

Оригинальная статья / Original article

УДК 550.8.05

DOI: <http://dx.doi.org/10.21285/2541-9455-2018-41-3-78-92>

ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ ПАРФЁНОВСКОГО ГОРИЗОНТА КОВЫКТИНСКОЙ ЗОНЫ ГАЗОНАКОПЛЕНИЯ ПО МАТЕРИАЛАМ ГЕОФИЗИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ СКВАЖИН И РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ СКВАЖИН

© П.Н. Кокарев^а, И.А. Диких^б, В.А. Сердюкова^с

^{а-с}ООО «Газпром геологоразведка»,
625000, Российская Федерация, г. Тюмень, ул. Герцена, 70.

РЕЗЮМЕ. Цель. Исследования направлены на изучение геологического строения Ковыктинского газоконденсатного месторождения (ГКМ) Иркутской области, выявление и оконтуривание зон, неоднородного строения продуктивных отложений парфёновского горизонта чорской свиты венда, а также оценку необходимости пересмотра петрофизической модели коллекторов, представленной в 2013 году при пересчете запасов углеводородов парфёновского горизонта Ковыктинского ГКМ. **Методы.** Анализ распределения подсчетных параметров (эффективной толщины, коэффициента открытой пористости) и промысловых характеристик (дебитов) коллекторов парфёновского горизонта по площади месторождения и по разрезу. Сопоставление дифференциальных распределений эффективных толщин и пористости коллекторов до и после деления Ковыктинского ГКМ на зоны с различным типом разреза парфёновского горизонта. **Результаты.** Приведены сведения об особенностях строения пород-коллекторов парфёновского горизонта Ковыктинского ГКМ. Установлено три типа разреза парфёновского горизонта. Выполнено ранжирование скважин Ковыктинского ГКМ по типу разреза парфёновского горизонта и результатам испытания его в открытом стволе и/или в колонне. Определены направления дальнейшего изучения особенностей строения коллекторов парфёновского горизонта. **Выводы.** В парфёновском горизонте существуют коллекторы с улучшенными и ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами. Наличие различных по свойствам и составу коллекторов в отложениях парфёновского горизонта выявило необходимость в пересмотре петрофизической модели и методического обеспечения комплексной интерпретации материалов геофизического исследования скважин, представленных при пересчете запасов углеводородов Ковыктинского ГКМ в 2013 году.

Ключевые слова: парфёновский горизонт, коллектор, результаты испытаний, геофизические исследования скважин.

^аКокарев Павел Николаевич, начальник отдела анализа и интерпретации данных геофизических исследований скважин, геолого-технологических исследований Инженерно-технического центра, тел.: 8 (3452) 540469, e-mail: p.kokarev@ggr.gazprom.ru

Pavel N. Kokarev, Head of the Department of Analysis and Interpretation of Well Logging, Geological and Technological Research of the Engineering and Technical Center, tel.: 8 (3452) 540469, e-mail: p.kokarev@ggr.gazprom.ru

^бСердюкова Вера Анатольевна, зам. начальника отдела анализа и интерпретации данных геофизических исследований скважин, геолого-технологических исследований Инженерно-технического центра, тел.: 8 (3452) 540472, e-mail: v.serdyukova@ggr.gazprom.ru

Vera A. Serdyukova, Deputy Head of the Department of Analysis and Interpretation of Well Logging, Geological and Technological Research of the Engineering and Technical Center, tel.: 8 (3452) 540472, e-mail: v.serdyukova@ggr.gazprom.ru

^сДиких Иван Александрович, ведущий геофизик отдела анализа и интерпретации данных геофизических исследований скважин, геолого-технологических исследований Инженерно-технического центра, тел.: 8 (3452) 540472, e-mail: i.dikih@ggr.gazprom.ru

Ivan A. Dikikh, Leading Geophysicist of the Department of Analysis and Interpretation of Well Logging, Geological and Technological Research of the Engineering and Technical Center, tel.: 8 (3452) 540472, e-mail: i.dikih@ggr.gazprom.ru

Информация о статье. Дата поступления 30 мая 2018 г.; дата принятия к печати 28 августа 2018 г.; дата онлайн-размещения 28 сентября 2018 г.

Формат цитирования. Кокарев П.Н., Диких И.А., Сердюкова В.А. Особенности строения пород-коллекторов парфёновского горизонта Ковыктинской зоны газонакопления по материалам геофизического исследования скважин и результатам испытаний скважин // Известия Сибирского отделения Секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, разведка и разработка месторождений полезных ископаемых. 2018. Т. 41. № 3. С. 78–92. DOI: 10.21285/2541-9455-2018-41-3-78-92

STRUCTURAL FEATURES OF PARFENOVSKY HORIZON RESERVOIR FORMATIONS OF THE KOVYKTA GAS CONDENSATE FIELD BY WELL LOGGING DATA AND WELL TESTING RESULTS

© P.N. Kokarev^a, I.A. Dikikh^b, V.A. Serdyukova^c

^{a-c}“Gazprom Geologorazvedka” LLC,
70 Gertsen St., Tyumen 625000, Russian Federation

ABSTRACT. Purpose. The research is aimed at studying the geological structure of the Kovykta gas condensate field in the Irkutsk region, identifying and outlining of the zones of heterogeneous structure of the productive deposits of the Parfenovsky horizon of the Chorsky formation of the Vendian period as well as the assessment of the need for a revision of the reservoir petrophysical model presented in 2013 when the hydrocarbon reserves of the Parfenovsky horizon of the Kovykta gas condensate field were calculated. **Methods.** The analysis of calculated parameters distribution (effective thickness, open porosity coefficient) and field characteristics (delivery) of the Parfenovsky horizon reservoirs is performed by the field area and by the section. The differential distributions of effective thicknesses and reservoir porosity are compared before and after the division of the Kovykta gas condensate field into the zones with a different type of the Parfenovsky horizon section. **Results.** The data on the structural features of the Parfenovsky horizon reservoir rocks of the Kovykta gas condensate field are provided. Three types of the Parfenovsky horizon section have been identified. The wells of the Kovykta gas condensate field have been ranked by the type of the Parfenovsky horizon section and its test results in the open borehole and/or in the drill string. The directions of further study of the structural features of the Parfenovsky horizon reservoirs have been determined. **Conclusions.** The Parfenovsky horizon features the presence of reservoirs with improved and degraded porosity and permeability. The presence of the reservoirs different in properties and composition in the Parfenovsky horizon deposits has revealed the need for the revision of the petrophysical model and the methodic base of the integrated interpretation of well geophysical research data presented by the recalculation of hydrocarbon reserves of the Kovykta gas condensate field in 2013.

Keywords: Parfenovsky horizon, reservoir, test results, well logging

Article info. Received 30 May 2018; accepted for publication 28 August 2018; available online 28 September 2018.

