

Перспективы освоения сенонского газоносного комплекса севера Западной Сибири

А.С. Пережогин

геолог ОИСД

a.perezhogin@ggr.gazprom.ru

А.А. Нежданов

д.г.-м.н., заместитель начальника

центра по научной работе

a.nezhdanov@ggr.gazprom.ru

А.С. Смирнов

к.г.-м.н., начальник ОИАГД

a.smirnov@ggr.gazprom.ru

ООО «Газпром геологоразведка»,
Тюмень, Россия

В связи с выработанностью значительной части традиционных запасов сеноманских газовых залежей на севере Западной Сибири (ЗС) возникла необходимость поиска новых, альтернативных объектов газодобычи. Одним из таких перспективных объектов являются сенонские отложения, из которых ПАО «Газпром» удалось получить промышленные притоки газа на Медвежьем нефтегазоконденсатном месторождении.

В последние годы надсеноманский газоносный мегакомплекс на севере Западной Сибири (ЗС) стал привлекать внимание газовиков в связи с высокой степенью выработанности запасов сеноманских газовых залежей на многих лицензионных участках (ЛУ) ПАО «Газпром» в Ямало-Ненецком автономном округе (ЯНО).

Турон-сенонский газоперспективный комплекс гетерогенен по своему строению и содержит ловушки и залежи двух основных типов. Первый тип связан с газовыми залежами в гранулярных коллекторах (преимущественно глинистые алевролиты с небольшим содержанием песчаной фракции), приуроченных к газсалинской пачке. Залежи газа в газсалинской пачке открыты на Южно-Русском, Харампурском, Верхнечасельском, Ленском и Заполярном месторождениях, где получены промышленные притоки газа и определены его запасы по промышленным категориям C_1 и C_2 . Газсалинская пачка распространена лишь в крайней восточной части бассейна, ее продуктивность контролируется, главным образом, сводовыми частями крупных антиклинальных структур, на которых газосен сеноман, поэтому ресурсный потенциал газсалинского резервуара практически ограничен уже открытыми газовыми залежами.

Второй тип газоносности рассматриваемых отложений связан с порово-трещинными и трещинно-поровыми глинисто-кремнистыми коллекторами (опоками, опоквидными глинами и глинистыми опоками) нижней подсвиты березовской свиты сенонского возраста. Их газоносность установлена в центральных и западных районах

ЯНО по многочисленным газопроявлениям в процессе бурения глубоких скважин [1, 2]. Вплоть до последнего времени промышленные притоки газа из этих отложений получено не было вследствие низкой проницаемости глинисто-кремнистых коллекторов, что требовало использования «сланцевых» технологий. Реализация этого подхода на Медвежьем нефтегазоконденсатном месторождении позволила геологической службе ПАО «Газпром» получить устойчивые промышленные дебиты сенонского газа из горизонтального ствола специальной скважины после многоступенчатого гидроразрыва. Этот факт является убедительным доказательством промышленной значимости сенонского газоносного комплекса и свидетельствует о необходимости его детального изучения. Пока же этот комплекс характеризуется низкой изученностью и отсутствием многих данных, необходимых для его успешного освоения.

В рамках реализации программы освоения сенонского газоносного комплекса нами выполнено изучение его строения как в региональном, так и локальном (в пределах отдельных ЛУ) масштабах. На региональном этапе изучения турон-сенонских отложений был построен ряд субширотных и меридиональных схем корреляции, а также изучены биостратиграфические материалы, в результате чего установлена как высокая степень литологической коррелируемости этих морских отложений, так и неоднозначность их биостратиграфического расчленения.

В результате проведенных исследований удалось установить, что газсалинская пачка и русскореченская толща слагают единое седиментационное тело, которое приурочено к регрессивной части кузнецово-ипатовского региоцикла (рис. 1). По сравнению с региональной стратиграфической схемой (РСС) верхнего мела ЗС 2004 г. уточнен возраст газсалинской пачки, которая «захватывает» и сенонские слои, при этом регрессивная газсалинская пачка закономерно омолаживается к центру бассейна, что полностью соответствует закону Головкинского-Вальтера о скольжении возрастных границ регрессивных геологических тел. Биостратиграфическое расчленение разрезов верхнего мела по данным различных исследователей значительно различается с колебаниями возраста отдельных стратон в объеме веков относительной геохронологической шкалы. Причина этого — приуроченность определенных «трансгрессивных» комплексов фораминифер к фациям (возрастное скольжение которых является законом), что резко снижает их стратиграфическое значение. Поэтому можно заключить, что точная датировка возраста рассматриваемых отложений — задача будущих исследований, которые будут проведены при изучении керна новых сенонских скважин.

