

УДК 553.98

DOI 10.31087/0016-7894-2019-1-55-61

## Перспективы газоносности надсеноманских отложений западного купола Северо-Уренгойского месторождения

© 2019 г. | О.А. Молчанов, И.В. Устьянцев, И.Д. Дикамова

ООО «Газпром добыча Уренгой», Новый Уренгой, Россия; o.a.molchanov@gd-urengoy.gazprom.ru; i.v.ustyantsev@gd-urengoy.gazprom.ru; i.d.dikamova@gd-urengoy.gazprom.ru

Поступила 04.07.2018 г.

Принята к печати 12.11.2018 г.

**Ключевые слова:** *трудноизвлекаемые запасы; нетрадиционные запасы газа; низкопроницаемые коллекторы; надсеноманские отложения; газопроявления надсеномана; газоносность сенона; опоки; опокovidные глины; кремнистые аргиллиты; порово-трещинные коллекторы; аномально низкие пластовые давления.*

На стадии значительной выработки запасов сеноманской залежи становится актуальным вопрос о сохранении фонда скважин за счет вовлечения в разработку запасов отложений надсеноманского горизонта, относящихся к трудноизвлекаемым. Перспективы надсеноманского газоносного комплекса принято связывать с газовым потенциалом отложений нижнеберезовской подсвиты. Газоносность свиты подтверждена на месторождениях восточной части Ямало-Ненецкого автономного округа. В пределах центральной части Ямало-Ненецкого автономного округа наличие углеводородов фиксируется по газопроявлениям, по результатам сейсморазведки методом общей глубинной точки. По результатам переинтерпретации сейсморазведочных данных в купольной части западного купола Северо-Уренгойского месторождения предполагаются аномалии типа «яркое пятно», совпадающие с областью высоких удельных электрических сопротивлений. На основе анализа отобранного шлама в интервале надсеноманских отложений выделена пачка кремнистых аргиллитов, которые относятся к потенциальным коллекторам трещинного типа. В качестве первоочередной для испытания нижнеберезовской свиты предложена скв. 15164, где по результатам ГИС отбита пачка кремнистых аргиллитов. Учитывая опыт освоения надсеноманских отложений на месторождениях Ямало-Ненецкого автономного округа, рекомендуется испытать скважину с проведением большеобъемного гидроразрыва пласта с использованием технологической жидкости на углеводородной основе.

Для цитирования: Молчанов О.А., Устьянцев И.В., Дикамова И.Д. Перспективы газоносности надсеноманских отложений западного купола Северо-Уренгойского месторождения // Геология нефти и газа. – 2019. – № 1. – С. 55–61. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-1-55-61.

## Gas potential of the above-Cenomanian series in the western dome of the North-Urengoy field

© 2019 | O.A. Molchanov, I.V. Ustyantsev, I.D. Dikamova

Gazprom добыча Urengoy LLC, Novy Urengoy, Russia; o.a.molchanov@gd-urengoy.gazprom.ru; i.v.ustyantsev@gd-urengoy.gazprom.ru; i.d.dikamova@gd-urengoy.gazprom.ru

Received 04.07.2018

Accepted for publication 12.11.2018

**Key words:** *difficult-to-recover reserves; unconventional gas reserves; low-permeability reservoirs; above-Cenomanian series; gas shows in the above-Cenomanian series; gas shows in the Senonian series; gaize; opoka clay; siliceous argillite; porous-fractured reservoir rock; abnormally low reservoir pressure.*

In the stage of significant depletion of the main Cenomanian pool, abnormally low reservoir pressures, early water encroachment, low efficiency of water insulation works, problem of maintaining the well stock through involvement in the development the above-Cenomanian formations, which are considered difficult-to-recover, becomes essential. Potential of the above-Cenomanian gas-bearing zone is usually associated with gas potential of Lower Berezovka member occurring in 100–150 m above the Cenomanian Top. The member is represented by gaize, opoka clays, siliceous argillites with rare clay siltstone and fine-grained sandstone partings. Gas content of the formation was confirmed in the fields of eastern part of the Yamal-Nenets Autonomous District. Within the central part of the Yamal-Nenets Autonomous District, the presence of hydrocarbons is recorded by gas shows in the course of drilling, well testing in exploration areas, and in the results of CDP seismic data. The results of seismic data reinterpretation in the crestal area of the western dome of the North-Urengoy field show the "bright spot" anomaly coinciding with the area of high resistivity. When drilling sub-horizontal development wells in the North-Urengoy oil and gas condensate field, the drill cuttings description in the well 15313 was carried out. In the above-Cenomanian interval, a member composed of siliceous argillites is identified that is interpreted as potential fractured reservoir. Well 15164 was proposed as a priority for testing the Lower Berezovsky formation, where well logging has revealed a package of siliceous argillite. Taking into account the experience of the above-Cenomanian deposits development in the fields of the Yamal-Nenets Autonomous District, it is recommended to test the well using a large-volume fracturing on a hydrocarbon basis.

