

УДК 550.812.12

DOI: 10.31660/0445-0108-2024-5-23-33

Перспективы раннеюрских отложений в пределах Хапчагайского мегавала Вилуйской синеклизы

Е. А. Делиу

ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Тюмень, Россия

Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Россия

e_deliu@vniigaz.gazprom.ru

Аннотация. Изучение терригенных юрских отложений Вилуйской синеклизы в настоящее время является актуальной задачей, так как месторождения, расположенные в районе исследования, содержат запасы газа с небольшими глубинами залегания и были открыты в антиклинальных ловушках в 60-е годы прошлого столетия. Возобновление геологоразведочных работ в этом регионе привело к появлению новой геолого-геофизической информации. Цель исследования — выбор поисковых критериев для локализации объектов поиска и разведки залежей углеводородов на изучаемой территории. На основе сейсморазведки, которая служит ведущим методом исследования, проводится анализ особенностей формирования и размещения залежей углеводородных газов в раннеюрском стратиграфическом комплексе Вилуйской нефтегазоносной области, на примере месторождения Хапчагайского мегавала. В результате исследования установлено, что Неджелинское локальное поднятие — инверсионная структура. В кровле продуктивных нижнеюрских отложений кызылсырской свиты в центральном блоке отмечается динамическая аномалия типа «яркое пятно». Разница в флюидном насыщении углеводородами западной и восточной части Неджелинской структуры подтверждается испытаниями по скважинам. Наличие динамических аномалий инверсионного типа можно рассматривать как поисковый признак зон скопления углеводородов в терригенных отложениях Вилуйской синеклизы, в чем и заключается практическая значимость выполненной работы.

Ключевые слова: Вилуйская синеклиза, Хапчагайский мегавал, раннеюрские отложения, кызылсырская свита, инверсионно-кольцевые структуры, залежь газа

Для цитирования: Делиу, Е. А. Перспективы раннеюрских отложений в пределах Хапчагайского мегавала Вилуйской синеклизы / Е. А. Делиу. — DOI 10.31660/0445-0108-2024-5-23-33 // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. — 2024. — № 5. — С. 23–33.

Prospects of early Jurassic deposits within the Khapchagay megaswell of the Vilyuy synecise

Ekaterina A. Deliu

Gazprom VNIIGAZ LLC, Tyumen, Russia

Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russia

e_deliu@vniigaz.gazprom.ru

Abstract. The study of terrigenous Jurassic deposits in the Vilyuy synecise has become increasingly important. This is because the fields contains shallow gas reserves and were first discovered

in anticline traps during the 1960s. Renewed geological exploration in this region is now providing valuable new geological and geophysical data. The aim of research is to select exploration criteria for locating hydrocarbon deposits in the territory. Seismic exploration is a leading method of research. Based on this, an analysis is conducted on the characteristics of hydrocarbon gas deposit formation and distribution within the early Jurassic stratigraphic complex of the Vilyuy oil and gas Vilyuy oil and gas bearing region. In particular, the Khapchagay megaswell has been analyzed. The study has identified the Nedzhelinskoye local uplift as an inversion structure. A dynamic anomaly of the "bright spot" type is observed at the roof of the productive lower Jurassic deposits of the Kyzylsyur suite in the central block. Well tests confirmed the difference in hydrocarbon fluid saturation between the western and eastern parts of the Nedzhelinskaya structure. The presence of dynamic anomalies of inversion type can be seen as an exploration indicator for hydrocarbon accumulation zones in the terrigenous deposits of the Vilyuy syncline. This is a practical significance of the work.