По скважинным данным построены карты толщин газсалинской пачки и глинисто-кремнистых отложений нижней подсвиты березовской свиты, по материалам геофизических

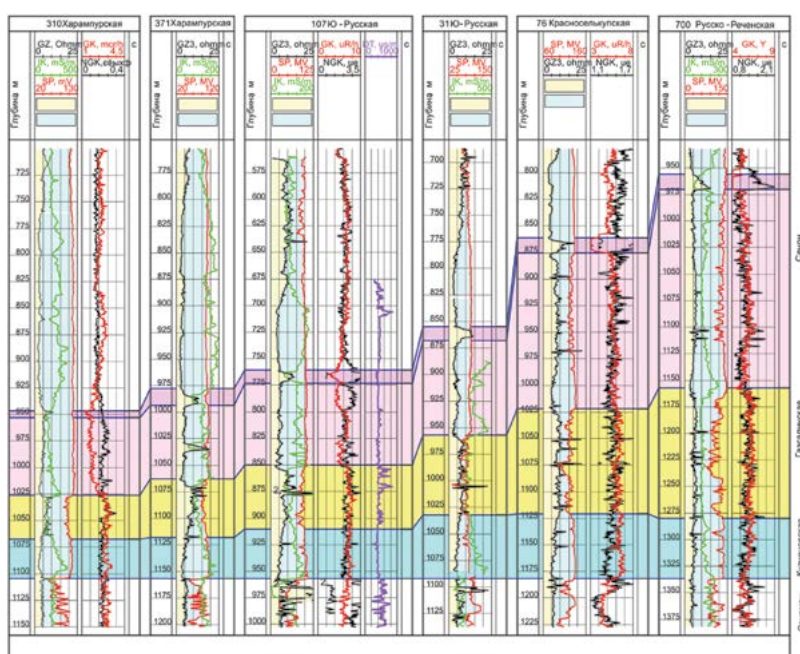


Рис. 1 — Схема корреляции отложений сеномана — сенона от Русско-Реченской до Харампурской площади

Рассмотрены региональные особенности строения и газоносности сенонских отложений. Описана методика картирования зон повышенной продуктивности сенонских газовых залежей по данным сейсморазведки МОГТ 2D и 3D с использованием динамического анализа, детального анализа временных толщин и картированием трещиноватости. Эффективность методики доказана на примере Медвежьего месторождения. Использование данной методики в комплексе со сланцевыми технологиями позволит, в конечном итоге, поддержать уровень добычи газа на месторождениях ПАО «Газпром» в ЗС с падающей добычей сеноманского газа.

Материалы и методы

Скважинная и сейсморазведочная МОГТ 2D, 3D информация по лицензионным участкам ПАО «Газпром» в Западной Сибири, сейсмостратиграфический анализ, геолого-промысловые исследования.

Ключевые слова

Западная Сибирь, Ямало-Ненецкий АО, газ, сенон, сейсморазведка МОГТ 3D, временные толщины, глинистость кремнистые коллекторы, трещиноватость

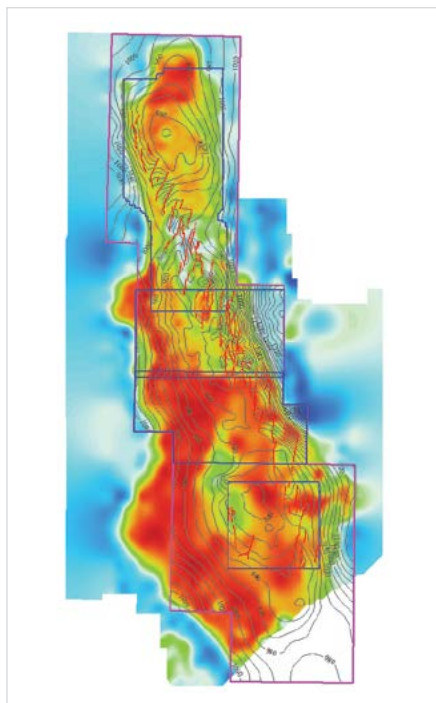


Рис. 2 — Структурная карта по кровле ОГ C_3 с картой абсолютных амплитуд ОГ C_3 в виде цветокодированной подложки, Медвежье месторождение