For citation: Molchanov O.A., Ustyantsev I.V., Dikamova I.D. Gas potential of the above-Cenomanian series in the western dome of the North-Urengoy field. *Geologiya nefi i gaza = Oil and gas geology*. 2019;(1):55–61. DOI: 10.31087/0016-7894-2019-1-55-61.

## OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Современная стадия эксплуатации Северо-Уренгойского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) характеризуется значительной степенью выработки запасов основного продуктивного сеноманского горизонта, аномально низкими пластовыми давлениями, опережающим обводнением эксплуатационных скважин. Кроме того, малые остаточные газонасыщенные толщины коллекторов и их низкие фильтрационно-емкостные свойства определяют невысокие перспективы ввода в эксплуатацию простаивающих скважин после капитального ремонта.

В рамках Программы освоения нетрадиционных и трудноизвлекаемых ресурсов газа ПАО «Газпром» на перспективу до 2040 г. предлагает ряд источников восполнения минерально-сырьевой базы, к которым относятся сенонские, ачимовские и юрские отложения в Надым-Пур-Тазовском районе Западно-Сибирской нефтегазоносной провинции [1]. Под трудноизвлекаемыми запасами подразумеваются ресурсы нетрадиционных и низкопроницаемых традиционных коллекторов, извлечение которых невозможно без применения специальных технологий. К таким ресурсам в пределах Надым-Пурской и Пур-Тазовской НГО Западно-Сибирской НГП относятся надсеноманские отложения. Длительное время их изучению не уделялось должного внимания. Это связано в первую очередь с доказанной газонасыщенностью сеноманского продуктивного горизонта, где вышележащие отложения рассматривались исключительно в качестве флюидоупора. При этом газопроявления надсеномана объяснялись перетоками газа из более глубоких продуктивных горизонтов. Также значимым фактором являлся нетрадиционный для коллектора литологический состав пород, близкий по характеру к сланцевым отложениям — опоки, опокovidные глины, кремнистые аргиллиты. Среди возможных источников углеводородного сырья в Западной Сибири надсеноманские отложения выделяются в отдельную группу. Перспективы газонасыщенности в этом интервале принято связывать с газсалинской пачкой (туронский ярус верхнего мела). Признаки продуктивности получены при бурении и испытании нижнеберезовских (коньякский, сантонский ярусы верхнего мела) и ганькинских (маастрихтский ярус верхнего мела) отложений [2].

Установлено, что турон-сенонский газоперспективный комплекс гетерогенен по строению, в его пределах выделяются ловушки и залежи двух основных типов. Первый связан с газовыми залежами структурного типа в гранулярных коллекторах (преимущественно глинистых алевролитах с небольшим содержанием песчаной фракции), приуроченных к газсалинской пачке. Залежи газа в газсалинской пачке открыты на Южно-Русском, Харампурском, Верхнечасельском, Ленском, Заполярном месторождениях, где получены промышленные притоки газа и определены его запасы по категориям  $C_1$  и  $C_2$ . Они

расположены в восточной части Ямало-Ненецкого автономного округа, где выделена газсалинская пачка, глинизирующаяся в западном направлении.

Второй тип газонасыщенности рассматриваемых отложений связан с порово-трещинными и трещинно-поровыми глинисто-кремнистыми породами (опоками, опокovidными глинами и глинистыми опоками) сенона. Их газонасыщенность установлена в основном в центральных и западных районах Ямало-Ненецкого автономного округа. Отсутствие до недавнего времени промышленных притоков газа из этих отложений обусловлено малым объемом опробования данного потенциально продуктивного горизонта (рис. 1).

