

**ПАЛЕОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ И ОБСТАНОВКИ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ
ПРОДУКТИВНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ВАНАВАРСКОЙ СВИТЫ ВЕНДА
КАТАНГСКОЙ СЕДЛОВИНЫ**

Н.Ф. Каячев

ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», г. Красноярск

E-mail: KayachevNF@kr-nipineft.ru

Рассмотрены обстановки седиментации отложений ванаварской свиты венда Катангской седловины на основе тесной связи эрозионных и аккумулятивных процессов, обусловленных геологическим строением фундамента и рифейских терригенно-карбонатных отложений. Вендский прогиб связывается не с палеотектоникой стабилизированного в раннем протерозое фундамента, а является унаследованным от формирования и последующего литогенеза отложений рифейского комплекса. На фоне прогибания рифейских отложений происходило постепенное затопление территории и смена континентальных условий формирования терригенных отложений ванаварской свиты венда на морские, что отражается в фациальной принадлежности и палеогеографических обстановках седиментации продуктивных горизонтов Вн-I – Вн-VI.

Ключевые слова: Сибирская платформа, Катангская седловина, венд, ванаварская свита, седиментация, продуктивные горизонты, нефтегазоносность.

Условия формирования осадочных отложений базируются на основе тесной связи эрозионных и аккумулятивных процессов с морфоструктурными особенностями территории. Процессы седиментации и литогенеза осадочных отложений напрямую связаны с палеогеоморфологическими факторами и историей тектонического развития территории. По выражению Ф. Петтиджона, изучение любой пачки осадочных пород заключается в выявлении источника сноса, установлении характера пород, послужившим этим источником, определении обстановок осадконакопления и, наконец, условий литификации, происходящих после отложения осадка [1]. Поэтому при реконструкции обстановок седиментации продуктивных отложений ванаварской свиты венда в пределах Катангской седловины был проведен морфоструктурный анализ фундамента и рифейских отложений. В основу изучения фундамента Катангской седловины положены материалы гравirazведки, магниторазведки и сейсморазведки 2-D, направленные на изучение гипсометрической неоднородности эрозионной поверхности с последующим установлением закономерностей связи между палеорельефом и процессами седиментации терригенно-карбонатных отложений рифея и терригенных отложений ванаварской свиты венда.

Морфоструктура фундамента архейско-нижнепротерозойского возраста в пределах современной территории Непского свода и Катангской седловины представляла собой сочетание различных типов горного рельефа – складчато-глыбового и грабен-синклинального (впадины). Формирование его связывается с фактором тектоники – взаимодействием Тунгусского и Маганского террейнов [2]. По данным керна скважин совместно с интерпретацией гравirazведки и магниторазведки в составе фундамента выделяются гранитогнейсы и породы супракрystalльных отложений мезо – и

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕДИМЕНТОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ИНЖИНИРИНГЕ

меланократовой серий. Непосредственно в пределах Катангской седловины в составе фундамента выделяются Алтыбская зона поднятий и Собинский вал, сложенные гранитогнейсами и расположенные на различных гипсометрических уровнях, и эпикратонная орогеническая впадина, сформированная на коре континентального типа предположительно меланократовой по составу (**рисунок 1**). В частности, на Собинской площади под ванаварской свитой вскрываются отложения рифея, а на Алтыбской площади отложения венда залегают на гранитогнейсах фундамента.

