



УДК 553

## ОСОБЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ КАРБОНАТНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В СИЛУРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЯХ ДЕНИСОВСКОЙ ВПАДИНЫ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ



## PECULIARITIES OF GEOLOGICAL STRUCTURE OF CARBONACEOUS POOLS IN SILURIAN SEDIMENTS OF DENISOVSKAYA DEPRESSION AT THE TIMAN-PECHORA PROVINCE

**Хворост Ирина Михайловна**

Геолог 1 категории,  
ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг»  
филиал «ПермНИПИнефть»  
Irina.Hvorost@pnn.lukoil.com

**Khvorost Irina Mikhailovna**

Geologist first category,  
LUKOIL-Engineering Ltd.  
PermNIPIneft branch  
Irina.Hvorost@pnn.lukoil.com

**Аннотация.** В данной статье, на основе имеющейся геолого-геофизической информации и результатов бурения скважин отмечены особенности строения природных резервуаров в силурийских карбонатных отложениях в пределах Денисовской впадины и выделены их типы.

**Annotation.** The article is based on geological and geophysical information and the results of well drilling. Peculiarities of the natural pools' structure in Silurian carbonaceous sediments within Denisovskaya depression are listed and the types of these pools are revealed.

**Ключевые слова:** Денисовская впадина, силурийские отложения, природные резервуары.

**Keywords:** Denisovskaya depression, Silurian sediments, natural basins.

В последнее десятилетие на территории Денисовской впадины проводится большой объем геологоразведочных работ и поисково-разведочного бурения. В результате уточнено геологическое строение территории и открыт ряд месторождений в верхнедевонских, каменноугольных и нижнепермских отложениях. Однако перспективы нефтегазоносности силурийских карбонатов пока остаются дискуссионными. Возможно, это связано как со сложным геологическим строением территории, так и с отрицательными результатами бурения большей части немногочисленных скважин, вскрывших силурийские образования.

В работе, на основе имеющейся геолого-геофизической информации и результатов бурения скважин, отмечены особенности строения природных резервуаров в карбонатных отложениях нижнего и верхнего силура.

Отмечено, что на строение природного резервуара влияет состав и строение слагающих его отложений, которые зависят от условий осадконакопления и характера вторичных преобразований.

Карбонатные резервуары в силурийских отложениях характеризуются неоднородным строением, что связано со сложными палеоструктурными условиями, существовавшими в силурийско-раннедевонское время на территории Денисовской впадины. Большую роль при формировании пород-коллекторов сыграли также блоковая тектоника территории и постседиментационные преобразования карбонатных пород силурийского возраста. Совокупность указанных факторов предопределяет перспективы отложений силурийского возраста и позволяет рассматривать выявленные локальные объекты для постановки геологоразведочных работ и глубокого бурения. Далее будет рассмотрен каждый из основных факторов, и представлена степень их влияния на формирование природных резервуаров УВ в пределах Денисовского прогиба.

*Условия осадконакопления.* Процессы осадконакопления отложений ордовикско-нижнедевонского комплекса в пределах Денисовской впадины контролировались существовавшими в то время Лайско-Лодминским палеоподнятием, осложненным Мишваньским палеограбеном, а также Колвинским и Печоро-Кожвинским палео-прогибами.

Сейсмическими исследованиями и результатами бурения скважин на территории Денисовской впадины установлен выход раннесилурийских карбонатов на поверхность в своде Лайско-Лодминского палеоподнятия. На склоне палеоподнятия отмечено распространение позднесилурийских отложений, которые в различной степени эродированы и перекрыты позднедевонскими породами. В пределах ранее существовавших палеопрогибов происходило накопление не только пород силурийского возраста, но также глинисто-карбонатных отложений раннего девона.

На большей части Денисовской впадины в раннесилурийское время осадки накапливались в условиях нижней сублиторали. Они представлены известняками тонко-, мелкозернистыми, массивными, в которых практически отсутствует первичная пористость.



В пределах Лайско-Лодминского палеоподнятия в раннесилурийскую эпоху осадконакопление проходило в условиях верхней сублиторали.