For citation. Kokarev P.N., Dikikh I.A., Serdyukova V.A. Structural features of Parfenovsky horizon reservoir formations of the Kovykta gas condensate field by well logging data and well testing results. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya Sektzii nauk o Zemle Rossiiskoi akademii estestvennykh nauk. Geologiya, razvedka i razrabotka mestorozhdenii poleznykh iskopaemykh* = Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits, 2018, vol. 41, no. 3, pp. 78–92. DOI: 10.21285/2541-9455-2018-41-3-78-92 (In Russian).

Введение

В 2013 году был выполнен пересчет запасов углеводородов в залежах парфёновского горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения (ГКМ) и Хандинского лицензионного участка, в котором для продуктивных пластов P_1 и P_2

была принята петрофизическая модель, не учитывающая наличие различных по составу песчаников в отложениях парфёновского горизонта.

В случае, если по результатам анализа геолого-геофизической информации в пределах выделенного объекта

подсчета запасов выделяются коллекторы различных литотипов, то в соответствии с Методическими рекомендациями [1] петрофизические связи должны строиться отдельно для каждого литотипа.

Анализ геолого-геофизических материалов (результатов испытаний, геофизического исследования скважин (ГИС), керн) в первом приближении выявил неоднородность песчаников парфёновского горизонта, что указывает на необходимость в пересмотре методического обеспечения комплексной интерпретации материалов ГИС. Дифференциация коллекторов парфёновского горизонта по фильтрационным и емкостным свойствам отмечается как по площади, так и по разрезу. Неоднородность строения, свойств и состава парфёновского горизонта не раз была отмечена рядом исследователей [2–7].

Целью настоящей статьи является оценка необходимости пересмотра петрофизической модели пород-коллекторов парфёновского горизонта, которая была представлена при пересчете запасов углеводородов в 2013 году.

Общие сведения о продуктивных отложениях парфёновского горизонта

На Ковыктинском ГКМ продуктивны отложения парфёновского горизонта чорской свиты венда. Парфёновский горизонт представлен переслаиванием песчаников и алевролитов с прослоями аргиллитов. Это огромное (площадью более 7 тыс. км²) геологическое тело, которое фациально замещается в юго-восточном и северо-западном направлениях на более глинистые разности. В разрезе горизонта выделяется два продуктивных пласта P_1 и P_2 , которые разделены пачкой аргиллитов толщиной от первых метров до 10–15 м [8].

Формирование парфёновского горизонта происходило в трансгрессивно-регрессивных условиях осадконакопления, что и обусловило его двухчленное

(пласт P_1 и P_2) строение. Для пластов диагностированы субконтинентальные и прибрежно-морские обстановки седиментации пород [7, 9]. Это и явилось первопричиной существенных различий в строении, составе и свойствах парфёновского горизонта на территории Ангаро-Ленской ступени [2].

Изучение отложений парфёновского горизонта площадными видами геофизических исследований, а также бурение и испытание скважин сопряжено с рядом трудностей, среди которых сильно расчлененный современный рельеф (перепады высот достигают 850 м), наличие интервалов поглощений, зон аномально высоких пластовых давлений и рапопроявлений, зон литологического замещения пластов-коллекторов непроницаемыми породами [10–16].

Остановимся на некоторых из проблем, а именно на тех сложностях, с которыми авторы столкнулись при анализе материалов испытания пластов P_1 и P_2 в открытом стволе и в колонне. Во-первых, в ряде скважин отмечено отсутствие притока углеводородов из пласта P_2 в открытом стволе скважин Ковыктинского ГКМ при достаточно большой суммарной газонасыщенной толщине пород-коллекторов. Во-вторых, не менее актуальным вопросом является существенное отличие промысловых характеристик одноименных пластов в различных скважинах при схожих геолого-геофизических характеристиках по материалам ГИС.

Комплексный анализ результатов испытаний скважин совместно с результатами интерпретации материалов ГИС позволил разделить весь фонд скважин Ковыктинской зоны газонакопления на группы со схожими промысловыми характеристиками и типом разреза парфёновского горизонта.

Делением парфёновского горизонта по типу разреза занимался ряд исследователей [3, 11, 17, 18]. При этом авторы использовали такие характери-

стики, как суммарные эффективные толщины, суммарную емкость (произведение эффективной толщины на пористость), пористость и проницаемость коллекторов.

Анализ эффективных толщин коллекторов парфёновского горизонта

По материалам ГИС весь фонд разведочных, поисково-оценочных и параметрических скважин Ковыктинского ГКМ был разделен по типу разреза парфёновского горизонта на три группы.

Первый тип разреза относится к центральной части месторождения. Для скважин, относящихся к данной группе, характерно наличие основных эффективных толщин коллекторов в пласте P_2 при малых эффективных толщинах коллекторов или полном их отсутствии в пласте P_1 . Пласт P_1 – коллекторы по результатам комплексной интерпретации материалов ГИС отсутствуют или имеют незначительную толщину от 1 до 5,6 м, пласт P_2 – толщина коллекторов по материалам ГИС варьирует от 6,3 до 31,6 м. Исключение составляет скважина Хнд-1, которая пробурена в зоне локального отсутствия коллекторов. Отсутствие коллекторов в этой скважине обусловлено значительной проработкой порового пространства процессами вторичной цементации. К данной группе относится большая часть скважин Ковыктинского ГКМ – 37 скважин (51 % от общего количества скважин).

Второй тип разреза располагается в южной части месторождения. В скважинах, к нему относящихся, характерно наличие эффективных толщин коллекторов как в пласте P_1 , так и в пласте P_2 . В пласте P_1 суммарная эффективная толщина коллекторов по материалам ГИС варьирует от 5,4 до 17,7 м, по пласту P_2 – от 2 до 20,2 м. К данной группе относится 16 скважин.

Обособленно выделяются скважины ЮК-1 и ЮК-2, в которых эффектив-

ные толщины присутствуют только в интервале пласта P_1 . Однако некоторые прослойки песчаников пласта P_2 условно могут быть отнесены к эффективным толщинам, а именно 1 м в скважине ЮК-1 и 1,5 м в скважине ЮК-2. На данном этапе анализа и обобщения геолого-геофизических материалов вышеуказанные скважины отнесены ко второму типу разреза парфёновского горизонта. Суммарное количество скважин (учитывая скважины ЮК-1, ЮК-2), характеризующихся вторым типом разреза парфёновского горизонта, составило 18 (25 % от общего количества скважин).

Третий тип разреза распространен в юго-западной и северной окраинах месторождения. Для скважин, относящихся к данной группе, парфёновский горизонт характеризуется наличием малых толщин коллекторов или их полным отсутствием. В пласте P_1 суммарная эффективная толщина коллекторов по материалам ГИС варьирует от 1 до 3,5 м, по пласту P_2 – от 1,2 до 5 м. К данной группе относятся 17 скважин (24 % от общего количества скважин). Примером полного отсутствия коллекторов в парфёновском горизонте в данном типе разреза являются скважины Чик-2, ЮК-4, ЮК-7 и Нот-271.

Зоны распространения различных типов разреза парфёновского горизонта представлены на рис. 1.