исследований скважин (ГИС) изучены вариации их литологического состава. Установлены основные закономерности изменения состава и строения турон — сенонских отложений, определяющие типы пород коллекторов и характер газоносности основного — нижнеберезовского резервуара надсеноманского продуктивного комплекса. Они заключаются в следующем:

- обогащение позднемеловых — палеогеновых отложений ЗС биогенно-хемогенным кремнеземом (SiO_2) является отражением глобальной эпохи кремнеаккумуляции в истории Земли;
- накопление осадков сенона ЗС произошло преимущественно (на большей ее части) в глубоководно-морском бассейне, при конседиментационных тектонических движениях, которые (наряду с наличием дельтовых источников питания) определяют изменение толщин рассматриваемых отложений, но (в связи с глубоководностью бассейна) не влияют на их литологический состав, который зависит, главным образом, от расстояния до источников питания бассейна терригенным материалом, наличия глубоководных течений.

На площадном этапе изучения газоносности надсеноманского комплекса были использованы данные сейсморазведочных работ МОГТ 2D и 3D в комплексе с результатами бурения. В результате установлено, что в интервале сенонских отложений достоверно картируются динамические аномалии «типа залежь» (АТЗ), отражающие наличие газовых залежей. Причем эти залежи приурочены к антиклинальным структурам с сеноманскими газовыми залежами. Установлено, что сенонские газовые залежи имеют площадь как меньшую, так и большую по сравнению с сеноманскими залежами.

Рассматриваемые аномалии обусловлены резким понижением акустических жесткостей пород нижней подсвиты березовской свиты за счет газонасыщения. Волновая сейсмическая картина в объеме сенонских залежей является неоспоримым свидетельством их существования и масштабности. Такие аномалии выявлены на Медвежьем, Ямбургском, Вынгайхинском, Вынгапуровском, Ямсовейском, Северо-Комсомольском, Комсомольском, Губкинском, Бованенковском и многих других месторождениях. Наличие газовых залежей в интервале сенонских отложений на этих месторождениях подтверждается газопроявлениями в процессе бурения, низкодебитными притоками газа, полученными при испытании отдельных скважин, данными газового коротажа, повышенными электрическими сопротивлениями пород, резко снижающимися за пределами динамических аномалий.

Наиболее крупную по площади динамическую аномалию такого типа удалось зафиксировать на Медвежьем месторождении (рис. 2). Она приурочена к наиболее приподнятой части Медвежьего мегавала. По площади данная аномалия в полтора раза превосходит сеноманскую газовую залежь. Следует отметить, что контур динамической аномалии отраженной волны C_3 слабо контролируется современным структурным планом — его абсолютные отметки изменяются от минус 980 м на севере и северо-востоке до минус 1120 м на юге. Предполагается, что

газоносность сенона обусловлена заполнением сенонского резервуара газом за счёт глубинной дегазации, которая происходила под сверхвысоким давлением при неотектонических движениях. Сенонские газовые залежи отнесены нами к «флюидодинамическим» и фактически представляют собой рассасывающиеся «газовые пузыри». Эти залежи не имеют подошвенных вод и относятся к гидродинамически замкнутым, в связи с чем они характеризуются наличием АВПД со значениями коэффициента аномальности (K_a) 1,20–1,30 [3].

Если контур газоносности сенонских отложений однозначно картируется сейсморазведкой МОГТ, то оценка эффективных газонасыщенных толщин, как и других подсчетных параметров (в первую очередь, коэффициента газонасыщенности) вызывает серьезные затруднения. Высокая неснижаемая водонасыщенность кремнистых и глинистых пород сенона, в сочетании с их высокой сорбционной способностью затрудняют определение параметров коллекторов при петрофизических исследованиях керна, предполагаемый порово-трещинный микрослоистый тип коллекторов также осложняет их выделение по материалам ГИС. В условиях низкой информативности имеющихся данных ГИС важное значение для изучения газоносности сенона приобретает сейсморазведка МОГТ 3D.