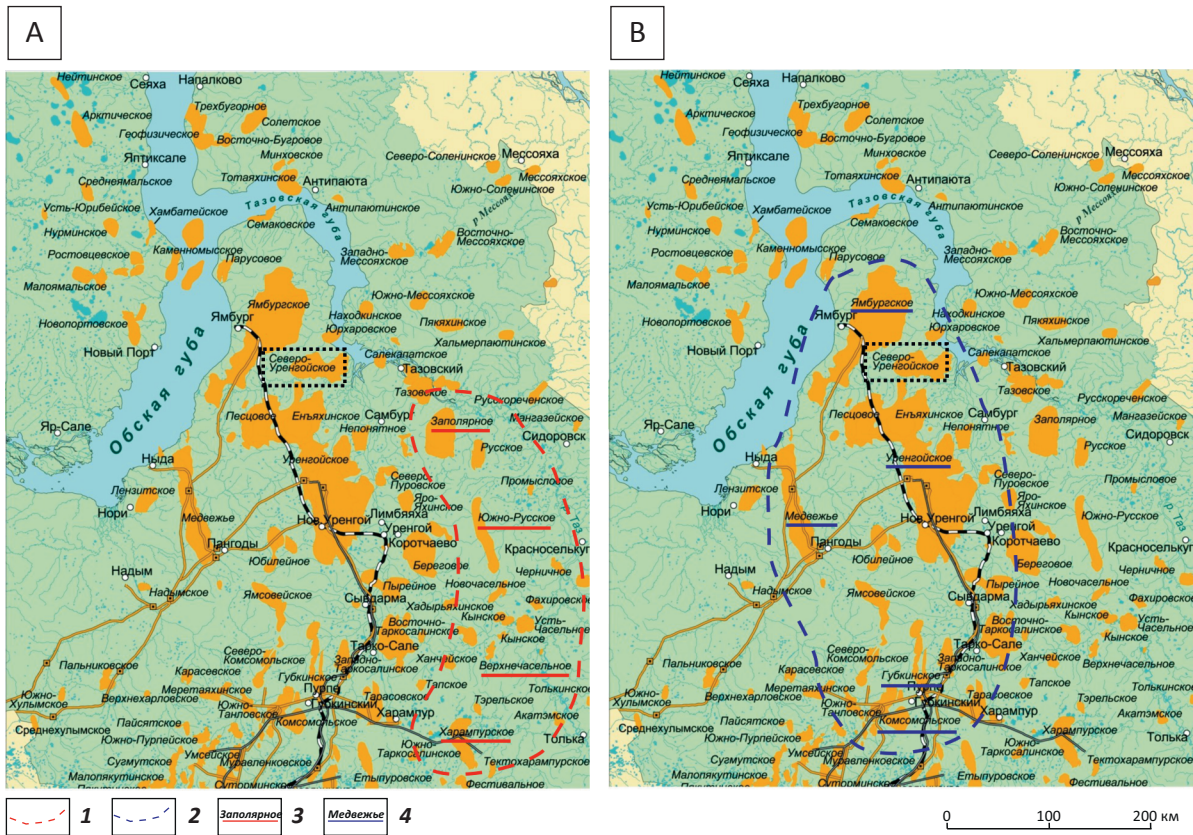
Предполагается, что порово-трещинные коллекторы сенона приурочены к глинисто-кремнистым породам нижней подсвиты березовской свиты и локализируются преимущественно в ее верхней части, которая накапливалась в условиях ограниченного поступления терригенного материала в бассейн осадконакопления. Трещинно-поровые коллекторы сенона связаны с более глинистыми разностями глинисто-кремнистых пород и локализованы преимущественно в нижней части разреза нижней подсвиты березовской свиты, отложения которой осаждались в условиях более интенсивного поступления терригенного материала (Пережогин А.С. Перспективы нефтегазоносности сенонских отложений севера Западной Сибири : автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. Тюмень, 2017. 23 с.).

Перспективные для районов Ямало-Ненецкого автономного округа газонасыщенные отложения нижнеберезовской подсвиты верхнего мела, залегающие на 100–150 м выше кровли сеноманских отложений, представлены темно-серыми с зеленовато-голубым оттенком опоками, опокovidными глинами, кремнистыми аргиллитами с редкими прослоями глинистых алевролитов и мелкозернистых песчаников. По результатам газогеохимических исследований промышленной жидкости и керна, породы подсвиты характеризуются высокими содержаниями метана (до  $114 \text{ см}^3/\text{кг}$ ) с примесью этана (до  $1 \text{ см}^3/\text{кг}$ ) [3].

Наличие углеводородов фиксируется по многочисленным газопроявлениям в процессе бурения, при испытании скважин на разведочных площадях, по результатам сейсморазведки методом общей глубинной точки (МОГТ). Изучение геолого-геофизических материалов позволило выделить признаки единой залежи в нижнеберезовской подсвите на целом ряде месторождений, таких как Уренгойское, Медвежье, Ямбургское, Вынгапурское, Комсомольское, Губкинское [4].

