

УДК 550.8, 550.832

DOI 10.47148/0016-7894-2024-6-5-14

Перспективы нефтегазоносности центральной части Енисей-Хатангского прогиба по результатам глубокого параметрического бурения

© 2024 г. | М.Б. Скворцов, А.Н. Обухов, А.М. Кирсанов, П.А. Левченко

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский геологический нефтяной институт» (ФГБУ «ВНИГНИ»), Москва, Россия; skvortsov@vnigni.ru, obukhov@vnigni.ru, kirsanov@vnigni.ru, levchenko@vnigni.ru

Поступила 19.06.2024 г.

Доработана 11.08.2024 г.

Принята к печати 20.09.2024 г.

Ключевые слова: геофизические исследования скважин; параметрическое бурение; Енисей-Хатангская нефтегазоносная область; Агапский прогиб; клиноформный комплекс.

Аннотация: В статье представлены результаты аналитических исследований, которые осуществлялись в ходе бурения параметрической скв. Новоякимовская-1. В процессе бурения скважины проведено: отбор и детальное описание керна и шлама; полный комплекс лабораторных петрофизических и геохимических исследований; геолого-технические и геофизические исследования и опробование объектов в открытом стволе, а также вертикальное сейсмическое профилирование. Комплекс проведенных исследований позволил уточнить стратиграфическое строение меловой, верхнеюрской и среднеюрской частей разреза. В ходе обобщения информации о вскрытых скважиной отложений выяснилось, что ранее предполагаемый яновстановский тип разреза из-за резко увеличенной толщины отложений правильнее отнести к гольчихинскому. В юрском комплексе разрез также имеет строение, отличное от наблюдаемого на соседнем Пайяхском месторождении. Установлено также, что граница между меловым и юрским комплексами хорошо отбивается по повышению концентрации органического вещества. В результате комплексной интерпретации были выделены новые перспективные горизонты, которые после проведения испытаний могут дать продуктивные притоки углеводородов. Интерпретация стандартного комплекса ГИС позволила выделить коллекторы с предположительно нефтяным насыщением в отложениях нижнехетской свиты. Перспективные на углеводороды коллекторы с применением новых методов анализа были обнаружены в малышевской свите средней юры. По результатам работ в неокомском разрезе выделены объекты для перфорации в колонне долганской, верхнемалохетской, суходудинской и нижнехетской свит. Таким образом, подтверждена перспективность мощного и обширного клиноформного комплекса нижнего мела восточной части Агапского прогиба — Енисей-Хатангская нефтегазоносная область, что дает повод продолжать изучение данной области в будущем.

Для цитирования: Скворцов М.Б., Обухов А.Н., Кирсанов А.М., Левченко П.А. Перспективы нефтегазоносности центральной части Енисей-Хатангского прогиба по результатам глубокого параметрического бурения // Геология нефти и газа. – 2024. – № 6. – С. 5–14. DOI: 10.47148/0016-7894-2024-6-5-14.

Petroleum potential of the central part of Yenisei-Khatanga Trough: the results of deep stratigraphic drilling

© 2024 | M.B. Skvortsov, A.N. Obukhov, A.M. Kirsanov, P.A. Levchenko

All-Russian Scientific-Research Geological Oil Institute (VNIGNI), Moscow, Russia; skvortsov@vnigni.ru, obukhov@vnigni.ru, kirsanov@vnigni.ru, levchenko@vnigni.ru

Received 19.06.2024

Revised 11.08.2024

Accepted for publication 20.09.2024

Key words: well logging; stratigraphic drilling; Yenisei-Khatanga Petroleum Region; Agapky trough; clinoform sequence.

Abstract: The authors present the results of analytical studies conducted during the course of drilling the Novoyakimovskaya-1 stratigraphic well. Drilling of the well was accompanied by the following activities: taking and detailed description of core and cuttings; full suite of petrophysical and geochemical laboratory studies; geotechnical and geophysical studies and open hole testing of objects; and vertical seismic profiling. The set of studies completed allowed updating stratigraphy of Cretaceous, Upper Jurassic, and Middle Jurassic intervals of the section. Integration of information on the deposits encountered by the well made it clear that the earlier supposed Yanovstanovsky type of the section should be more correctly assigned to the Gol'chikhinsky type because of the sharply increased thickness of the deposits. In the Jurassic series, the section also has a structure different from that observed in the adjacent Pajakhsky field. It is also revealed that interface between the Cretaceous and Jurassic sequences is well defined by the increase in Organic Matter concentration. As a result of integrated interpretation, new promising horizons were identified, which (after testing) can yield commercial hydrocarbon inflows. Interpretation of standard well logging suite allowed delineating reservoirs with the expected oil saturation in Nizhnekhet'sky Formation. Using the new analysis methodologies, promising hydrocarbon reservoirs were identified in the Middle Jurassic Malyshevsky Formation. The studies performed allowed delineating objects for casing perforation in

OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Neocomian Dolgansky, Verkhnemalokhetsky, Sukhodudinsky, and Nizhnekhetsky formations. Thereby, prospectivity of the Yenisei-Khatanga Petroleum Region — thick and wide-ranging Lower Cretaceous clinoform sequence in the eastern part of the Agaptsy trough — has been confirmed, which gives a reason to continue studies in this area in the future.

For citation: Skvortsov M.B., Obukhov A.N., Kirsanov A.M., Levchenko P.A. Petroleum potential of the central part of Yenisei-Khatanga Trough: the results of deep stratigraphic drilling. *Geologiya nefti i gaza*. 2024;(6):4–14. DOI: 10.47148/0016-7894-2024-6-5-14. In Russ.

Введение

В последние годы особый интерес в нефтяной и газовой индустрии вызывает Енисей-Хатангская нефтегазоносная область. Растет ресурсный потенциал территории, лицензируются участки, открываются новые месторождения. В то же время изученность этой области геолого-геофизическими методами и глубоким бурением остается крайне неравномерной. В западной части территории пробурено уже более 100 скважин, проводятся плотные 2D и новейшие 3D сейсморазведочные съемки.

В восточной части Енисей-Хатангской нефтегазоносной области до сих пор продолжаются региональные работы — уплотняющие 2D региональные сейсморазведочные и аэрогеофизические съемки. По результатам новейших работ по обобщению перспективных геолого-геофизических материалов и современной сейсморазведочной съемки 2017–2019 гг. в центральной части Агапского прогиба была заложена параметрическая скв. Новоякимовская-1 (рис. 1).