Для картирования наиболее продуктивных участков сенонской залежи Медвежьего месторождения с целью постановки поисково-оценочного бурения по высокоплотным сейсморазведочным данным МОГТ 3D был проведен детальный анализ временных толщин в интервале нижней подсвиты березовской свиты и выполнен прогноз зон наибольшего газонасыщения на качественном уровне, на основе эффекта падения скорости сейсмических волн в газонасыщенных резервуарах, который математически был описан Ф. Гассманом еще в 1951 г. [4]. На первом этапе была выполнена корреляция основных и вспомогательных отражающих горизонтов (ОГ) в целевом интервале разреза: ОГ СЗ (кровля нижней подсвиты березовской свиты), C_4 (средняя часть сенонского интервала), C_{4-1} (подошвенная часть сенонского интервала), C_5 (интервал кузнецовской свиты) и Г (кровля сеномана) (рис. 3).

После увязки между собой прокоррелированных по разным кубам горизонтов, нами были рассчитаны и построены карты временных толщин между этими горизонтами. Для устранения влияния седиментационного фактора, проявляющегося в сокращении общих толщин сенонских отложений от крыльев к своду структуры, каждая карта временных толщин была нормирована на среднюю общую толщину интервала. Далее было нивелировано влияние компрессионного фактора, вызванного уплотнением пород с глубиной и проявляющегося в росте скоростей сейсмических волн. Для этого нормированные карты временных толщин были умножены на отношение постоянных скоростей до верхней точки кровли исследуемого интервала к значениям карты средних скоростей до этого интервала.

В результате были получены карты модельных временных толщин (рис. 4), которые отражают распределение наиболее

перспективных зон сенонских отложений, что подтверждается результатами испытания скважин: скважины, попадающие в зоны максимального увеличения временных толщин, характеризуются наибольшими дебитами. Так, в скважине №3 (номера скважин условные) был получен промышленный приток газа из верхней части интервала между ОГ C4 и C₄₋₁ (рис. 5), который характеризуется максимальным увеличением временных толщин. Интервал притока определен по данным термометрии и влагометрии.

Важное значение для получения промышленных дебитов из порово-трещинных коллекторов сенона имеет изучение естественной трещиноватости этих пород, установленной по данным сейсморазведки МОГТ 3D. Тектоно-диагенетическая трещиноватость сформировалась в результате дегидратации гелеобразного осадка, насыщенного кремнеземом, на этапе диагенеза

и его последующей перекристаллизации. В дальнейшем, на неотектоническом этапе произошло дополнительное растрескивание пород по ослабленным зонам с образованием обширной сети трещин [5]. Для картирования зон трещиноватости был выполнен анализ седиментационных сейсмических срезов, на которых отчетливо прослеживаются полигональные нарушения различной геометрии. Характерно, что интенсивность этих полигональных нарушений увеличивается вблизи сдвиговых разломных зон. Заложение проектных поисково-оценочных и разведочных скважин на сенон, включая горизонтальные, выполнено с учетом положения трещин, закартированных авторами. Положительное влияние трещиноватости на дебитность притоков газа подтверждено скважиной 4С, горизонтальный ствол которой был заложен с пересечением трещинной зоны. На срезе куба когерентности отчетливо

видно, что порт №2 расположен в непосредственной близости от трещины, фиксируемой по данным сейсморазведки (рис. 6). При вскрытии этого интервала произошло увеличение газопоказаний до 19,58%. По данным промыслово-геологических исследований порты гидроразрыва пласта (ГРП), расположенные в непосредственной близости от трещин, характеризуются как максимально работающие.

Полученные результаты подтверждают высокую практическую значимость сенонских отложений для поддержания уровня газодобычи на месторождениях ЗС, особенно при наличии развитой сети естественных макротрещин, фиксируемых по данным высокоплотной сейсморазведки. Геологические ресурсы сенонского газа на севере ЗС соизмеримы с уже существенно выработанными запасами сеноманского газа. Однако доля извлекаемых запасов газа в