Для фаций верхней сублиторали характерно обилие и разнообразие водорослей и нормального морского бентоса: кораллов, строматопор, криноидей, брахиопод, гастропод. Здесь были широко развиты толстослоистые илово-зернистые пеллитово-водорослевые, пеллоидно-водорослевые, пеллоидно-биокластовые (вторичные) доломиты [1].

Так, в скважине 1-Верхнеподминская, расположенной в южной части Лайско-Лодминского палеоподнятия, в известняках выделены биокласты строматопороидей и водорослей, что говорит о накоплении нижнесилурийских карбонатов в зоне верхней сублиторали, где возможно развитие биостромов небольшой мощности. По сейсмическим данным в нижнесилурийском интервале выделены и протрассированы зоны лито-фациальных изменений, предположительно связанные с развитием карбонатных построек типа биостром. Такая зона выделена в районе Верхнеподминской структуры.

Условия литорали в пределах Денисовской впадины предположительно существовали на склонах Лайско-Лодминского палеоподнятия в позднесилурийское время. Здесь накапливались известняки тонко-мелкозернистые, слоистые, с прослоями аргиллитов и мергелей, которые практически не содержат коллекторов.

Таким образом, на основе анализа условий осадконакопления отмечено, что наилучшими первичными коллекторскими свойствами обладают карбонатные отложения верхней сублиторали. Предполагается, что в выделенных по сейсмическим данным нижнесилурийских органогенных постройках, первичная пористость будет выше за счет неплотной упаковки и наличия пустотного пространства слагающего их органогенного материала.

*Вторичные преобразования.* Большую роль в формировании коллекторских толщ сыграли не только условия осадконакопления, но также их вторичные изменения.

Так, в силурийских карбонатах Денисовской впадины решающую роль в образовании пустотного пространства пород сыграли процессы перекристаллизации, доломитизации, выщелачивания и трещинообразования.

Например, в скважине 52-Командиршорская в нижнесилурийском интервале разреза по шлифу описаны доломиты вторичные (по сгустково-комковатому известняку), тонко-, мелкозернистыми, с редкими открытыми порами выщелачивания.

В скважине 3-Сев. Командиршорская в силурийском интервале в мелкозернистых известняках отмечены трещины, залеченные кальцитом. По промыслово-геофизическим данным в скважине коллектора не выделяются.

Таким образом, на основе керновых данных и материалов шлифов скважин отмечено, что процессы доломитизации, перекристаллизации и выщелачивания улучшили коллекторские свойства горных пород, кальцитизация – напротив привела к их ухудшению.

Как было отмечено выше на коллекторские свойства отложений повлияли условия их осадконакопления и последующие процессы вторичных изменений. Однако для формирования залежей углеводородов необходимым условием является также наличие флюидоупоров.

В Денисовской впадине региональной покрывкой для залежей углеводородов в силурийских отложениях служит толща глинисто-карбонатных пород тиманско-саргаевского возраста. Также прослеживаются внутрирезервуарные флюидоупоры, представленные глинисто-карбонатными пачками, которые накапливались в регрессивные фазы развития территории.

Природные резервуары в силурийских отложениях Денисовской впадины характеризуются сложным геологическим строением, что связано с палеоструктурными условиями, существовавшими в силурийско-раннефранский период развития территории. В связи с этим в пределах впадины можно выделить три типа природных резервуара.

**1 тип.** *Карбонатные природные резервуары нижнесилурийских отложений, залегающие непосредственно под тиманско-саргаевскими глинисто-карбонатными породами.*

Данный тип резервуара характеризуется неоднозначным строением. На первый взгляд, все скважины, вскрывшие нижнесилурийские карбонаты под региональной тиманско-саргаевской покрывкой, должны содержать хорошие коллекторы. Однако бурение скважин 1-Баяндыская и 1, 2-Верхнеподминские не подтверждают данное предположение. В скважинах зафиксировано отсутствие коллекторов в верхней части седьельского горизонта нижнего силура (рис. 1).

В скважине 1-Баяндыская седьельские карбонаты представлены известняками серыми, мелкозернистыми, доломитизированными, плотными, неравномерно глинистыми, с примесью терригенного материала.