Анализ промысловых характеристик парфёновского горизонта

Совместный анализ результатов испытаний и результатов интерпретации материалов ГИС позволил дополнительно детализировать строение парфёновского горизонта. В скважинах с первым типом разреза парфёновского горизонта выделяются два массива. Первый массив скважин представляет собой центральную часть месторождения. В скважинах, относящихся к данной подгруппе, при испытании в открытом стволе и/или в колонне из пласта P_2 были получены

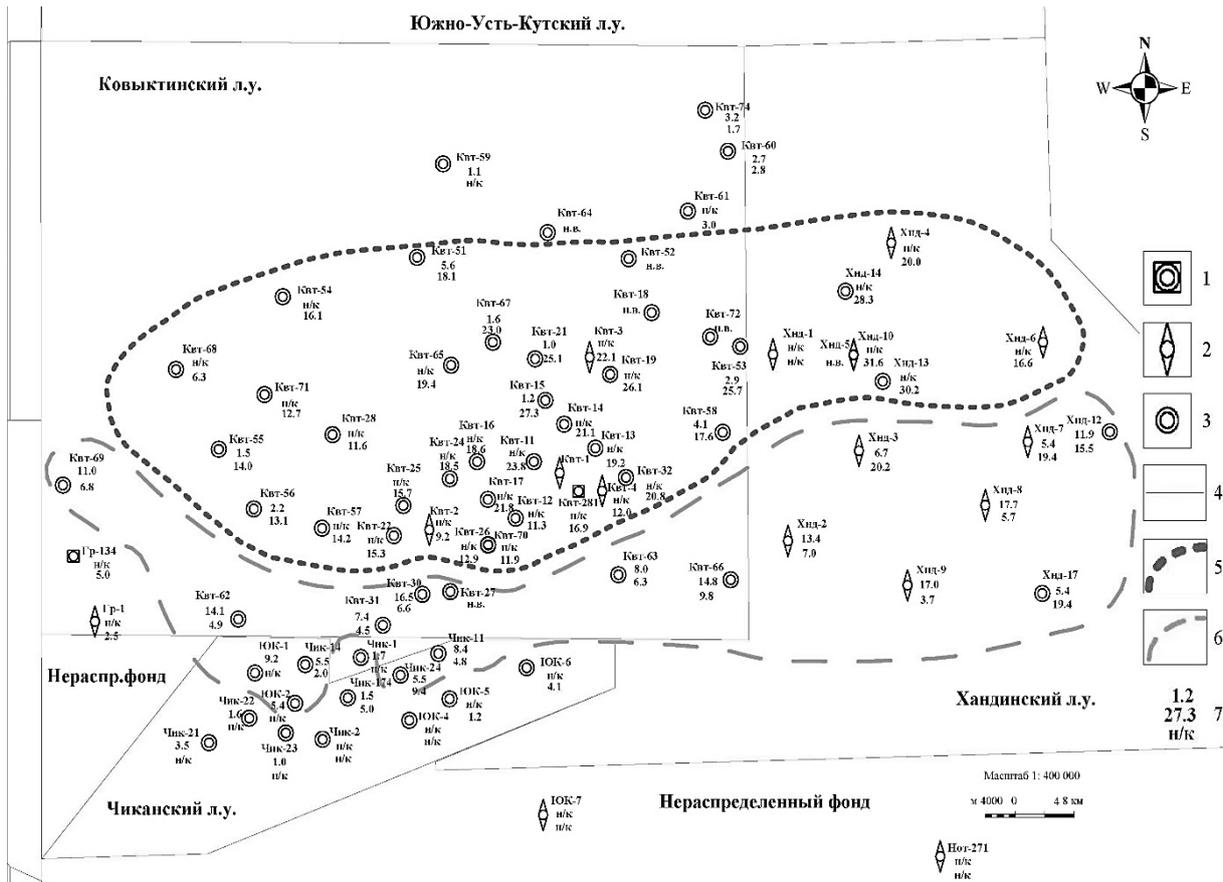


Рис. 1. Карта эффективных толщин пластов P_1 , P_2 с контурами зон распространения различных типов разреза парфёновского горизонта (масштаб 1:400000):

1–3 – скважины: 1 – параметрические, 2 – поисковые, 3 – разведочные; 4–6 – контуры: 4 – границы лицензионного участка, 5 – тип разреза парфёновского горизонта № 1, 6 – тип разреза парфёновского горизонта № 2; 7 – эффективные толщины пласта P_1 , эффективные толщины пласта P_2 , н/к – неколлектор

Fig. 1. Map of effective thicknesses of layers P_1 , P_2 with the contours of distribution zones of different types of Parfenovsky horizon sections (scale 1:400000):

1–3 – wells: 1 – parametric, 2 – prospecting, 3 – exploration; 4–6 – contours: 4 – boundaries of the license area, 5 – type of Parfenovsky horizon section no. 1, 6 – type of Parfenovsky horizon section no. 2; 7 – effective thicknesses of the layer P_1 , effective thicknesses of the layer P_2 , n/k – not a reservoir

промышленные притоки углеводородов дебитами от 30 до 340 тыс. м³/сут.

Вторая подгруппа скважин первого типа разреза парфёновского горизонта примыкает к центральной части месторождения и является восточным и западным его продолжением. В скважинах, относящихся к данной подгруппе, при испытании пласт P_2 оказался «сухим», либо из него были получены непромышленные притоки углеводородов (от первых тысяч кубических метров газа в сутки до 5,6 тыс. м³/сут.).

В скважинах со вторым типом разреза парфёновского горизонта также выделяются два массива. Первая подгруппа скважин локализуется в центральной и западной частях второго типа разреза парфёновского горизонта. В скважинах данной подгруппы при раздельном и/или совместном испытании пластов P_1 и P_2 получены промышленные притоки углеводородов от 32,4 до 224,7 тыс. м³/сут. (исключением является скважина Чик-14, дебит газа в которой составил 9,3 тыс. м³/сут.).

Вторая подгруппа скважин локализуется в центральной и восточной частях второго типа разреза парфёновского горизонта. При раздельном испытании пластов P_1 и P_2 в скважинах данной подгруппы промышленные притоки углеводородов были получены только из пласта P_1 и составили от 61,4 до 215 тыс. м³/сут.,

из пласта P_2 притоки флюидов не получены, либо получены притоки фильтра бурового раствора.

Зоны распространения парфёновского горизонта, характеризующегося различным типом разреза и промышленными характеристиками коллекторов, представлены на рис. 2.

