

*1.6.11. Геология, поиски, разведка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений
(геолого-минералогические науки)*

УДК 550.8

DOI: 10.31660/0445-0108-2024-4-11-24

**Березовская свита: определение нефтегазоносного потенциала
в пределах лицензионного участка**

**А. З. Вакилова*, Л. В. Скопинова, Т. А. Алексеева, В. О. Монахова,
М. И. Чикина, О. М. Гречнева**

ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, Россия

**az_vakilova@tnc.rosneft.ru*

Аннотация. Изучение березовской свиты является актуальной задачей в настоящее время, так как поиск и подтверждение новых источников газа позволит восполнить ресурсную базу и поддержать проектные мощности. В приведенной работе выполнен комплексный анализ потенциала углеводородных ресурсов верхнемеловых отложений березовской свиты. Была проанализирована площадь с точки зрения регионального строения (палеогеографических условий формирования верхнемеловых отложений березовской свиты, распространения структурных ловушек в данном интервале), рассмотрены карты толщин и палеорельефа нижнеберезовской подсвиты. Выявлены основные особенности изучаемой территории, а также сложности, идентифицируемые в интересующем интервале и требующие внимания (высокое содержание глинистых минералов, разбухающих при контакте с водой, низкая проницаемость и литолого-минералогическая неоднородность). По данным комплекса геофизических исследований скважин, интервал пласта НБ1 нижнеберезовской подсвиты представлен как продуктивный на изучаемой площади. Что, в свою очередь, сподвигло к детальной оценке объема ресурсов и потенциала добычи. По результатам проведенной работы выполнен прогноз перспектив по изучаемому интервалу отложений, оценен потенциал перспективных объектов пласта НБ1.

Ключевые слова: березовская свита, зональная неоднородность, низкая проницаемость, глинисто-кремниевые отложения, пористость

Для цитирования: Березовская свита: определение нефтегазоносного потенциала в пределах лицензионного участка / А. З. Вакилова, Л. В. Скопинова, Т. А. Алексеева [и др.]. – DOI 10.31660/0445-0108-2024-4-11-24 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2024. – № 4. – С. 11–24.

**Berezovskaya formation: defining the hydrocarbon potential
within the license area**

**Azaliia Z. Vakilova*, Lyubov V. Skopinova, Tamara A. Alekseeva,
Valeria O. Monakhova, Maria I. Chikina, Olesya M. Grechneva**

Abstract. Today, the study of the Berezovskaya formation is a relevant task, since the search and confirmation of new gas sources will replenish the resource base and maintain the planned production capacity. The article provides a comprehensive analysis of the hydrocarbon resource potential of the Upper Cretaceous deposits of the Berezovskaya formation. The analysis was focused on the regional structure of the area, i.e. paleogeographic environments of the Upper Cretaceous interval formation, structural traps distribution within the interval. In addition, the thickness and paleorelief maps of the Lower Berezovskaya subformation were examined. The main features of the studied area, as well as the challenges faced within the interval, such as the high content of clay minerals swelling when in contact with water, low permeability, and lithological and mineralogical heterogeneity, were identified. The data obtained from well logging indicate that the NB1 reservoir interval of the Lower Berezovskaya subformation is characterized by high productivity within the studied area. Therefore, a detailed assessment of the resources and production potential has been initiated. Based on the results of the study, the prospects of the studied interval have been evaluated, and the potential of promising targets within NB1 reservoir has been assessed.

Keywords: Berezovskaya formation, zonal heterogeneity, low permeability, clay-silicious deposits, porosity

For citation: Vakilova, A. Z., Skopinova, L. V., Alekseeva, T. A., Monakhova, V. O., Chikina, M. I., & Grechneva, O. M. (2024). Berezovskaya formation: defining the hydrocarbon potential within the license area. *Oil and Gas Studies*, (4), pp. 11-24. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2024-4-11-24

Введение

В верхнемеловых надсеноманских отложениях обособляются четыре стратиграфических комплекса, соотносящиеся с четырьмя сейсмо-комплексами: кузнецовским, нижнеберезовским, верхнеберезовским и ганькинским [1]. Внутри сеймостратиграфических комплексов можно выделить менее крупные стратиграфические подразделения — пачки. Больше внимание в данной работе будет уделено пачкам березовской свиты.

Перспективность отложений березовской свиты все больше представляет интерес среди нетрадиционных источников сырья. Развитие технологий разработки трудноизвлекаемых запасов способствует дальнейшим исследованиям особенностей березовских отложений.

Исходя из опыта исследователей березовской свиты, специалисты предполагают, что заполнение газом березовских ловушек произошло в результате его миграции вверх по разрезу по разрывным дислокациям в кровле сеноманских отложений. Такая связь может быть обусловлена в ряде случаев наличием разрывных дислокаций, в других — трещиноватостью или литологической неоднородностью глин, выступающих в качестве покрышки [2, 3].

Предпосылки к наличию залежей кузнецовской и березовской свит на месторождениях-аналогах следующие: у месторождений-аналогов залежи пластов Т и НБ, ВБ расположены выше открытых сеноманских залежей, залежи месторождений-аналогов расположены в купольной части структуры.

Несмотря на то что залежи сеномана располагаются несколько западнее исследуемой территории, нужно учитывать тот факт, что на месторождениях-аналогах залежи, расположенные выше сеномана, по площади превосходят сеноманские. Это означает, что основные перспективы, возможно, сосредоточены на западе изучаемого участка.

Пласты березовской свиты на рассматриваемом участке характеризуются низкой изученностью (отсутствуют отборы керн, испытания, промыслово-геофизические исследования, пробы пластовых флюидов).

Объект и методы исследования

На изучаемой территории на момент формирования пластов березовской свиты существовали преимущественно мелководно-морские обстановки с нормальной соленостью вод (рис. 1). В центральных областях бассейна накапливались серые и зеленовато-серые слабоалевритистые глинистые илы (верхнеберезовская подсвита). Образовывались отложения площадного распространения.