Анализ результатов бурения параметрической скв. Новоякимовская-1

Административно параметрическая скв. Новоякимовская-1 находится в Таймырском Долгано-Ненецком муниципальном районе Сибирского федерального округа. В тектоническом плане скважина расположена в центральной части Агапского прогиба (западная часть Енисей-Хатангского регионального прогиба), вблизи зоны сочленения Западно-Сибирской плиты и Сибирской платформы. Полная глубина проходки скважины составляет 5020 м.

Место заложения скважины было выбрано на пересечении двух сейсмических профилей с учетом структурных построений и интерпретации методом Оптимизационной технологии динамической интерпретации [1, 2] (рис. 2).

Главные задачи, которые должна была решить скв. Новоякимовская-1 — изучение глубинного геологического строения и получение комплекса геолого-геофизических параметров юрско-меловых отложений западной части Енисей-Хатангского прогиба для оценки перспектив Агапской потенциально нефтегазоносной зоны.

В процессе бурения скважины были проведены следующие виды исследований:

- отбор и детальное описание керна и шлама;
- детальные лабораторные петрофизические и геохимические исследования;
- геолого-технические и геофизические исследования в открытом стволе скважины;
- опробование объектов в открытом стволе;
- вертикальное сейсмическое профилирование.

Проведенный комплекс исследований позволил осуществить литостратиграфическое расчленение разреза, уточнить особенности стратиграфии верхнемеловых, нижнемеловых, верхнеюрских и среднеюрских отложений (рис. 3).

Самым верхним резервуаром неокомского комплекса являются отложения долганской свиты ($K_{1-2}dl$). Они образуют массивное аллювиально-озерное песчаное тело с подчиненным распространением алевролитов и глин. Отложения свиты представляют собой корреляционный репер, легко различимый во всех скважинах.

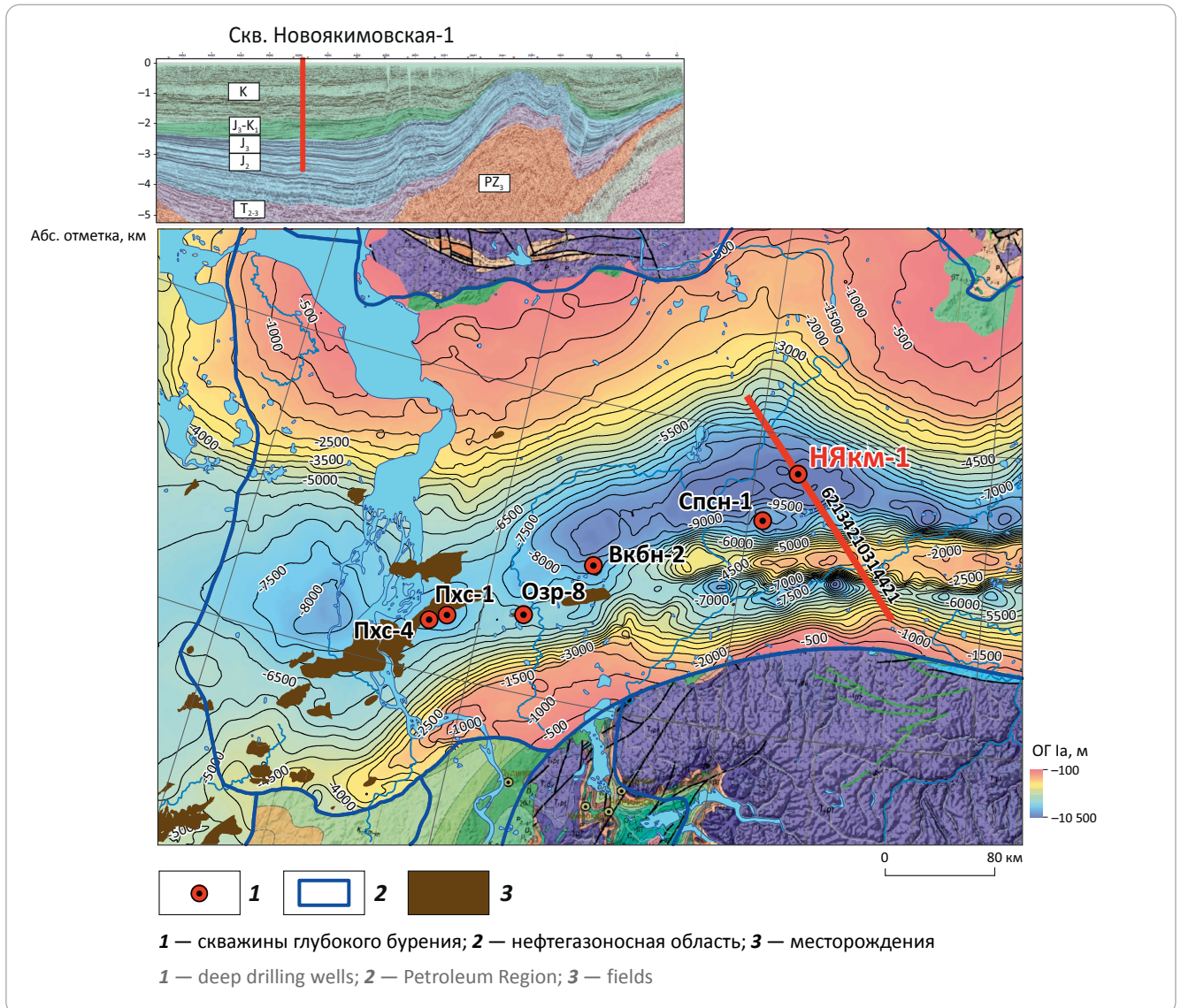
Снижение песчаности ниже по разрезу отражает переход в речные отложения яковлевской свиты ($K_{1}jak$). Их отличительная черта — появление углей, а сам разрез представлен чередованием песчаников и глин.

Верхняя часть малохетской свиты ($K_{1}mch$) аналогично долганской свите сильно опесчанена. Маломощные интервалы неколекторов представлены преимущественно уплотненными неглинистыми, часто карбонатизированными породами. Ниже по разрезу могут появляться глины, постепенно снижается песчаность. Это осложняет проведение границы между малохетской и суходудинской свитами.

Суходудинская свита ($K_{1}sd$) — шельфовая часть клиноформного комплекса. Она представляет собой чередование песчаников (коллекторов) и аргиллитов (флюидоупоров). Их соотношение может меняться по разрезу, но в нижней части свиты выделяется зона с перерывом в накоплении пород-коллекторов.