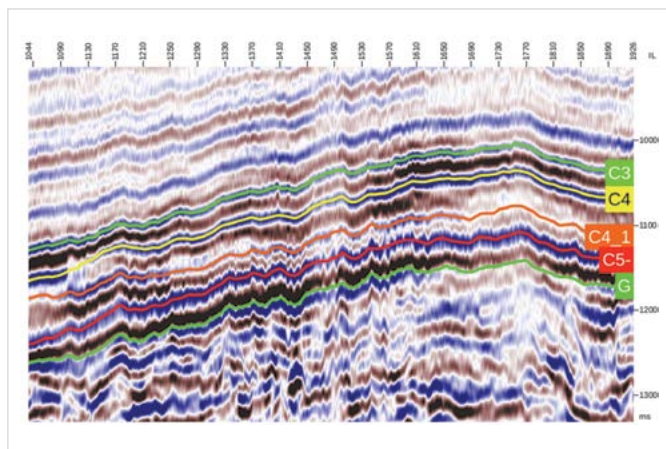


Рис. 3 — Пример прослеживания отражающих горизонтов в интервале надсенонских отложений на разрезе сейсмического куба амплитуд

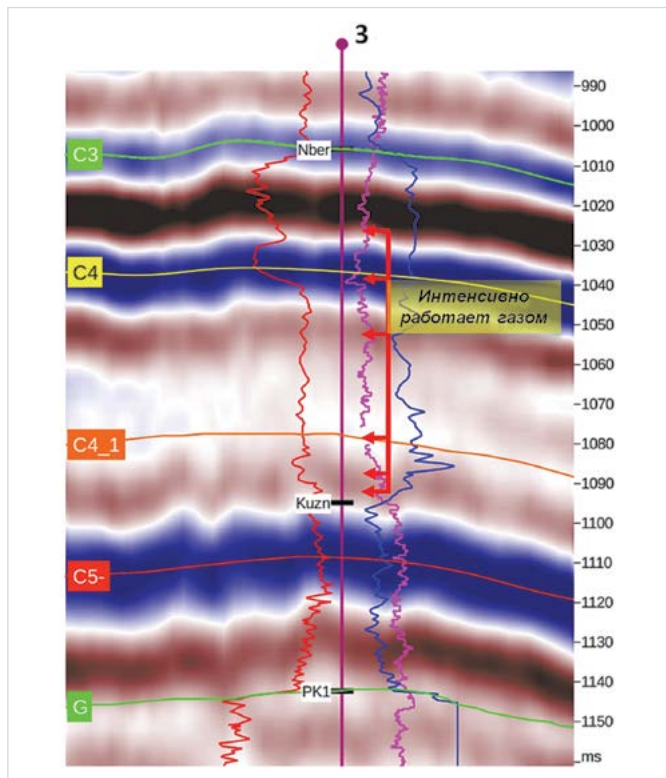


Рис. 5 — Сопоставление работающих интервалов в скв. №3, выделенных по данным ГИС, с данными сейсмического волнового поля

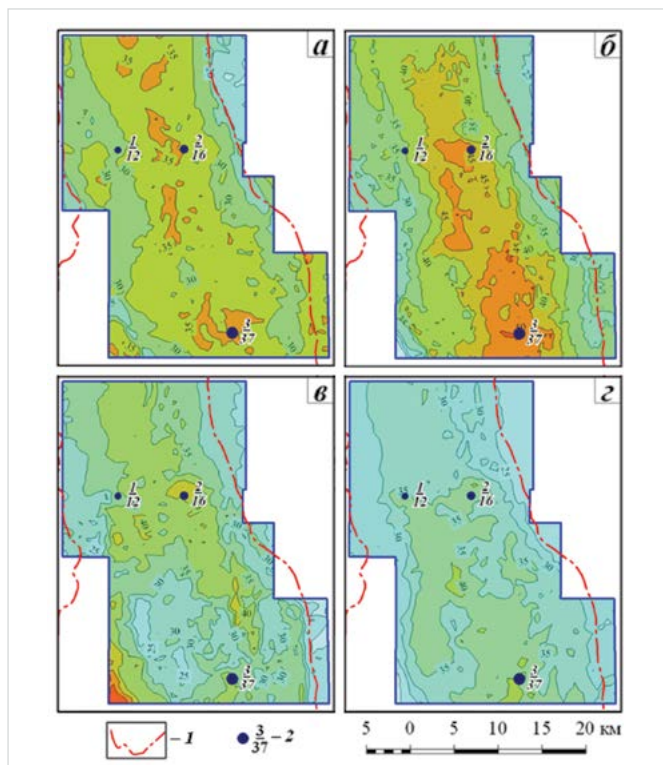


Рис. 4 — Карты модельных изохор между исследуемыми отражающими горизонтами в интервале турон-сенонских отложений: а) C₃-C₄, б) C₄-C₄₋₁, в) C₄₋₁-C₅, г) C₅-Г. 1 — контур динамической аномалии ОВ C3; 2 — условный номер скважины/дебит газа, тыс. м³/сут

