

УДК 552.578.061.4:552.54:551.733.12/.734.2(470.111)

Танинская Н.В.Федеральное Государственное унитарное научно-производственное предприятие «Геологоразведка», Санкт-Петербург, Россия, tannv@yandex.ru

СЕДИМЕНТОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ПРОГНОЗА КОЛЛЕКТОРОВ В СРЕДНЕОРДОВИКско-НИЖНЕДЕВОНских ОТЛОЖЕНИЯХ ТИМАНО-ПЕЧОРской ПРОВИНЦИИ

Определены основные этапы развития Тимано-Печорского седиментационного бассейна. Построена серия фациальных карт среднего ордовика, силура и нижнего девона. Породы – коллекторы с улучшенными коллекторскими свойствами приурочены к кораллово-строматопоровым биостромам, преимущественно развитым в зоне верхней сублиторали, дан прогноз их распределения в разрезе и по латерали.

Ключевые слова: карбонатные фации, обстановки осадконакопления, коллекторы, средний ордовик, силур, нижний девон, Тимано-Печорская провинция.

Введение

Седиментологические факторы контролируют закономерности строения, условия формирования, размещение и качество резервуаров и покрышек, а также позволяют прогнозировать зоны развития коллекторов в нефтегазоносных бассейнах.

Построение седиментационных моделей основано на комплексном анализе керна, интерпретации каротажа и, частично, результатов сейсморазведки. Это позволяет восстановить историю развития бассейна седиментации с целью прогноза обстановок осадконакопления, благоприятных для формирования коллекторов, а также прогнозировать фации и их миграцию внутри бассейна на малоизученных территориях, что в свою очередь является основой для выявления закономерностей размещения коллекторов и их прогноза в нефтегазоносных бассейнах.

Первый этап включает изучение, расчленение и детальную корреляцию разрезов скважин разведочных площадей по данным ГИС, керна и петрографических шлифов, а также биостратиграфическим данным.

На втором этапе исследований проводится седиментологический, литолого-фациальный анализы, осуществляется реконструкция обстановок осадконакопления и корреляция разрезов в пределах седиментационного бассейна. Определяются фациальные пояса и порядок расположения их в бассейне седиментации от берега к глубокому бассейну, а также исследование изменчивости фаций по разрезу и цикличности отложений по условиям осадконакопления. Проводится анализ фильтрационно-емкостных свойств исследуемых отложений, степень их вторичной преобразованности.

На третьем этапе строятся седиментационные модели бассейна, фациальные карты, на основе которых определяются этапность развития бассейна, выделяются секвенции и их границы. Определяются фации, благоприятные для формирования коллекторов, строятся литогенетические модели резервуаров. Предлагаемые седиментационные модели палеобассейна, построенные на основе комплексного анализа результатов различных видов исследований, позволяют прогнозировать литологию и фации, что в свою очередь является основой для выявления закономерностей размещения коллекторов покрышек и нефтегенерирующих толщ в изучаемом бассейне.

Среднеордовикско-нижнедевонский преимущественно карбонатный нефтегазоносный комплекс является одним из перспективных комплексов в Тимано-Печорской провинции. В отложениях комплекса открыто более 40 месторождений нефти и газоконденсата. Основные перспективы комплекса связаны с Хорейверской и Варандей-Адзвинской нефтегазоносными областями, в которых открыты почти все месторождения комплекса, в том числе такие крупные, как им. Р. Требса, им. А. Титова, Верхневозейское и Хасырейское. Нефтегазоносный комплекс характеризуется сложным строением ловушек, большинство которых связано преимущественно с одиночными рифами, образовавшимися в мелководно-морских условиях. Значительную роль в формировании этих ловушек играют процессы седиментогенеза и стратиграфические несогласия, определяющие тип и качество коллекторов и ловушек.

В разрезе среднего ордовика – нижнего девона Тимано-Печорской провинции проведено расчленение разреза на 10 осадочных секвенций 3-го порядка [Танинская, Лазарев, Вискунова, 1994] по шкале П. Вейла [Vail, Mitchum, Thompson, 1977]. Длительность формирования этих секвенций составляет от 4 до 10 млн. лет (рис. 1).