В скв. 431 месторождения Комсомольское опробованы нижнеберезовские отложения с притоком газа дебитом 4,5 тыс.  $\text{м}^3/\text{сут}$  на 6-мм штуцере. В скважинах Пурпейская-101, Ярейская-457 были зафик-

**Рис. 1.** Распространение I (А) и II (В) типов залежей на территории Ямало-Ненецкого АО  
**Fig. 1.** Occurrence of I (A) and II (B) type pools in the Yamal-Nenets AO



**Области распространения (1, 2): 1 — газсалинской пачки, 2 — предполагаемая отложений нижнеберезовской свиты; открытые залежи (3, 4): 3 — I типа, 4 — II типа**

**Occurrence areas (1, 2): 1 — Gazsalinsky member, 2 — expected area of Nizhneberezhovskiy Fm deposits; discovered pools (3, 4): 3 — I type, 4 — II type**

сированы неуправляемые газовые фонтаны со свободным дебитом 10–20 тыс. м<sup>3</sup>/сут, продолжавшиеся длительное время (Шестакова Н.М. Обработка и интерпретация материалов полевых сейсморазведочных работ МОВ ОГТ 3D, полученных на Сеяхинской площади в 2016–2018 гг. Информационный отчет о нефтегазоносности сенонских отложений. Тюмень : ООО «ИНГЕОСЕРВИС», 2018. 18 с.). В 2014 г. на Медвежьем НГКМ были испытаны две скважины с применением гидроразрыва пласта, в результате чего в скв. 60 в интервале 936–1006 м зафиксирован фонтанирующий приток газа на диафрагме 2 мм дебитом 3,25 тыс. м<sup>3</sup>/сут, в скв. 18 при испытании в интервале 953–1012 м без применения методов интенсификации притока получен приток газа дебитом 13 тыс. м<sup>3</sup>/сут на диафрагме 4 мм [2].

На основании проведенных ранее исследований на Медвежьем и Северо-Уренгойском месторождениях выявлено, что сенонские опоквидные глины в естественном залегании находятся под низким горным давлением и характеризуются малой влажностью, что обуславливает их высокую пористость и гиг-

роскопичность. При попадании воды на поверхность пород происходит быстрое их разбухание [5]. Отличительными особенностями сенонских коллекторов являются низкая проницаемость, которая не превышает в среднем  $0,1 \cdot 10^{-3}$  мкм, и высокая пористость, в связи с чем перспективность сенонских отложений во многом связана с наличием порово-трещинных коллекторов. Наличие макро- и микротрещин служит основным фактором для получения промышленного притока углеводородов. В этой связи для извлечения газа из трудноизвлекаемых коллекторов необходимы «сланцевые» технологии, такие как горизонтальное бурение, применяемое на Медвежьем НГКМ, а также многостадийный гидроразрыв пласта. Применение гидроразрыва пласта с использованием технологической жидкости на углеводородной основе может решить проблему сохранения начальных фильтрационно-емкостных свойств коллекторов и получить стабильные промышленные притоки газа.

Согласно данным о запасах, числящихся на Государственном балансе полезных ископаемых РФ по состоянию на 01.01.2016 г., с учетом ресурсов сенон-



## OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

ского комплекса Медвежьего и Падинского месторождений, где газоносность пластов уже подтверждена, запасы газа, приуроченные к низкопроницаемым коллекторам, на текущий момент составляют около 17 % сырьевой базы ПАО «Газпром».

Изучение сеноманских и надсеноманских отложений осуществлялось в пределах Северо-Уренгойского НГКМ. Для оценки коллекторских свойств березовской свиты в 2005 г. специалист ООО «Газпром добыча Уренгой» Г.М. Зайчиков изучил взаимосвязи дебитов газа, характера насыщения сеномана и отложений березовской свиты и аномалий индукционного (ИК), гамма-каротажа (ГК) по 21 скважине Северо-Уренгойского месторождения (рис. 2).

Анализ диапазона изменения аномалий ИК позволил сделать предположение о перспективности коллекторов в кровле березовской свиты, удельное электрическое сопротивление (УЭС) которой сопоставимо с УЭС продуктивного сеномана. Показания ИК в интервале подошвы березовской свиты соответствуют значениям ИК в пределах водоносной части сеномана.

При добурировании эксплуатационных субгоризонтальных скважин на западном куполе Северо-Уренгойского НГКМ в 2006 г. выполнено литологическое описание разреза на основе анализа отобранного шлама скв. 15313. В интервале надсеноманских отложений (1041–1174 м) выделена пачка кремнистых аргиллитов (рис. 3), которые, согласно ряду источников, относят к потенциальным коллекторам трещинного типа.