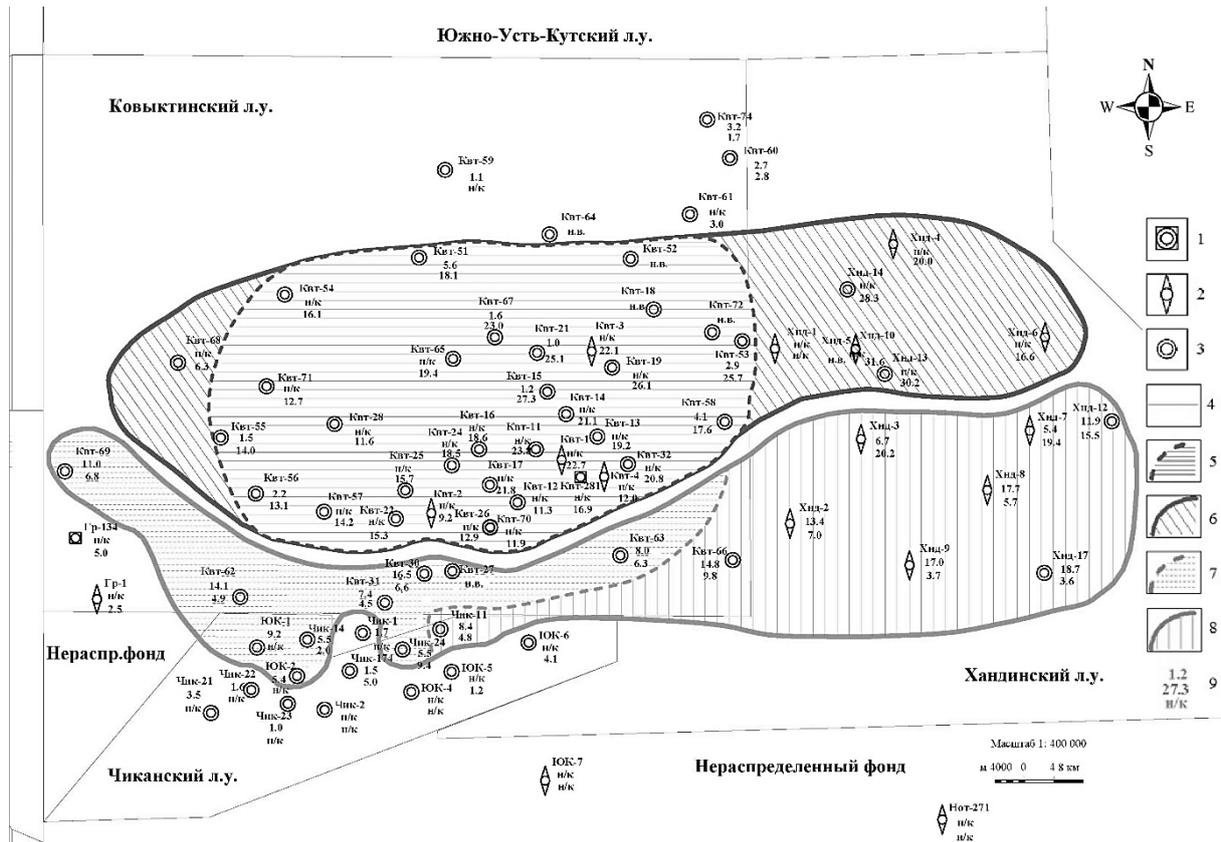


Рис. 2. Карта эффективных толщин пластов P_1 , P_2 с контурами зон распространения парфёновского горизонта, характеризующегося различным типом разреза и промышленными характеристиками коллекторов (масштаб 1:400000):

1–3 – скважины: 1 – параметрические, 2 – поисковые, 3 – разведочные; 4–8 – контуры:
4 – границы лицензионного участка, 5 – первая подгруппа скважин первого типа разреза парфёновского горизонта, 6 – вторая подгруппа скважин первого типа разреза парфёновского горизонта, 7 – первая подгруппа скважин второго типа разреза парфёновского горизонта, 8 – вторая подгруппа скважин второго типа разреза парфёновского горизонта; 9 – эффективные толщины пласта P_1 , эффективные толщины пласта P_2 , н/к – неколлектор

Fig. 2. Map of effective thicknesses of layers P_1 , P_2 with the contours of distribution zones of the Parfenovsky horizon featuring a different section type and reservoir productive characteristics (scale 1:400000):

1–3 – wells: 1 – parametric, 2 – prospecting, 3 – exploration; 4–8 – contours:
4 – boundaries of the license area, 5 – first subgroup of wells of the Parfenovsky horizon section of the first type, 6 – second subgroup of wells of the Parfenovsky horizon section of the first type, 7 – first subgroup of the wells of the Parfenovsky horizon section of the second type, 8 – second subgroup of wells of the Parfenovsky horizon section of the second type; 9 – effective thicknesses of the layer P_1 , effective thicknesses of the layer P_2 , н/к – not a reservoir

Анализ подсчетных параметров коллекторов парфёновского горизонта

Представленная выше градация отложений парфёновского горизонта по типам разреза выполнена по величине суммарных эффективных толщин коллекторов в пластах P_1 и P_2 с учетом их промысловых характеристик.

Для оценки правомерности выполненного деления Ковыктинского ГКМ на зоны проведен статистический анализ подсчетных параметров коллекторов парфёновского горизонта по выявленным зонам и по всему месторождению в целом, а также построены дифференциальные распределения эффективных толщин ($H_{эф. сум.}$) и коэффициента открытой пористости (K_n) коллекторов по материалам ГИС.

Рассмотрим распределение суммарных эффективных толщин ($H_{эф. сум.}$) коллекторов парфёновского горизонта по месторождению в целом (рис. 3).

Наличие трех ярко выраженных модальных значений (см. рис. 3) на диффе-

ренциальном распределении свидетельствует о значительной неоднородности суммарных эффективных толщин коллекторов по площади месторождения. Это, возможно, связано с тем, что формирование пород-коллекторов происходило в различных условиях осадконакопления либо в результате вторичных преобразований. Установленный факт значительной изменчивости суммарных эффективных толщин коллекторов также указывает на возможность разделения всего массива скважин месторождения на группы с существенно различающимися величинами $H_{эф. сум.}$

В соответствии с выполненным делением Ковыктинского ГКМ на три типа разреза парфёновского горизонта для каждого типа разреза были построены индивидуальные дифференциальные распределения $H_{эф. сум.}$ (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что третий тип разреза значительно отличается от первого и второго типов, для него характерны низкие суммарные эффективные толщины – от 1 до 6,5 м. Существенных