Фации и обстановки осадконакопления

В Тимано-Печорском бассейне и на шельфе Печорского моря в течение каледонского цикла существовал единый бассейн осадконакопления. Формирование карбонатных отложений комплекса происходило в условиях карбонатной платформы во внутренней части этого бассейна. Платформа полого погружалась на восток в область глубоководной седиментации Уральского палеоокеана и характеризовалась обширной площадью мелководно-морского шельфа. Фациальные пояса платформы, в целом, соответствуют типовому набору фаций карбонатных платформ [Патрунов, 1980; Уилсон, 1980; Sarg, 1988; Селли, 1989]. Проведенные детальные седиментологические исследования среднеордовикско - нижнедевонских отложений в Тимано-Печорской провинции с

привлечением опубликованных данных по Западному Уралу, позволили установить фациальный ряд, характеризующий латеральную смену обстановок осадконакопления от суши к батимальному бассейну [Танинская, 1997, 2004]. Это прибрежно-морские фации: лагунные (супралиторальные), приливно-отливные (литоральные), мелководно-морские фации: верхняя сублитораль, нижняя сублитораль, одиночные рифы (биостромы и мелкие биогермы), краевые рифовые комплексы, континентальный склон и батиаль (рис. 2).

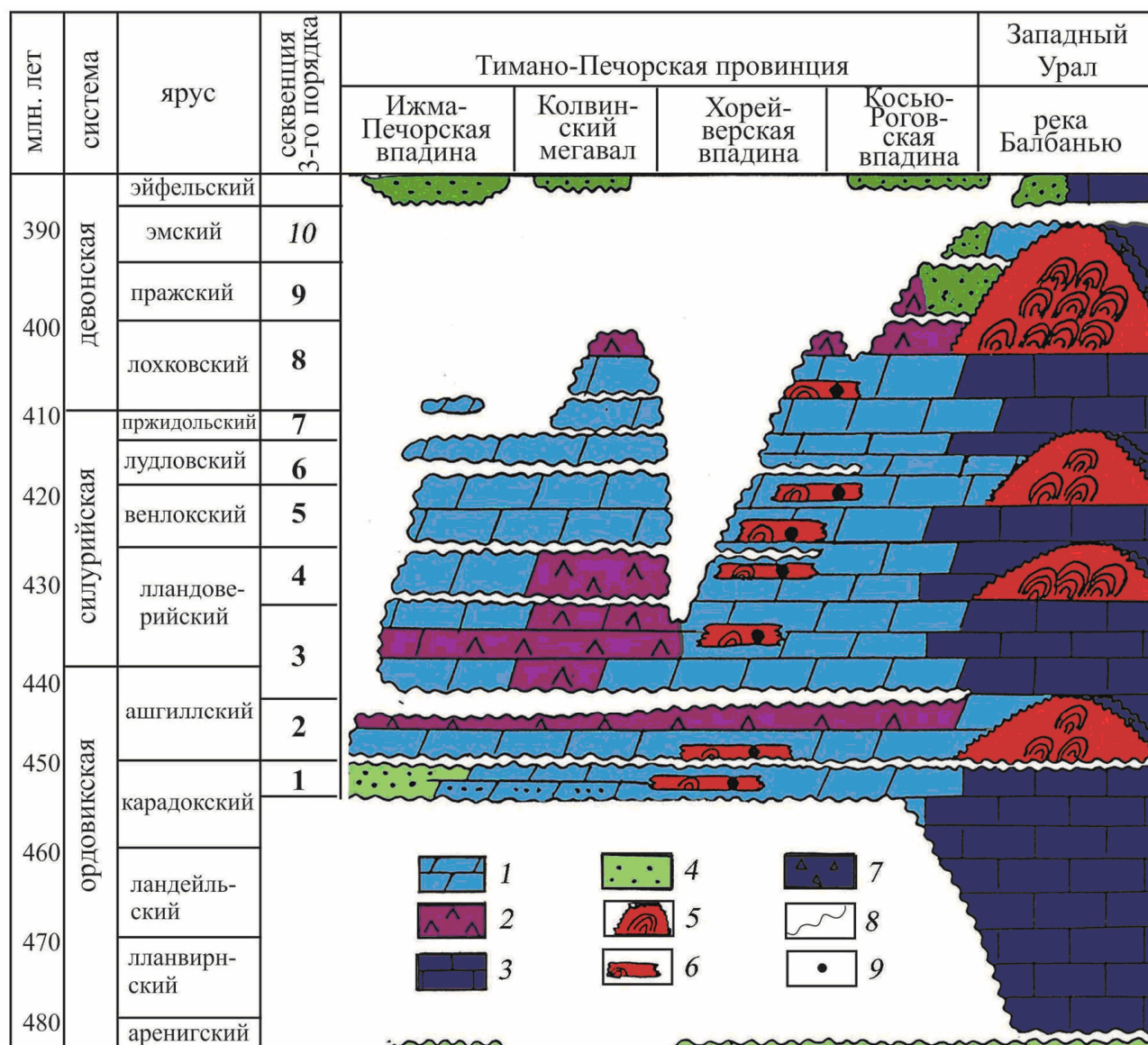


Рис. 1. Хроностратиграфическая и литостратиграфическая схема ордовикско-нижнедевонских отложений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции

1 - карбонаты; 2 - эвапориты; 3 - карбонаты окраины платформы; 4 - песчаники; 5 - рифы; 6 - биостромы; 7 - брекчии склона; 8 - несогласия; 9 - нефть.