Согласно С.Е. Агалакову [6], отложения ганькинской и нижнеберезовской свит изменяют значение кажущегося электрического сопротивления пород по диаграммам метода кажущегося сопротивления (КС) от 2–2,5 Ом · м в прогнутых участках разреза до 25–30 Ом · м на сводах структур. Также наблюдается четкая аномалия ИК в кровле нижнеберезовской свиты. Глины кузнецовской, верхнеберезовской и нижней части тибейсалинской свит (палеоген) имеют уровень сопротивлений 2–4 Ом · м, постоянный по всей площади бассейна. Исходя из этого, было сделано предположение, что алевролитистые глины ганькинской свиты, опоки и кремнистые глины нижнеберезовской свиты являются коллекторами, а изменение их сопротивлений зависит от характера насыщающих их флюидов. Глины кузнецовской, верхнеберезовской свит и нижней тибейсалинской подсвиты были отнесены к литологическим экранам.

В рамках авторского надзора ООО «Газпром геологоразведка» выполнен анализ материалов сейсморазведочных работ МОГТ-3D предыдущих лет, переинтерпретация ГИС поисково-разведочных скважин для оценки возможной газоносности, наличия залежей УВ в надсеноманских отложениях. По данным, предоставленным специалистом ООО «Газпром геологоразведка» Ю.А. Загоровским, в пределах Се-

веро-Уренгойского месторождения по результатам анализа сейсморазведочных работ в купольной части в интервале надсеноманских отложений выявлена аномалия типа «яркое пятно» (рис. 4), в плане совпадающая с границами изоом, оконтуривающими область высоких сопротивлений. Следует отметить, что подобная аномалия ранее была прослежена на Медвежьем, Ямбургском, Вынгайхинском, Вынгапурском, Ямсовейском, Северо-Комсомольском, Комсомольском, Губкинском, Южно-Падинском месторождениях. Наличие газовых залежей в интервале сеноманских отложений на перечисленных месторождениях также подтверждается повышенными значениями УЭС пород, показаниями газового каротажа и газопроявлениями.

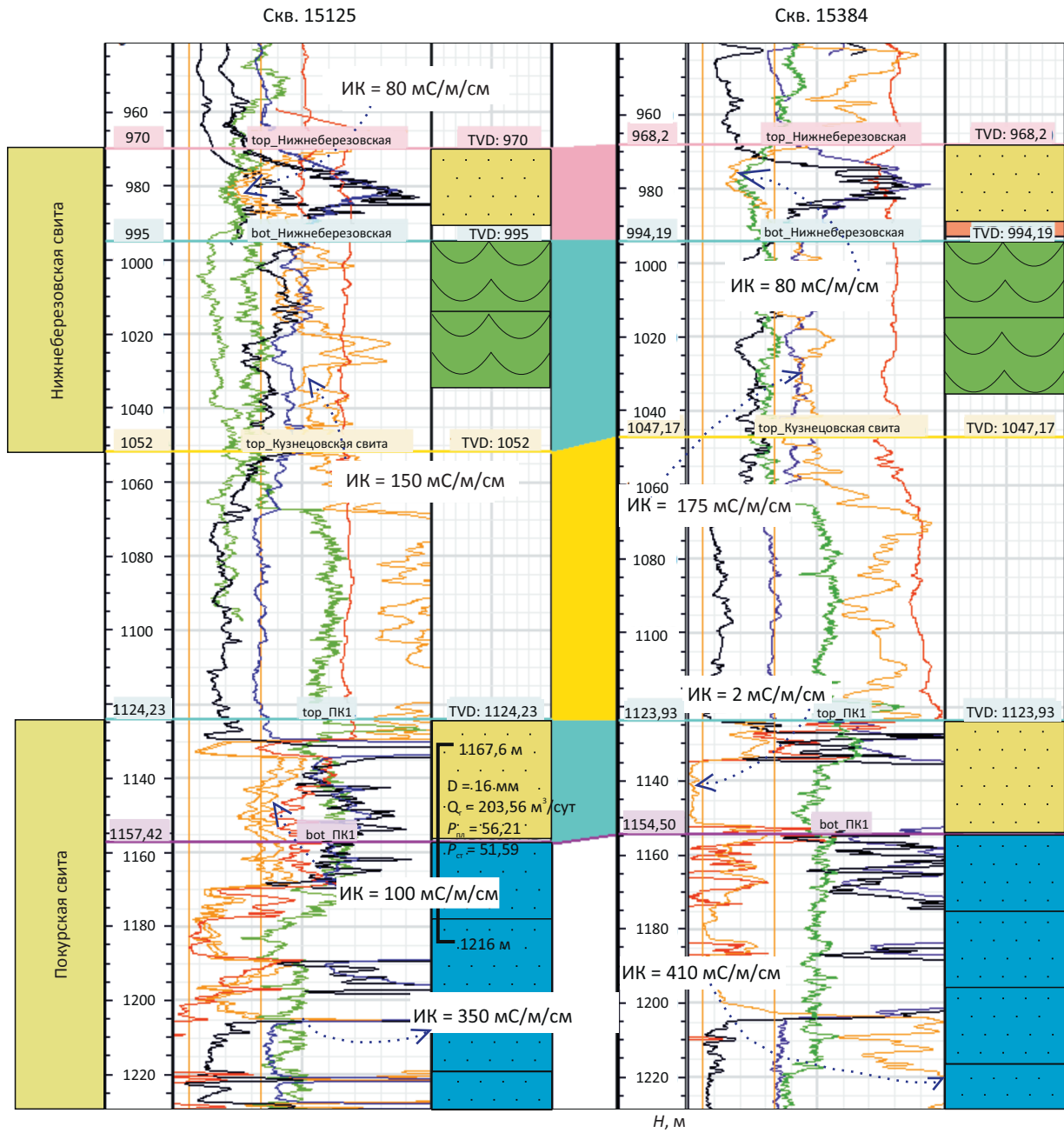
Вблизи контуров продуктивности присутствуют аномалии типа «плоское пятно», что предположительно может быть связано с поверхностью газожидкостного контакта, как это наблюдается и для сеноманской залежи этого же месторождения.