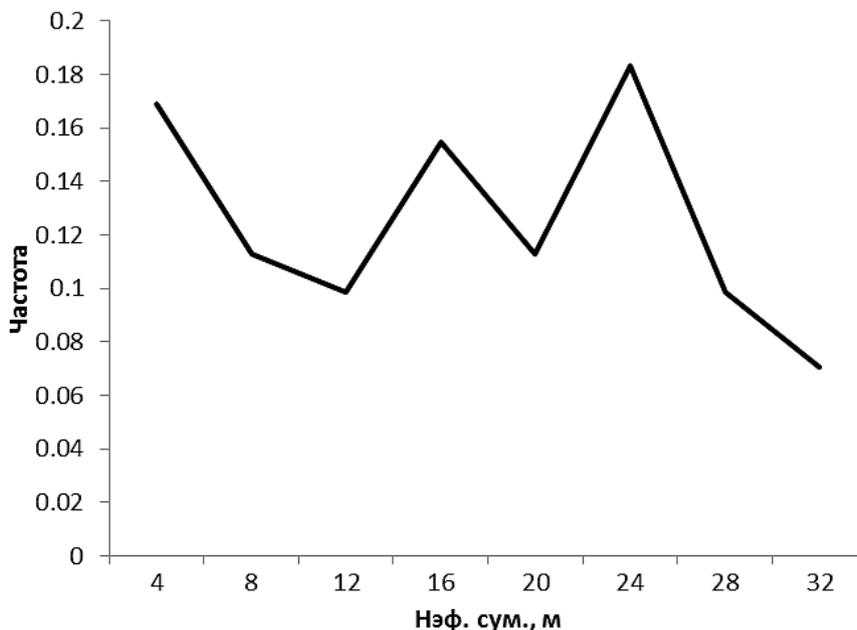


Рис. 3. Дифференциальное распределение суммарных эффективных толщин парфёновского горизонта по скважинам Ковыктинского месторождения
Fig. 3. Differential distribution of the total effective thicknesses of the Parfenovsky horizon by the wells of the Kovykta field

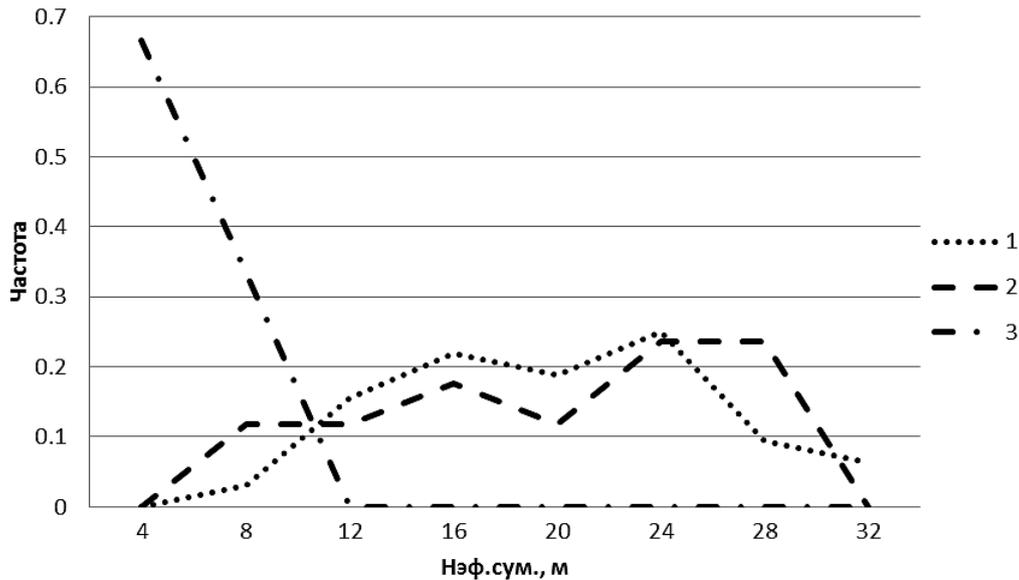


Рис. 4. Дифференциальное распределение суммарных эффективных толщин парфёновского горизонта по типам разреза Ковыктинского месторождения:

1 – первый тип разреза, центральная часть месторождения;

2 – второй тип разреза, южная часть месторождения;

3 – третий тип разреза, юго-западная и северная окраины месторождения

Fig. 4. Differential distribution of the total effective thicknesses of the Parfenovsky horizon by the types of the Kovykta field sections:

1 – first type of section, central part of the field;

2 – second type of section, southern part of the field;

3 – third type of section, south-western and northern margins of the field

различий между первым и вторым типом разреза парфёновского горизонта в отношении суммарных эффективных толщин не выявлено.

Дифференциальное распределение средневзвешенных значений коэффициентов открытой пористости (рис. 5), построенное по Ковыктинскому ГКМ, является в целом одномодальным (модальное значение составляет 13 %). Распределение же значений K_n по типам разрезов (рис. 6) указывает на отличие емкостных свойств коллекторов в каждом типе разреза. Так, для коллекторов первого типа разреза (центральная часть месторождения) характерно модальное значение K_n , равное 15 % (диапазон изменения пористости от 11,1 до 17,1 %), коллекторы второго типа разреза (южная часть месторождения) обладают модальным значением K_n , равным 13 % (при диапазоне изменения пористости от 9,6 до

14,4 %), коллекторам третьего типа разреза (юго-западная и северная окраины месторождения) характерны еще меньшие значения пористости (модальное значение составляет 11 % при диапазоне изменения от 9,2 до 13,9 %).

В целом можно проследить закономерное уменьшение емкостных свойств коллекторов при переходе от первого ко второму и далее к третьему типу разреза парфёновского горизонта. Из данного тренда выбивается только скважина № 22 Чиканской площади, которая относится к третьему типу разреза (см. рис. 6, второе модальное значение на черной кривой в области повышенных значений K_n). В этой скважине в разрезе парфёновского горизонта выделен единичный коллектор в пласте P_1 толщиной 1,6 м, пористость которого по материалам ГИС составляет 17,6 %.

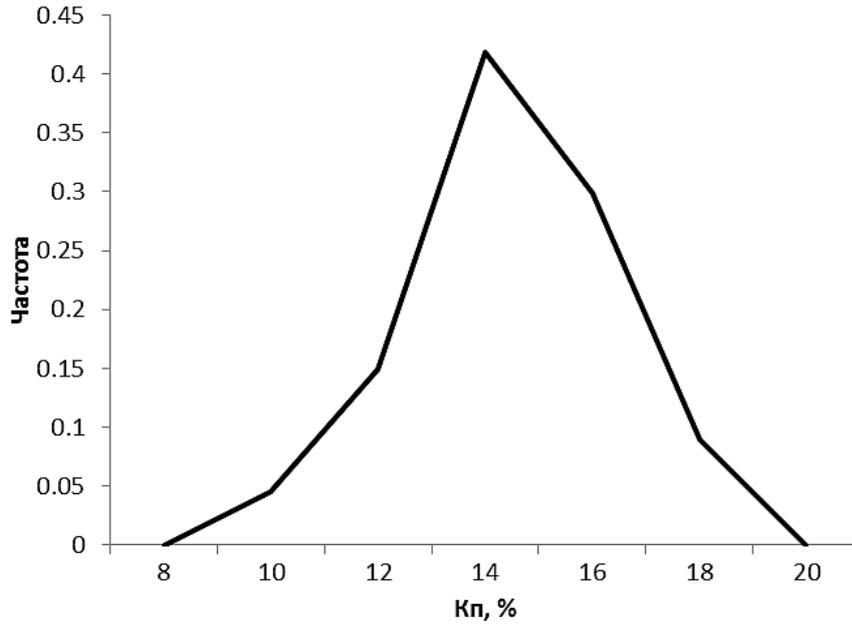


Рис. 5. Дифференциальное распределение средневзвешенных значений коэффициента открытой пористости парфёновского горизонта по скважинам Ковыктинского месторождения
Fig. 5. Differential distribution of the weighted average values of the open porosity coefficient of the Parfenovsky horizon by the Kovykta field wells