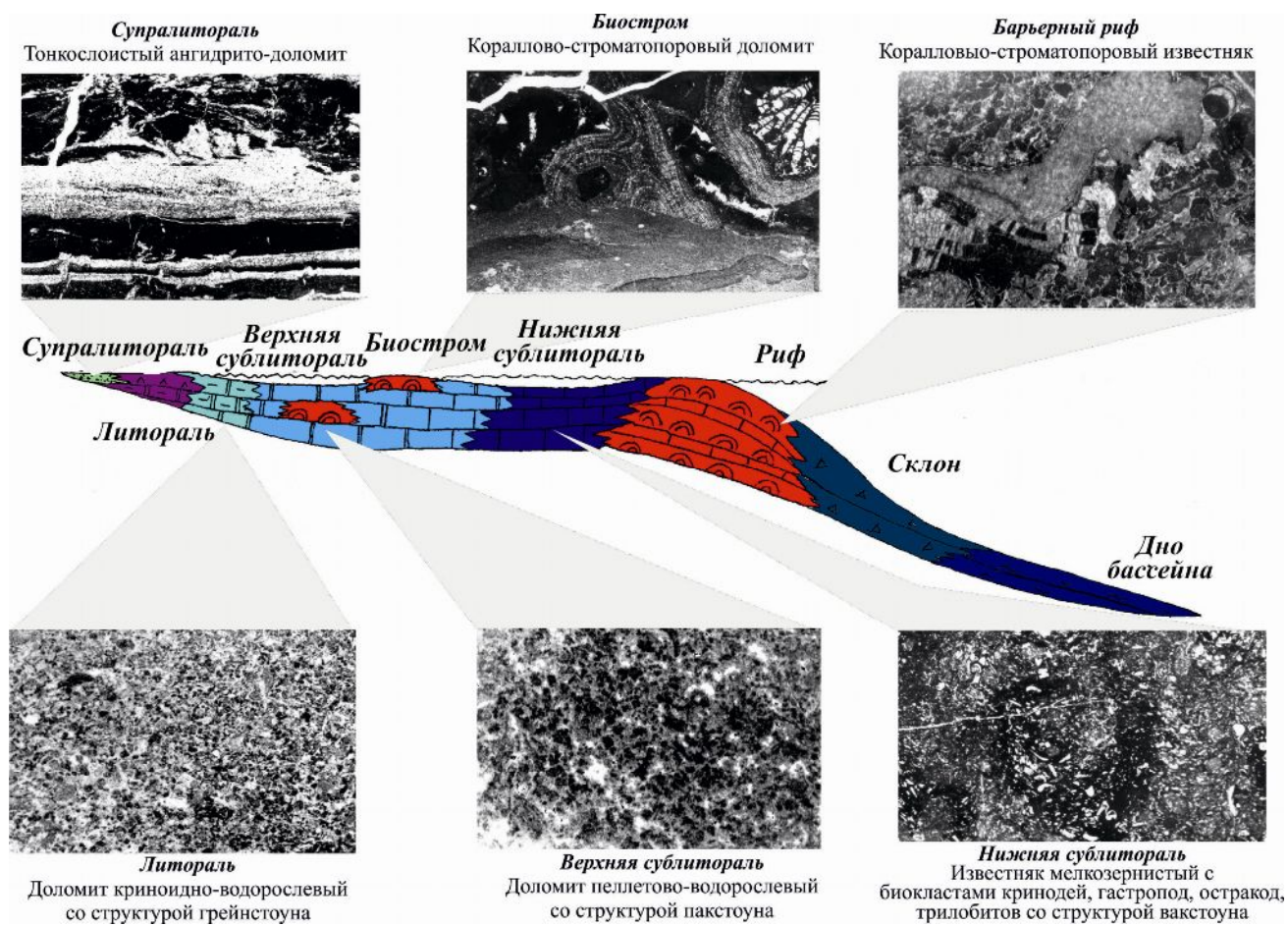


Рис. 2. Типовое распределение фаций в отложениях среднего ордовика, силура и нижнего девона Тимано-Печорской карбонатной платформы

Прибрежно-морские обстановки осадконакопления подразделяются на лагунные, надприливные (супралиторальные) и собственно приливно-отливные (литоральные).

Зона надприливных (супралиторальных) фаций включает осадки себх, соленых изолированных лагун, засоленных низменных равнин. Для них характерны тонкая слоистость, присутствие водорослей и трещины усыхания.

В среднем ашгилии, позднем лохкове, когда шельф был изолирован от глубокого бассейна барьерными рифовыми комплексами, в Косью-Роговской впадине и в Варандей-Адзвинской зоне в условиях аридного климата формировались широкие эвапоритовые лагуны с тонким переслаиванием первичных иловых доломитов, доломито-ангидритов, аргиллитов, строматолитовых доломитов, ангидритов и солей.

Приливно-отливная (литоральная) обстановка осадконакопления встречается на периодически осушаемых и заливаемых морем прибрежных участках под влиянием кратковременных колебаний уровня моря. Отложения литорали обычно обогащены глинисто-алевритовым материалом, характеризуются различными текстурами, трещинами