Нижнехетская свита относится к ундаформной части клиноформного комплекса. Граница с вышележащей суходудинской свитой уверенно отбивается по существенной глинизации разреза и исчезновению пластов-коллекторов. Определение эффективных толщин затруднено из-за существенной глинизации коллекторов и низких фильтрацион-

Рис. 1. Обзорная карта района скв. Новоякимовская-1
Fig. 1. Location map of the Novoyakimovskaya-1 well neighbourhood



но-емкостных свойств. Свита является заглинизированным аналогом ачимовской толщи и представлена переслаивающимися алевролитами, аргиллитами, глинами и прослоями песчаников [3, 4].

Таким образом, видно, что по мере продвижения с запада, с Пайяхского месторождения, на восток к скв. Новоякимовская-1 строение мелового комплекса существенно не меняется. Соответственно, сохраняется вероятность открытия нефтяных месторождений в нижнехетской свите.

Граница между меловым и юрским комплексами хорошо прослеживается по повышению концентрации ОВ. В скв. Новоякимовская-1 граница уверенно выделяется не только по повышению интегральной радиоактивности, но и по анализу спектральной радиоактивности. При постоянном отношении тория и калия аномалия естественной радиоактивности связана исключительно с повышенными концентрациями урана (рис. 4).

На территории Енисей-Хатангского регионального прогиба в свою очередь встречается два типа разреза — танамо-малохетский и притаймырский. Они отличаются мощностью отложений и в данной области представляют собой возрастные аналоги баженовской свиты [3, 5, 6]. Это яновстановская (K_1-J_2) и гольчихинская свиты (K_1-J_2) соответственно.

Изначально предполагалось, что скв. Новоякимовская-1 вскроет именно яновстановскую свиту. По привязке сейсморазведки предполагалось, что яновстановская свита будет вскрыта на глубине 4400 м, но радиоактивная аномалия начинается уже с глубины 3500 м.

Однако по результатам изучения скважинных данных и сейсморазведки было установлено, что в интервале 3400–4000 м не наблюдается уверенного отражения, которое можно было бы ассоциировать с ОГ Б и соответственно с подошвой яновстановской свиты. Ближайшая контрастная акустическая



Рис. 2. Сейсмический разрез по профилю в районе заложения скв. Новоякимовская-1 [1]
Fig. 2. Seismic section along the line in the area of Novoyakimovskaya-1 well drilling [1]

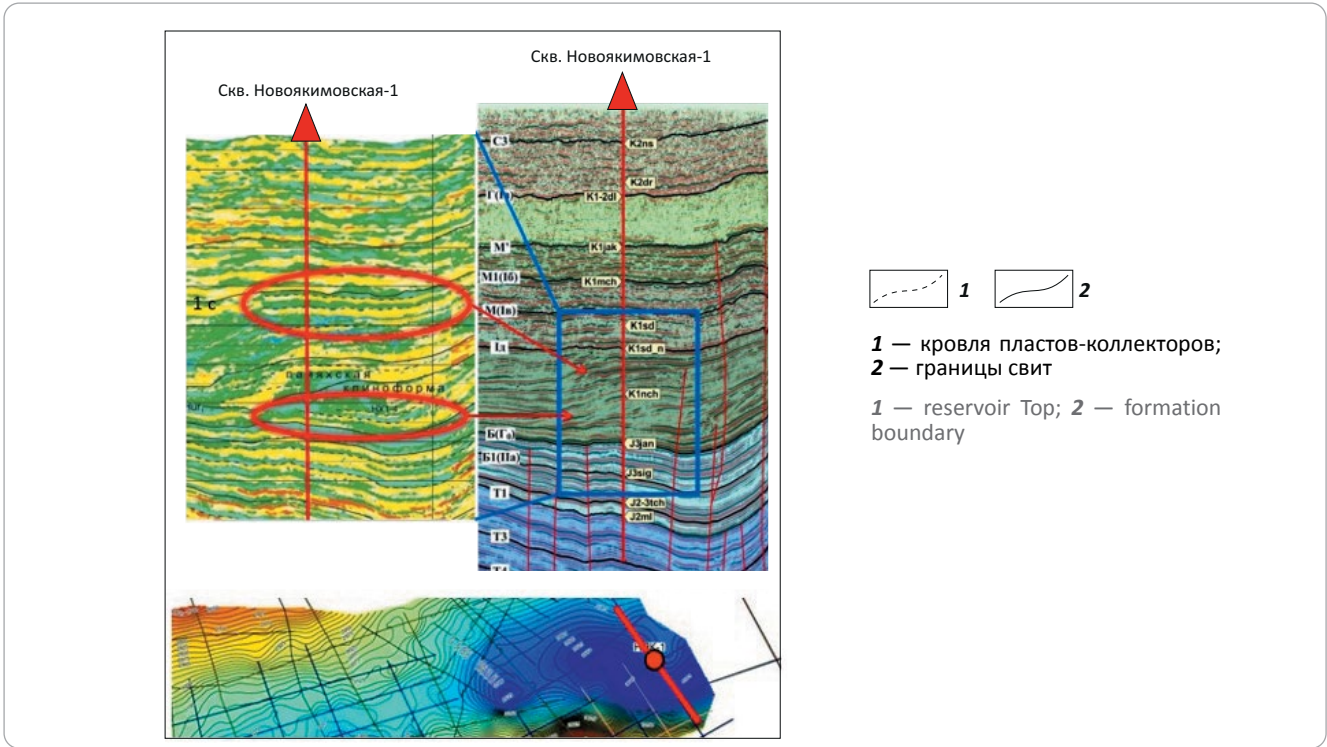


Рис. 3. Схема корреляции скважин по нижнемеловой части разреза Енисей-Хатангской нефтегазоносной области (с запада на восток)
Fig. 3. Correlation chart for the wells in the Lower Cretaceous part of the section, Yenisei-Khatanga Petroleum Region (from West to East)