На основании ранее выполненных исследований и с учетом анализа данных фонда скважин Северо-Уренгойского месторождения рассмотрено 16 скважин западного купола, на которых неэффективны существующие виды капитального ремонта скважин (такие, как водоизоляция). По скважинам 15142, 15162, 15164 и 15313 была выполнена межскважинная корреляция (см. рис. 3), в результате которой были выделены интервалы возможных коллекторов.

Таким образом, по комплексу геолого-геофизических данных обозначены перспективные участки для исследования надсеноманских отложений на Северо-Уренгойском месторождении, определены интервалы залегания коллектора, минеральный состав пород. Испытания березовской свиты могут быть проведены в скважинах, планируемых к консервации или ликвидации, на которых неэффективны существующие виды капитального ремонта скважин.

Сеноманские отложения представляют сложный и специфичный тип коллектора, сложенный в различной степени глинисто-кремнистыми породами, подверженными разрушению и набуханию при контакте с водой. Пластово-сводовый тип залежей, наличие экранирующих флюидоупоров в кровле и в подошве березовского горизонта, трещинно-поровый тип коллекторов определяют потенциал применения горизонтального бурения с многостадийным гидроразрывом пласта на стадиях опытно-промышленной и промышленной эксплуатации. Учитывая опыт разработки сланцевых углеводородов за рубежом, при их разработке рекомендуется применение «сланцевых» технологий для интенсификации притока из скважин, многостадийного гидроразрыва пласта с использованием технологической жидкости на углеводородной основе и горизонтального бурения.

Рис. 2. Геолого-геофизический разрез Северо-Уренгойского месторождения  
 Fig. 2. Geological and geophysical cross-section of the North Urengoy field