Верхняя часть седьельского горизонта, в скважине 1-Верхнеподминская сложена тонкозернистыми и сгустково-комковатыми известняками, и коллекторов не содержит. В нижней части горизонта отмечено улучшение коллекторских свойств за счет вторичной доломитизации по органогенно-детритовым и сгустково-комковатым известнякам.

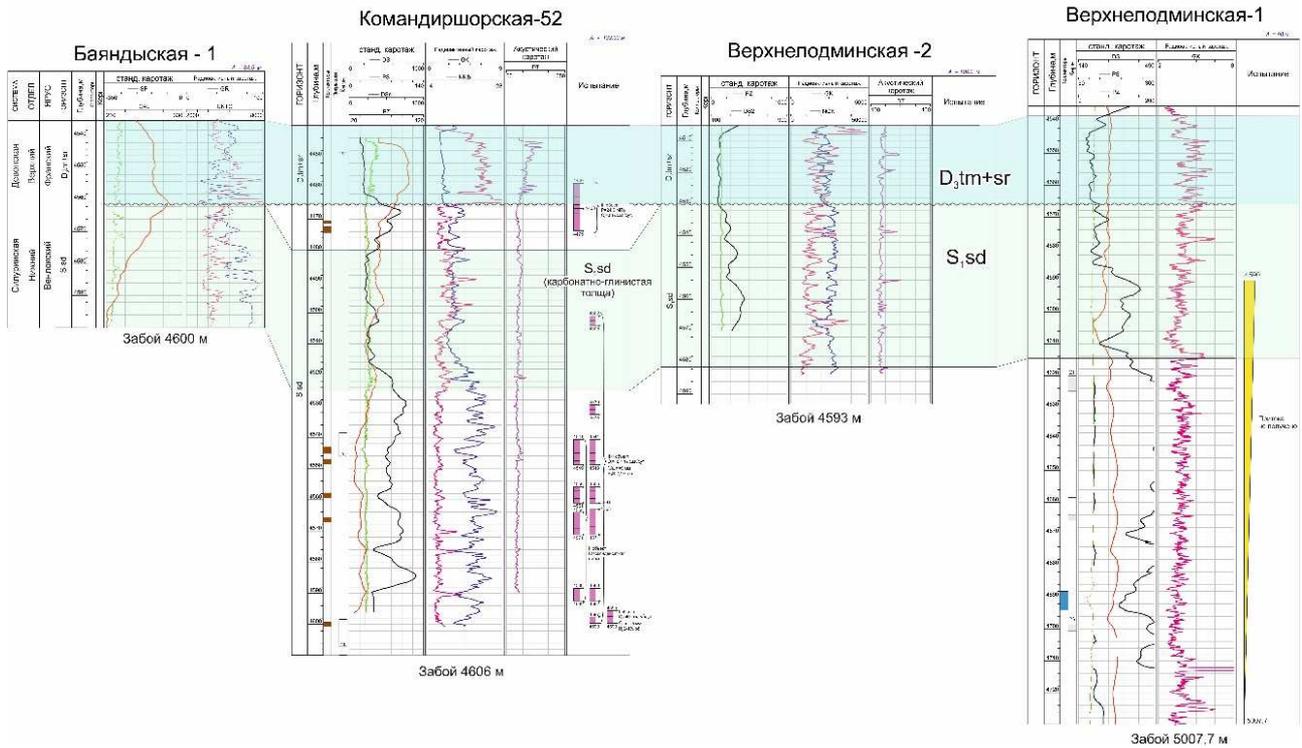


Рисунок 1 – Схема сопоставления нижнесилурийских отложений

Предполагается, что при выходе нижней части седельского горизонта под поверхность пред-позднедевонского размыва за счет эпигенетических процессов проницаемость пластов-коллекторов будет возрастать.

На сегодняшний день в пределах Денисовской впадины в природном резервуаре данного типа установлена единственная газоконденсатная залежь на Западно-Командиршорском-II месторождении. Месторождение поставлено на Госбаланс в 1999 году.

В настоящей работе на основе имеющейся геолого-геофизической информации выполнено уточнение стратиграфических разбивок по скважине 52-Командиршорская и строения Западно-Командиршорского-II месторождения (рис. 2).