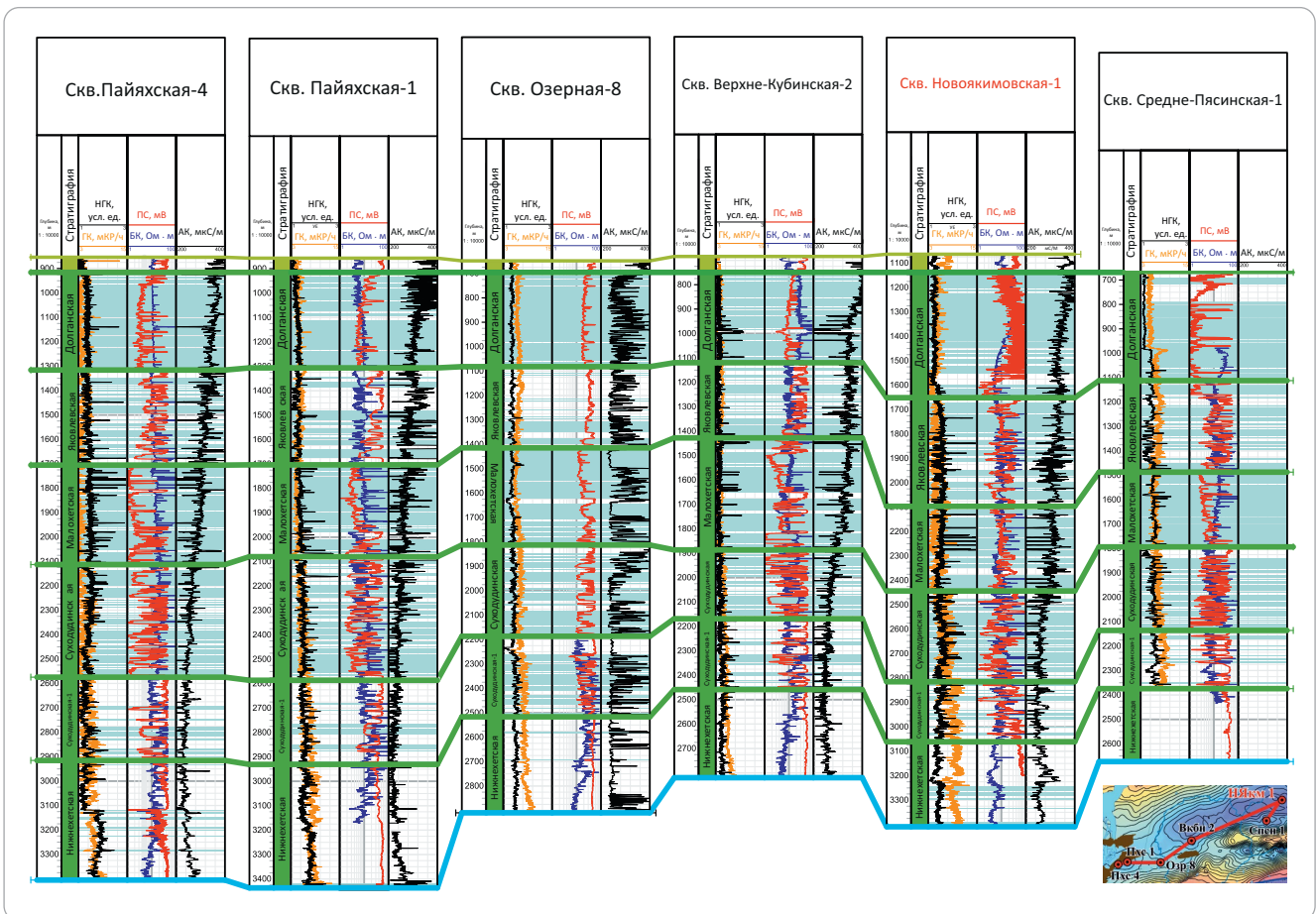
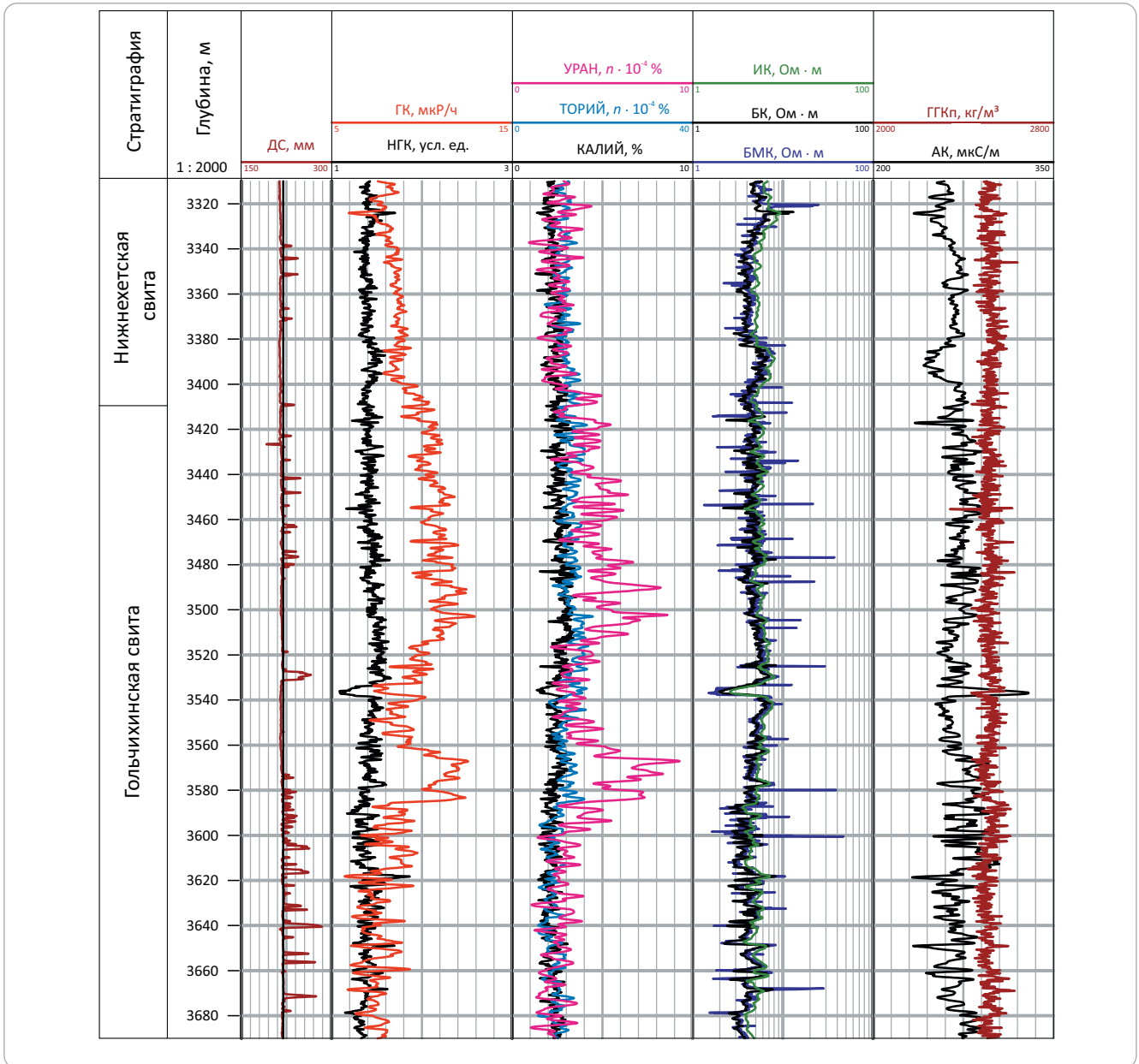


Рис. 4. Геофизическая характеристика разреза, вскрытого скв. Новоякимовская-1
Fig. 4. Geophysical characteristics of the section penetrated by Novoyakimovskaya-1 well



граница находится в интервале 4350–4400 м. Этот факт, а также результаты палеонтологических исследований приводят к необходимости смещения границы мел – юра ниже по разрезу (рис. 5).

