

Идентификация малоамплитудных тектонических нарушений в процессе бурения горизонтальных стволов скважин в интервале нижнеберезовской подсвиты Медвежьего месторождения (Западная Сибирь)

Родивиллов Д.Б.¹, Нежданов А.А.¹, Штоль А.В.²

¹ Филиал «Газпром недра НТЦ» ООО «Газпром недра», Тюмень, Россия, ² ООО «Газпром недра», Тюмень, Россия
d.rodivilov@nedra.gazprom.ru

Аннотация

Сенонский проект геологоразведочных работ на Медвежьем месторождении (Западная Сибирь) направлен на изучение комплекса силицитов пород нижней подсвиты березовской свиты, содержащих трудноизвлекаемые запасы газа. Особенностью данных отложений является наличие развитой системы тектонических нарушений. При этом результаты интерпретации данных сейсморазведки не способны обеспечить необходимую точность определения границ и амплитуд дислокаций. В результате наклонно направленное бурение производится в условиях повышенных рисков.

В работе представлен реальный производственный опыт проводки горизонтального ствола скважины 6С в условиях малоамплитудных тектонических нарушений. Описан методический прием, применение которого позволило в реальном времени идентифицировать границу тектонического блока по данным телеметрии забойной LWD-системы.

Материалы и методы

Способ идентификации границ тектонических нарушений в процессе бурения горизонтальных стволов скважин основан на оперативном привлечении данных телеметрии забойной LWD-системы (показания метода гамма-каротажа) для построения корреляции с пилотным стволом.

Корреляция производится посредством алгоритма выделения набора последовательных корреляционных слоев и реперных глинистых толщ. Результаты демонстрируются в виде

графической схемы детальной корреляции.

По сдвигу реперных границ относительно данных пилотного ствола и геологической модели заключаются выводы о местоположении и амплитуде тектонического нарушения.

Ключевые слова

нижнеберезовская подсвита, горизонтальные скважины, трудноизвлекаемые запасы газа, корреляция разрезов скважин, малоамплитудные тектонические нарушения

Для цитирования

Родивиллов Д.Б., Нежданов А.А., Штоль А.В. Идентификация малоамплитудных тектонических нарушений в процессе бурения горизонтальных стволов скважин в интервале нижнеберезовской подсвиты Медвежьего месторождения (Западная Сибирь) // Экспозиция Нефть Газ. 2021. № 2. С. 17–20. DOI: 10.24412/2076-6785-2021-2-17-20

Поступила в редакцию: 13.10.2020

DRILLING

UDC 622.24, 551 | Original Paper

Identification of low-amplitude tectonic faults in the process of drilling horizontal wellbores in the interval of the Lower Berezovskaya subformation of the Medvezhye field (Western Siberia)

Rodivilov D.B.¹, Nezhdanov A.A.¹, Shtol A.V.²

¹ Branch "Gazprom nedra STC" "Gazprom nedra" LLC, Tyumen, Russia, ² "Gazprom nedra" LLC, Tyumen, Russia
d.rodivilov@nedra.gazprom.ru

Abstract

The Senonian exploration project at the Medvezhye field (Western Siberia) will allow the study of a complex of silicite rocks of the lower Berezovskaya subformation containing hard-to-recover gas reserves. A feature of these deposits is the developed system of tectonic faults. However, the results of interpretation of seismic data are not able to provide the required accuracy in determining the boundaries and amplitudes of dislocations. As a result, the drilling of directional wells carried out in conditions of increased risks.

The paper presents a real production experience of drilling a horizontal wellbore 6C in conditions of low-amplitude tectonic faults. A methodological technique is described, the use of which made it possible to identify the tectonic block boundary in real time according to telemetry data of the downhole LWD-system.

Material and methods

The method for identifying the boundaries of tectonic faults in the process of drilling horizontal wells based on the operational involvement of telemetry data from the downhole LWD system (gamma-ray logging data) to build a correlation with the pilot borehole.

Correlation performed by means of an algorithm for identifying a set of sequential correlation layers and reference shale strata. The results

shown as a detailed correlation graphical diagram.

Based on the shift of the reference boundaries relative to the data of the pilot shaft and the geological model, conclusions drawn about the location and amplitude of the tectonic disturbance.