Keywords: Vilyuy syncline, Khapchagay megaswell, early Jurassic deposits, Kyzylsyur suite, inversion-ring structures, gas deposit

For citation: Deliu, E. A. (2024). Prospects of early Jurassic deposits within the Khapchagay megaswell of the Vilyuy syncline. *Oil and Gas Studies*, (5), pp. 23-33. (In Russian). DOI: 10.31660/0445-0108-2024-5-23-33

Введение

В настоящее время с целью увеличения сырьевой базы восточных регионов была повышена активность геологического изучения в труднодоступных районах Сибирской платформы, освоение которых начато еще в 60-е годы прошлого века. Это относится и к Вилуйской нефтегазоносной области (НГО), в пределах которой находятся месторождения углеводородов, приуроченные к Хапчагайскому мегавалу. Возобновление геологоразведочных работ в этом регионе привело к появлению новой информации, на основе которой проводится анализ особенностей формирования и размещения залежей углеводородных газов в раннеюрском стратиграфическом комплексе Вилуйской НГО. Для детального изучения перспективных отложений при помощи комплексирования предыдущих исследований и полученных новых данных геологоразведочных работ необходимо при интерпретации использовать методы анализа, которые применялись для исследований отложений, сформированных в аналогичных условиях.

В период с 2000 по 2023 год выполнены исследования и опубликованы результаты геологических работ по Вилуйской синеклизе авторов: А. Г. Берзин, В. В. Булдыгеров, Т. И. Гурова, Е. В. Жукова, А. В. Рукович, А. И. Сивцев, В. С. Ситников, М. М. Тахватулин, Л. С. Чернова и других специалистов. В изучение геологического строения Хапчагайского мегавала большой вклад внесли А. Н. Дмитриевский, В. П. Кисилев, А. Ф. Сафронов, А. В. Погодаев и другие исследователи. В их работах приведены результаты региональной сейсмической корреляции, выявлены условия формирования продуктивных пластов и предложены направления дальнейших геологоразведочных работ в регионах. На основании трудов этих авторов установлены и подтверждены перспективы комплексов нижнеюрских отложений Восточной Сибири.

Объект и методы исследования

Вилюйская синеклиза — надпорядковый тектонический элемент Сибирской платформы (рис. 1).