усыхания, широким развитием водорослей и бедностью бентоса. В Тимано-Печорском бассейне выделены подзоны литорали с высоким и низким гидродинамическим режимом. Для осадков литорали с активным гидродинамическим режимом характерны илово-зернистые и зернистые криноидно-водорослевые известняки, брекчии, пеллетовые и строматолитовые доломиты, иногда с терригенной примесью до 20-50%. В литоральной зоне с низкой гидродинамикой преобладали тонкослоистые иловые доломиты, аргиллиты и мергели.

Мелководно-шельфовые (сублиторальные) обстановки осадконакопления обычно встречаются на море с небольшими глубинами воды от 10 до 20 м. Зона сублиторали в Тимано-Печорском палеобассейне подразделяется на подзоны верхней и нижней сублиторали.

В зоне верхней сублиторали осадки формировались в верхней части сублиторальной области, устойчиво покрытой водой. В ордовике, силуре и раннем девоне Тимано-Печорской провинции фации верхней сублиторали были наиболее широко развиты в Хорейверской впадине [Танинская, 1988].

Для этих фаций характерно обилие и разнообразие водорослей и нормального морского бентоса: кораллов, строматопор, криноидей, брахиопод, гастропод. Здесь были широко развиты толстослоистые илово-зернистые пеллетово-водорослевые, пеллоидно-биокластовые (вторичные) доломиты со структурой пак-грейнстоуна. Реже встречаются детритовые известняки. Породы содержат биокласты брахиопод, остракод, кораллов, строматопор и водорослей. Особенностью этой зоны является интенсивная сплошная доломитизация осадков в раннем диагенезе.