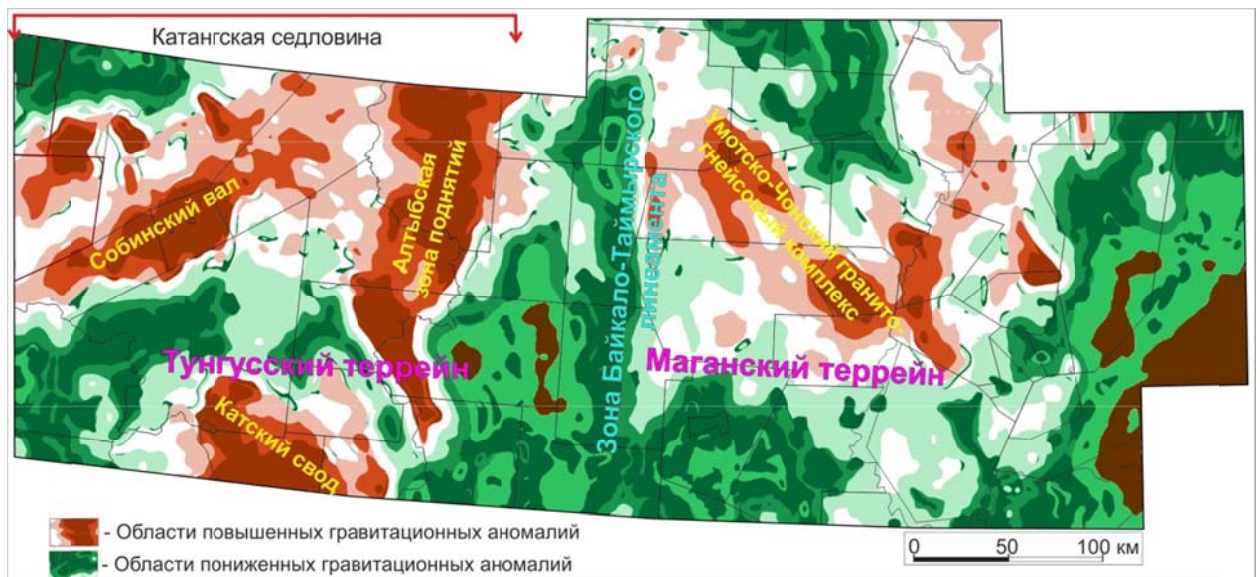


Рисунок 1. Карта районирования Катангской седловины и Ненского свода по гравитационному полю и его градиенту по А.В. Петрову (ЗАО «НПЦ «Геонефтегаз», 2013) с интерпретацией автора

Гетерогенный по структурно-вещественным комплексам фундамент Катангской седловины представлял собой горную область с высокой степенью расчлененности, как на момент формирования рифейских отложений, так и на начало формирования осадочных отложений венда. На раннем этапе процессы седиментации в межгорной впадине Катангской зоны привели к формированию терригенно-карбонатных отложений рифея, мощность которых по сейсмическим данным достигает 3 км.

Ванаварская свита венда в пределах Катангской седловины сложена терригенными отложениями и имеет мощность от 145 м на юго-западе до 28 м на северо-востоке. Разрез ванаварской свиты подразделяется на 8 пачек, объединяемых в 2 подсвиты, в которых выделяется 6 продуктивных горизонтов Вн-I–VI, сложенных песчаниками, алевролитами с прослоями аргиллитов. Различные подходы при классификации, индексации и корреляции продуктивных песчаных пластов обобщены в работах [3–5], которых придерживается автор статьи.

Формирование отложений ванаварской свиты в пределах Катангской седловины определялось геологическим строением и морфоструктурой предвенской эрозионной поверхности – соотношением гранитогнейсового фундамента и рифейских терригенно-карбонатных отложений. С востока распространение рифейских отложений

ограничивалось Алтыбской горной системой фундамента. В процессе эрозионной деятельности гранитогнейсы служили основным источником сноса для формирования терригенных отложений ванаварской свиты. Приблизительные подсчеты показали, что объём отложений ванаварской свиты в пределах Катангской зоны составляет около 10 тыс. км³. При минимальной скорости денудации в 0,25 мм/год разрушение Алтыбской горной системы до современного гипсометрического уровня и относительно выровненного палеорельефа в венде могло произойти за относительно небольшой геологический период в 4-6 млн. лет [6].

Накопление осадков ванаварской свиты венда происходило при незначительном опускании территории с компенсацией области прогибания. При этом вендский прогиб связывается не с палеотектоникой стабилизированного в раннем протерозое фундамента, а является унаследованным от формирования и последующего литогенеза отложений рифейского комплекса. Известно, что с раннего диагенеза до катагенеза происходит уплотнение осадков и уменьшение его объема. Механизмы и следствия данного процесса описаны достаточно подробно [7]. При среднем уплотнении пород на 10% минимальное прогибание будет в районе выклинивания, а максимальное – в районе наибольшей мощности осадочных отложений. При мощности первичных нелитифицированных отложений рифея 3000 метров прогибание их при литогенезе составит не менее 300 метров. Этим объясняется структурная перестройка отложений рифея (падение толщ на запад, в сторону наибольшей мощности), формирование разломов, грабенов, прогибов. На сейсмических профилях наглядно видно, с одной стороны – несогласное залегание отложений ванаварской свиты на породах рифея, а с другой – положительная корреляция их мощностей.

При фациальных построениях продуктивных отложений ванаварской свиты нами использовались данные описания керна скважин (29), материалы ГИС (79 скв.), результаты гранулометрического анализа пород (870 проб), описания шлифов. Объективность реконструкций основывалась подбором соответствующей седиментационной модели, отражающей пространственное распределение палеогеографических обстановок, полученных в результате фациального анализа по скважинам. В частности, для реконструкции условий формирования осадочных отложений ванаварской свиты были применены 2 модели:

1. Седиментационная модель флювиальных (континентальных) условий формирования осадочных отложений [8].
2. Седиментационная модель приливно-отливной равнины и прилегающего барьерного острова [9].