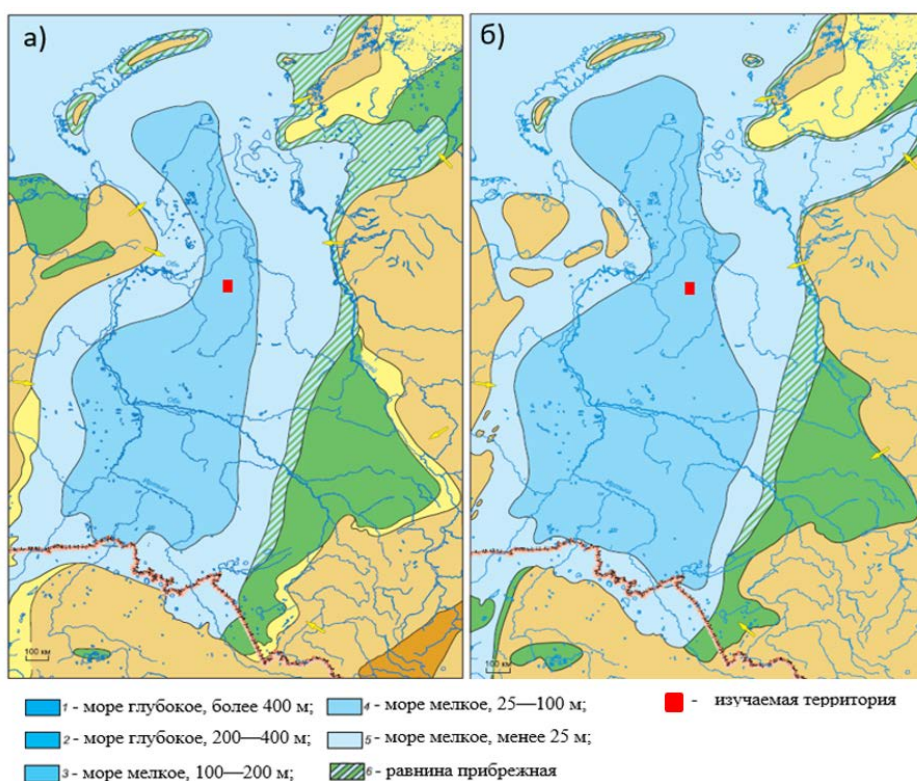


Рис. 1. Палеогеографическая схема Западной Сибири:
а) средний-поздний турон и б) кампан [4]

Анализируя карту структур в отложениях верхнеберезовского и нижнеберезовского сейсмостратиграфических комплексов (рис. 2, 3), можно сделать вывод, что изучаемый участок (отмечен красным квадратом)

находится рядом со структурой в зоне высоких перспектив (зеленый контур), следовательно, краевую западную часть исследуемого участка можно рассматривать как наиболее перспективную.

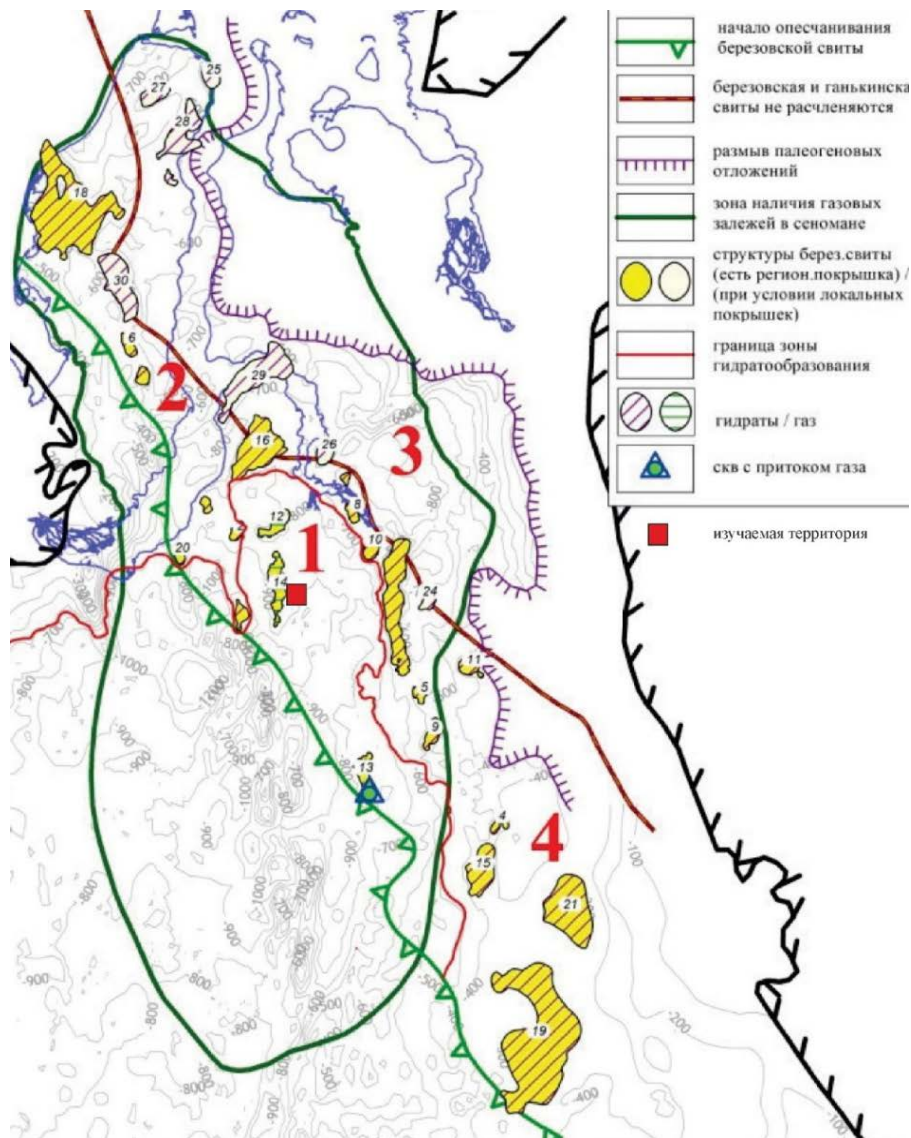


Рис. 2. Выделение структурных ловушек по кровле верхнеберезовского горизонта (отражающий горизонт С) [5]

При корреляции отложений березовской свиты на изучаемом участке основывались на наработки предыдущих исследователей. Исходя из карты (рис. 2), на изучаемом участке в интервале нижнеберезовской свиты могут быть прослежены основные перспективные пласты НБ1 и НБ3. После кор-

реляции пластов кузнецовской и березовской свит на изучаемой площади наблюдается падение структуры с запада на восток.