Пройденная толща не может быть яновстановской свитой (K₁-J₃), так как имеет большую толщину (более 1000 м) и принимается по ближайшему возрастному аналогу за нерасчленяемую гольчихинскую свиту (K₁-J₂) [3, 6].

Исходя из этого можно сделать вывод, что в юрском комплексе тип разреза имеет строение, отличное от существующего на Пайяхском месторождении.

Важно отметить, что абсолютная глубина нижнехетской свиты и аналогов баженита (аномально радиоактивной толщи с большим количеством ОБ) находится на той же абсолютной глубине, что и на

Пайяхском месторождении. Это означает, что вне зависимости от источника генерации УВ – баженская свита или собственные нефтегазоматеринские интервалы в клиноформах – в данном интервале скважины сохраняются те же термобарические условия, что и в западной части Енисей-Хатангского прогиба, в районе доказанной нефтеносности. Это важный вывод, так как он подтверждает, что в центральной части Агапского прогиба в нижнехетской свите можно искать новые залежи нефти [3].

Проведенная интерпретация данных стандартного комплекса ГИС также позволила выделить коллекторы с предположительно нефтяным насыщением в отложениях нижнехетской свиты (рис. 6), которая является продуктивной на Пайяхском месторождении. По результатам интерпретации были получены средние значения пористости 15–20 %.



OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 5. Схема корреляции скважин по верхне- и среднеюрской частям разреза Енисей-Хатангской нефтегазоносной области (с запада на восток)
Fig. 5. Correlation chart for the wells in the Upper and Middle Jurassic part of the section, Yenisei-Khatanga Petroleum Region (from West to East)

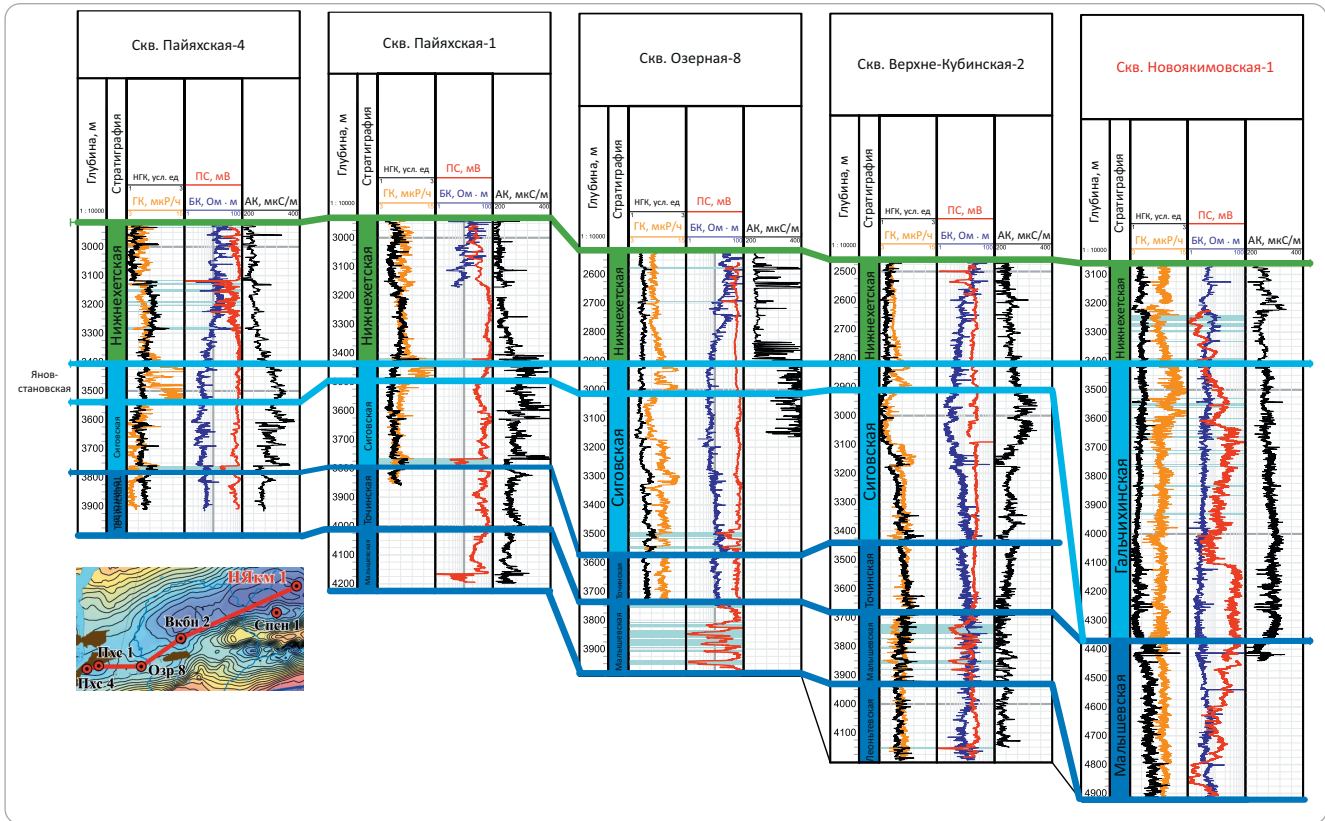


Рис. 6. Планшет с результатами интерпретации ГИС в интервале нижнехетской свиты по скв. Новоякимовская-1
Fig. 6. Composite log with well logging data interpretation in the Nizhnehetsky Fm interval, Novoyakimovskaya-1 well