К фациям **нижней сублиторали** отнесены осадки нижней части сублиторальной области. Для литофаций нижней сублиторали типичны массивные слабо доломитизированные иловые, зернисто-иловые известняки со структурой вакстоуна, реже детритовые илово-зернистые известняки и вторичные доломиты. Породы содержат биокласты остракод, брахиопод, реже трилобитов, мшанок и известковых губок. Для осадков этой зоны характерна частичная рассеянная доломитизация. Эти фации чаще всего отмечаются в восточных районах изученной территории, в Косью – Роговской впадине, Варандей-Адзвинской зоне и в Предуральском прогибе.

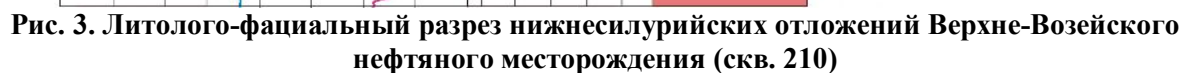
Одиночные или изолированные рифы в исследуемом бассейне чаще встречаются в зоне верхней сублиторали. Они представлены биостромами, реже мелкими биогермами и имеют мощность от 1-2 до 20-30 м, реже до 100 м. Биостромы содержат биогермные

кораллово-строматопоровые (вторичные) доломиты и известняки. Они широко развиты во внутренней части Тимано-Печорской карбонатной платформы на склонах Большеземельского палеосвода [Танинская, 1988], на о-вах Вайгач, Долгий и на юге архипелага Новая Земля [Патрунов, 1975, 1980]. Органогенные постройки в исследуемом разрезе определялись, в первую очередь, по керну скважин, по присутствию организмов, способных создавать жесткий каркас. Рифостроители представлены преимущественно строматопороидеями и кораллами (табулятами, реже ругозами) и строматолитовыми водорослями. Они составляют от 30 до 70% объема породы. Встречены колонии кораллов Favosites, строматопороидей, а также одиночные кораллы Rugosa с обволакивающими их строматопороидеями Clathrodictyon (рис. 3).

Содержание нерастворимого глинистого остатка в биогермных кораллово-строматопоровых известняках и доломитах составляет менее 5%, что четко фиксируется на диаграммах радиоактивного каротажа низкой естественной радиоактивностью (ГК), а пониженные значения нейтронного гамма – каротажа (НГК) отражают высокие фильтрационно – емкостные свойства пород [Махнач и др., 1984].

Формирование биостромов и биогермов в Тимано-Печорском бассейне началось с маломакрихинского времени, что фиксируется появлением в разрезе представителей фауны способной образовывать каркас (кораллы, строматопоры, строматолиты) и широким развитием сопутствующих брахиопод, гастропод, трилобитов, остракод и криноидей. Биостромы сложены преимущественно вторичными доломитами мелко-крупно-среднезернистыми каверново-поровыми (до 22%) с реликтовой структурой колониальных кораллов и строматопорат, захороненных в прижизненном состоянии, часто интенсивно перекристаллизованных.

Выделение одиночных рифов-биостромов сейсмическими методами в однородном карбонатном разрезе среднего ордовика - нижнего девона до последнего времени имело определенные ограничения, так как биостромы мало отличаются от вмещающих карбонатных пород минеральным составом, характеризуются невыразительной пластово-линзовидной формой и малой мощностью. Однако, уровень разрешенности, полученного в последние годы сейсмического материала, позволил выделить в веянской свите нижнего силура Хорейверской впадины аномалии, которые связываются с биостромами и биогермами [Мартынов, 2010].



Рифовые комплексы на краю платформы образуют пояс края платформы и состоят из биогермных и зернистых известняков и доломитов. В течение ордовика - девона край платформы был расположен на востоке в пределах Западного Урала, на Пай-Хое и на востоке архипелага Новая Земля. По данным А.И. Антошкиной, Б.Я. Дембовского, Д.К. Патрунова и других исследователей в среднем ашгиллии, позднем венлоке – лудлове, прагиене – эмсе здесь формировались барьерные рифовые системы, окаймляющие платформу [Патрунов, 1995]. Мощность барьерных рифов изменяется от 110 м в позднем ордовике до 1200 м в раннем девоне. Рифостроителями являются гидроиды, ругозы, табуляты, строматопоры и водоросли.

