

# ИЗУЧЕНИЕ МАЛОМОЩНЫХ КОЛЛЕКТОРОВ НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ ДАННЫХ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ И ГИС

**А. С. Лаврик**, заместитель генерального директора по геологии

**Л. А. Некрасова**, начальник отдела сейсмической интерпретации, канд. геол.-минерал. наук

**М. М. Кавун**, начальник отделения геологического моделирования, канд. геол.-минерал. наук

**ОАО ЦГЗ**

На одном из месторождений Надым-Пуровской нефтегазоносной области – Новогоднем – основными объектами разработки служат пласты ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> и ЮВ<sub>1</sub><sup>2</sup> васюганской свиты. Известно, что пласт ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup>, содержащий

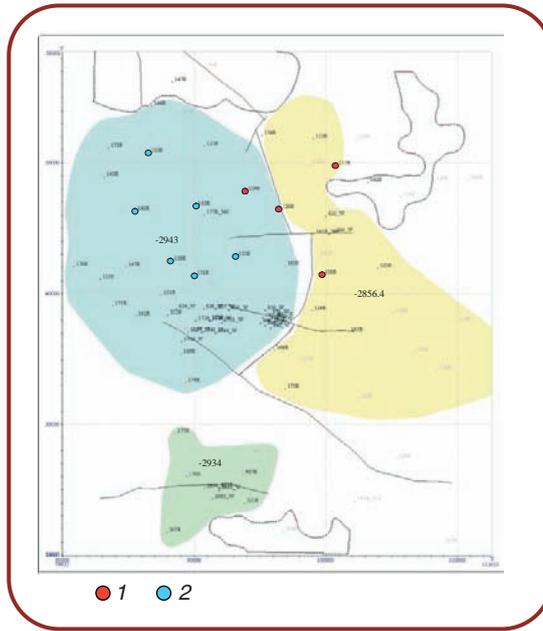
большую часть запасов месторождения, отличается довольно сложным внутренним строением. Коллекторами этого пласта являются массивные песчаники различной зернистости. Положение ВНК установлено по скважинам, вскрывшим на наиболее низких отметках продуктивные интервалы, а на наиболее высоких – водоносные интервалы пласта, в результате чего выделены три залежи: две в центральной части площади и одна на южном поднятии (рис. 1). На основании сравнительного анализа распространения различных типов нефтей по пласту ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> установлено также, что более тяжелые смолистые нефти тяготеют к его восточной зоне, а легкие характерны для западной. Создание геологической модели строе-

ния нефтеперспективного пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup>, разделяющегося в пределах центральной части месторождения на две разнородные области, преследовало цель объяснить различие в положении ВНК и разные свойства нефтей. В качестве рабочей гипотезы было принято предположение о наличии в разрезе пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup> двух частично перекрывающихся гидродинамически изолированных линз коллектора – западной и восточной.

Задача решалась на основе комплексного анализа всей имеющейся информации по скважинным данным совместно с данными сейсморазведки (участок месторождения был покрыт съемками МОГТ-3D и МОГТ-2D). Обработка данных МОГТ-2D и МОГТ-3D выполнялась в едином графе, обеспечившем полное соответствие волновых полей по разным видам съемок.

На основании сейсмомоделирования была выполнена стратиграфическая привязка следующих отражающих горизонтов внутри юрского интервала разреза (рис. 2, а): А – поверхность доюрского основания; Т10 – отражающий горизонт внутри нижне-среднеюрских отложений; Т4, U1\_2, U1\_1 – отражающие горизонты, приуроченные соответственно к кровле пластов ЮВ4, ЮВ<sub>2</sub><sup>2</sup>, ЮВ<sub>1</sub><sup>1</sup>; отражения Т, В – кровля соответственно тюменской и баженовской свит.