Keywords

lower Berezovskaya subformation, horizontal wells, hard-to-recover gas reserves, correlation of well sections, low-amplitude tectonic faults

For citation

Rodivilov D.B., Nezhdanov A.A., Shtol A.V. Identification of low-amplitude tectonic faults in the process of drilling horizontal wellbores in the interval of the Lower Berezovskaya subformation of the Medvezhye field (Western Siberia). Exposition Oil Gas, 2021, issue 2, P. 17–20. (In Russ). DOI: 10.24412/2076-6785-2021-2-17-20

Received: 13.10.2020

Впервые случаи газопроявлений из интервала отложений выше сеномана, зафиксированные при бурении разведочных и эксплуатационных скважин Медвежьего месторождения [1]. Целенаправленное изучение кремнисто-глинистых отложений сенона, в частности нижней подсвиты березовской свиты сенонского возраста, как потенциального газоносного объекта на месторождении началось с момента разработки первой программы геологоразведочных работ в 2005 г.

За время активной фазы геологоразведочных работ по изучению газоносности и строения нижнеберезовской подсвиты (с 2012 г. по настоящее время) на Медвежьем месторождении пробурено шесть поисково-оценочных скважин, четыре из которых имеют горизонтальные стволы для целей многостадийного гидроразрыва пласта (МГРП) [2, 3]. В скважинах проведен расширенный комплекс геофизических исследований скважин (ГИС), отобран и изучен изолированный керн [4–8], выполнено также освоение сенонского интервала (после капитального ремонта) ряда сеноманских эксплуатационных скважин, выведенных из разработки. В результате газоносность нижнеберезовской подсвиты многократно подтверждена результатами испытаний как вновь пробуренных, так и расконсервированных скважин.

Анализ сейсморазведочных данных показал, что на срезах кубов когерентности поверхность нижнеберезовской подсвиты напоминает структуру типа «такыр», характерную для трещиноватых структур дегидратации — усыхания осадков

кремнисто-глинистых пород [3]. Также прослеживаются многочисленные тектонические дислокации, в том числе и кулисного типа. Амплитуда данных нарушений не известна, как и их роль в флюидодинамической характеристике низкопроницаемых силицитов. Уточнение этих геологических неопределенностей — одна из задач, которая ставилась при планировании строительства скважины 6С.

Для геологического изучения дизъюнктивных нарушений боковой горизонтальный ствол скважины 6С проведен «вкрест» границам нарушений, как это показано на рисунке 1. Это обстоятельство отличает данную скважину от ранее пробуренных, горизонтальные стволы которых проведены в зонах с менее выраженной тектонической активностью.

Строительство скважины 6С начато в мае 2018 г. Пилотный (вертикальный) ствол скважины 6С пробурен до забоя 1090 м (абс. отм. -1 025,8 м). Зарезка бокового ствола произведена на глубине 550,5 м (абс. отм. -487,1 м). Оба ствола пробурены с раствором на углеводородной основе, плотностью 1,31 г/см³.

Масштабированная по вертикали и горизонтали схема корреляции пилотного и бокового стволов скважины 6С представлена на рисунке 1. На схеме прослежен целевой горизонт бокового ствола — пачка корреляционных слоев КС1–КС3, выделенных в интервале НБ₂ нижнеберезовской подсвиты. Исследуемый интервал в результате комплексного анализа промысловых и лабораторных (результаты изучения керна) данных характеризуется как наиболее перспективный в плане коллекторских свойств и газоносности [4–8].

Согласно геологической модели целевая пачка КС1–КС3 залегает над кровлей пласта НБ₂ нижнеберезовской подсвиты. Этот пласт-неколлектор представлен более глинистой разновидностью силицитов и является переходной зоной перед реперным глинистым горизонтом — кузнецовской свитой.

Пачка корреляционных слоев КС1–КС3, пласт НБ₂, кузнецовская свита — все эти интервалы характеризуются четкими, контрастными относительно друг друга характеристиками по данным ГИС. Эти интервалы уверенно отмечаются тремя «ступенями» на диаграмме гамма-каротажа (ГК) — единственного метода в телеметрии измерительной системы LWD, данные которого передаются в режиме реального времени.