На первом этапе для палеогеографических реконструкций были построены фациальные разрезы по скважинам, по ортогональным маршрутам, в которых отражена фациальная изменчивость продуктивных пластов ванаварской свиты по латерали, а также эволюция формирования отложений вверх по разрезу. Применение комплекса литологических методов с использованием ГИС позволило определить фациальную принадлежность и реконструировать палеогеографическую обстановку накопления отложений ванаварской свиты с упором на продуктивные горизонты (Вн-I–Вн-VI). Все

многообразие наблюдаемых палеообстановок сведено к пяти группам, которые, в свою очередь, разделяются на самостоятельные макрофации.

I. Континентальные: флювиальные отложения, внутренних водоемов (озерные).

II. Переходные: дельтовые, авандельтовые конусы выноса.

III. Прибереговые: приливно-отливные, пляжевые.

IV. Мелководно-морские: песчаные бары, лагуны (забаровые, межбаровые).

V. Морские: фации дальней зоны шельфа, отложения мелкой, глубокой сублиторали.

Общая эволюция условий формирования терригенных отложений ванаварской свиты заключается в следующем. В ранневанаварское время большая часть Катангской седловины представляла собой область денудации. Размыву подвергались гранитогнейсы фундамента, а также рифейские отложения. На фоне преобладания трансгрессивных циклов седиментации над регрессивными происходит постепенное затопление территории и смена континентальных условия формирования терригенных отложений на морские. Изохронно, например, для пласта Вн-IV на юго-западе условия седиментации были морские (скв. Дл1), а на северо-востоке – континентальные. Приуроченность к различным фациальным зонам делает проблематичным проведение границы между подсвитами ванаварской свиты не только по кровле пласта Вн-IV, как справедливо указывает Б.Б. Кочнев [10], но и по подошве пласта Вн-II.

Результаты, полученные автором, в целом близки выводам относительно условий формирования ванаварской свиты Катангской седловины, приведенные в работах [5, 10]. Различие заключается в более детальном выделении фациальных комплексов на палеогеографических картах условий седиментации отложений ванаварской свиты по пластам Вн-I – Вн-VI (баровых тел, пляжевых отложений и т.д.), которые использованы при оценке нефтеперспективности конкретных лицензионных участков. Пример раннего начала седиментации отложений ванаварской свиты приведен на палеогеографической карте по пласту Вн-V (рисунок 2).

Пласты Вн-VI, Вн-V объединяются в группу континентальных отложений нижнего литологического комплекса [10]. Формирование нижних продуктивных горизонтов Вн-VI–V ванаварской свиты протекало в континентальных условиях в виде конусов выноса временных водотоков, русловых отложений, прирусловых баровых тел, дельты. Для отложений пластов отмечается высокая неоднородность по литологическому составу и мощности. В зависимости от положения скважин по профилю, отложения пласта представлены разнозернистыми, крупнозернистыми песчаниками, алевролитами, глинистыми алевролитами. Часто в составе пород присутствуют гравелитистые (до 4%) разновидности песчаников, в которых размер кластического материала достигает 1 см. По материалам других источников в отложениях пластов отмечаются прослои гравия, при этом распределение грубообломочных и мелкозернистых пород по площади и в разрезе преимущественно незакономерное, а сортировка пород слабая либо умеренная [9]. Характерной особенностью отложений является умеренное или высокое (до 15%) содержание карбонатов, что свидетельствует о влиянии на их формирование подстилающих карбонатных пород рифейского комплекса. Отложения пласта Вн-VI не

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ СЕДИМЕНТОЛОГИИ В НЕФТЕГАЗОВОМ ИНЖИНИРИНГЕ

представляют интереса в плане нефтепродуктивности как самостоятельная группа из-за их невыдержанности и маломощности. К коллекторам пласта Вн-V могут быть отнесены русловые отложения, баровые тела русел, дельты и авандельты (**рисунок 2**).