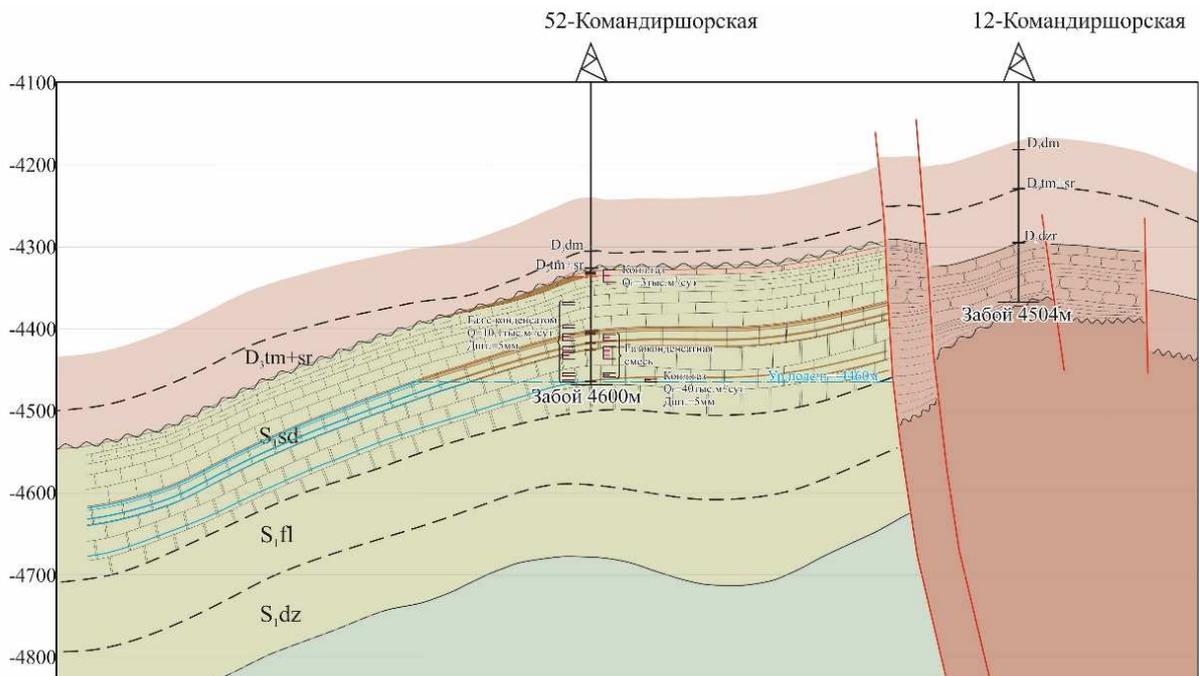


Рисунок 2 – Геологический разрез силурийской залежи Западно-Командиршорского-II месторождения



В скважине 52-Командиршорская в верхней части седьельского горизонта по материалам ГИС установлены пласты-коллекторы общей мощностью 2,7 м, представленные вторичными доломитами пористостью 19,4–20,6 %. При опробовании интервала в эксплуатационной колонне получен приток газа дебитом 3 тыс. м<sup>3</sup>/сут через штуцер 2,5 мм.

Ниже разрез сложен толщей плотных, тонко-, мелкозернистых, горизонтальнослоистых, прослоями глинистых известняков, мощностью 60 м. Предполагается, что эти отложения являются локальным флюидоупором, отделяющим «верхнюю» залежь от нижней («основной»).

«Верхняя» залежь представляется пластовой, сводовой, литологически ограниченной и тектонически экранированной с востока. Коллектор сложен вторичными доломитами, предположительно порово-кавернового типа. Покрышкой служат тиманско-саргаевские глинисто-карбонатные отложения.

«Основная» залежь – массивная, сводовая, тектонически и литологически экранированная с севера и востока; с запада и юга она ограничена уровнем подсчета. Коллектор представлен доломитизированными известняками порово-кавернового типа. По промыслово-геофизическим данным в скважине 52-Командиршорская выделены продуктивные коллекторы суммарной мощностью 6,8 м и пористостью 7,4–13,1 %. При испытании в эксплуатационной колонне получен приток газоконденсатной смеси. Максимальный дебит газа 10,1 тыс. м<sup>3</sup>/сут получен при работе скважины через штуцер 5 мм. Газоконденсатная смесь характеризуется высоким содержанием жидкой фазы.