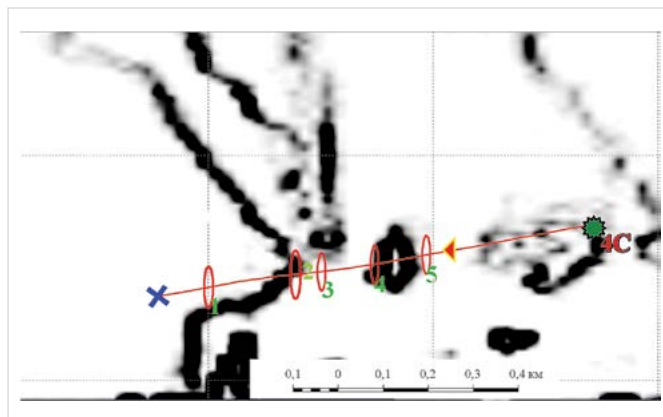


Рис. 6 — Седиментационный срез куба когерентности на уровне второго порта ГРП скв. 4С Медвежьего месторождения

порово-трещинных коллекторах сенона значительно ниже. Поэтому для успешного освоения потенциала сенонского газоносного комплекса необходимо использование «сланцевых» технологий добычи газа, первый опыт применения которых ПАО «Газпром» показал их эффективность.

Итоги

В данной работе доказано, что газсалинская пачка и русско-реченская толща образуют единое седиментационное тело. Также был уточнен границы распространения и возрастной диапазон газсалинской пачки. Определены контуры продуктивности сенонских газовых залежей по ряду месторождений в ЯНАО. Разработана методика прогноза продуктивных зон сенонских газовых залежей с учетом тектоно-диагенетической трещиноватости глинисто-кремнистых резервуаров сенона и результатов детального анализа временных толщин. По результатам исследования выбраны координаты заложения поисково-оценочной скважины, давшей промышленный приток газа из отложений сенона.

Выводы

Результаты выполненных исследований свидетельствуют о значительном потенциале сенонского газоносного комплекса севера ЗС. Они использованы для подготовки проекта геологоразведочных работ на сенонские отложения Медвежьего нефтегазоконденсатного месторождения. Применение высокоплотной сейсморазведки МОГТ 3D для изучения динамических аномалий, детального анализа временных толщин и картирования зон интенсивной трещиноватости позволило выбирать оптимальные участки для заложения специальных сенонских скважин и выбора их траектории. Использование данной методики в комплексе со сланцевыми технологиями позволит, в конечном итоге, поддерживать уровень добычи газа на месторождениях ПАО «Газпром» в ЗС с падающей добычей сеноманского газа.

Список литературы

1. Агалаков С.Е., Бакуев О.В. Новые объекты поисков углеводородов в надсеноманских отложениях Западной

Сибири // Геология нефти и газа. 1992. № 11. С. 25–28.

2. Черепанов В.В., Меньшиков С.Н., Варягов С.А., Оглодков Д.Ю., Бондарев В.Л., Гудзенко В.Т., Миротворский М.Ю. Проблемы оценки нефтегазоперспективности отложений нижнеберезовской подсвиты севера Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2015. № 2. С. 11–26.
3. Нежданов А.А., Огибенин В.В., Скрылев С.А. Строение и перспективы газоносности сенонских отложений севера Западной Сибири // Газовая промышленность. 2012. № 676. С. 32–37.
4. Gassman F. Elastic waves through a packing of spheres // Geophysics, 1951, Vol. 15. pp. 673–685.
5. Пережогин А.С. Перспективы нефтегазосности сенонских отложений Медвежьего месторождения // Известия высших учебных заведений. Нефть и газ. 2014. №3. С. 26–32.