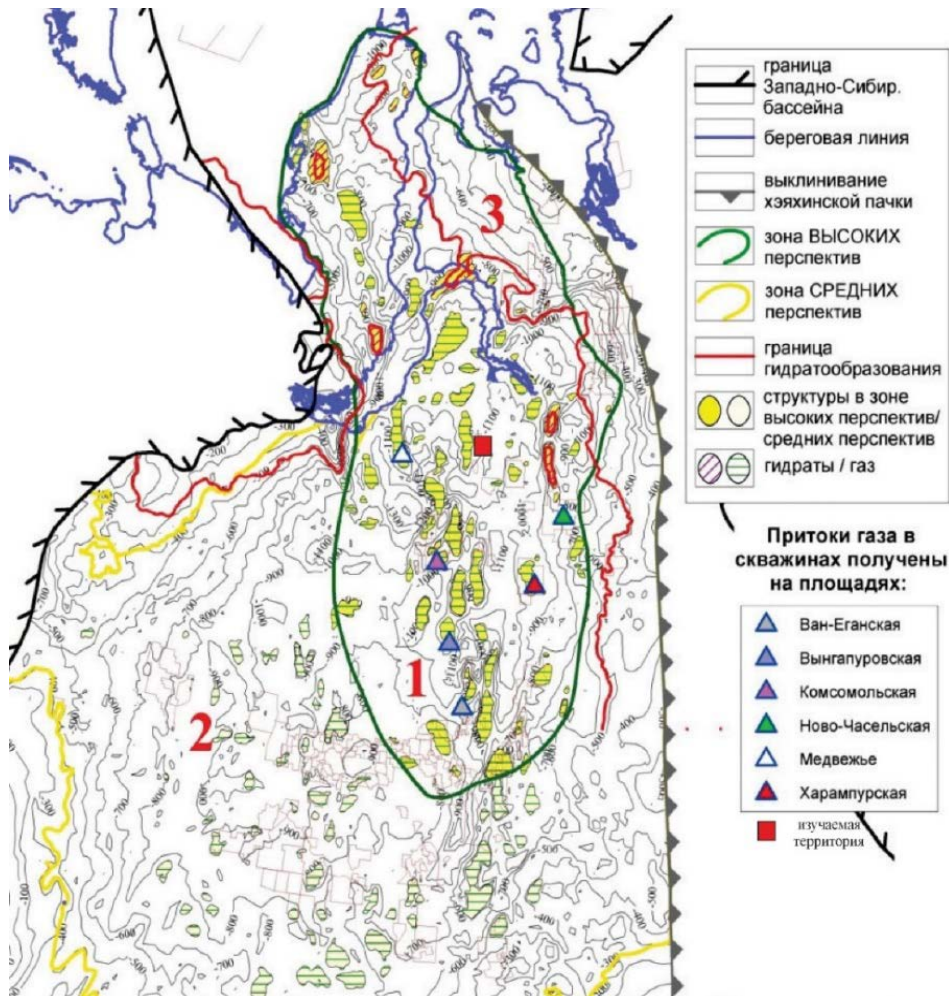


Рис. 3. Структуры в отложениях нижнеберезовского сейсмостратиграфического комплекса (коньяк-сантон) [5]

Пласты кузнецовской и березовской свит хорошо коррелируются по кривым гамма-каротажа и сопротивления. Для оценки неоднозначного насыщения березовской свиты были построены карты сопротивлений по пластам березовской свиты (рис. 4, 5). По всем пластам наблюдается увеличение удельных электрических сопротивлений к куполу структуры и в центральной части лицензионного участка (ЛУ). Максимальное среднее значение по скважинам пластов ВБ1, НБ1, НБ3, Т составляет около 5 Ом. Наибольшие значения удельных электрических сопротивлений отмечаются по пласту НБ1. Этот пласт рассматривается как наиболее перспективный.