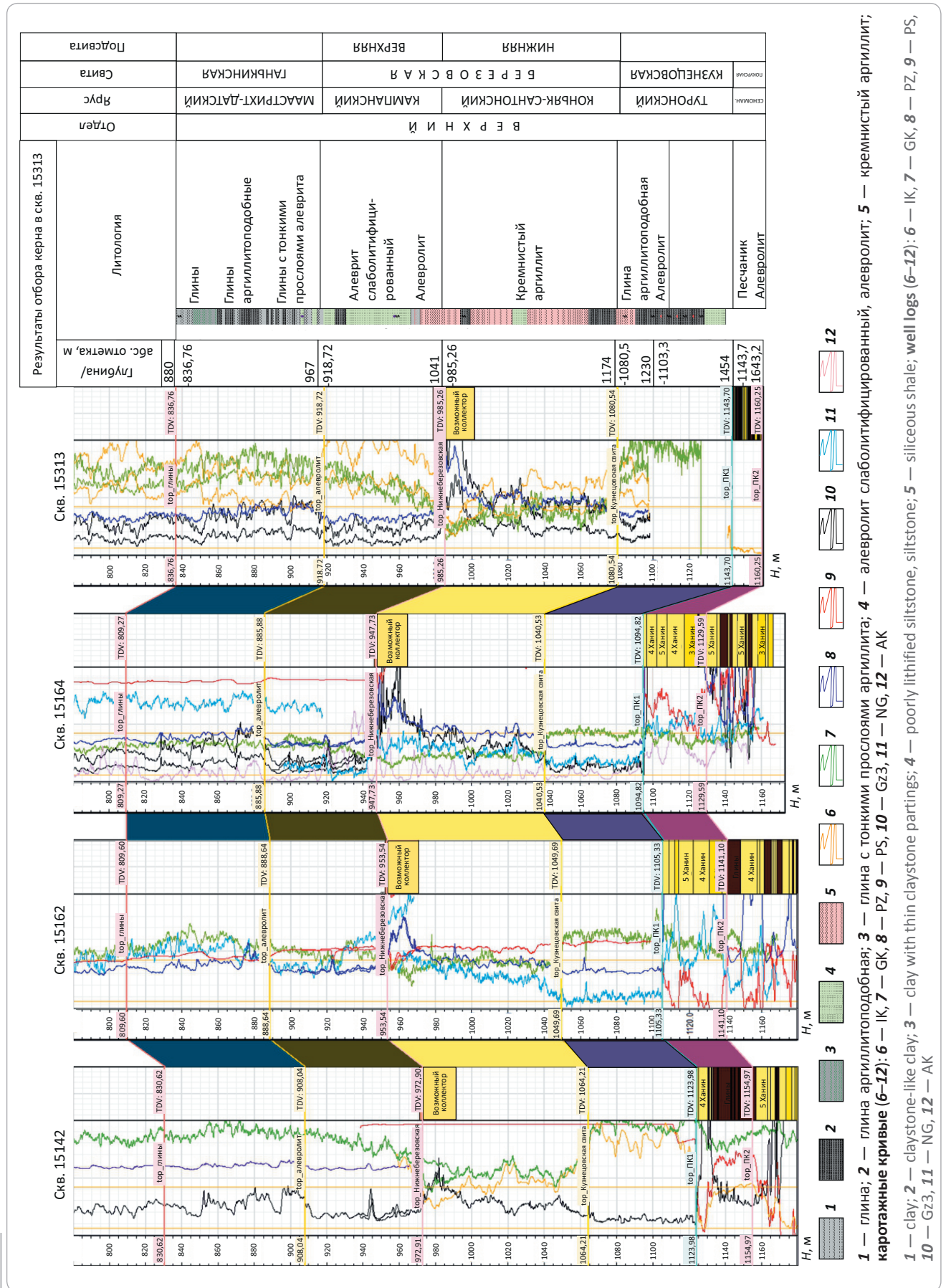
1 — пласт-коллектор; 2 — водоносный пласт; 3 — алевролит; каротажные кривые (4–8): 4 — IK, 5 — GK, 6 — PZ, 7 — PS, 8 — Gz3  
 1 — reservoir; 2 — aquifer; 3 — siltstone; well logs (4–8): 4 — IK, 5 — GK, 6 — PZ, 7 — PS, 8 — Gz3

Надсеноманские продуктивные отложения представляют резерв для прироста запасов газа месторождений, находящихся на стадии падения добычи. Экономическая эффективность разработки данных отложений определяется возможностью перевода ряда эксплуатационных скважин с основного сеноманского

горизонта, развитой инфраструктурой и относительно малыми глубинами залегания (менее 1100 м). Первоочередной выбрана скв. 15164, испытание которой рекомендовано с проведением большеобъемного гидро-разрыва пласта с использованием технологической жидкости на углеводородной основе.

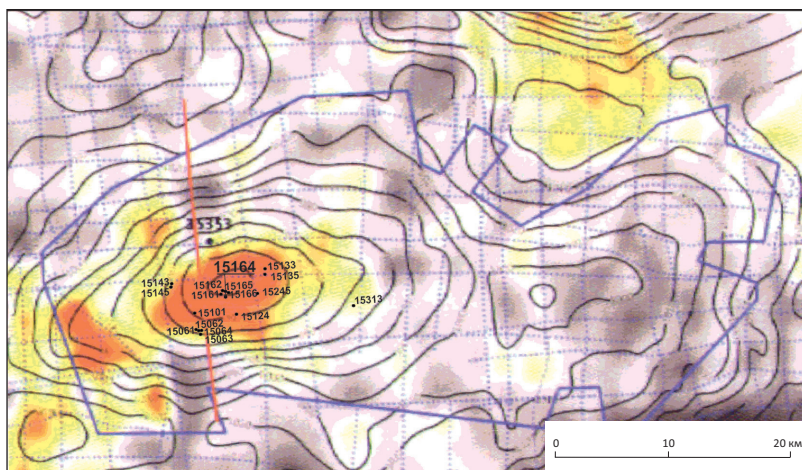
OIL AND GAS POTENTIAL AND GEOLOGICAL EXPLORATION RESULTS

Рис. 3. Геолого-геофизический разрез по скважинам 15142–15162–15164–15313 Северо-Уренгойского месторождения  
 Fig. 3. Geological and geophysical section crossing the wells 15142–15162–15164–15313 of the North Urengoy field