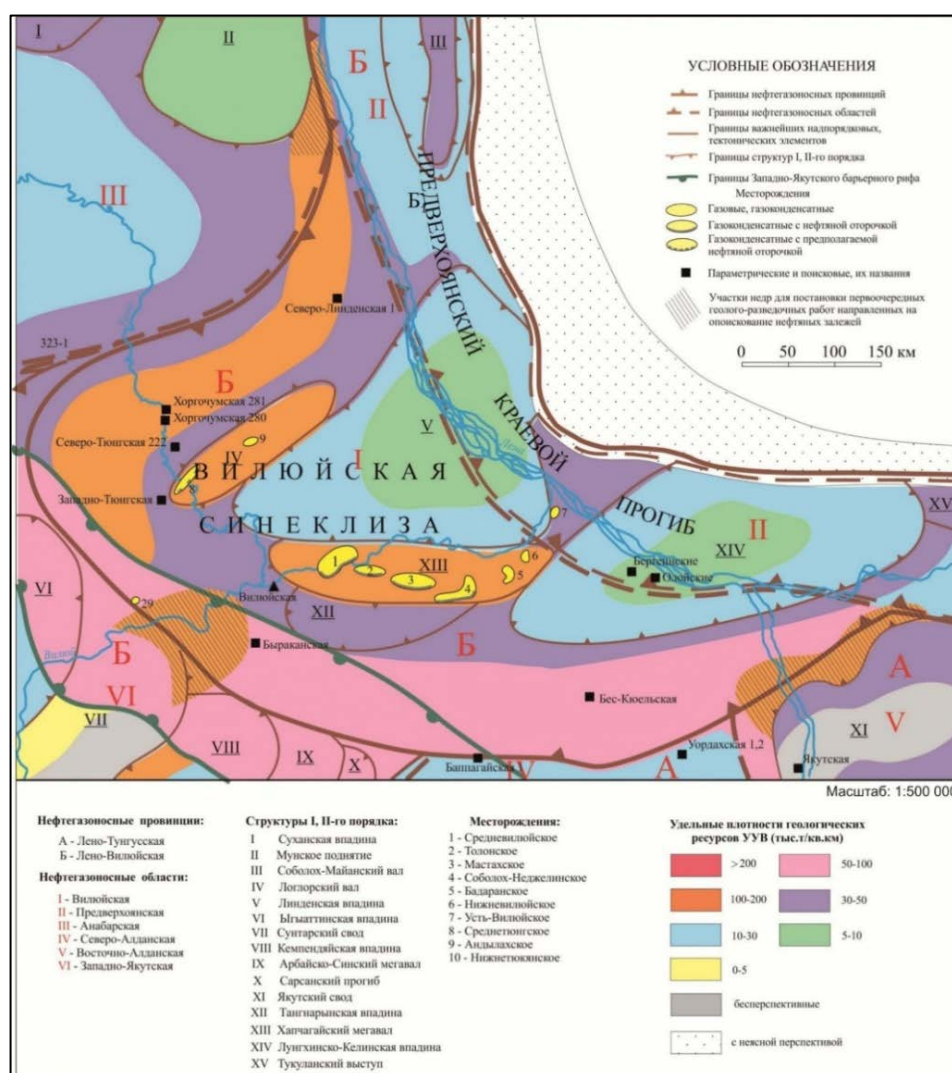


Рис. 1. Карта перспектив нефтеносности Вилуйского рифтогенного бассейна (Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения РАН, 2016 г.)

Формирование основных элементов Вилуйской синеклизы завершилось в мезозойской эре. Глубина ее в наиболее погруженной части достигает 14 км. В основании она выполнена толщей отложений нижнего палеозоя и силура общей мощностью не менее 3 км. На этой древней толще залегает мощная толща мезозойских отложений, мощность которых в центре синеклизы достигает 4 км. Юрские терригенные отложения Вилуйской синеклизы, суммарной мощностью до 1,5 км, содержат залежи газа, открытые

в антиклинальных ловушках в 60-е годы прошлого века. Несмотря на небольшие глубины залегания, они являются наименее изученными [1–4].

Отложения юрской системы исследуемой территории с размывом перекрывают подстилающие породы. Граница между триасовой и юрской системами условно проводится по подошве аргиллитовой пачки толщиной 10–15 м, хорошо выраженной на диаграммах каротажа потенциала собственной поляризации (ПС).

Литолого-стратиграфическое расчленение разреза изучаемого района проведено в соответствии с решениями Межведомственного стратиграфического комитета с уточнениями и дополнениями, разработанными сотрудниками ФГУП «СНИИГГиМС» и других организаций.

Согласно схеме структурно-фациального районирования юрских отложений Сибирской платформы, территория исследования расположена в Вилуйской фациальной зоне.

В стратиграфическом отношении отложения нижней юры по литологическим признакам разделены на две свиты: кызылсырскую и сунтарскую.

Кызылсырская (J_1ks) сложена песчаниками с прослоями алевролитов и аргиллитов. Вверх по разрезу свиты наблюдается постепенная смена средне-крупнозернистых и среднезернистых песчаников мелкозернистыми, увеличение количества и мощности алевроитовых и глинистых пластов.

Песчаники светло-серые с зеленоватым оттенком, плотные, неясно-или косослоистые, с включениями углистого вещества по плоскости наслонения и стяжениями пирита. Алевролиты и аргиллиты серые и темно-серые, плотные, тонкослоистые с включениями растительного детрита. Толщина отложений изменяется от 188 до 263 м.

Возраст свиты соответствует геттангскому (J_1gt), синемюрскому (J_1sm) и плинсбахскому (J_1pb) ярусам и подтвержден остатками флоры и микрофауны.

К отложениям кызылсырской свиты приурочены продуктивные пласты J_1-I и J_1-II .

Покрышкой над песчаными осадками кызылсырской свиты являются аргиллиты сунтарской свиты.

Сунтарская свита (J_1sn) представлена аргиллитами с прослоями алевролитов и служит отличным региональным маркирующим горизонтом, четко прослеживающимся на каротажных диаграммах. Аргиллиты темно-серые, почти черные, плотные, в нижней и верхней частях разреза участками тонкослоистые с алевроитовым материалом, с редкими и маломощными (от 0,15 до 0,3 м) сильноизвестковистыми прослойками плотных песчаников и алевролитов, включениями пирита.