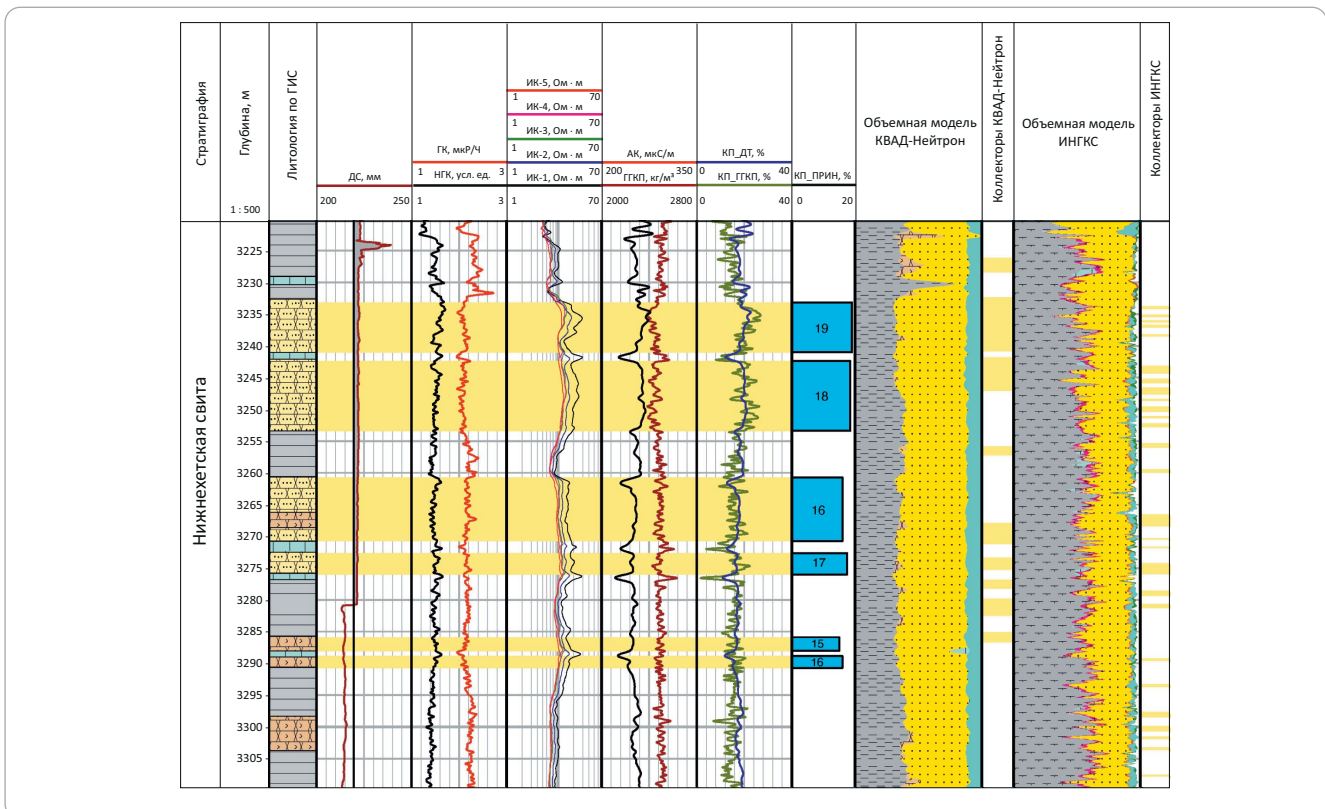
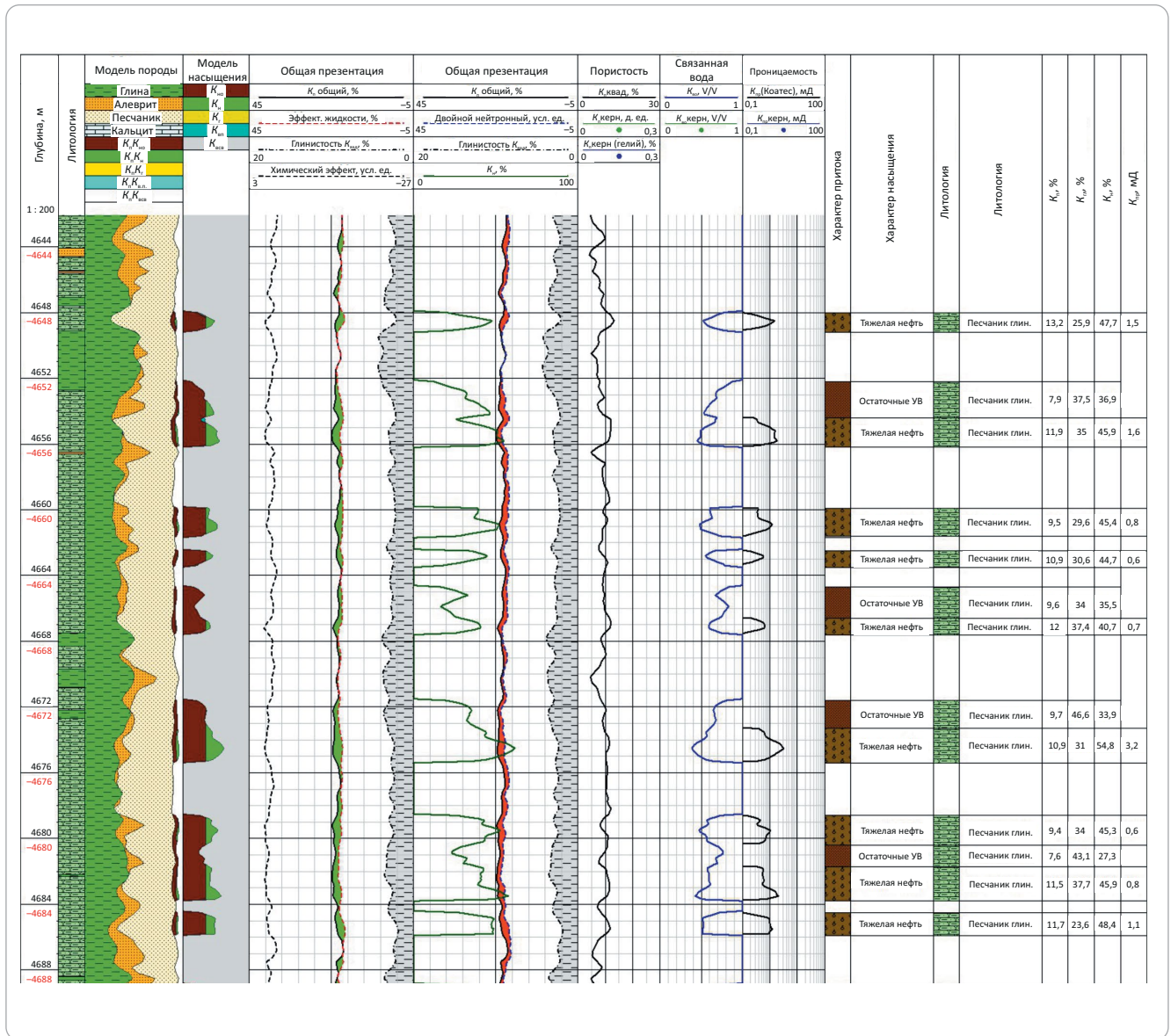


Рис. 7. Планшет с результатами интерпретации метода Квад-Нейтрон в интервале мальшевской свиты по скв. Новоякимовская-1 (по ООО «Роук Интернэшнл»)
Fig. 7. Composite log with Quad Neutron data interpretation in the Malyshevsky Fm interval, Novoyakimovskaya-1 well (Roke International Company)



К сожалению, по техническим причинам не был использован метод ядерно-магнитного каротажа, который подтвердил бы это, поэтому были проведены исследования двумя независимыми нейтронными методами в закрытом стволе, которые подтвердили присутствие коллекторов и их насыщение УВ.