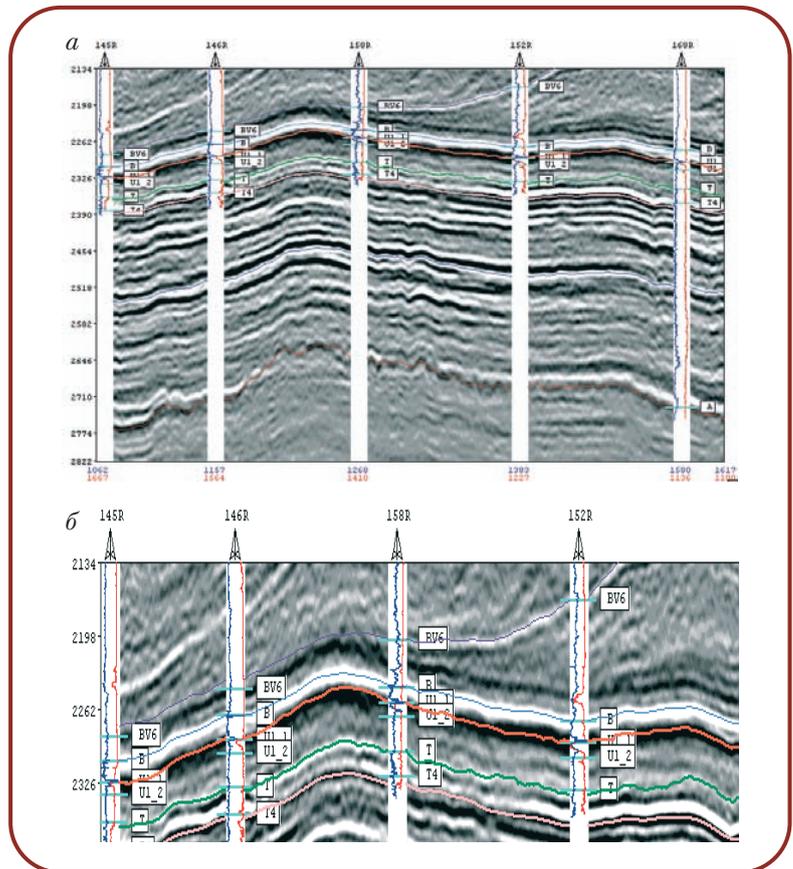
В сейсмическом разрезе достаточно уверенно опознается отражение А. Это наиболее глубокий отражающий горизонт, ниже которого резко меняется характер волнового поля, отображающий дислоцированное строение доюрской толщи. Отражение А приурочено к положительному экстремуму, имеющему сложную конфигурацию, свойственную эрозивной поверхности. Наиболее уверенно на временных разрезах выделяется отражающий горизонт В, которому соответствует высокоамплитудный отрицательный экстремум, ограничивающий пачку относительно согласных юрских отложений. Отражающий горизонт В является опорным. В большинстве скважин площади были вскрыты юрские отложения, что обеспечило уверенную привязку к кровле баженовской свиты. Внутри юрского мегакомплекса, ограниченного отража-



**Рис. 1. Схема размещения зон с разными ВНК в пласте ЮВ<sub>1</sub> Новогоднего и Северо-Вынгапуровского месторождений:**  
1 – скважины с тяжелой нефтью, низким дебитом; 2 – скважины с высоким газовым фактором, высоким дебитом

ющими горизонтами А и В, выделены и стратифицированы следующие отражения: Т10 – разделяющее юрскую толщу на нижний и верхний интервалы; Т4 – кровля пласта ЮВ4; Т – кровля тюменской свиты; U1\_1 и U1\_2 – кровли продуктивных пластов в васюганских отложениях. Интервал временного разреза, ограниченный горизонтами Т и В (рис. 2, б), соответствует отложениям васюганской, георгиевской и баженовской свит верхнеюрского комплекса. Горизонты U1\_1 и U1\_2 в пределах сейсмического куба 3D и сейсмических съемок 2D отображаются соседними положительными экстремумами, местами неразрешенными.

Для повышения разрешенности временных разрезов в целевом интервале были проведены исследования частотного состава волнового поля, а затем применены различные варианты обработ-



**Рис. 2. Результаты стратиграфической привязки отражающих горизонтов в интервале разреза, соответствующем юрским в целом (а) и непосредственно васюганским (б) отложениям**

ки (стандартная, спектральное отбеливание, гармонизирующая деконволюция) с соответствующими им амплитудно-частотными характеристиками сейсмической записи, рассчитанными по целевому интервалу. Установлено, что наиболее высокой разрешенностью и, вместе с тем, лучшей прослеживаемостью сейсмических сигналов характеризуются результаты гармонизирующей деконволюции. В целом, казалось бы, не очень значительное увеличение доли высоких частот в спектре сейсмической записи, полученное в результате фильтраций, заметно изменило форму сигналов.

Далее выполнялись стандартные интерпретационные процедуры: корреляция отраженных волн, структурные построения и динамический анализ различных видов сейсмических атрибутов.