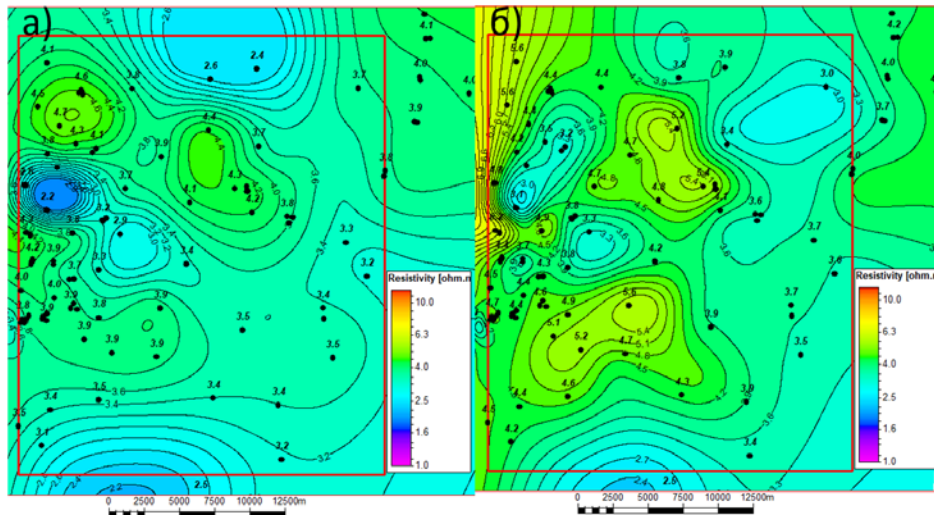


Рис. 4. Карта удельных электрических сопротивлений по пластам а) ВБ1 и б) НБ1

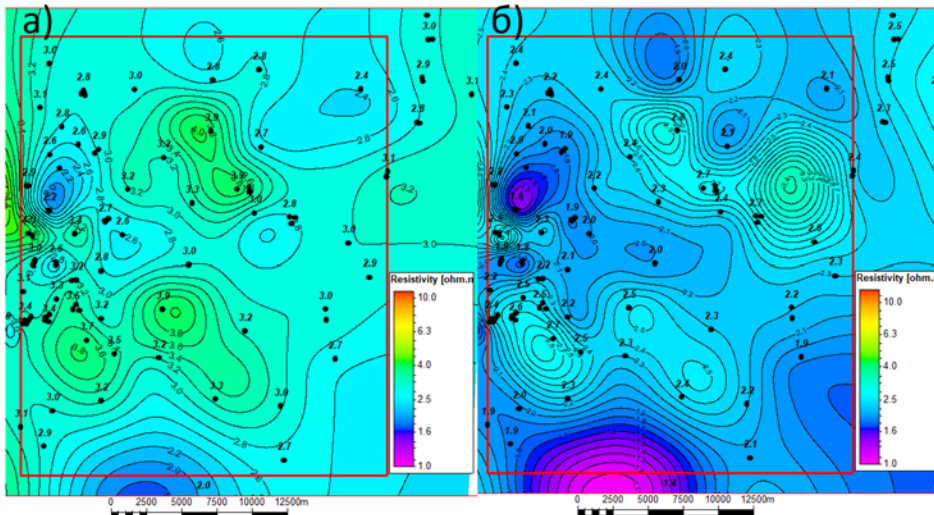


Рис. 5. Карта удельных электрических сопротивлений по пластам а) НБ3 и б) Т

Результаты и обсуждение

Ранее исследователями были построены карты толщин пласта НБ1 (рис. 6). В зоне исследования ожидаются толщины от 20 до 30 м (изучаемая территория отмечена розовым квадратом). Эти отложения характеризуют как нетрадиционные кремнистые коллекторы — опоки и глины опоквидные [6]. Покрышкой для пласта НБ1 служат глины верхнеберезовской подсвиты.

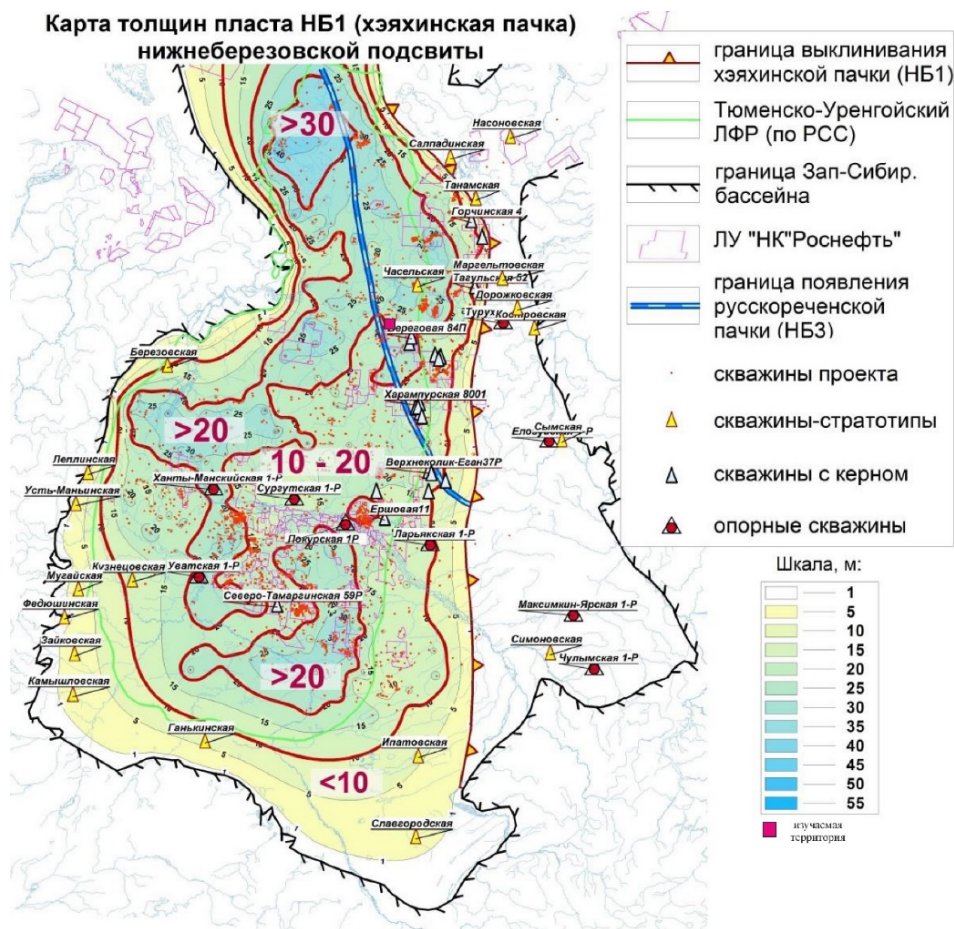


Рис. 6. Схематическая карта толщин пласта НБ1 (хэяхинская пачка опок) нижнеберезовской подсвиты (сантон) в пределах Западно-Сибирской провинции [7]

Литолого-минералогическая неоднородность разреза нижнеберезовской подсвиты напрямую влияет и определяет изменчивость петрофизических свойств кремнисто-глинистых пород. В свою очередь, неоднородность минералогического состава изучаемых отложений зависит от степени преобразованности силицитов. Ранее исследователями было выявлено, что по мере погружения кремнисто-глинистых отложений под влиянием смены термобарических условий опал преобразуется в тридимит-кристобалитовый опал, затем в кристобалит и далее в халцедон и кварц [8].