Возраст сунтарской свиты определен по остаткам многочисленной микрофауны, двустворок, аммонитов и белемнитов и соответствует тоарскому (J_1t) ярусу.

Отложения свиты можно расчленить на три пачки. Нижняя пачка, общей толщиной 20 м, представлена черными и темно-серыми тонкослоистыми глинами, содержит тонкие прослои, песчанистых, алевролитистых и глинистых известняков. Средняя пачка, общей толщиной 8 м, охарактеризована темно-серыми и зеленоватыми алевролитистыми глинами и желтовато-серыми глинами, встречаются линзы песков с обломками обугленной древесины. Верхняя пачка, общей толщиной до 19 м, представлена желтоватыми и темно-серыми алевролитистыми и песчанистыми глинами, с овальными конкрециями известняков и сидеритов. Толщина осадков свиты в разрезах скважин изменяется в диапазоне от 34 до 58 м.

На изучаемой территории нижнеюрские отложения были вскрыты 44 поисково-оценочными и разведочными скважинами.

Пластово-сводовая залежь пласта J₁-I была вскрыта одной скважиной, в результате испытаний которой был получен приток газоконденсатной смеси дебитом 337,7 тыс. м³ на диафрагме 19,3 мм.

Массивная залежь пласта J₁-II была вскрыта одной скважиной, по испытаниям которой был получен фонтанирующий приток газоконденсатной смеси дебитом 313,2 тыс. м³ на 15,9 мм диафрагме.

Месторождения углеводородов на территории исследования в основном приурочены к Логлорскому и Хапчагайскому валам.

Хапчагайский мегавал расположен в центральной части Вилуйской синеклизы и представляет линейно вытянутую структуру субширотного простирания длиной свыше 240 км и шириной 40–45 км. Мегавал контролирует цепочку антиклинальных поднятий, в которых открыты газоконденсатные месторождения Вилуйской НГО: Средневилуйское, Нижневилуйское, Мастахское, Толонское, Бадаранское и Соболах-Неджелиинское. На основании восстановления истории тектонического развития Хапчагайского мегавала именно нижнеюрское время многими исследователями считается началом формирования основных структурных элементов мегавала. С этого времени начала развиваться палеохапчагайская структура и осложняющие ее локальные элементы.

Завершение формирования Хапчагайского мегавала и осложняющих его структурных элементов связано с инверсией Вилуйского палеорифта в раннемеловую эпоху (рис. 2). В это время происходит интенсивный рост Хапчагайского мегавала. Горизонтальные движения и процессы сжатия привели к разделению вала на части и смещению их относительно друг друга [5].

Циклы юрской седиментации и формирование природных резервуаров Вилуйской синеклизы схематично приведены в работе [6]. Установлено, что нижнеюрские терригенные отложения в районе Хапчагайского мегавала формировались в условиях субаквальной дельты, охарактеризованной глинисто-алеврито-песчаной и алеврито-глинисто-песчаной литофациями, расположенными в пределах верхней части подводного берегового палеосклона.