Детальные сейсмофациальные исследования в объеме сейсмического куба 3D проведены на основе седиментационного анализа. Седиментационные слайсы представляют собой динамические срезы сейсмического куба

тирными линиями). Кроме того, на седиментационном слайсе, полученном вблизи кровли сеноманских отложений (рис. 3, б), проявляется аномалия, связанная с наличием здесь газовой залежи. Положение газовой залежи – над восточной линзой, в пределах которой установлено наличие разгазированной (тяжелой) нефти. Там, где это позволяет сделать разрешающая способность сигнала, на сейсмических разрезах (рис. 4, а) удалось проследить границу разделения линз, мощность которых в зоне перекрытия составляет не более 4–6 м. На основании этого в кубе литологии (рис. 4, б) в пределах зоны перекрытия линз, оконтуренной по вышеприведенным признакам, была протрассирована глинистая перемычка между ними, уточненная по скважинным данным.

Дополнительная информация о строении резервуара пласта ЮВ<sub>1</sub> была получена путем анализа структурных построений, совмещенных по двум видам сейсмических съемок – МОГТ-2D и МОГТ-3D; в частности, были использованы данные о последовательной трансформации структурных планов целевых горизонтов в течение юры–мела.

По всем поверхностям выше баженовской свиты (кровли юры) выделяются две структурно-формационные зоны с различным тектоническим режимом – юго-западная и северо-восточная. Морфологически граница этих областей – протяженная линейная зона деформаций северо-западного простирания, представляющая собой набор коротких сбросов и взбросов субмеридионального простирания, оперяющих основной разлом – региональный левосторонний сдвиг (рис. 5). Судя по наблюдаемым смещениям осадочных комплексов, основные подвижки по этому нарушению происходили в конце юры – начале мела, в период глобальной тектонической перестройки.

Юго-западная зона характеризуется в целом унаследованным характером тектонических движений. К началу мезо-кайнозойского цикла седиментации здесь уже существовал приподнятый блок доюрского основания, который выражен уменьшением мощностей вышележащих отложений вплоть до конца юры (горизонт В). Северо-восточная зона в течение раннего мела устойчиво погружалась: лишь с конца сеномана здесь наблюдаются инверсионные восходящие движения. В неогеновое время следующий этап активизации тектонической деятельности привел к значительным изменениям общего морфоструктурного плана. Активные инверсионные движения

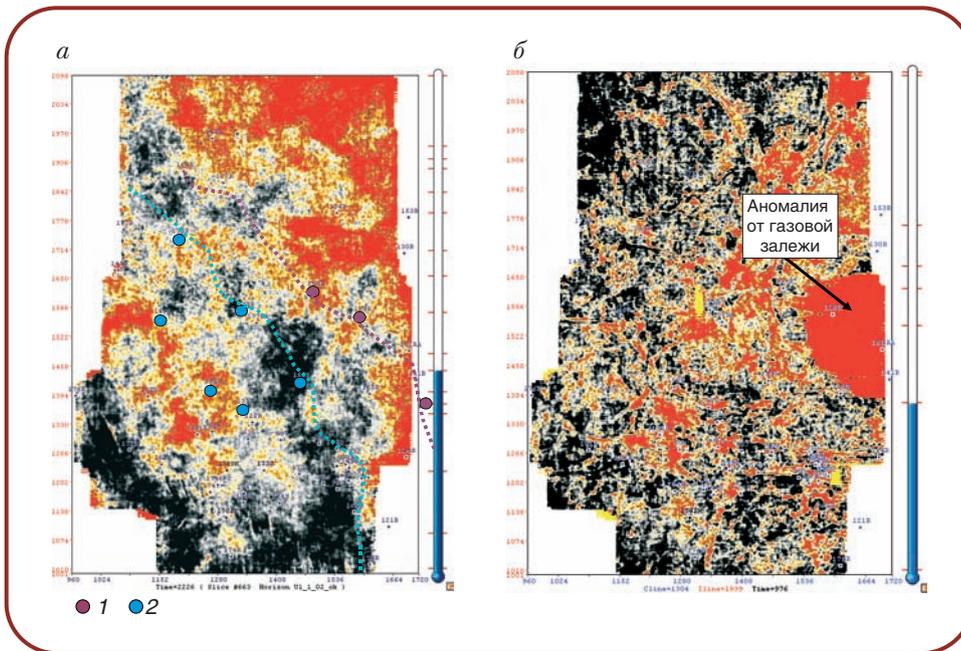
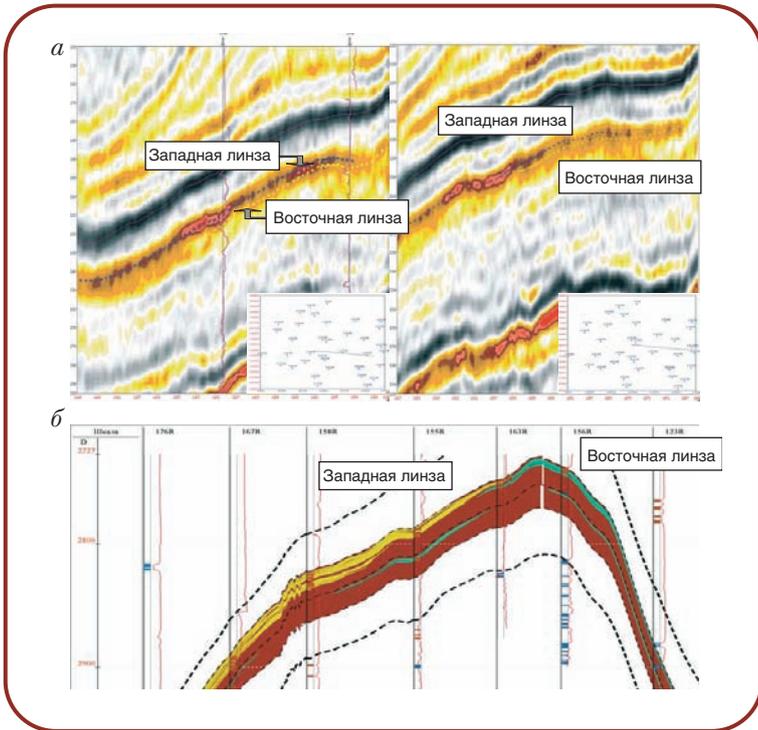