1 — глина; 2 — глина аргиллитоподобная; 3 — глина с тонкими прослоями аргиллита; 4 — алевролит слаблитифицированный, алевролит; 5 — кремнистый аргиллит; каротажные кривые (6–12): 6 — ИК, 7 — GK, 8 — PZ, 9 — PS, 10 — Gz3, 11 — NG, 12 — АК  
 1 — clay; 2 — claystone-like clay; 3 — clay with thin claystone partings; 4 — poorly lithified siltstone, siltstone; 5 — siliceous shale; well logs (6–12): 6 — IK, 7 — GK, 8 — PZ, 9 — PS, 10 — Gz3, 11 — NG, 12 — AK

**Рис. 4.** Потенциально перспективные скважины для испытания надсеноманских отложений Северо-Уренгойского месторождения  
**Fig. 4.** Wells potentially promising for testing above-Cenomanian deposits in the North Urengoy field



### Литература

1. Зинченко И.А., Шарипов Б.И., Швачко Е.В., Перлова Е.В., Шарифутдинов Р.Ф. Программа освоения нетрадиционных и трудно-извлекаемых ресурсов газа // Мировые ресурсы и запасы газа и перспективные технологии их освоения : мат-лы IV межд. науч.-практ. конф. (8–10 ноября 2017 г.). – СПб. : ПАО «Газпром», 2017. – 39 с.
2. Пятницкий Ю.И., Хабибуллин Д.Я., Черепанов В.В. и др. Разработка технологии освоения нетрадиционных коллекторов надсеноманских отложений на этапе геолого-разведочных работ с целью вовлечения ресурсной базы газовых месторождений ПАО «Газпром» в Ямало-Ненецкой АО // Георесурсы. – 2014. – Т. 59. – № 4. – С. 59–64.
3. Бондарев В.Л., Зверева В.Б., Миrotворский М.Ю. и др. Нетрадиционные газы севера Западной Сибири // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2008. – № 10. – С. 4–16.
4. Усачев А.С. Особенности геологического строения сенон-туронских залежей [Электронный ресурс] // Международный студенческий научный вестник. – 2017. – № 6. – Режим доступа: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=17816> (дата обращения: 29.05.2018).
5. Борисов А.Г., Паршуков А.В. Проблемы литологическо-петрофизического изучения сенонских отложений Медвежьего месторождения // Геология и геофизика. Разработка и эксплуатация месторождений углеводородов и строительство скважин. – Тюмень : ООО «ТюменНИИгипрогаз», 2013. – С. 3–7.
6. Агалаков С.Е., Бакуев О.В. Новые объекты поисков углеводородов в надсеноманских отложениях Западной Сибири // Геология нефти и газа. – 1992. – № 11. – С. 25–28.

### References

1. Zinchenko I.A., Sharipov B.I., Shvachko E.V., Perlova E.V., Sharafutdinov R.F. Program for development of unconventional and hard-to-extract gas resources: : mat-ly IV mezhd. nauch.-prakt. konf. (8–10 November 2017). St. Petersburg: PJSC Gazprom, 2017. 39 p.
2. Pyatnitsky Yu.I., Khabibullin D.Ya., Cherepanov V.V. et al. Development of technology for development of unconventional reservoirs of the overlying Cenomanian sediments at the stage of geological survey work with the aim of involving the resource base of Gazprom gas fields in the Yamalo-Nenets Autonomous District. Georesources. 2014;59(4):59–64.
3. Bondarev V.L., Zvereva V.B., Mirotvorsky M.Yu. et al. Unconventional gases of the North of Western Siberia. *Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdenii*. 2008;(10):4–16.
4. Usachev A.S. Features of the geological structure of the Senonian-Turonian deposits. *Mezhdunarodnyi studentcheskii nauchnyi vestnik*. 2017;(6). Available at: <http://eduherald.ru/ru/article/view?id=17816> (accessed 29.05.2018).
5. Borisov A.G., Parshukov A.V. Problems of lithologic-petrophysical study of Senonian deposits of the Medvezhye field. In: *Geologiya i geofizika. Razrabotka i ekspluatatsiya mestorozhdenii uglevodorodov i stroitel'stvo skvazhin*. Tyumen: TyumenNIIGiprogaz; 2013. pp. 3–7.
6. Agalakov S.E., Bakuev O.V. New objects of hydrocarbon prospecting in over-Cenomanian deposits of the Western Siberia. *Geologiya nefti i gaza*. 1992;(11):25–28.