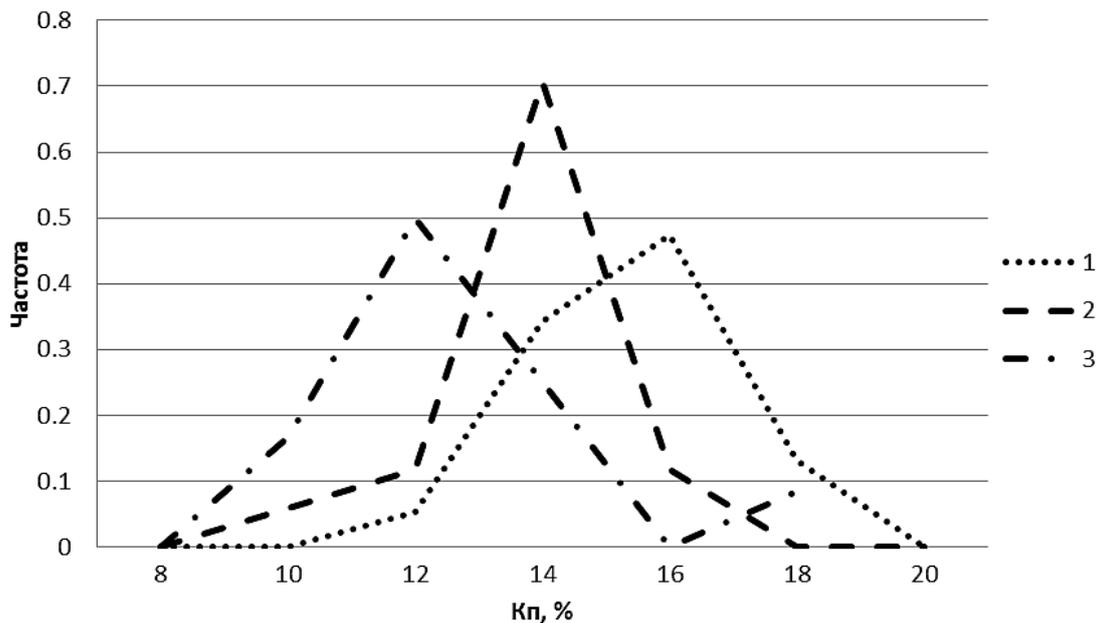


Рис. 6. Дифференциальное распределение средневзвешенных значений коэффициента открытой пористости парфёновского горизонта по группам скважин Ковыктинского месторождения
Условные обозначения см. на рис. 4
Fig. 6. Differential distribution of the weighted average values of the open porosity coefficient of the Parfenovsky horizon by the groups of the Kovykta field wells
Legend: see fig. 4

По результатам проведенного анализа подсчетных параметров и промысловых характеристик коллекторов парфёновского горизонта необходимо отметить следующее:

– анализ дифференциальных распределений суммарных эффективных толщин коллекторов (см. рис. 3, 4) позволил подтвердить правомерность выделения скважин, расположенных в юго-западной и северной окраинах месторождения, в самостоятельную группу (третий тип разреза парфёновского горизонта с наиболее низкими значениями эффективных толщин и низкой пористостью);

– различий между первым и вторым типом разреза парфёновского горизонта по величине суммарных эффективных толщин коллекторов (см. рис. 4) не выявлено;

– анализ дифференциальных распределений коэффициента пористости (см. рис. 6) подтверждает правомерность деления всего массива скважин Ковыктинского ГКМ на три группы по типу разреза парфёновского горизонта, так как по каждому типу разреза обособляется одноименное распределение значений K_p . Наиболее низкой пористостью (и низкими значениям $H_{эф.}$) обладает третий тип разреза (окраины месторождения), наиболее высокая пористость – в центральной части месторождения.

Направления дальнейшего изучения коллекторов парфёновского горизонта

Направлениями дальнейшего изучения строения коллекторов парфёновского горизонта должны быть:

– углубленный анализ результатов лабораторных исследований керна с целью выявления особенностей литолого-минералогического состава и свойств пород пластов P_1 и P_2 (выявление литотипов коллекторов по данным керна);

– определение критериев разделения коллекторов на литотипы по материалам ГИС;

– разработка новой петрофизической основы комплексной интерпретации материалов ГИС с учетом выявленных литотипов коллекторов и зональности распределения пористости по площади месторождения.

Значимость и актуальность дальнейшего изучения парфёновского горизонта заключается в повышении достоверности оценки запасов углеводородов Ковыктинского ГКМ за счет учета особенностей литологического строения сложнопостроенных коллекторов по материалам ГИС.

Выводы

1. Анализ каротажных данных, а также эффективных толщин коллекторов, выделенных по материалам ГИС в пластах P_1 и P_2 , позволил установить три типа разреза парфёновского горизонта.

2. Комплексный анализ результатов интерпретации материалов ГИС совместно с результатами испытаний парфёновского горизонта позволил сгруппировать скважины по схожести промысловых характеристик пород-коллекторов.

3. В первом приближении выполнено оконтуривание зон распространения коллекторов парфёновского горизонта, существенно отличающихся друг от друга суммарными эффективными толщинами коллекторов, распределением их между пластами P_1 и P_2 , а также промысловыми характеристиками.

4. Выявленные по результатам испытаний и материалам ГИС особенности распространения коллекторов по площади и по разрезу Ковыктинского ГКМ указывают на сложное строение парфёновского горизонта и наличие в нем различающихся по составу и свойствам литотипов коллекторов. Отмеченные особенности геологического строения парфёновского горизонта подтверждены результатами анализа распределений средневзвешенных величин K_p и $H_{эф. сум.}$ по площади месторождения.

5. Причина отсутствия притока углеводородов из пласта P_2 скважин Ковыктинского ГКМ при достаточно большой суммарной газонасыщенной толщине пород-коллекторов в рамках проведенного анализа материалов ГИС и результатов испытаний не установлена. Причины отсутствия притоков углеводородов из пласта P_2 , а также существенные отличия промысловых характеристик одноименных пластов в различных скважинах, вероятнее всего, кроются в особенностях строения и минералогическом составе пород-коллекторов. Условия вскрытия (первичное, вторичное) коллек-

торов требуют применения специальных технологических жидкостей, а проведение испытаний – новых мероприятий, таких как гидроразрыв (многостадийный гидроразрыв) пласта в низкодебитных скважинах. В этом предстоит разобраться при проведении углубленного анализа керновых данных, материалов ГИС, а также результатов испытаний (в открытом стволе и в колонне) и технологии их проведения.

6. Определены направления дальнейшего изучения особенностей строения коллекторов парфёновского горизонта.