Углубление горизонтального ствола скважины планировалось до момента вскрытия кровли кузнецовской свиты. Пересечение данной отметки сопровождается резким увеличением показаний ГК. Далее предполагалось изменение угла проводки ствола «на восстание» с последующим плавным, протяженным выходом на проектный горизонт.

Разработанная ранее методика детальной корреляции разрезов скважин сенонского проекта [9] позволила оперативно привлечь новые данные по пилотному стволу скважины 6С и обновить геологическую модель залежи нижнеберезовской подсвиты.

Ранее предполагалось, что кровля кузнецовской свиты (рис. 1) в процессе бурения горизонтального ствола будет вскрыта на отметке, близкой к абс. отм. -996 м, что на два метра выше аналогичной отметки в пилотном

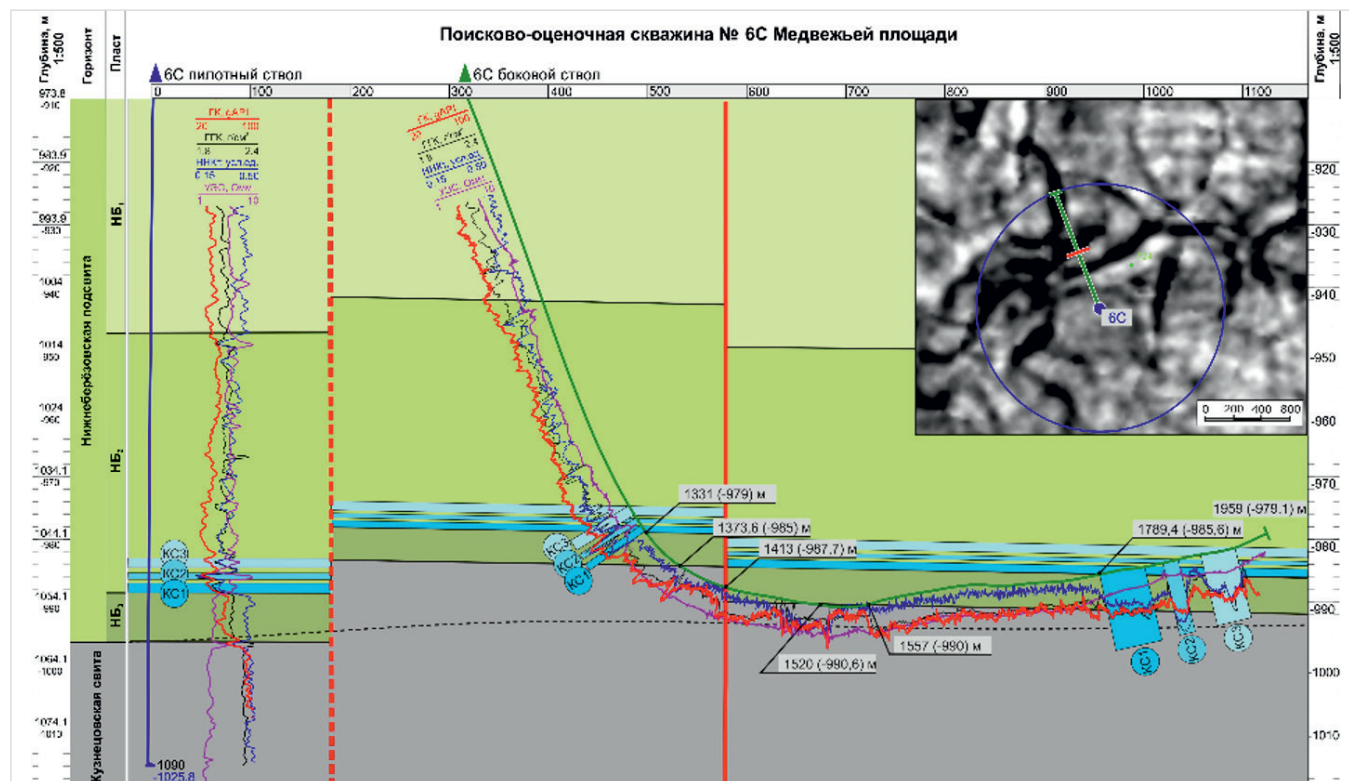


Рис. 1. Схема корреляции разрезов пилотного и бокового стволов скважины 6С Медвежьего месторождения
Fig. 1. Correlation scheme of sections of the pilot and sidetracks of well 6C of Medvezhye field

стволе. Однако фактическое развитие событий значительно отличалось от предполагаемого. Далее в статье приведены отметки глубин с описанием соответствующих им событий. Все упомянутые в последующем отметки представлены на рисунке 1.

