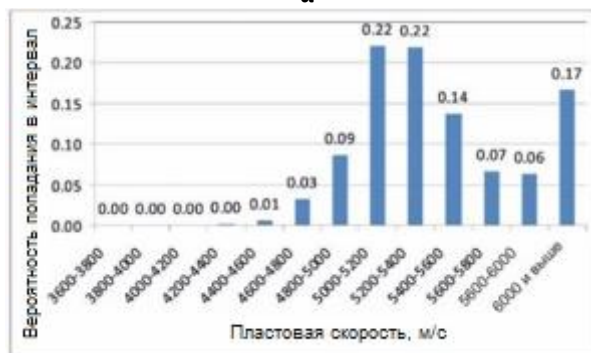
Наиболее существенные отличия в распределении пластовых скоростей

наблюдаются в диапазоне низких скоростей 4200–4800 м/с.

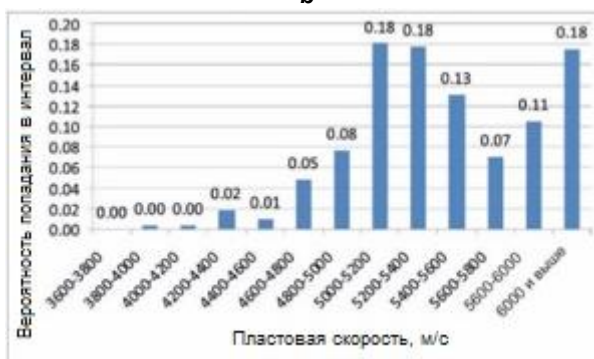
На центральном участке и в зоне замещения вероятность попадания пластовых скоростей в диапазон низких скоростей $P = 0,09$. На хандинском участке по сравнению с центральным участком и в зоне замещения коллекторов вероятность в диапазоне низких скоростей в два раза ниже: $P = 0,04$.



a



b



c

Рис. 6. Гистограммы распределения пластовых скоростей на участках Ковыктинской площади:

a – центральный участок; b – хандинский участок; c – зона замещения коллекторов

Fig. 6. Distribution histograms for layer velocities on the Kovykta field sections:

a – central section; b – Khandinsky section; c – reservoir drive zone

Закключение

Подводя итог результатам вероятностного анализа петрофизических характеристик пород покрышки парфеновского горизонта, можно сделать два главных вывода:

1. Параметры естественной радиоактивности, удельного электрического сопротивления и пластовых скоростей имеют достаточно надежную вероятностную связь с литологическим составом пород покрышки парфеновского горизонта.

Породы покрышки на хандинском участке по сравнению с породами центрального участка и зон замещения характеризуются повышенной естественной гамма-активностью, пониженным сопротивлением и в целом более высокими пластовыми скоростями.

2. Различия в распределении параметров естественной радиоактивности, удельного электрического сопротивления и пластовых скоростей на территории центрального и хандинского участков



дают основание полагать, что породы покрывки парфеновского горизонта на этих участках формировались в различных фациальных обстановках и эти участки следует рассматривать как два самостоятельных структурно-тектонических блока с различными емкостными и петрофизическими характеристиками.

Еще одним дополнительным аргументом для разделения территории Ковыктинского месторождения на два структурно-тектонических блока по их емкостным и петрофизическим характеристикам являются результаты современных геолого-геофизических исследований. В работе [8] отмечается, что разли-

чия значений потенциального содержания конденсата газов парфеновского горизонта по площади месторождения (в пределах центральной части оно составляет 64,57 г/м³, в восточной – 11,03 г/м³) свидетельствуют о наличии латеральных экранов, разделяющих парфеновский резервуар на центральном и хандинском участках месторождения. Кроме этого, резкие различия в дебитах газа, получаемых из залежи парфеновского горизонта на этих участках, свидетельствуют о существенной дифференциации площади месторождения по его эффективным толщинам и фильтрационно-емкостным свойствам.

Библиографический список

1. Гурова Т.И., Чернова Л.С., Потлова М.М., Богданова В.Н., Гущина Н.Е., Замятин М.А. [и др.]. Литология и условия формирования резервуаров нефти и газа Сибирской платформы. М.: Недра, 1988. 252 с.
2. Элланский М.М., Еникеев Б.Н. Использование многомерных связей в нефтегазовой геологии. М.: Недра, 1991. 205 с.
3. Воробьев В.С. Оценка проницаемости терригенных коллекторов венда Ковыктинского месторождения на основе комплексирования данных ГИС и результатов петрофизических исследований // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2011. № 7. С. 34–38.
4. Дробот Д.И., Пак В.А., Деятелилов Г.А., Хохлов Г.А., Карпышев А.В., Бердников И.Н. Нефтегазоносность докембрийских отложений Сибирской платформы, перспективы подготовки и освоения их углеводородного потенциала // Геология и геофизика. 2004. Т. 45. № 1. С. 110–120.
5. Барышев Л.А. Физико-геологическая модель подсолового комплекса осадочного чехла и

прогноз продуктивности терригенных коллекторов на Ковыктинском месторождении // Геофизика. Спецвыпуск «Технологии сейсморазведки-II». 2003. S2. С. 38–43.