Повышение температуры и давления по-разному влияет на пористость резервуара в зависимости от степени глинистости кремнисто-глинистых отложений. Низкая глинистость рыхлых силицитов при трансформации ведет к образованию кристаллических непроницаемых пород. Высокое содержание (более 30 %) глинистого вещества первоначально снижает пористость в кремнисто-глинистых отложениях. Но по мере преобразования более глинистых разновидностей силицитов происходит изменение

структуры пор. Увеличивается размер и связанность порового пространства за счет перегруппировки частиц скелета в кристаллы [8].

Карта палеорельефа, построенная предыдущими исследователями по горизонту С3, демонстрирует 2 зоны: 1) на глубинах менее 1 250 м предполагается преобладание неизменного опала; 2) на глубинах более 1 300 м распространение силицитов прогнозируется в кристаллической форме (рис. 7).

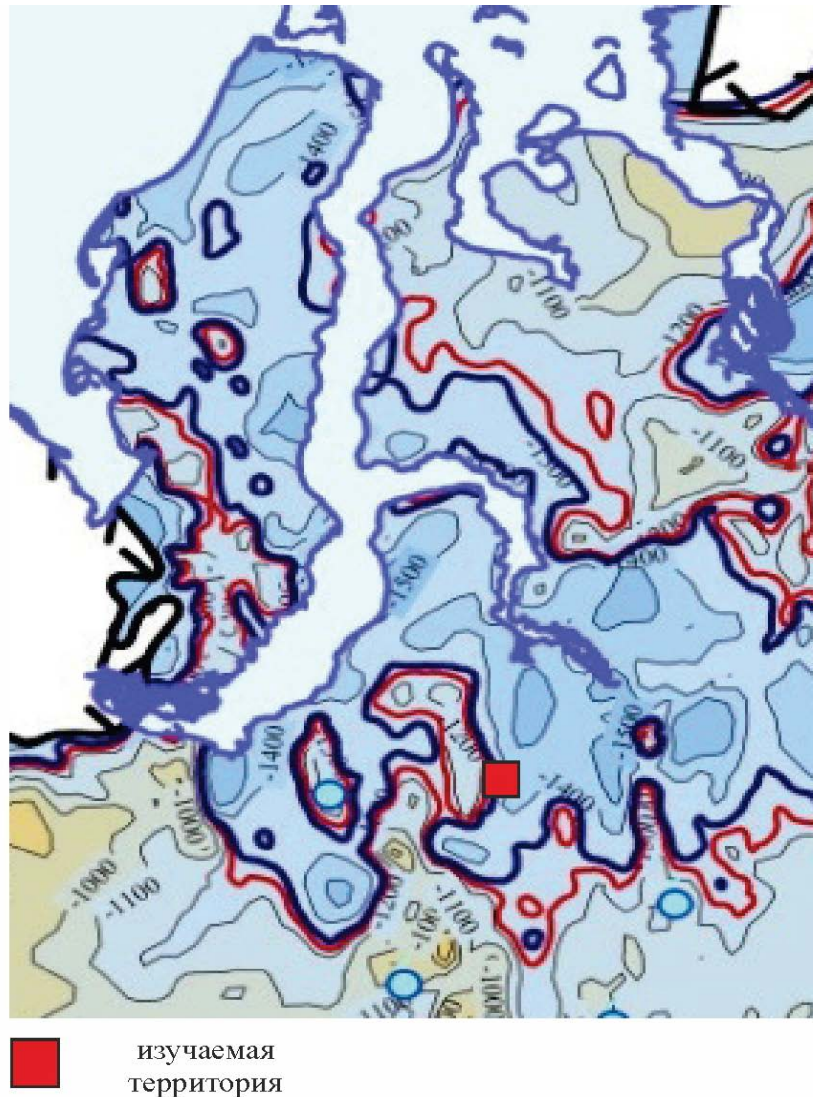


Рис. 7. Палеоструктурная карта по кровле нижнеберезовской подсвиты [5]

На рисунке 7 показано, что изучаемая область (красный квадрат) частично находится в первой зоне. Это означает, что западная область изучаемого участка, вероятнее всего, располагается за пределами зоны кристаллизации опала и имеет большую перспективность.

В ходе работы был проведен анализ имеющихся скважинных данных на наличие продуктивности изучаемых отложений, включая результаты: исследований керна, геофизических исследований скважин, эксплуатационных данных (газового каротажа, шлагограмм, результатов испытаний, гидродинамических исследований скважин, промыслово-геофизических исследований, углеродно-кислородного (С/О) каротажа), поиск аналогов пластов НБ для применения петрофизической модели в пределах Восточно-Уренгойского лицензионного участка.

Пласт НБ1 на месторождениях-аналогах сложен глинисто-кремниевыми отложениями (опоками). Преобладает трещинно-поровый тип коллектора. Присутствие минералов опал-кристаллит-тридимитовой группы значительно влияет на показания геофизических методов, а именно на пониженные показания гамма-каротажа, уменьшение значений ПС и увеличенные сопротивления.

Основные сложности, характерные для березовской свиты.

- Невозможность достоверного выявления коллекторов по стандартному комплексу геофизических исследований скважин.

- Отсутствует граничное значение пористости. Согласно региональным представлениям изученности березовской свиты, пористость находится в широких пределах и не имеет граничных значений, что связано с недоуплотненностью глин и их высокой пористостью, временами превышающей значения у коллекторов, таким образом, нет контраста пористости коллекторов и глин [9]. Как следствие, коллекторы выделяются по качественным признакам.