ENGLISH

GEOLOGY

Gas potential of Senonian deposits in the north of Western Siberia

UDC 553.98:553.048:550.831

Authors:

Alexander S. Perezhogin — geologist; a.perezhogin@ggr.gazprom.ru

Alexey A. Nezdhanov — Sc.D. deputy head of centre for research; a.nezdhanov@ggr.gazprom.ru

Alexander S. Smirnov — Ph.D., head of department; a.smirnov@ggr.gazprom.ru

LLC "Gazprom geologorazvedka", Tyumen, Russian Federation

Abstract

Due to the depletion of the significant part conventional reserves of Cenomanian gas deposits in the north of Western Siberia (WS) there was a need to find new, alternative gas production facilities. One of such promising facilities are Senonian deposits from which PJSC "Gazprom" managed to get industrial gas inflows on Medvezhie oil-gas condensate field.

Regional structural features and gas-bearing Cenomanian deposits are considered. A technique for mapping Senonian gas deposits increased productivity zones by CDP seismic data 2D and 3D using dynamic analysis, time thickness detailed analysis and fracture mapping. The effectiveness of a technique is proved by the example of Medvezhie Field. Using of this technique in complex with shale technologies will allow ultimately maintain the level of gas production in the fields of PJSC "Gazprom" in WS with declining production of Cenomanian gas.

Materials and methods

Well and CDP seismic 2D and 3D data on the license areas of PJSC "Gazprom" in Western Siberia, seismostratigraphic analysis, field-geological research.

Results

In this paper it is proved that gasalinsk member and russko-rechenskaya stratum form a single sedimentary body. Were also refined distribution limits and age range of the gas gasalinsk member. Defined pool outline of Senonian gas deposits in a number of fields in the Yamal-Nenets Autonomous District. The method of the forecast production zones Senonian gas deposits based on tectonic and diagenetic fracturing clay-siliceous reservoirs and the results of detailed analysis of time thickness. According to the study selected coordinates laying prospecting and appraisal well, which gave commercial gas inflow from the Senonian deposits.

Conclusions

The results of the research show a significant potential gas-bearing Senonian complex north of Western Siberia. They are used for the preparation of the geological exploration project on Senonian deposits Medvezhie oil-gas condensate field. Application of high-density 3D seismic CDP for the study of dynamic anomalies, detailed analysis of the time thickness and mapping zones of intense fracturing has allowed to choose the best sites for laying special Senonian wells and select their trajectory. Using of this technique in complex with shale technology will allow, ultimately, maintain the level of gas production on the fields of PJSC "Gazprom" in the WS with declining production of Cenomanian gas.

Keywords

Western Siberia, the Yamal-Nenets Autonomous District, gas, Senon, 3D seismic CDP, time thickness, clay-siliceous reservoirs, fractures

References

1. Agalakov S.E., Bakuev O.V. *Novye ob"ekty poiskov uglevodorodov v nadsenomanskikh otlozheniyakh Zapadnoy Sibiri* [New objects on hydrocarbon exploration in the under-Cenomanian deposits of Western Siberia]. *Geologiya nefi i gaza*, 1992, issue 11, pp. 25–28.
2. Cherepanov V.V., Men'shikov S.N., Varyagov S.A., Oglodkov D.Yu., Bondarev V.L., Gudzenko V.T. *Mirotvorskiy M.Yu. Problemy otsenki neftegazoperspektivnosti otlozheniy nizhnerezevovskoy podsvity severa Zapadnoy Sibiri* [Problems relating to estimation of oil and gas potential of nizhne-berezovsky sub-suite in the north of the Western Siberia]. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy*, 2015, issue 2, pp. 11–26.
3. Nezdhanov A.A., Ogiбенин V.V., Skrylev S.A. *Stroenie i perspektivy gazonosnosti senonskikh otlozheniy severa Zapadnoy Sibiri* [Structure and prospects of gas content Senonian deposits of Western Siberia north]. *Gas industry of Russia*, 2012, issue 676, pp. 32–37.
4. Gassman F. *Elastic waves through a packing of spheres*. *Geophysics*, 1951, Vol. 15, pp. 673–685.
5. Perezhogin A.S. *Perspektivy neftegazonosnosti senonskikh otlozheniy Medvezh'ego mestorozhdeniya* [Perspectives of oil and gas bearing senonian sediments of Medvezhye field]. *Higher Educational Institutions News. Oil and Gas*, 2014, Issue 3, pp. 26–32.