Фашии батииального бассейна (подножия континентального склона) включают фашии верхней части склона и подножия (батииальные) и характеризуются водной обстановкой, обедненной кислородом. Здесь преобладают темные тонкослоистые иловые известняки и кремнистые сланцы. Биота преимущественно нектоно-пелагическая. Батииальные фашии изучены К.Г. Войновским-Кригером [Войновский-Кригер, 1961], В.Н. Гессе [Гессе, 1962], В.Н. Пучковым [Пучков, 1979] и другими исследователями в пределах Лемвинской зоны Урала и представлены кремнисто-карбонатными сланцами с граптолитами и радиоляриями.

Эволюция Тимано-Печорской среднеордовикско-силурийской карбонатной платформы

Карбонатные платформы в зависимости от угла наклона склона подразделяются на два типа: рампы и краевые платформы. Пологие карбонатные шельфы - рампы [Ahr, 1975], образуются вдали от суши на пологих склонах и характеризуются широкими фашиальными поясами [Уилсон, 1980; Sarg, 1988].

Краевые платформы характеризуются углом наклона склона от 5 до 35° [Уилсон, 1980, Sarg, 1988]. Они формируются в теплых тропических морях и для них характерно рифообразование на краевых поднятиях (Handford, Loucks, 1993). В геологической истории, как правило, наблюдается трансформация платформы - рампы в краевую платформу. Это, возможно, обусловлено падением уровня моря в заключительной фазе высокого стояния уровня моря.

Литолого-фашиальные и палеогеографические исследования среднеордовикско-нижнедевонских отложений Тимано-Печорской провинции и Западного Урала имеют длительную историю и связаны с именами К.Г. Войновского-Кригера, Д.В. Наливкина, Вл.В. Меннера, М.Е. Раабен, В.А. Калюжного, А.И. Першиной, Т.И. Кушнаревой, Л.И. Филлиповой, Б.Я. Дембовского, Д.К. Патрунова, В.Н. Пучкова, А.И. Елисеева,

Э.С. Щербакова, В.С. Цыганко, А.И. Антошкиной, Н.Б. Рассказовой, С.В. Мельникова, А.В. Мартынова и многих других.

Этапы развития Тимано-Печорской провинции тесно связаны с эволюцией смежной Уральской геосинклинали. В позднем венде - раннем кембрии произошло столкновение (коллизия) системы островных дуг и микроконтинентов северной части Палеоазиатского океана, возможно, и Сибири, с северо-восточным краем Балтики [Зоненшайн, Кузьмин, Натаков, 1990, Объяснительная..., 1996], в позднем кембрии - раннем ордовике произошел раскол (спрединг) позднекембрийского Европейско-Сибирского континента, и сформировалась глобальная Урало-Монгольская рифтовая система. Раскрытие Уральского палеоокеана привело к формированию пассивной окраины Восточно-Европейского континента и образованию Тимано-Печорской платформы [Юдин, Дедеев, 1987]. Платформенный режим существовал также на южной части архипелага Новая Земля, о-вах Вайгач, Долгий и западной части Пай-Хоя [Тектоника и металлогения..., 1992].

В раннем ордовике осадконакопление происходило в континентальных условиях на обширной аллювиальной равнине [Дембовский и др., 1990], где накапливались преимущественно терригенные отложения. Начиная со среднеордовикской эпохи, в пределах Тимано-Печорской платформы обособляется мелководно – шельфовое море с карбонатным осадконакоплением, отделенное от океана краевым поднятием [Объяснительная..., 1996], на котором в регрессивные этапы росли рифы. К востоку от него в пределах Лемвинской структурно-формационной зоны оформился континентальный склон и его подножие (батильный бассейн) [Пучков, 1979].

В силуре - раннем девоне в центральной части плиты и на ее северо-востоке появились грабены. Они заложили структурную основу крупных (впоследствии инверсионных) тектонических элементов - Печоро-Колвинского авлакогена и Варандей-Адзвинской структурной зоны. Между этими отрицательными палеоструктурами сохранялся, существовавший с конца среднего ордовика, Большеземельский палеосвод [Юдин, Дедеев, 1987].

В результате исследований проведены палеогеографические реконструкции и построены фациальные карты по узким временным интервалам разреза среднего ордовика – раннего девона, соответствующим периодам эвстатического подъема, стабилизации или падения уровня моря в бассейне осадконакопления. Фациальные карты составлены по данным собственных исследований автора по Тимано-Печорской провинции, проведенных с

1980 по 2000 г. и с привлечением опубликованных материалов по Западному Уралу и Тиману вышеупомянутых исследователей.