Библиографический список

1. Методические рекомендации по подсчёту геологических запасов нефти и газа объемным методом / под редакцией В.И. Петерсилье, В.И. Пороскуна, Г.Г. Яценко. М. – Тверь: Изд-во ВНИГНИ, НПЦ «Тверьгеофизика»; ООО «Издательство ГЕРС», 2003. 260 с.

2. Скузоватов М.Ю. Критерии оценки перспектив газоносности парфёновского горизонта центральных районов Ангаро-Ленской ступени // Геология нефти и газа. 2014. № 1. С. 103–111.

3. Скузоватов М.Ю. Применение комплекса геолого-геофизических данных при прогнозе газоносности вендского терригенного комплекса Ангаро-Ленской зоны газонакопления // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. № 6. С. 26–33.

4. Воробьев В.С. Фильтрационная неоднородность пород-коллекторов парфёновского продуктивного горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2011. № 8. С. 42–47.

5. Ахияров А.В., Орлов В.И., Бондарев А.Н. Зависимость продуктивности терригенных коллекторов от их фациальной принадлежности на примере парфё-

новского горизонта Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геофизика. 2007. № 6. С. 60–67.

6. Ахияров А.В., Земченков А.С. Пространственно-временной континуум палеогеографических обстановок седиментации терригенных отложений верхнего венда юго-западной части Сибирской платформы (на примере парфёновского продуктивного горизонта Ангаро-Ленской ступени и ботубинского – Непско-Ботубинской антеклизы // Современные проблемы седиментологии в нефтегазовом инжиниринге: труды III Всерос. науч.-практ. седиментологич. совещ. Томск, 10–12 апреля 2017 г. Томск: Изд-во ЦППС НД, 2017. С. 149–170.

7. Пушкарева М.М., Хабаров Е.М., Вараксина И.В. Литологическая характеристика парфёновского и ботубинского продуктивных горизонтов венда Ангаро-Ленской ступени и Непско-Ботубинской // Известия Томского политехнического университета. 2013. Т. 323. № 1. С. 78–83.

8. Смирнов, Горлов И.В., Яицкий Н.Н., Горский О.М., Игнатъев С.Ф., Поспеев А.В., Вахромеев А.Г., Агафонов Ю.А., Буддо И.В. Интеграция геолого-геофизических данных – путь к созданию

достоверной модели Ковыктинского газоконденсатного месторождения // Геология нефти и газа. 2016. № 2. С. 56–66.

9. Афонин И.В. Условия формирования Парфёновского горизонта Ковыктинского месторождения (Восточная Сибирь) // Геология в развивающемся мире: сб. науч. тр. (по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых). В 2 т. Пермь, 2017. Т. 1. С. 55–56.

10. Дробот Д.И., Пак В.А., Девятилова Н.М., 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.

11. Барышев С.А., Барышев Л.А. Комплексная интерпретация и моделирование волновых полей на Ковыктинском месторождении // Геология нефти и газа. 2008. № 2. С. 51–57.

12. Вахромеев А.Г., Мышевский Н.В., Хохлов Г.А. Аномально высокие пластовые давления как фактор, осложняющий освоение углеводородных месторождений Восточной Сибири // Современная геодинамика и опасные природные процессы в Центральной Азии: фундаментальный и прикладной аспекты: материалы Всерос. совещ. № 5. Иркутск, 2006. С. 98–119.

13. Барышев Л.А., Хохлов Г.А. Комплексная интерпретация данных сейсморазведки и ГИС на основе физико-геологической модели // Технологии сейсморазведки. 2006. № 3. С. 55–60.

14. Скузоватов М.Ю., Мальцева Е.В. Комплексирование данных сейсморазведки, ГИС и петрофизических исследований для оценки перспектив газоносности парфёновского горизонта центральных районов Ангаро-Ленской ступени // Актуальные проблемы геологии нефти и газа Сибири: материалы Всерос. науч. конф. молодых ученых и студентов, посвящ. 80-летию акад. А.Э. Конторовича. Новосибирск: Изд-во ИНГГ СО РАН, 2014. С. 122–124.

15. Ильин А.И., Вахромеев А.Г., Сверкунов С.А., Поспеев А.В., Горлов И.В. Пути прогноза горно-геологических условий бурения на Ковыктинском газоконденсатном месторождении // Известия Сибирского отделения секции наук о Земле Российской академии естественных наук. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. 2016. № 4 (57). С. 48–61.

16. Ильин А.И., Сверкунов С.А., Вахромеев А.Г., Буддо И.В., Горлов И.В. Прогноз горно-геологических условий бурения разведочной скважины на примере Ковыктинского месторождения // Строе-ние литосферы и геодинамика: сб. тр. XXVII Всерос. молодежн. конф. 2017. С. 107–108.

17. Барышев Л.А. Физико-геологическая модель подсолевого комплекса осадочного чехла и прогноз продуктивности терригенных коллекторов Ковыктинского месторождения // Технологии сейсморазведки. 2003. № 2. С. 38–43.

18. Скузоватов М.Ю. Оценка перспектив газоносности парфёновского горизонта центральных районов Ангаро-Ленской ступени на основе комплексирования данных сейсморазведки, ГИС и петрофизических исследований // Интерэкспо Гео-Сибирь. 2014. Т. 2. № 1. С. 137–141.

References

1. Petersil'e V.I., Poroskun V.I., Yacenko G.G. *Metodicheskie rekomendacii po podschetu geologicheskikh zapasov nefiti i*

gaza ob"emnym metodom [Instructional guidelines for calculating geological reserves of oil and gas by the volume method].

Moscow – Tver: All-Russian Research Geological Petroleum Institute Publ., Tver'geofizika Publ.; Izdatel'stvo GERS Publ., 2003, 260 p. (In Russian).

2. Skuzovatov M.Y. Criteria of evaluating gas-bearing prospects of Parphenov horizon of central areas of Angaro-Lena step. *Geologiya nefiti i gaza* [Geology of Oil and Gas], 2014, no. 1, pp. 103–111. (In Russian).

3. Skuzovatov M.Y. Application of geological-geophysical data when predicting gas potential of the vendian terrigene complex of Angara-Lena gas-bearing zone. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij* [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields], 2015, no. 6, pp. 26–33. (In Russian).

4. Vorobiev V.S. Filtration heterogeneity of rock-collectors of Parfenovsky producing horizon of Kovyktinsky gas-condensate field. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanyh i gazovyh mestorozhdenij* [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields], 2011, no. 8, pp. 42–47. (In Russian).

5. Ahiyarov A.V., Orlov V.I., Bondarev A.N. Terrigenous reservoirs productivity vs rock mass facial characteristics: parfyonov beds of the Kovykta gas/condensate field case history. *Geofizika* [The Russian Geophysics Journal], 2007, no. 6, pp. 60–67. (In Russian).