- Отсутствует граничное значение удельных электрических сопротивлений. На разных месторождениях значение удельных электрических сопротивлений газонасыщенных коллекторов в верхнеберезовской свите колеблется от 5,0 до 8,5 Ом, а в нижнеберезовской — от 5,0 до 13 Ом.

- Высокое содержание глинистых минералов группы монтмориллонита, которые разбухают при взаимодействии с водными растворами.

- Низкая матричная проницаемость.

- Зональная неоднородность коллекторских свойств по площади (трещиноватость, различное содержание разбухающего при контакте с водой монтмориллонита) осложняет разработку объекта.

- Низкая температура пласта влияет на состояние залежи. Газовая залежь частично может находиться в газогидратном состоянии.

В коллекторах НБ1 на изучаемом участке на возможное присутствие газа указывает следующее (рис. 8):

- наличие кроссоверов пористостей нейтрон-нейтронного каротажа на тепловых нейтронах и гамма-гамма плотностного каротажа;

- наличие кроссоверов продольной и поперечной волн;

- увеличение показаний С1 газового каротажа (максимально до 1,8 %);

- повышение удельных электрических сопротивлений до 5 Ом.

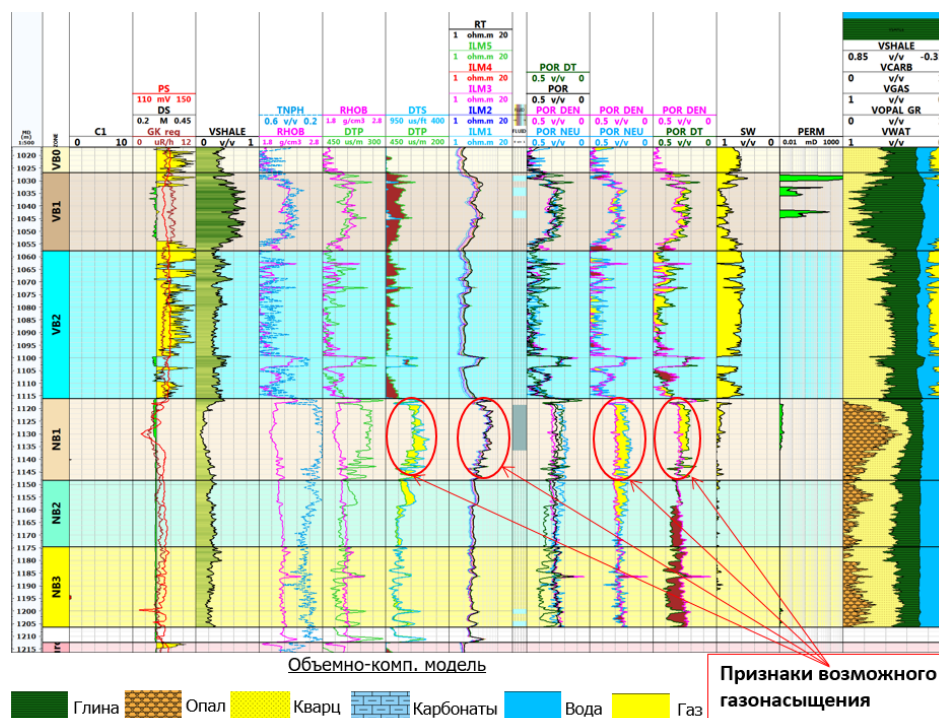


Рис. 8. Результаты интерпретации березовской свиты в скважине изучаемого участка

Таким образом, были выделены скважины с признаками возможного газонасыщения. Затем производилось сопоставление данных скважин со структурной картой пласта НБ1 нижнеберезовской подсвиты.

Структурная карта была построена с учетом трансграничных участков по данным сейсмоки и скважинных данных по кровле пласта НБ1 нижнеберезовской подсвиты (рис. 9).

Региональная перспектива отложений березовской свиты приурочена к структуре, расположенной западнее изучаемого участка. Данная структура заходит своей восточной частью на площадь исследуемой территории. Таким образом, наиболее перспективна западная область на изучаемом участке, что согласуется с данными по насыщению в скважинах.

Целью проведенных работ является поиск перспективных объектов в интервале березовской свиты для пополнения ресурсной базы. Приведен комплексный анализ потенциала углеводородных ресурсов верхнемеловых отложений березовской свиты. В соответствии с текущей интерпретацией скважин в интервале пластов березовской свиты, выделен пласт НБ1 нижнеберезовской подсвиты, в котором выделяются коллекторы, где удельные электрические сопротивления выше граничных значений на изучаемом участке. Выделена перспективная область. По результатам интерпретации материалов геофизических исследований скважин построены геологические 2D-карты

эффективных газонасыщенных толщин перспективных объектов пластов НБ1 и оценен потенциал объектов, он составляет 45 млрд м³.