6. Барышев Л.А., Мамаков Д.О., Мамакова Т.С. Физическое обоснование геофизических аномалий на Ковыктинском месторождении // Технологии сейсморазведки. 2017. № 2. С. 49–58.
7. Ахияров А.В., Орлов В.И., Бондарев А.Н. Зависимость продуктивности терригенных коллекторов от их фациальной принадлежности на примере парфеновского горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геофизика. 2007. № 6. С. 60–67.

8. Смирнов А.С., Горлов И.В., Яицкий Н.Н., Горский О.М., Игнатьев С.Ф., Поспеев А.В. [и др.]. Интеграция геолого-геофизических данных – путь к созданию достоверной модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геология нефти и газа. 2016. № 2. С. 56–66.
9. Вендельштейн Б.Ю., Резванов В.А. Геофизические методы определения параметров нефтегазовых коллекторов. М.: Недра, 1978. 318 с.

References

1. Gurova TI, Chernova LS, Potlova MM, Bogdanova VN, Gushchina NE, Zamyatin MA, et al. *Oil and gas reservoirs of the Siberian platform: lithology and conditions of formation*. Moscow: Nedra; 1988. 252 p. (In Russ.)
2. Ellanskii MM, Enikeev BN. *Application of multivariate associations in petroleum geology*. Moscow: Nedra; 1991. 205 p. (In Russ.)
3. Vorobiev VS. Estimation of vendian terrigenous reservoir permeability at the Kovyktinskoye field based on integration of well log data and petrophysical investigations. *Geology, Geophysics and*

Development of Oil and Gas Fields. 2011;7:34–38. (In Russ.)

4. Drobot DI, Pak VA, Devyatilov GA, Khokhlov GA, Karpyshev AV, Berdnikov IN. Oil and gas capacity of Precambrian deposits of the Siberian platform: the prospects for preparing and developing the deposits' hydrocarbon potential. *Geologiya i geofizika*. 2004;45(1):110–120. (In Russ.)
5. Baryshev LA. Physical-and-geological model of the subsalt sedimentary cover complex and forecast of the terrigenous reservoir productivity: a case study of the Kovykta field. *Geofizika* = Russian



Geophysics. 2003;S2:38–43. (In Russ.)

6. Baryshev LA, Mamakov DO, Mamakova TS. Physical study of geophysical anomalies on the Kovykta field. *Tekhnologii seismorazvedki*. 2017;2:49–58. (In Russ.)

7. Akhiyarov AV, Orlov VI, Bondarev AN. Ter-rigenous reservoirs productivity vs rock mass facial characteristics: parfyonov beds of the Kovykta gas/condensate field case history. *Geofizika = Rus-sian Geophysics*. 2007;6:60–67. (In Russ.)

8. Smirnov AS, Gorlov IV, Yaickiy NN, Gorskii OM, Ignatiev SF, Pospeev AV, et al. Integration of geological and geophysical data is a way to design an accurate model of the Kovykta gas condensate deposit. *Oil and Gas Geology*. 2016;2:56–66. (In Russ.)

9. Vendel'shtein BYu, Rezvanov VA. *Geo-physical methods of oil and gas reservoir dimension-ing*. Moscow: Nedra; 1978. 318 p.

Критерии авторства / Authorship criteria

Мамакова Т.С., Мамаков Д.О. написали статью, заявляют о равном участии в получении и оформ-лении научных результатов и в равной мере несут ответственность за плагиат.

Tatiana S. Mamakova, Denis O. Mamakov are the authors of the article, declaring equal contribution in obtaining and presenting the research results, and bearing equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов / Responsibility for plagiarism

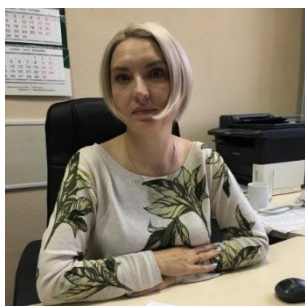
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this article.

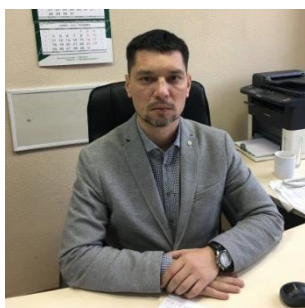
Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

All authors have read and approved the final version of this manuscript.

Сведения об авторах / Information about the authors



Мамакова Татьяна Сергеевна,
начальник отдела геофизического исследования скважин,
Обособленное подразделение АО «Росгеология»
«Иркутское геофизическое подразделение»,
664039, г. Иркутск, ул. Клары Цеткин, 9а, Россия,
✉ e-mail: MamakovaTS@rusgeology.ru
Tatiana S. Mamakova,
Head of the Well Logging Department,
“Irkutsk Geophysical Division”,
JSC “Rosgeologia”,
9a Klara Tsetkin St., Irkutsk 664039, Russia,
✉ e-mail: MamakovaTS@rusgeology.ru



Мамаков Денис Олегович,
заместитель директора,
Обособленное подразделение АО «Росгеология»
«Иркутское геофизическое подразделение»,
664039, г. Иркутск, ул. Клары Цеткин, 9а, Россия,
e-mail: MamakovDO@rusgeology.ru
Denis O. Mamakov,
Deputy Director,
“Irkutsk Geophysical Division”,
JSC “Rosgeologia”,
9a Klara Tsetkin St., Irkutsk 664039, Russia,
e-mail: MamakovDO@rusgeology.ru