Строение месторождения доказывает неоднородный состав седьельской карбонатной толщи, сложенной чередованием пластов-коллекторов и плотных пород, что связано с изменениями условий осадконакопления в раннесилурийскую эпоху.

**2 тип.** *Карбонатные природные резервуары в гердьюских отложениях верхнего силура, покрышкой служат тиманско-саргаевские породы верхнего девона.*

Породы гердьюского горизонта на большей части исследуемой территории не содержат пород-коллекторов. Их формирование возможно в тектонически ослабленных зонах. Трещиноватость отложений обуславливает возможность образования природных резервуаров нефти и газа в плотных породах, не обладающих пористостью, а также в породах, отличающихся повышенной сорбционной способностью. В последнее время накоплен большой фактический материал, позволяющий считать, что именно благодаря образованию интенсивной трещиноватости различного генезиса в породах создаются дополнительные пустоты и значительно повышаются фильтрационные свойства толщ, это способствует формированию залежей в неструктурных условиях [2].

Однако трещинообразование в большей степени зависит от структурной неоднородности отложений – смешанного известняково-доломитового состава, разномасштабности, неравномерной перекристаллизации, примеси глинистого и органического материала.

Карбонатный резервуар такого типа вскрыт единственной скважиной, пробуренной в центральной части Денисовской впадины. В скважине гердьюские отложения представлены вторичными доломитами известковистыми, серыми, мелкокристаллическими, трещиноватыми, слабокавернозными, местами трещины залечены включениями кальцита. Отмечаются прослои аргиллитов. По материалам ГИС в скважине выделены водо- и нефтенасыщенные коллекторы суммарной мощностью 25 м и пористостью 9–19 %. При перфорации интервала получен приток нефти дебитом 13,3 м<sup>3</sup>/сут. через штуцер 4,76 мм.

На основе вышесказанного можно сделать вывод о том, что вторичная доломитизация, перекристаллизация и трещиноватость верхнесилурийских карбонатных пород положительно повлияли на формирование открытой пористости в пробуренной скважине.

**3 тип.** *Карбонатные природные резервуары в отложениях гребенского горизонта верхнего силура. Флюидоупор представлен нижнедевонскими глинисто-карбонатными породами.*

Отложения гребенского горизонта сложены мергелями серыми неравномерно глинистыми, иногда переходящими в карбонатный аргиллит более темного цвета. Породы трещиноватые, плитчатые. Встречаются маломощные прослои известняка с детритом брахиопод, остракод, трилобитов и известняка биоморфно-брахиоподового.