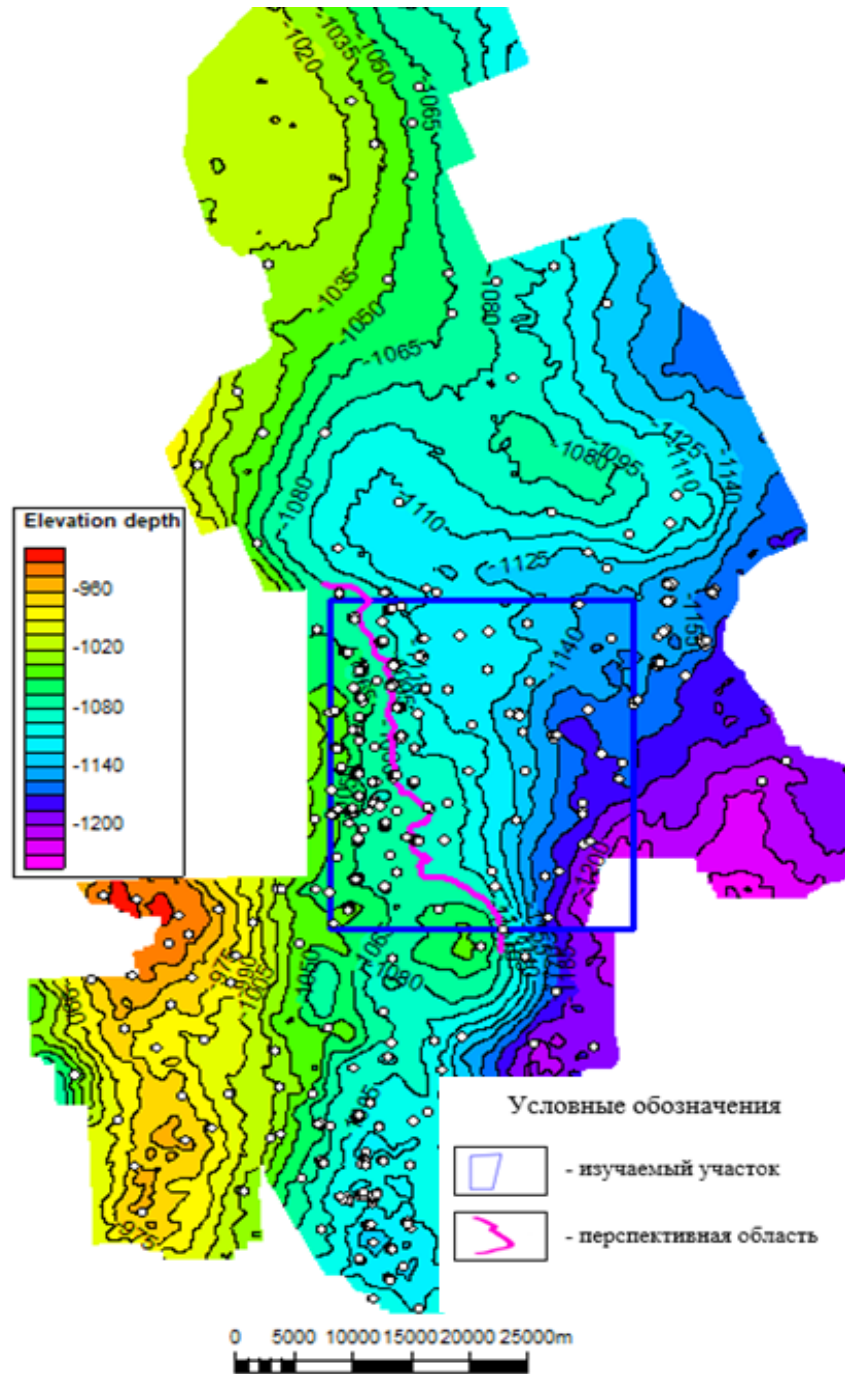


Рис. 9. Структурная карта кровли пласта НБ1 с учетом трансграничных участков

Выводы

В процессе работы был проведен анализ имеющихся скважинных данных на наличие продуктивности рассматриваемых отложений. Опираясь на региональные данные, опыт предыдущих исследователей, сделан прогноз перспектив по изучаемому интервалу отложений, оценен потенциал наиболее перспективного пласта НБ1 нижеберезовской подсвиты.

Одни из основных особенностей данных отложений — это высокое содержание глинистых минералов, разбухающих при контакте с водой; низкая проницаемость; зональная неоднородность. Все вышеперечисленное необходимо учитывать при составлении программы доизучения пластов и дальнейшем планировании разработки. На текущий момент достижение рентабельных показателей разработки березовской свиты даже с применением современных технологий интенсификации притока — достаточно сложная задача. Тем не менее первые шаги в изучении березовской свиты сделаны на рассматриваемом участке.

На следующем этапе изучения отложений березовской свиты в пределах участка необходимо реализовать адресную программу исследований перспективных интервалов в соответствии с методическими рекомендациями, разработанными для изучения отложений березовской свиты, провести отбор кернового материала, выполнить анализ матрицы породы и естественной трещиноватости, записать специальный комплекс геофизических исследований скважин в интервале березовской свиты.

Список источников

1. Предпосылки к пересмотру литофациальной и биостратиграфической моделей турон-коньяк-сантонских отложений Западной Сибири / С. Е. Агалаков, В. Б. Хмелевский, О. В. Бакуев, О. А. Лознюк. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2016. – № 4 (45). – С. 28–35.
2. Огнев, Д. А. Перспективы нефтегазоносности надсеноманского нефтегазоносного комплекса / Д. А. Огнев. – Текст : непосредственный // Горные ведомости. – 2006. – № 1 (20). – С. 46–51.
3. Перспективы наращивания ресурсной базы газовых месторождений на поздней стадии разработки путем изучения промышленного потенциала нетрадиционных коллекторов надсеноманских отложений / В. В. Черепанов, Ю. И. Пятницкий, Д. Я. Хабибуллин [и др.]. – Текст : непосредственный // Геология и нефтегазоносность Западно-Сибирского мегабассейна (опыт, инновации) : материалы девятой Международной научно-технической конференции (посвященной 100-летию со дня рождения Протозанова Александра Константиновича). Т. 2., Тюмень, 10–11 декабря 2014 г. – Тюмень : ТИУ, 2014. – С. 28–36.
4. Палеогеография Западно-Сибирского осадочного бассейна в меловом периоде / А. Э. Конторович, С. В. Ершов, В. А. Казаненков [и др.]. – Текст : непосредственный // Геология и геофизика. – 2014. – Т. 55, № 5–6. – С. 745–776.