Рис. 3. Седиментационные слайсы по кубу МОГТ-3D вблизи кровли васюганской свиты (а) и кровли сеномана (б): 1 – скважины с тяжелой нефтью, низким дебитом; 2 – скважины с высоким газовым фактором, высоким дебитом

по псевдоизохронным седиментационным поверхностям между основными отражающими горизонтами. Этот подход позволяет наиболее полно извлечь из сейсмической информации различные изменения динамики волнового поля и классифицировать особенности сейсмической записи как фациальную модель процесса седиментации. На рис. 3, а показан седиментационный слайс, выбранный в волновом поле вблизи кровли пласта ЮВ<sub>1</sub>. На слайсе для сопоставления приведены данные по свойствам нефтей в пределах западной и восточной линз коллектора. По этим данным достаточно отчетливо выделяется зона перекрытия этих линз (показана пунк-



**Рис. 4. Выделение западной и восточной линз Новогоднего месторождения:**  
*a* – вертикальные сечения сейсмического куба МОГТ-3D; *б* – разрез куба литологии

сформировали крупные приподнятые блоки северо-западного простирания в центральной и северной зонах площади.

На структурной поверхности по кровле васюганской свиты (см. рис. 5) поднятие на юге представляет собой брахиантиклинальную складку изометричной формы. Ее западное и восточное крылья осложнены структурными носами и заливообразными понижениями рельефа. Брахиантиклиналь в центре площади имеет овальную конфигурацию и простирается на северо-запад. Сводная часть этого высокоамплитудного поднятия приурочена к юго-восточной периклинали структуры. Северо-восточное крыло осложнено пологой заливообразной формой. На крайнем севере исследуемой площади картируется юго-западный фрагмент еще одной структуры.