Бурение бокового ствола до глубины 1 331 м (абс. отм. -979 м) проходило в штатном режиме, при дальнейшем углублении, по данным датчиков каротажа, в процессе бурения (LWD) резко выросли показания ГК, превышая среднее значение по разрезу нижеберезовской подсвиты, далее на отметке 1 373,6 м (абс. отм. -985 м) был зафиксирован новый максимум показаний ГК, уже явно характерный для радиоактивных глин кузнецовской свиты.

В связи с этим материалы телеметрии были оперативно привлечены для корреляции разрезов скважин. Согласно разработанной методике, были выделены все основные корреляционные слои (всего 21 слой), в том числе пачка КС1–КС3. Результаты корреляции позволили сделать однозначный вывод о том, что горизонтальный ствол фактически вскрыл кровлю кузнецовской свиты на глубине выше ожидаемой на 11 м.

Учитывая результаты корреляции, геологическая служба приняла решение о корректировке проектной траектории скважины. Технологический отдел разработал траекторию с «восходящим» забоем и рассчитал возможность доведения нагрузки как при бурении, так и при спуске хвостовика.

При дальнейшем бурении на отметке 1 413 м (абс. отм. -987,7 м) показания ГК ожидаемо снизились, что свидетельствовало о входе ствола в пласт НБ₂, однако далее на отметке 1 520 м (абс. отм. -990,6 м) показания вновь повысились и стали достигать уровня, характерного для кузнецовской свиты. На этом моменте стал очевидным факт того, что процесс бурения проходит в зоне малоамплитудных тектонических нарушений. Единственно правильным решением в таких условиях было продолжить бурение до максимальной технически возможной глубины забоя.

На глубине 1 557 м (абс. отм. -990 м) показания ГК вновь снизились до уровня пласта НБ₂, что продолжалось до отметки 1 789,4 м (абс. отм. -985,6 м). Далее началась серия подъемов и снижений на диаграмме ГК, сопровождающаяся резким повышением показаний по газовому каротажу, что позволило однозначно интерпретировать данный интервал как пачку корреляционных слоев КС1–КС3. На глубине 1 959 м (абс. отм. -979,1) бурение горизонтального ствола прекращено — выход на целевой горизонт осуществлен.

Также следует отметить, что после того как данные LWD-системы были извлечены из памяти аппаратуры, была произведена

комплексная интерпретация данных электрических, радиоактивных (ГГК-П, НКТБ, ГК) и акустического методов ГИС. В результате уточнены геолого-геофизические характеристики выделенных ранее корреляционных слоев и границы залегания продуктивных пластов.

На основе данной информации построена финальная схема корреляции бокового и горизонтального стволов скважины 6С (рис. 1), на которой красной вертикальной линией отражена идентифицированная граница тектонического сдвига. А также на рисунке 1 представлена первая условная граница тектонического блока (пунктирная красная вертикальная линия).

В результате представленный в работе методический прием позволил в процессе бурения горизонтального участка скважины 6С Медвежьего месторождения зафиксировать тектонический блок, имеющий амплитуду сдвига 11 м и протяженность менее 550 м.

Итоги

Бурение горизонтального ствола поисково-оценочной скважины 6С Медвежьего месторождения подтвердило наличие малоамплитудных тектонических сдвигов, обнаруженных ранее по сейсмическим данным в отложениях нижеберезовской подсвиты. Доказано, что корреляция геолого-геофизической информации по пилотному и горизонтальному участкам скважины (данные телеметрии) является эффективным методическим приемом по отслеживанию положения текущего забоя скважины в геологическом разрезе. При этом наличие сдвига границ реперных интервалов и смена их очередности позволяют идентифицировать границы тектонических дислокаций. Представленный в работе способ, в случае скважины 6С Медвежьего месторождения, позволил оперативно скорректировать траекторию ствола и вывести забой скважины в целевой продуктивный интервал.