В *карадокский век* территория плиты была охвачена общим прогибанием и проникновением в её пределы морского бассейна с Урала. Резко увеличилась площадь осадконакопления, которое происходило в условиях гумидной карбонатной платформы – рамп (рис. 4).

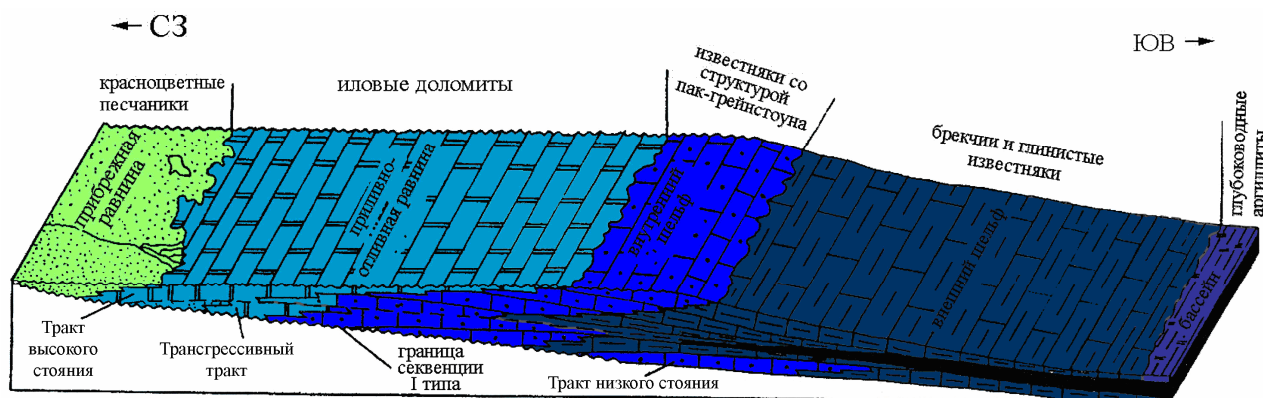


Рис. 4. Седиментационная модель карадокской карбонатной платформы

К востоку от краевого поднятия оформилась зона континентального склона и батинального бассейна в пределах Лемвинской структурно-фациальной зоны Западного Урала [Войновский-Кригер, 1961; Пучков, 1979; Дембовский и др., 1990], где накапливались маломощные углисто-кремнисто-глинистые сланцы с граптолитами и радиоляриями.

Трансгрессивная направленность в развитии палеобассейна отразилась в постепенном увеличении более глубоководных отложений в разрезах скважин. На западе и в центральной части платформы преобладали мелководно-морские и прибрежные фациально-ландшафтные обстановки осадконакопления. Основная масса осадков накапливалась в зонах литорали, верхней и нижней сублиторали (рис. 5). В период максимального затопления территории обстановки мелководно-морского шельфа были развиты на территории Хорейверской впадины, Варандей-Адзъвинской структурной зоны и Предуральского прогиба. В Хорейверской впадине [Танинская, 1988] и на Кожимском поднятии [Антошкина, 1994] в это время образуются редкие мшанково-коралловые биостромы и банки. В конце карадока обмеление бассейна фиксируется как в его центральных, так и в восточных частях.