В целом вверх по разрезу было отмечено выполаживание структуры на юге площади по мере омоложения горизонтов и уменьшение изрезанности контуров основных морфоструктурных элементов. Мощность существенно глинистых глубоководных отложений баженовской и георгиевской свит при этом закономерно увеличивается на северо-восток, отражая продолжающееся погружение в этом районе. Мощность васюганской свиты в целом растет к востоку, увеличиваясь от 60 до 90 м, что вкупе с отличиями в вещественном составе пород дает основания предполагать иной механизм седиментации. Вероятно, по мере нарастания позднеюрской трансгрессии на каждом из соответствующих уровней стабилизации уровня моря формировались песчаные линзы пляжей и баров,

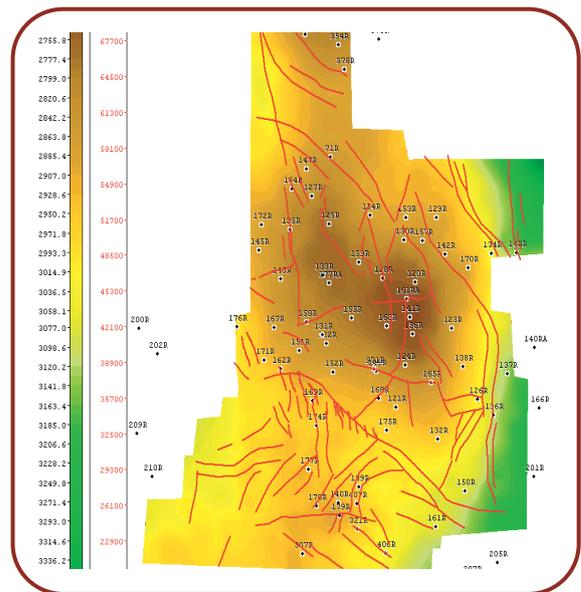
как в ходе переработки волноприбойной деятельностью более древних осадков, так и за счет привноса терригенного материала вдольберевыми течениями.

Как уже отмечалось выше, современный структурный план месторождения формировался в неоген-четвертичное время, когда Ямало-Пуровский район характеризовался наибольшей тектонической активностью. В районе исследуемого месторождения в центральной части площади произошла инверсия, приведшая к формированию крупного куполовидного поднятия. В то же время структуры на юге характеризуются в значительно большей степени унаследованным развитием.

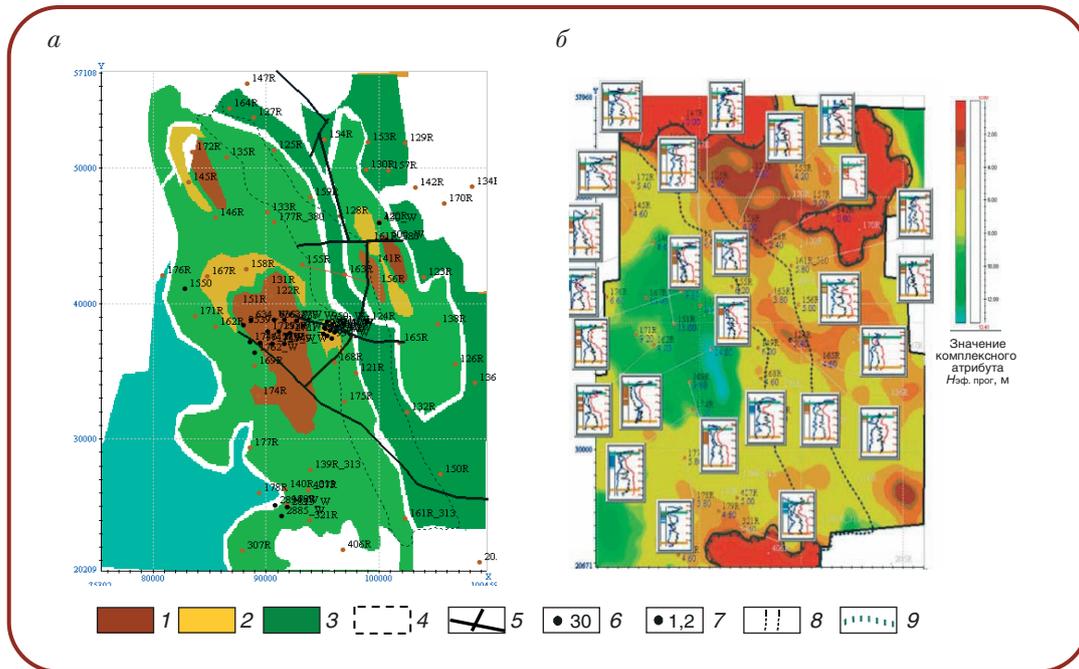
Песчаные фации пласта ЮВ<sub>1</sub> распространены практически на всей исследуемой площади (рис. 6), за исключением северного участка, где в двух скважинах пласт ЮВ<sub>1</sub> полностью глинистый. Значения эффективной мощности центральной части песчаного тела достигают 14 м. Во время формирования отложений пласта ЮВ<sub>1</sub> происходит смещение основного песчаного тела на запад, ближе к основному палеоподнятию. Для района, где получили максимальное развитие коллекторы пласта ЮВ<sub>1</sub><sup>2</sup>, характерны свойства ухудшенных коллекторов пласта ЮВ<sub>1</sub>.