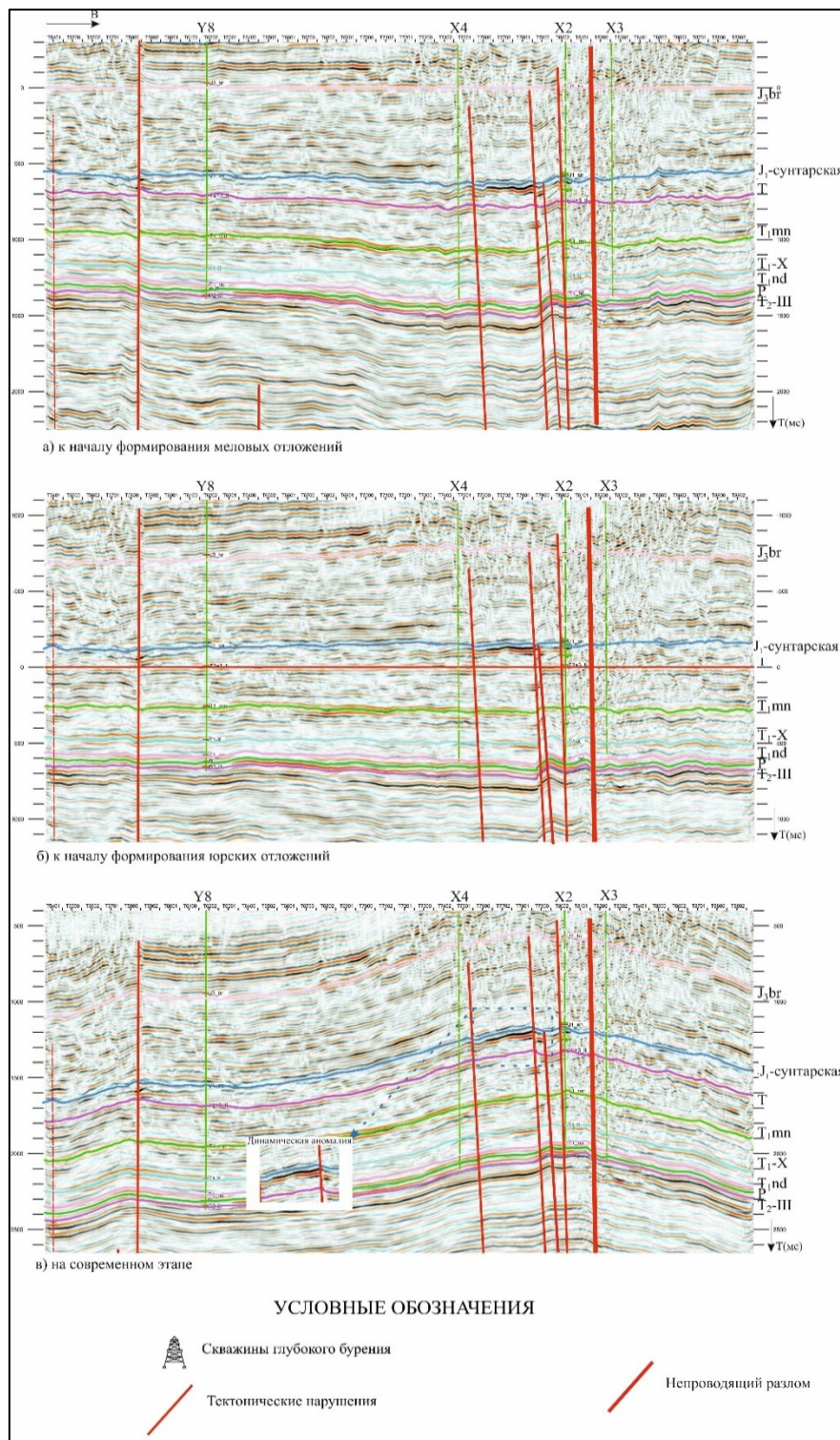


Рис. 2. Палеорекострукции геологических этапов развития Неджелинской структуры

В пределах Соболюх-Неджелинского месторождения алеврито-песчаные и алеврито-глинистые отложения толщиной 190–550 м сформированы в подводных конусах выноса дельт мелководного шельфа. На этапе трансгрессии моря сформировались глубоководные глинистые разности описанной выше сунтарской свиты, являющейся региональным флюилоупором на площади исследования.

Результаты

В процессе анализа структурных элементов Неджелинского локального поднятия, связанного с Хапчагайским мегавалом, который в результате тектонических движений разбит на отдельные блоки, автором выявлена особенность волновой картины центрального блока в интервале юрских отложений. На рисунке 3 отмечается, что в центральном блоке по всем нижележащим отражающим горизонтам (ОГ), начиная с ОГ P2-III до ОГ T1-mn, — это положительная структура, а в интервале от ОГ T1-mn до ОГ J3-br — это депрессионный элемент, в то время как в соседних блоках таких изменений не отмечается.