Выводы

Наличие малоамплитудных тектонических дислокаций необходимо учитывать при проектировании поисково-оценочных, разведочных и последующих эксплуатационных скважин, при обосновании дизайна гидроразрыва пласта, а также в целом при разработке стратегии освоения трудноизвлекаемых запасов сенонского комплекса Медвежьего месторождения.

В целях снижения уровня геологических неопределенностей в процессе корреляции исследуемого разреза, рекомендуется дополнить телеметрию LWD-систем методами гамма-гамма плотностного и нейтронного каротажей.

Литература

1. Стригоцкий С.В., Масленников В.В. О газопроявлениях при бурении скважин на Медвежем месторождении // ВНИИЭГазпром. 1974. № 4. С. 8–12.
2. Черепанов В.В., Пятницкий Ю.И., Хабибуллин Д.Я., Ситдииков Н.Р., Варягов С.А., Нересов С.В., Оголодкин Д.Ю. Перспективы наращивания ресурсной базы газовых месторождений на поздней стадии разработки путем изучения промышленного потенциала нетрадиционных коллекторов надсенонских отложений // Геология и нефтегазоносность западно-сибирского мегабассейна (опыт, инновации). 2014. С. 28–36.
3. Нежданов А.А., Огибенин В.В., Крылёв С.А. Строение и перспективы газоносности сенонских отложений севера Западной Сибири // Газовая промышленность. 2012. № 5 676. С. 32–37.
4. Пережогин А.С., Нежданов А.А., Смирнов А.С. Перспективы освоения сенонского газоносного комплекса севера Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2015. № 6. С. 42–45.
5. Дорошенко А.А., Каримова Я.О. Характеристика пустотного пространства опок сенонских отложений севера Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2017. № 6. С. 23–27.
6. Каримова Я.О. Литолого-емкостная модель пустотного пространства нанокolleкторов нижеберезовской подсвиты севера Западной Сибири // Экспозиция Нефть Газ. 2018. № 3. С. 20–24.
7. Родивиллов Д.Б., Кокарев П.Н., Мамяшев В.Г. Газонасыщенность нетрадиционного коллектора нижеберезовской подсвиты севера Западной Сибири и ее связь с минеральным составом и структурой пустотного пространства // Экспозиция Нефть Газ. 2018. № 3. С. 26–31.
8. Родивиллов Д.Б., Кокарев П.Н., Мамяшев В.Г. Оценка газонасыщенности нетрадиционных коллекторов сенонских отложений севера Западной Сибири // Каротажник. 2018. № 9. С. 18–25.
9. Родивиллов Д.Б. Трудноизвлекаемые запасы газа нижеберезовской подсвиты севера Западной Сибири: опыт определения эффективных толщин и оценки подсчетных параметров коллекторов // Недропользование XXI век. 2018. № 6. С. 112–119.

ENGLISH

Results

Drilling of the horizontal borehole of well 6C confirmed the presence of low-amplitude tectonic displacements, previously detected from seismic data in the sediments of the lower Berezovskaya subformation. Proved that the correlation of geological and geophysical information on the pilot and horizontal sections of the well (telemetry data) is an effective methodological technique for tracking the position of the current well bottom in the geological section. At the same time, the presence of a shift in the boundaries of the reference intervals and a change in their order make it possible to identify the boundaries of tectonic dislocations.

The method presented in the work, in the case of well 6C of the Medvezhye

field, made it possible to promptly correct the trajectory of the wellbore and bring the bottom of the well into the target productive interval.

Conclusions

The presence of low-amplitude tectonic dislocations will help in the design of exploration and subsequent production wells, in the development of a hydraulic fracturing design, as well as, in general, in the development of a strategy for the development of hard-to-recover senonian gas of the Medvezhye field.

In order to reduce the level of geological uncertainties in the process of data correlation, we recommended supplementing telemetry of LWD-systems with gamma density and neutron porosity logging.