Перспективные на УВ коллекторы были выделены в мальшевской свите средней юры (рис. 7). Свита представлена серыми песчаниками с прослоями серых алевролитов и темно-серых аргиллитов [3, 6]. Коллекторы сложены мелкозернистыми песчаниками. Средняя пористость по результатам интерпретации метода КВАД-Нейтрон составляет 15–20 %.

Также удалось выделить перспективные коллекторы и в интервале долганской свиты (рис. 8) верхнего – среднего мела. Свита отбивается единым песчаным телом с редкими прослоями неколекто-

ров [3, 5, 6]. Предположительное насыщение — газ. Пористость варьирует от 25 до 30 %.

Закключение

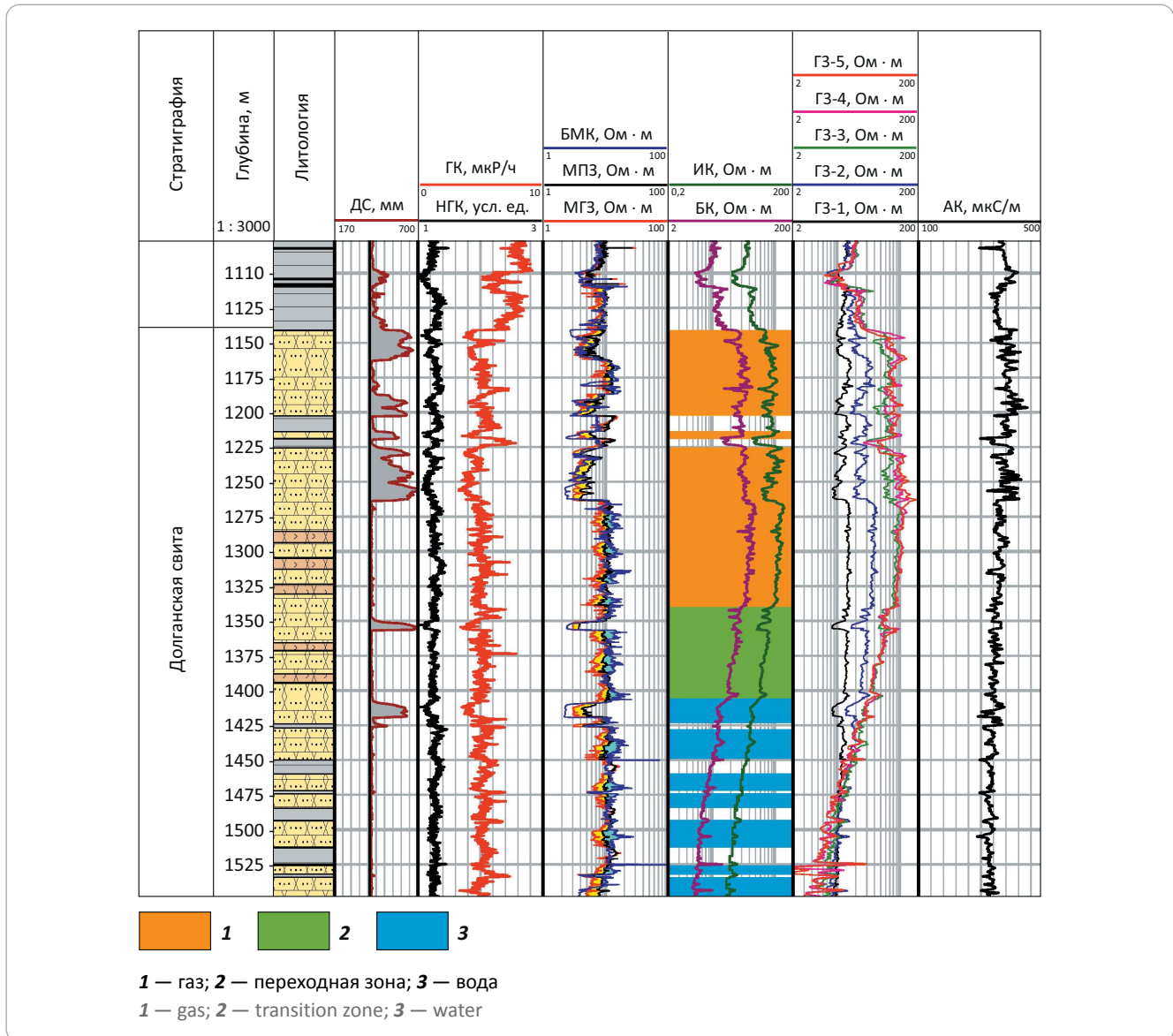
В ходе бурения параметрической скв. Новоякимовская-1 были решены все поставленные задачи по параметризации разреза.

Получена комплексная литолого-стратиграфическая, геофизическая, петрофизическая, геохимическая характеристики вскрытого скважиной разреза меловой, верхнеюрской и среднеюрской частей разреза центральной части Агапского прогиба Енисей-Хатангской нефтегазоносной области.

Комплекс проведенных исследований позволил уточнить стратиграфическое строение меловой, верхнеюрской и среднеюрской частей разреза. Определены типы разреза, выделены стратиграфические границы, построены схемы межскважинной корреляции.



Рис. 8. Планшет с результатами интерпретации ГИС в интервале долганской свиты по скв. Новоякимовская-1
Fig. 8. Composite log with well logging data interpretation in the Dolgansky Fm interval, Novoyakimovskaya-1 well



Изучены фильтрационно-емкостные свойства пород, оценен характер насыщения пород-коллекторов по результатам комплексной интерпретации данных ГИС.

Подтверждена перспективность клиноформного комплекса нижнего мела в центральной части

Агапского прогиба Енисей-Хатангской нефтегазонадной области.

По результатам комплексной интерпретации выделены объекты с УВ-насыщением для перфорации в колонне в интервале долганской, нижнехетской и малышевской свит.