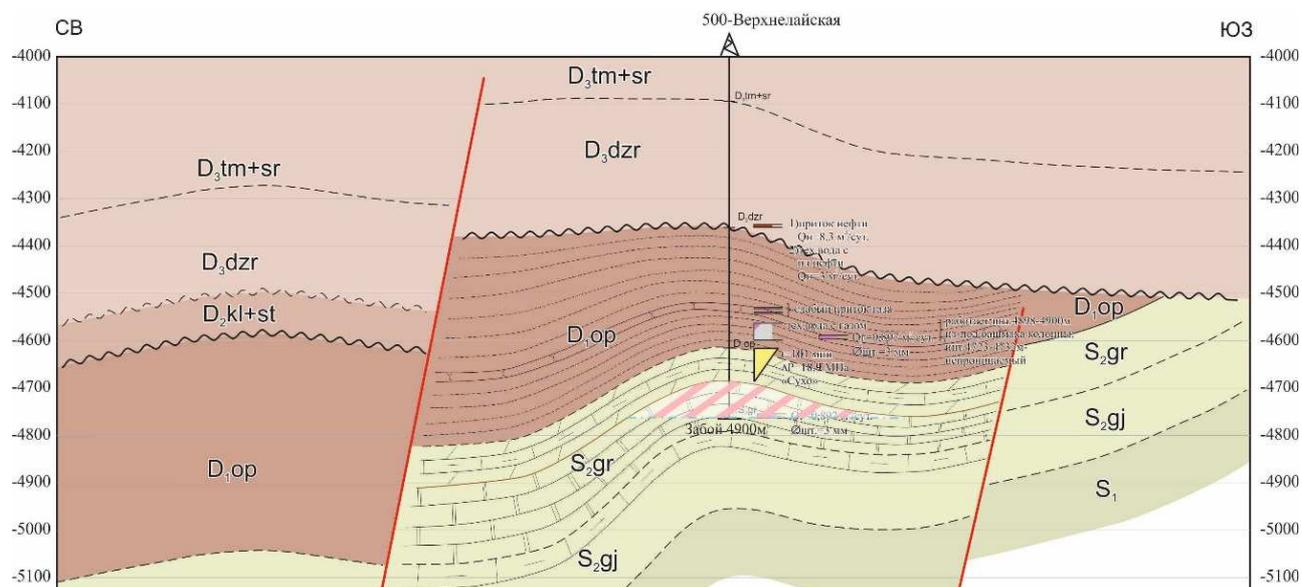
Нижняя часть разреза, представленная пористыми доломитизированными известняками и доломитами, может содержать коллекторы. Так, к северу от Западно-Командиршорского-II месторождения в скважине 500-Верхнелайская из верхнесилурийских отложений (S<sub>2</sub>gr) получен приток газа дебитом 897 м<sup>3</sup>/сут. В разрезе скважины породы нижней части гребенского горизонта верхнего силура перекрыты глинисто-карбонатными отложениями нижнего девона, которые совместно с верхней частью горизонта, играют роль флюидоупора (рис. 3).

В скважине 1-Южно-Юрьянская в гребенском горизонте, сложенном органогенно-детритовыми известняками и вторичными доломитами, в шлифах отмечаются свободные поры выщелачивания и открытые микротрещины с пустотами расширения по ним.

Данный вид природного резервуара на территории Денисовской впадины изучен слабо, что связано с большими глубинами залегания (более 4 км).



Таким образом, на территории Денисовской впадины наиболее изученным является природный резервуар первого типа – с ним связаны основные перспективы. Резервуары второго и третьего типов остаются недоизученными, в связи с малым количеством скважин вскрывших верхнесилурийские отложения и неоднозначным распространением коллекторских толщ.



**Рисунок 3** – Геологический разрез прогнозируемой залежи в верхнесилурийских отложениях в пределах Верхнелайской структуры

На основе вышесказанного можно сделать вывод о том, что силурийские карбонатные отложения в пределах Денисовской впадины характеризуются сложным геологическим строением, что связано с неоднородным распространением пород-коллекторов в разрезе и по площади. Большую роль в формировании коллекторов сыграли процессы эпигенетической доломитизации, перекристаллизации и выщелачивания. Наибольшими перспективами в отношении нефтегазоносности обладают структурные, структурно-тектонические и структурно-литологические ловушки, расположенные в непосредственной близости от Мишваньского палеограбена, где существовали более благоприятные условия для трещинообразования и выщелачивания.

В связи с большими глубинами залегания силурийских карбонатов и небольших прогнозируемых ресурсов их изучение необходимо проводить в комплексе с вышезалегающими верхнедевонскими и каменноугольно-нижнепермскими отложениями.

**Литература**

1. Танинская Н.В. Седиментологические критерии прогноза коллекторов в среднеордовикско-нижнедевонских отложениях Тимано-Печорской провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2010. – Т. 5. – № 4.
2. Петухов А.В. Теория и методология изучения структурно-пространственной зональности трещинных коллекторов нефти и газа. – Ухта, 2002.

**References**

1. Taninskaya N.V. Sedimentological criteria of reservoirs forecast of the Middle Ordovician and Lower Devonian deposits of Timan-Pechora province // Petroleum Geology. Theoretical and Applied Studies. – 2010. – Vol. 5. – № 4.
2. Petukhov A.V. Theory and methodology of structure and space zoning of fractured petroleum and gas reservoir study. – Ukhta, 2002.