Восточнее этого участка наблюдается зона понижения эффективных толщин пласта ЮВ<sub>1</sub> (см. рис. 6). Далее на восток картируется зона некоторого увеличения эффективных толщин песчаного тела со значениями от 3 до 5,8 м. Образование этого тела связано с присклоновой более глубоководной частью палеоподнятия. По всей видимости, оно образовалось на более раннем этапе, чем западный бар.

На основе анализа каротажных фаций была сделана попытка их районирования по площади (см. рис. 6, *a*). В ре-



**Рис. 5. Структурная карта по кровле васюганской свиты**



**Рис. 6. План-диаграмма по пласту ЮВ<sub>1</sub> (а) и строение песчаного тела этого пласта (б):**  
 1 – вдольбереговые бары; 2 – забаровые песчаные тела; 3 – шельфовая равнина; 4 – зона перекрытия нижней и верхней песчаных линз пласта ЮВ<sub>1</sub>; 5 – изолирующие нарушения; 6 – положение и номер скважин; 7 – значение эффективной толщины, м; 8 – границы перекрытия западной и восточной линз; 9 – зона глинизации коллектора

в результате выделены три песчаных баровых тела, ориентированных вдоль палеосклона и характеризующихся относительно высокими мощностями. Они разделены выдержанными по мощности песчаными пластами шельфовой равнины, выклинивающимися в зонах палеодепрессий (глинизации). Отчетливо выделяется зона разграничения восточного и западного баровых тел: ее конфигурация в целом совпадает с предполагаемой областью перекрытия линз и с зоной пониженных значений эффективных толщин.

Как уже отмечалось, на сейсмических профилях для всей васюганской толщи фиксируется ее подошвенное налегание на восточный борт центрального палеогорста, с пологим падением и разрастанием мощностей элементарных дельт на запад. Как правило, такая картина свидетельствует о формировании седиментационных комплексов путем заполнения осадками вырабатываемых волноприбойных прибрежных уступов вверх по палеосклону. На сейсмическом слайсе куба амплитуд, выбранном близ кровли васюганской свиты (см. рис. 3, а), ступень палеорельефа, сопоставляемая в исследованиях с областью перекрытия линз, практически полностью совпадает с зоной повышенных значений амплитуд.

Окончательно модель седиментации пласта ЮВ<sub>1</sub> выглядит следующим образом. Отложения пласта формировались на заключительном этапе регрессивного развития верхнеюрского бассейна: поступление песчаного материала было более интенсивным, чем во время формирования пласта ЮВ<sub>2</sub>. Предполагается, что в ходе начавшейся трансгрессии сформировалось минимум два морфологи-

чески отдельных песчаных тела, частично сливающихся и перекрывающих друг друга, с миграцией депоцентров вверх по склону палеоподнятия, т. е. на юго-запад. Их ступенчатое гипсометрическое положение фиксирует этапы стабилизации уровня моря, во время которых происходила переработка и сортировка терригенного материала. При этом линзы последовательно замещали друг друга, образуя пологие дельтовые клинья.

Зона тяжелых нефтей (низкодебитных скважин) соответствует наиболее приподнятой в современном структурном плане восточной части Новогоднего поднятия, а нефти с высоким газовым фактором фиксируются в высокодебитных скважинах в относительно пониженной юго-западной части. Наиболее логичным объяснением представляется механизм дегазации восточной залежи в момент неогеновой инверсии, когда по неизбежно образующимся трещинам тектонического кливажа легкие фракции мигрировали вверх по разрезу. В пользу этой версии косвенно свидетельствует и газовая шапка на уровне сеномана, как раз в своде структуры. Западная залежь находится в области устойчиво развивавшегося поднятия, где общая инверсия, видимо, не привела к столь существенным последствиям.

Таким образом, все приведенные материалы доказывают наличие пологой глинистой переемычки, проходящей между восточной линзой, более древней и расположенной ниже в палеорельефе, и западной, более мощной. Такая переемычка, вероятно, могла сыграть существенную роль в ограничении миграции более подвижных, «газированных» нефтей западной линзы на восток.