Литература

- Афанасенков А.П., Обухов А.Н., Бондаренко М.Т. и др. Методология комплексного геолого-геофизического изучения малоизученных нефтегазоперспективных территорий Российской Федерации на примере северного обрамления Сибирской платформы // ВНИГНИ-65: Люди, результаты и перспективы. – М.: Изд-во ВНИГНИ, 2018. – С. 150–209.
- Афанасенков А.П., Кондратьев И.К., Киссин Ю.М., Бондаренко М.Т., Рейгасс А.В., Любаев Р.Р. Применение системы оптимизационной технологии динамической интерпретации для прогноза литолого-физических свойств геологических разрезов в региональной сейсморазведке // ВНИГНИ-65: Люди, результаты и перспективы. – М.: Изд-во ВНИГНИ, 2018. – С. 296–310.

3. *Афанасенков А.П., Кирсанов А.М., Чикишев А.А.* Литолого-емкостная характеристика юрско-меловых резервуаров Гыданской и Енисей-Хатангской нефтегазоносных областей // Геология нефти и газа. – 2019. – № 1. – С. 43–54. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-1-43-54.
4. *Афанасенков А.П., Бондаренко М.П., Кондратьев И.К., Обухов А.Н., Киссин Ю.М.* Выявление и детализация перспективных объектов в Енисей-Хатангской и Гыданской нефтегазоносных областях с применением пластовой инверсии данных сейсморазведки // Геология нефти и газа. – 2017. – № 5. – С. 79–86.
5. *Балдин В.А., Игошкин В.П., Мунасыпов Н.З., Низамутдинова И.Н.* Проблемы и методы стратификации (на примере юрско-меловых отложений северо-востока Западной Сибири) // Геофизика. – 2020. – № 3. – С. 17–30.
6. *Исаев А.В., Афанасенков А.П., Поляков А.А., Хилько И.А., Чикишев А.А.* Строение и перспективы нефтегазоносности клиноформного комплекса Енисей-Хатангского регионального прогиба // Геология и геофизика. – 2022. – Т. 63. – № 11. – С. 1591–1603. DOI: 10.15372/GiG2021189.

References

1. *Afanasenkov A.P., Obukhov A.N., Bondarenko M.T. et al.* Metodologiya kompleksnogo geologo-geofizicheskogo izucheniya maloizuchennykh neftegazoperspektivnykh territorii Rossiiskoi Federatsii na primere severnogo obramleniya Sibirskoi platformy [Methodology of complex geological and geophysical study of poorly studied oil and gas prospective territories of the Russian Federation on the example of the northern framing of the Siberian platform]. In: VNIGNI-65. Lyudi, rezul'taty i perspektivy. Moscow: VNIGNI; 2018. pp. 150–209. In Russ.
2. *Afanasenkov A.P., Kondrat'ev I.K., Kassin Yu.M., Bondarenko M.T., Reigass A.V., Lyubaev R.R.* Primenenie sistemy optimizatsionnoi tekhnologii dinamicheskoi interpretatsii dlya prognoza litologo-fizicheskikh svoystv geologicheskikh razrezov v regional'noi seismorazvedke [Application of the system of optimization technology of dynamic interpretation for forecasting lithological and physical properties of geological sections in regional seismic exploration]. In: VNIGNI-65. Lyudi, rezul'taty i perspektivy. Moscow: VNIGNI; 2018. pp. 296–310. In Russ.
3. *Afanasenkov A.P., Kirsanov A.M., Chikishev A.A.* Lithology, porosity and permeability of Jurassic-Cretaceous reservoirs in Gydan and Yenisei-Khatanga petroleum provinces. *Geologiya nefi i gaza*. 2019;(1):43–54. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-1-43-54. In Russ.
4. *Afanasenkov A.P., Bondarenko M.P., Kondratyev I.K., Obukhov A.N., Kassin Yu.M.* Identification and detailed study of HC prospects in the Yenisei-Hatangskaya and Gydanskaya oil and gas areas using stratum inversion of seismic data. *Geologiya nefi i gaza*. 2017;(5): 79–86.
5. *Baldin V.A., Igoshkin V.P., Munasyrov N.Z., Nizamutdinova I.N.* Problems and methods of stratification (as exemplified by Jurassic-Cretaceous sediments in Northeastern West Siberia). *Geofizika*. 2020;(3):17–30. In Russ.
6. *Isaev A.V., Afanasenkov A.P., Polyakov A.A., Khilko I.A., Chikishev A.A.* The Clinoform Complex of the Yenisei-Khatanga Regional Trough: The Structure and Oil Potential. *Russian Geology and Geophysics*. 2022;63(11):1320–1331. DOI: 10.2113/RGG20214399.

Информация об авторах

Скворцов Михаил Борисович

Кандидат технических наук,
заведующий отделением
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
геологический нефтяной институт»,
105118 Москва, ш. Энтузиастов, д. 36
e-mail: skvortsov@vnigni.ru

Обухов Александр Николаевич

Доктор геолого-минералогических наук
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
геологический нефтяной институт»,
105118 Москва, ш. Энтузиастов, д. 36
e-mail: obukhov@vnigni.ru
ORCID: 0009-0004-3701-8340

Кирсанов Алексей Михайлович

Заведующий сектором
ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
геологический нефтяной институт»,
105118 Москва, ш. Энтузиастов, д. 36
e-mail: kirsanov@vnigni.ru
ORCID: 0009-0002-1878-8441

Information about authors

Mikhail B. Skvortsov

Candidate of Technical Sciences,
Head of a Department
All-Russian Research
Geological Oil Institute,
36, Shosse Entuziastov, Moscow, 105118, Russia
e-mail: skvortsov@vnigni.ru

Aleksandr N. Obukhov

Doctor of Geological and Mineralogical Sciences
All-Russian Research
Geological Oil Institute,
36, Shosse Entuziastov, Moscow, 105118, Russia
e-mail: obukhov@vnigni.ru
ORCID: 0009-0004-3701-8340

Aleksei M. Kirsanov

Head of Sector
All-Russian Research
Geological Oil Institute,
36, Shosse Entuziastov, Moscow, 105118, Russia
e-mail: kirsanov@vnigni.ru
ORCID: 0009-0002-1878-8441

Левченко Павел Андреевич

Геофизик

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский
геологический нефтяной институт»,

105118 Москва, ш. Энтузиастов, д. 36

e-mail: levchenko@vnigni.ru

ORCID: 0009-0005-7757-3530

Pavel A. Levchenko

Geophysicist

All-Russian Research

Geological Oil Institute,

36, Shosse Entuziastov, Moscow, 105118, Russia

e-mail: levchenko@vnigni.ru

ORCID: 0009-0005-7757-3530