References

1. Strigotsky S.V., Maslennikov V.V. On gas occurrences during drilling of wells at Medvezhye field. VNIIEGazprom, 1974, issue 4, P. 8–12. (In Russ).
2. Cherepanov V.V., Pyatnitsky Yu.I., Khabibullin D.Y., Sitdikov N.R., Varyagov S.A., Nersesov S.V., Oglodkov D.Yu. Prospects for increasing the resource base of gas deposits at the later stage of development by studying the industrial potential of nadsenomansky nadsenoman. Geology and oil and gas potential of the western siberian megabasin (experience, innovations), 2014, P. 28–36. (In Russ).
3. Nezhdanov A.A., Ogibenin V.V., Skrylev S.A. The structure and prospects of gas content of the Senonian deposits of the north of Western Siberia. Gas Industry, 2012, issue S 676, P. 32–37. (In Russ).
4. Perezhogin A.S., Nezhdanov A.A., Smirnov A.S. Gas potential of senonian deposits in the north of Western Siberia. Exposition Oil Gas, 2015, issue 6, P. 42–45. (In Russ).
5. Doroshenko A.A., Karymova Ya.O. Properties of voids in the senonian gaize of the northern part of West Siberia. Exposition Oil Gas, 2017, issue 6, P. 23–27. (In Russ).
6. Karymova Ya.O. Lithological-capacitive models of voids of nano-reservoirs in the lower berzovskaya subseries in the north of the West Siberia. Exposition Oil Gas, 2018, issue 3, P. 20–24. (In Russ).
7. Rodivilov D.B., Kokarev P.N., Mamyashev V.G. Gas saturation of the non-traditional reservoir of the lower berezovskaya subformation of the north of the West Siberia, and its relation to the void mineral composition and structure. Exposition Oil Gas, 2018, issue 3, P. 26–31. (In Russ).
8. Rodivilov D.B., Kokarev P.N., Mamyashev V.G. Gas saturation evaluation of unconventional reservoirs in northern West Siberia senonian sediments. Karotazhnik, 2018, issue 9, P. 18–25. (In Russ).
9. Rodivilov D.B. Hard-to-recover reserves of the lower berezovskaya subformation of the north of the West Siberia: experience of reservoir zonation and volume parameters evaluation. Nedropolzovanie XXI vek, 2018, issue 6, P. 112–119. (In Russ).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ | INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Родивиллов Данил Борисович, заместитель начальника отдела анализа и интерпретации данных ГИС, Филиал «Газпром недра НТЦ» ООО «Газпром недра», Тюмень, Россия
Для контактов: d.rodivilov@nedra.gazprom.ru

Нежданов Алексей Алексеевич, д. г-мин. н., заместитель начальника центра обработки и интерпретации данных геофизических методов, Филиал «Газпром недра НТЦ» ООО «Газпром недра», Тюмень, Россия

Штоль Антон Владимирович, ведущий инженер отдела технологий строительства скважин и организации сервисных работ, ООО «Газпром недра», Тюмень, Россия

Rodivilov Danil Borisovich, deputy head of GIS data analysis and Interpretation Department, Branch “Gazprom nedra STC” “Gazprom nedra” LLC, Tyumen, Russia
Corresponding author: d.rodivilov@nedra.gazprom.ru

Nezhdanov Aleksey Alekseevich, doctor of geological and mineralogical sciences, deputy head of geophysical methods data processing and Interpretation center, Branch “Gazprom nedra STC” “Gazprom nedra” LLC, Tyumen, Russia

Shtol Anton Vladimirovich, lead engineer of the well construction technology well construction and service works organization department, “Gazprom Nedra” LLC, Tyumen, Russia



ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ
В ОБЛАСТИ КРС, ПНП, ГНКТ
7-11 ИЮНЯ 2021, ЯЛТА КРЫМ

ЭКСПЛУАТАЦИЯ — ДОБЫЧА НЕФТИ И ГАЗА,
РЕМОНТ И БУРЕНИЕ
ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИН
6-10 СЕНТЯБРЯ 2021, ЯЛТА КРЫМ

+7 3452 520-958

бронирование участия в конференциях
academy.intechnol.com

Генеральный информационный партнер

**ЭКСПОЗИЦИЯ
НЕФТЬ ГАЗ**