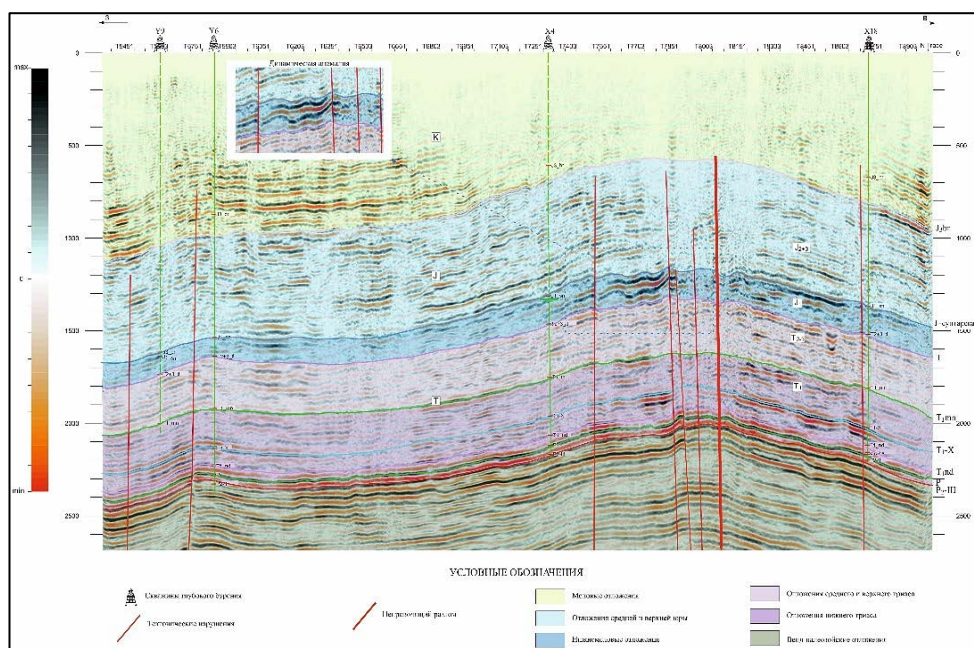


Рис. 3. Пример динамической аномалии в кровле пласта J1-II

Маловероятно, чтобы такое изменение волновой картины только в отдельном блоке было связано с тектоническими перестройками территории. Автор предполагает, что здесь инверсионный процесс сопряжен с локальным разуплотнением пород и соответствующим снижением скоростей упругих волн. Реального же изменения в структурном плане отложе-

ний не установлено, а наблюдаемые в разрезе выше положительных структур депрессии являются ложными и проявляются лишь во временном поле.

Это утверждение связано и с динамической аномалией волнового поля вдоль ОГ 11sp (рис. 3). Аномалии такого типа, так называемые глубинные кольцевые депрессии, впервые выделены Л. Ш. Гиршгорном в Западно-Сибирском регионе в конце 1980-х годов [7].

Эти структуры, несмотря на многообразие представлений об их геологической природе, всеми без исключения исследователями рассматриваются в качестве важного поискового критерия возможного обнаружения скоплений углеводородов при обосновании геологоразведочных работ. Обычно инверсионные структуры представляют собой разновидность дисгармоничных поднятий, развивающихся над изометричными депрессиями. Они подробно описаны в литературе авторами [8].

В публикациях последних лет, по материалам сейсморазведочных данных, приведены данные по наличию структур этого типа на севере Западно-Сибирского региона и в западной части Енисей-Хатангского регионального прогиба и установлена их связь с месторождениями углеводородов. В основном инверсионные структуры Западной Сибири приурочены к наиболее прогнутым зонам бассейна, но в последние годы есть открытые месторождения в пределах Енисей-Хатангского регионального прогиба, которые относятся к положительным структурным элементам.

Тот факт, что инверсионные структуры Западной Сибири характерны для терригенных отложений и встречаются при наличии хорошей глинистой покрышки, позволяет предположить их наличие и в пределах структур Хапчагайского мегавала, в терригенных отложениях нижней юры, которые характеризуются аналогичными условиями формирования осадочных пород.