5. Агалаков, С. Е. Газоносность надсеноманских отложений Западной Сибири / С. Е. Агалаков, М. Ю. Новоселова. – DOI 10.31660/0445-0108-2019-4-10-23. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2019. – № 4 (136). – С. 10–23.
6. Карих, Т. М. Гидротермально-метасоматические процессы в глинистых опоках сантона (верхний мел) на севере Западной Сибири / Т. М. Карих, А. И. Кудаманов. – DOI 10.31087/0016-7894-2021-2-81-89. – Текст : непосредственный // Геология нефти и газа. – 2021. – № 2. – С. 81–89.
7. Кудаманов, А. И. Трансгрессивно-регрессивный характер осадконакопления в коньяк-сантонских отложениях верхнего мела в Западной Сибири / А. И. Кудаманов, С. Е. Агалаков, В. А. Маринов. – DOI 10.24887/0028-2448-2018-7-58-63. – Текст : непосредственный // Нефтяное хозяйство. – 2018. – № 7. – С. 58–63.
8. Деревскова, Н. А. Закономерности изменения литологического состава пильской свиты о. Сахалин в связи с перспективами добычи нефти из кремнистых отложений / Н. А. Деревскова, Т. И. Кравченко, С. Б. Лыкова, С. Н. Дряблов. – Текст : непосредственный // Научно-технический вестник ОАО «НК «Роснефть». – 2014. – № 4. – С. 34–40.
9. Изучение отложений березовской свиты по данным расширенного комплекса ГИС и керновых исследований на примере Харампурского месторождения / И. О. Ошняков, А. В. Хабаров, Д. А. Митрофанов, О. А. Лознюк. – Текст : непосредственный // Каротажник. – 2019. – № 6 (300). – С. 103–117.

References

1. Agalakov, S. E., Khmelevsky, V. B., Bakuev, O. V., & Loznyuk, O. A. (2016). Background to the reconsideration of the lithofacies and biostratigraphic models of Turonian-Coniacian-Santonian sediments of Western Siberia. *Scientific and Technical Bulletin of Rosneft Oil Company*, (4(45)), pp. 28-35. (In Russian).
2. Ognev, D. A. (2006). Prospects of oil and gas potential of the Nadsenomansky oil and gas complex. *Gornye vedomosti*, (1(20)), pp. 46-51. (In Russian).
3. Cherepanov, V. V., Pyatnitskiy, Yu. I., Khabibullin, D. Ya., Sitdikov, N. R., Varyagov, S. A., Nersesov, S. V., & Oglodkov, D. Yu. (2014). Perspektivy narashchivaniya resursnoy bazy gazovykh mestorozhdeniy na pozdneye stadii razrabotki putem izucheniya promyshlennogo potentsiala netraditsionnykh kollektorov nadsenomanskikh otlozheniy. *Geologiya i neftegazonosnost' Zapadno-Sibirskogo megabasseyna (opyt, innovatsii): materialy devyatoy Mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii (posvyashchennoy 100-letiyu so dnya rozhdeniya Protozanova Aleksandra Konstantinovicha)*. Vol. 2, Tyumen, December, 10-11, 2014. Tyumen, Industrial University of Tyumen Publ., pp. 28-36. (In Russian).
4. Kontorovich, A. E., Ershov, S. V., Kazanekov, V. A., Karogodin, Yu. N., Kontorovich, V. A., Lebedeva, N. K.,... Shurygin, B. N. (2014). Cretaceous paleogeography of the West Siberian sedimentary basin. *Russian Geology and Geophysics*, 55(5-6), pp. 582-609. (In English).
5. Agalakov, S. E., & Novoselova, M. Yu. (2019). Gas content of the Upper Cenomanian deposits in Western Siberia. *Oil and Gas Studies*, (4(136)), pp. 10-23. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2019-4-10-23

6. Karikh, T. M., & Kudamanov, A. I. (2021). Hydrothermal-metasomatic processes in Santonian (Upper Cretaceous) argillaceous opoka in Western Siberia north. Russian oil and gas geology, (2), pp. 81-89. (In Russian). DOI: 10.31087/0016-7894-2021-2-81-89
7. Kudamanov, A. I., Agalakov, S. E., & Marinov, V. A. (2018). Transgressive-regressive type of sedimentation in the Western Siberia Coniacian-Santonian (Upper Cretaceous). Oil Industry, (7), pp. 58-63. (In Russian). DOI: 10.24887/0028-2448-2018-7-58-63
8. Derevskova, N. A., Kravchenko, T. I., Lykova, S. B., & Dryablov, S. V. (2014). The consistent pattern of lithological structure of Pilskian suite of Sakhalin Island in connection with oil production prospects from hardly removable stocks. Scientific and Technical Bulletin of Rosneft Oil Company, (4), pp. 34-40. (In Russian).
9. Oshnyakov, I. O., Khabarov, A. V., Mitrofanov, D. A., & Loznyuk, O. A. (2019). Studying Berezovskaya suite sediments from the data of an augmented logs set and a core analysis on the example of Kharampurskoye field. Karotazhnik, (6(300)), pp. 103-117. (In Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Вакилова Азалия Закиевна, ведущий специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень, az_vakilova@tnnc.rosneft.ru

Скопинова Любовь Васильевна, главный специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень

Алексеева Тамара Александровна, главный специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень

Монахова Валерия Олеговна, главный специалист, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень

Чикина Мария Игоревна, начальник отдела геологии, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень

Гречнева Олеся Михайловна, эксперт по геологии, ООО «Тюменский нефтяной научный центр», Тюмень

Azaliia Z. Vakilova, Leading Specialist, Tyumen Petroleum Research Center LLC, az_vakilova@tnnc.rosneft.ru

Lyubov V. Skopinova, Chief Specialist, Tyumen Petroleum Research Center LLC

Tamara A. Alekseeva, Chief Specialist, Tyumen Petroleum Research Center LLC

Valeria O. Monakhova, Chief Specialist, Tyumen Petroleum Research Center LLC

Maria I. Chikina, Head of Geology Department, Tyumen Petroleum Research Center LLC

Olesya M. Grechneva, Expert in Geology, Tyumen Petroleum Research Center LLC

Статья поступила в редакцию 05.03.2024; одобрена после рецензирования 03.05.2024; принята к публикации 13.05.2024.

The article was submitted 05.03.2024; approved after reviewing 03.05.2024; accepted for publication 13.05.2024.