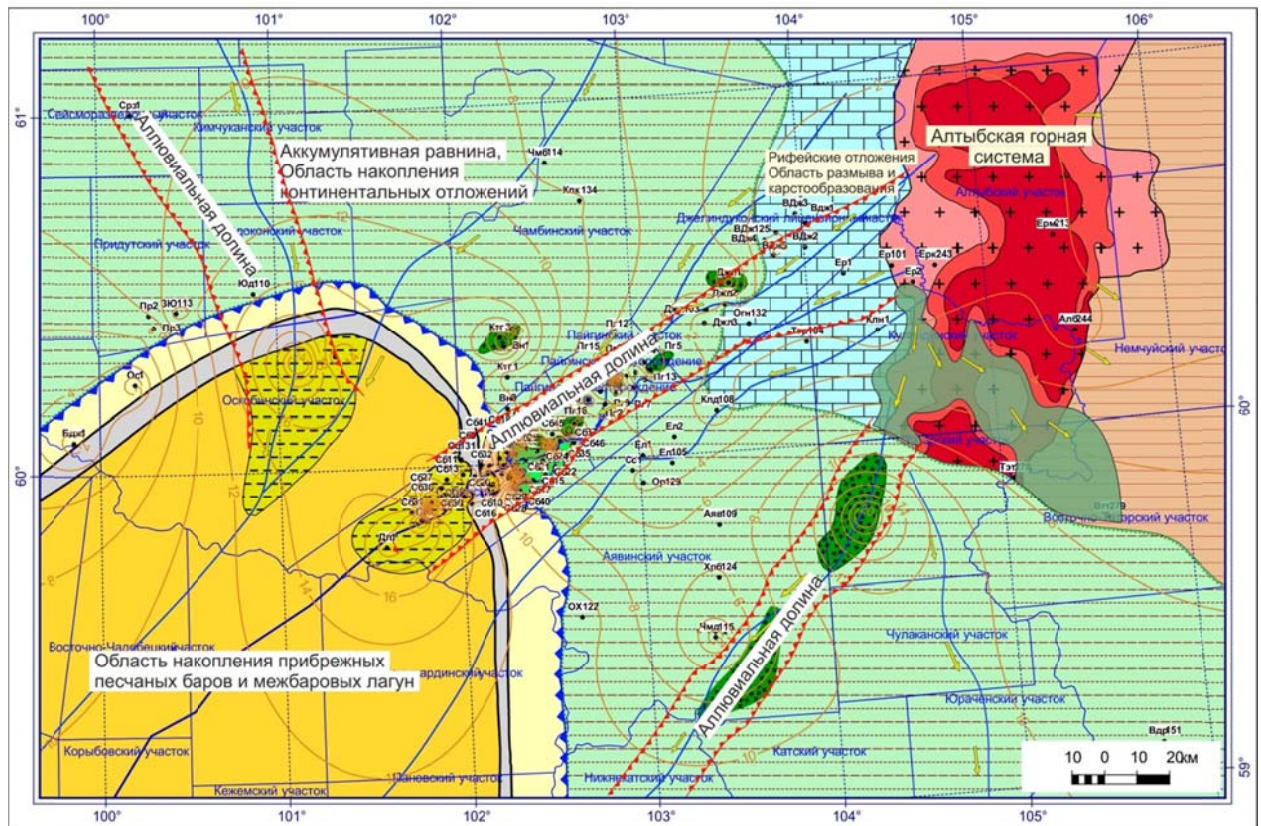


Рисунок 2. Палеогеографическая карта условий седиментации отложений ванаварской свиты венда по пласту Вн-V

Пласты Вн-IV, Вн-III рассматриваются как комплекс отложений, формировавшихся в разных фациальных обстановках, но в рамках одного крупного цикла. Формирование их обусловлено региональной трансгрессией и смещением береговой линии в северо-восточном направлении. Областью денудации по-прежнему является северо-восточная часть Алтыбского поднятия, вокруг которого полосой формируются отложения континентальной группы. Далее на юго-запад терригенные отложения формируют четкую фациальную зональность, заключающуюся в смене прибреговых отложений (приливно-отливных, пляжевых) мелководно-морскими (прибрежных песчаных баров и межбаровых лагун) и далее морским (шельфовым). Наибольший практический интерес представляют отложения баровых тел пласта Вн-IV. Фаии прибрежных песчаных баров и межбаровых лагун мелководно-морских условий седиментации пласта Вн-IV широкой полосой протягиваются с северо-запада на юго-восток, занимая центральную часть территории Катангской седловины. Северо-восточная граница зоны является фациальным переходом к отложениям забаровой лагуны и пляжа. В пределах единой зоны наблюдаются постепенные фациальные переходы песчаников баровых тел к глинисто-алеврит-песчаным отложениям

межбаровых лагун. На карте изопахит баровые тела выделяются по увеличенной мощности пласта Вн-IV. Отложения баровых тел характеризуются высокой песчаностью, наличием гравелитистых разностей. Суммарное содержание алевритовой и пелитовой фракций не превышает 10%. В отложениях межбаровых лагун, напротив, велика доля алевритовой и пелитовой составляющей, достигающей 49%. Кроме того, в отложениях забаровых и межбаровых лагун отмечается повышенное содержание карбонатного материала (до 5,6%). Песчаники баровых тел являются хорошими коллекторами, о чем свидетельствуют данные по отдельным скважинам, где дебиты нефти достигают 240 м³/сут.