6. Ahiyarov A.V., Zemchenkov A.S. *Prostranstvenno-vremennoj kontinuum paleogeograficheskikh obstanovok sedimentacii terrigennyh otlozhenij verhnego venda yugo-zapadnoj chasti Sibirskoj platformy (na primere parfyonovskogo produktivnogo gorizonta Angaro-Lenskoj stupeni i botuobinskogo – Nepsko-Botuobinskoj anteklizy* [Space-time continuum of paleogeographic sedimentation conditions of terrigenous deposits of the Upper Vendian age of the South-Western part of the Siberian platform (on example of the Parfenovsky productive horizon of the Angara-Lena stage and Botuoba – Nepa-Botuoba

anteclise]. *Trudy III Vserossiiskogo nauchno-prakticheskogo sedimentologicheskogo soveshchania "Sovremennye problemy sedimentologii v neftegazovom inzhiniringe"* [Proceedings of III All-Russian scientific and practical sedimentological meeting "Modern problems of sedimentology in oil and gas engineering"]. Tomsk, 10–12 April 2017. Tomsk: Center for training and retraining of oil and gas industry specialists Publ., 2017, pp. 149–170. (In Russian).

7. Pushkareva M.M., Habarov E.M., Varaksina I.V. Lithological characteristics of Botu-Oba and Parfenovsky productive horizons of Vendian age of the Angara-Lena stage and the Nepa-Botuoba anteclise. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University], 2013, vol. 323, no. 1, pp. 78–83. (In Russian).

8. Smirnov A.S., Gorlov I.V., Yaickiy N.N., Gorskii O.M., Ignatiev S.F., Pospeev A.V., Vakhromeev A.G., Agafonov Iu.A., Buddo I.V. Integration of geological and geophysical data is a way to design an accurate model of the Kovykta gas condensate deposit. *Geologiya nefiti i gaza* [Oil and Gas Geology], 2016, no. 2, pp. 56–66. (In Russian).

9. Afonin A.V. *Usloviya formirovaniya Parfenovskogo gorizonta Kovyktinskogo mestorozhdeniya (Vostochnaya Sibir')* [Formation conditions of the Parfenovsky horizon of the Kovykta field (East Siberia)]. *Sbornik nauchnykh trudov po materialam IX Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodyh uchenykh "Geologiya v razvivayushchemsya mire"* [Collection of scientific articles based on the materials of IX International scientific and practical conference of students, post-graduates and young scientists "Geology in the developing world"]. In 2 vol. Perm, 2017. Vol. 1, pp. 55–56. (In Russian).

10. Drobot D.I., Pak V.A., Deviatilova N.M., Hohlov G.A., Karpyshev A.V., Berdnikov I.N. Oil and gas content of Precambrian deposits of the Siberian platform, prospects

of their hydrocarbon potential preparation and development. *Geologiya i geofizika* [Russian Geology and Geophysics], 2004, vol. 45, no. 1, pp. 110–120. (In Russian).

11. Baryshev S.A., Baryshev L.A. Integrated interpretation and wave fields modeling in Kovyktinskoye field. *Geologiya nefti i gaza* [Oil and Gas Geology], 2008, no. 2, pp. 52–58. (In Russian).

12. Vakhromeev A.G., Myshevskiy N.V., Hohlov G.A. *Anomal'no vysokie plastovye davleniya kak faktor, oslozhnyayushchij osvoenie uglevodorodnykh mestorozhdenij Vostochnoj Sibiri* [Abnormally high reservoir pressures as a factor complicating hydrocarbon deposit development in Eastern Siberia]. *Materialy Vserossijskogo soveshchaniya "Sovremennaya geodinamika i opasnye prirodnye processy v Central'noj Azii: fundamental'nyj i prikladnoj aspekty"* [Proceedings of the All-Russian meeting "Modern geodynamics and hazardous natural processes in Central Asia: fundamental and applied aspects"]. Irkutsk, 2006, no. 5, pp. 98–119. (In Russian).

13. Baryshev L.A., Hohlov G.A. Integrated interpretation of seismic and GIS data based on a physico-geological model. *Tekhnologii sejsmorazvedki* [Seismic Survey Technologies], 2006, no. 3, pp. 55–60. (In Russian).

14. Skuzovatov M.Y., Maltseva E.V. *Kompleksirovanie dannykh sejsmorazvedki, GIS i petrofizicheskikh issledovaniy dlya ocenki perspektiv gazonosnosti parfenovskogo gorizonta central'nykh rajonov Angaro-Lenskoj stupeni* [Integration of seismic, GIS and petrophysical research data to assess the prospects of gas content of the Parfenovsky horizon of the Central regions of the Angara-Lena stage]. *Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferencii molodykh uchenykh i studentov, posvyashchennoj 80-letiyu akademika A.E. Kontorovicha "Aktual'nye problemy geologii nefti i gaza Sibiri"* [Materials of the all-Russian scientific conference of young scientists and students de-

voted to the 80th anniversary of the Academician A.E. Kontorovich "Actual problems of Oil and Gas Geology of Siberia"]. Novosibirsk: Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences Publ., 2014, pp. 122–124. (In Russian).

15. Ilyin A.I., Vakhromeev A.G., Sverkunov S.A., Pospeev F.V., Gorlov I.V. The ways to predict mining and geological conditions of drilling on the Kovykta gas-condensate field. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya seksii nauk o Zemle Rossijskoj akademii estestvennykh nauk. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenij* [Proceedings of the Siberian Department of the Section of Earth Sciences, Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Prospecting and Exploration of Ore Deposits], 2016, no. 4 (57), pp. 48–61. (In Russian).

16. Ilyin A.I., Sverkunov S.A., Vakhromeev A.G., Buddo I.V., Gorlov I.V. *Prognoz gorno-geologicheskikh uslovij bureniya razvedochnoj skvazhiny na primere Kovyktinskogo mestorozhdeniya* [Forecast of mining and geological conditions of exploration well drilling on example of the Kovykta field]. *Sbornik trudov XXVII Vserossijskoj molodezhnoj konferencii "Stroenie litosfery i geodinamika"* [Collection of works of XXVII All-Russian youth conference "Lithosphere Structure and Geodynamics"], 2017, pp. 107–108. (In Russian).

17. Baryshev L.A. Physico-geological model of a sedimentary cover subsalt complex and a forecast of Kovykta field terrigenous reservoir productivity. *Tekhnologii sejsmorazvedki* [Seismic Survey Technologies], 2003, no. 2, pp. 38–43. (In Russian).

18. Skuzovatov M.Y. Petroleum potential estimating of Parphenovo horizon of Angara-Lena step central parts on the basis of seismic, well-log, and petrophysical data complex analysis. *Interehkspo Geo-Sibir'* [Interexpo Geo-Siberia], 2014, vol. 2, no. 1, pp. 137–141. (In Russian).

Критерии авторства

Кокарев П.Н., Диких И.А., Сердюкова В.А. написали статью, имеют равные авторские права и несут одинаковую ответственность за плагиат.

Authorship criteria

Kokarev P.N., Dikikh I.A., Serdyukova V.A. have written the article, have equal author's rights and bear equal responsibility for plagiarism.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

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