Следует отметить, что в Западной Сибири признаком инверсионного поднятия является разновидность поднятий, развивающихся над изометричными депрессиями. В приведенном примере волновая картина — противоположная, но отсутствие унаследованного развития структуры, по сравнению с соседними блоками, в отдельно взятое время свидетельствует об изменении скоростных характеристик этого интервала, связанных с залежами газа в нижнеюрских отложениях.

Структуры, связанные с естественным флюидоразрывом пород, как и другие флюидодинамические структуры, изучены очень слабо. Необходимо тщательное изучение их наличия на исследуемых территориях и объяснения природы этих аномалий.

Зоны трещиноватости, выделяемые по сейсморазведочным данным с использованием известных методических приемов (разрезы и кубы когерентности, рассеянных волн и т. п.), могут являться каналами флюидомиграции, однако могут быть с ней и не связанными [9].

При анализе данных испытаний по скважинам, вскрывших исследуемый интервал нижнеюрских отложений (рис. 3), была отмечена следующая закономерность: в западном и центральном блоках Неджелинской структуры, связанных с динамической аномалией, в скважине Х-4 получен приток 354,4 тыс. м³/сут газа, в скважине Х-2 — 476 тыс. м³/сут газа, в то время как в восточном блоке, за разломом, в скважине Х-3 получены притоки пластовой воды. В целом пористость нижнеюрских отложений Неджелинской структуры изменяется от 11 до 27 %, а проницаемость достигает 2 000 мД.

Выводы

- Терригенные отложения нижней юры Вилуйской синеклизы Сибирской платформы сформировались в условиях, аналогичных процессам осадконакопления Западно-Сибирской платформы. Коллекторы кызылсырской свиты характеризуются хорошими фильтрационно-емкостными свойствами и перекрыты надежной глинистой покрывкой аргиллитов сунтарской свиты.
- На основе сейсморазведочных данных установлено, что Неджелинское локальное поднятие — инверсионная структура. В кровле продуктивных нижнеюрских отложений кызылсырской свиты в центральном блоке отмечается динамическая аномалия типа «яркое пятно».
- Разница в флюидном насыщении углеводородами западной и восточной части Неджелинской структуры подтверждается испытаниями по скважинам.
- Наличие динамических аномалий инверсионного типа можно рассматривать как признак для поиска зон скоплений углеводородов в новых поисковых зонах Вилуйской синеклизы.

Список источников

1. Рукович, А. В. История формирования тоарских отложений восточной части Вилуйской синеклизы и прилегающих районов Предверхоянского прогиба в связи с их нефтегазоносностью / А. В. Рукович. — Текст : непосредственный // Современные проблемы науки и образования. — 2015. — № 2—2. — С. 755.
2. Сивцев, А. И. Верхнеюрско-нижнемеловой нефтегазоносный комплекс востока Сибирской платформы / А. И. Сивцев, О. Н. Чалая, И. Н. Зуева. — Текст : непосредственный // Геология и минерально-сырьевые ресурсы Сибири. — 2018. — № 1(33). — С. 81–87.
3. Новейший прогноз и актуализация освоения нефтегазовых объектов Вилуйской синеклизы / В. С. Ситников, Н. Н. Алексеев, К. А. Павлова [и др.]. — Текст : электронный // Нефтегазовая геология. Теория и практика. — 2017. — Т. 12, № 1. — С. 10. — URL: https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2017.
4. Булдыгеров, В. В. Геологическое строение Восточной Сибири: учебное пособие / В. В. Булдыгеров. — Иркутск: Иркутский государственный университет, 2007. — 150 с. — Текст : непосредственный.