Пласты Вн-II, Вн-I. На начало формирования пласта Вн-II в пределах Катангской зоны существовали морские условия седиментации, которые привели к накоплению существенно глинистых отложений пачек vn-2-3; vn-2-4. К этому времени гранитогнейсы Алтыбского поднятия были эродированы и фундамент представлял собой уже относительно выровненный пенеппен, перекрытый морскими глинистыми отложениями литорали и сублиторали. Формирование отложений пластов Вн-II, Вн-I протекало в условиях 2 регрессивно-трансгрессивных циклов седиментации во всей Катангской зоне. По фациальной обстановке формирования пластов Вн-II, Вн-I выделяются: отложения приливно-отливной равнины низкодинамического мелководья, отложения зоны пляжа, баровых тел и межбаровых лагун, предфронтальной зоны бара и глубоководного шельфа. Отложения пласта представлены песчаниками, алевролитами со всеми типами переходных разностей с постоянным присутствием прослоев аргиллитов. Терригенные отложения пластов Вн-II, Вн-I имеют пониженную мощность (редко до 12 м) и более мелкозернистые по гранулометрическому составу по сравнению с нижележащими продуктивными горизонтами. Это обусловлено удаленностью от источников сноса (зона денудации находится за пределами Катангской зоны) и формированием пластов Вн-II, Вн-I за счет перемыва нижележащих терригенных отложений, которые в процессе регрессии обнажаются в северо-восточной части территории.

Таким образом, седиментация осадков ванаварской свиты в пределах Катангской седловины определялась морфоструктурными особенностями палеорельефа, созданного породами гранитогнейсового фундамента и терригенно-карбонатными отложениями рифея. При этом формирование вендского прогиба с одновременной компенсацией области прогибания являлось следствием структурной перестройки рифейского комплекса в процессе литогенеза первоначально нелитифицированных отложений. В условиях медленного опускания территории от наиболее погруженной части палеовпадины увеличивается количество песчаных тел вверх по разрезу и площадь распространения продуктивных горизонтов. На разрезах отчетливо устанавливается фациальная зональность, определяющая строение и внутреннюю неоднородность продуктивных пластов. На основании разрезов составлены палеогеографические карты седиментации продуктивных пластов ванаварской свиты, которые используются при планировании ГРП.

ЛИТЕРАТУРА

1. Pettijohn F.I. Sedimentary rock. – Harher& Row, 1957. – 718 p.
 2. Розен О.М. Сибирский кратон: тектоническое районирование, этапы эволюции // Геотектоника. – 2003. – № 3. – С. 1–19.
 3. Мельников Н.В., Масленников М.А., Боровикова Л.В. и др. Принципы разработки номенклатуры песчаных пластов ванаварской свиты венда Байкитской НГО // Нефтегазовая геология. – 2013. – № 2(14). – С. 19–25.
 4. Мельников Н.В., Якшин М.С. и др. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Рифей и венд Сибирской платформы и её складчатого обрамления. Новосибирск: Акад.изд-во «Гео», 2005. – 428 с.
 5. Масленников М.А. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности ванаварской свиты на территории Байкитской нефтегазоносной области. Диссертация на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Новосибирск. 2015. – 138 с.
 6. Каячев Н.Ф., Котельников И.А. Палеоструктурный анализ и условия формирования продуктивных отложений ванаварской свиты венда Катангской седловины // Осадочные комплексы Урала и прилежащих регионов и их минерагения: Материалы 11 Уральского литологического совещания. – Екатеринбург, 2016. – С. 107– 110.
 7. Романовский С.И. Седиментологические основы литологии. – Л.: Недра, 1977. – 408 с.
 8. Обстановки осадконакопления и фации. Пер. с англ./ Под ред. Х. Рединга. М.: Мир, 1990. – Т. 1. – 352 с.
 9. Рейнек Г.Э., Сингх И.Б. Обстановки терригенного осадконакопления. Пер. с англ. М.: Недра, 1981. – 439 с.
 10. Кочнев Б.Б. Обстановки осадконакопления ванаварской свиты венда Сибирской платформы // СТРАТИГРАФИЯ. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КОРРЕЛЯЦИЯ. – 2008. – Т. 16. – №1. – С. 22–33.
-



Каячев Николай Феокистович. Главный специалист ООО «РН-КрасноярскНИПИнефть», г. Красноярск.