5. Сафронов, А. Ф. Тектоническая природа локальных поднятий Вилуйской синеклизы / А. Ф. Сафронов, А. Г. Берзин, Г. С. Фрадкин – Текст : непосредственный // Геология нефти и газа. – 2003. – № 4. – С. 20–28.
6. Жукова, Е. В. Циклы юрской седиментации и формирование природных резервуаров Вилуйской синеклизы / Е. В. Жукова. – Текст : непосредственный // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2014. – Т. 9, № 1. – С. 11.
7. Гиршгорн, Л. Ш. Поднятия чехла над глубинными кольцевыми депрессиями на севере Западной Сибири / Л. Ш. Гиршгорн, В. Г. Кабалык. – Текст : непосредственный // Советская геология. – 1990. – № 1. – С. 57–63.
8. Нежданов, А. А. Флюидодинамическая интерпретация сейсморазведочных данных : учебное пособие / А. А. Нежданов, А. С. Смирнов. – Тюмень : Тюменский индустриальный университет, 2021. – 286 с. – Текст : непосредственный.
9. Загоровский, Ю. А. Роль флюидодинамических процессов в образовании и размещении залежей углеводородов на севере Западной Сибири : специальность 25.00.12 «Геология, поиски и разведка нефтяных и газовых месторождений» : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук / Загоровский Юрий Алексеевич. – Тюмень, 2017, 24 с. – Место защиты : Тюменский индустриальный университет. – Текст : непосредственный.

References

1. Rukovich, A. V. (2015). Formation history the toar of deposits of east part of the Vilyuysky synecclise and adjacent regions of the Preverkhoyansk deflection in connection with their oil-and-gas content. Modern problems of science and education, (2-2), p.755. (In Russian).
2. Sivtsev, A. I., Chalaya, O. N., & Zueva I. N. (2018). Upper Jurassic - Lower Cretaceous petroleum complex of the Eastern Siberian platform. Geology and mineral resources of Siberia, (1(33)), pp. 81-87. (In Russian).
3. Sitnikov, V. S., Alekseev, N. N., Pavlova, K. A., Pogodaev, A. V., & Sleptsova, M. I. (2017). Newest forecast and development updating of Vilyuiskaya syncline petroleum objects. Petroleum Geology - Theoretical and Applied Studies, 12(1), p.10. (In Russian). Available at: https://doi.org/10.17353/2070-5379/9_2017
4. Buldigerov, V. V. (2007). Geologicheskoe stroenie Vostochnoi Sibiri_uchebnoe posobie. Irkutsk, Irkutskii gosudarstvennii universitet Publ., 27 p. (In Russian).
5. Safronov, A. F., Berzin, A. G. & Fradkin, G. S. (2003). Tectonic nature of local uplifts of Vilyuy synecclise. Russian oil and gas geology, (3), pp. 20-28. (In Russian).
6. Zhukova, E. V. (2014). Vilyui sineclise - jurassic sedimentation cycles and reservoirs formation. Petroleum geology. Theoretical and applied studies, 9(1), p. 11. (In Russian).
7. Girshgorn, L. Sh. & Kabalik, V. G. (1990). Podnyatiya chehla nad glubinnimi kolcevimi depressiyami na severe Zapadnoi Sibiri // Sovetskaya geologiya, (1), pp. 57-63. (In Russian).
8. Nezhdanov, A. A. & Smirnov, A. S. (2021). Flyuidodinamicheskaya interpretaciya seismorazvedochnih dannih. Tyumen, TIU Publ., 154 p. (In Russian).

9. Zagorovskii, Yu. A. (2017). Rol flyuidodinamicheskikh processov v obrazovanii i razmeschenii zalejei uglevodorodov na severe Zapadnoi Sibiri //Avtoref. diss. ... kand. geol.-mineral. nauk. Tyumen, 24 p. (In Russian).

Информация об авторе / Information about the author

Делиу Екатерина Алимовна, ведущий геолог, ООО «Газпром ВНИИГАЗ», г. Тюмень; аспирант, Тюменский индустриальный университет, г. Тюмень, e_deliu@vniigaz.gazprom.ru

Ekaterina A. Deliu, senior geologist, Gazprom VNIIGAZ LLC, Tyumen; Postgraduate, Industrial University of Tyumen, e_deliu@vniigaz.gazprom.ru

Статья поступила в редакцию 20.02.2024; одобрена после рецензирования 22.05.2024; принята к публикации 05.06.2024.

The article was submitted 20.02.2024; approved after reviewing 22.05.2024; accepted for publication 05.06.2024.