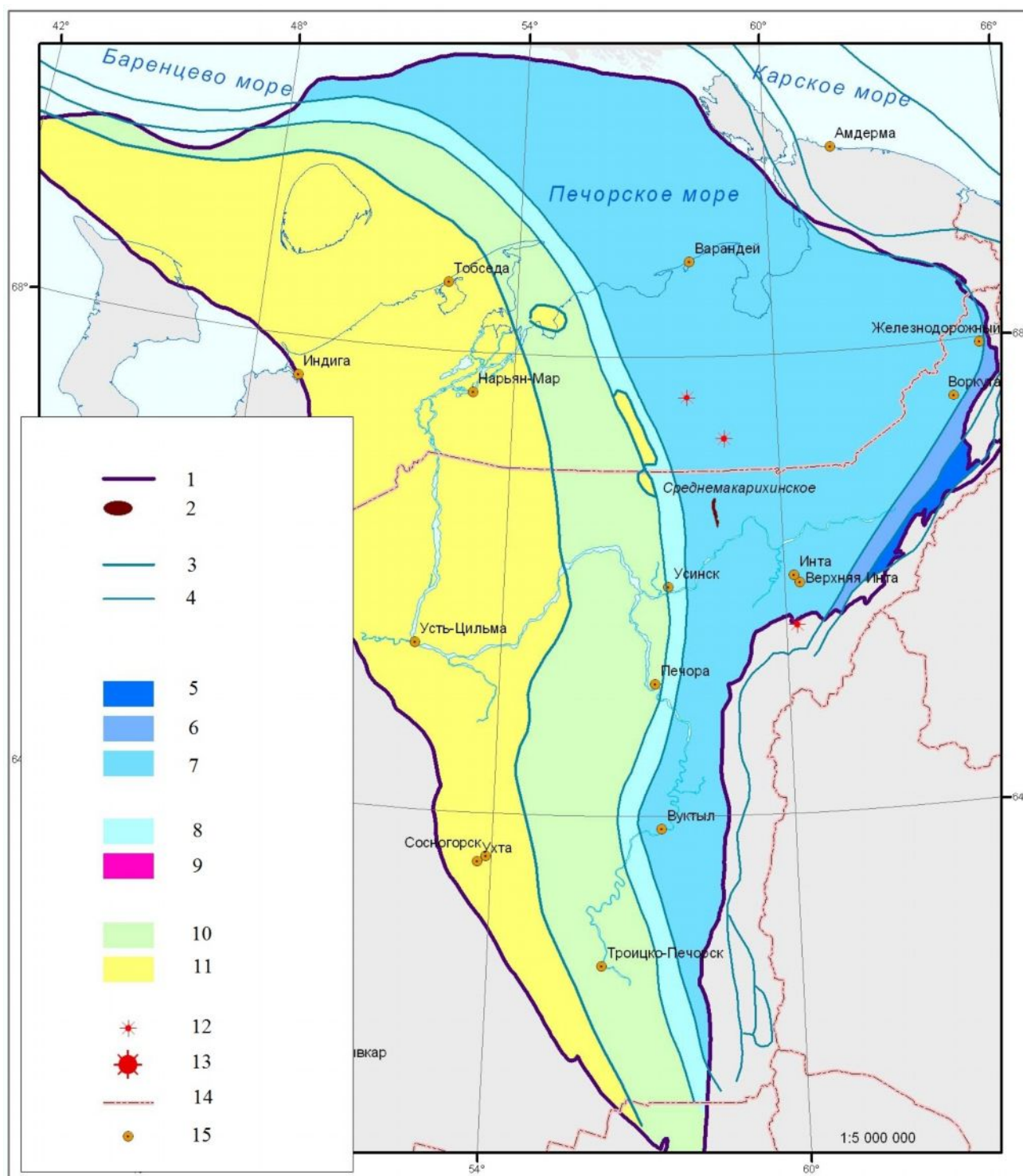


Рис. 5. Фациальная карта карадокского века Тимано-Печорской провинции

1 – граница ТПП; 2 – месторождения УВ; 3-4 – границы: 3 – областей аккумуляции и размыва; 4 – фациальных зон; 5-11 – фациально-ландшафтные обстановки: 5-7 – морские: 5 – батимальные; 6 – нижней сублиторали; 7 – верхней сублиторали; 8-9 – прибрежные: 8 – литоральная; 9 – супралиторально-себховая; 10-11 – континентальные: 10 – низменная равнина; 11 – возвышенная равнина; 12-15 – значки: 12 – биостромы и биогермы одиночные; 13 – рифовые массивы; 14 – граница субъектов РФ; 15 – населенные пункты.

В *раннеашгиллское время* мелкое море с карбонатной седиментацией охватывает значительные территории. Обстановки верхней сублиторали фиксируются на территории Ижма-Печорской и Хорейверской впадин, в Варандей-Адзвинской зоне и в Предуральском прогибе. На отмелях шельфа в районе древних палеоподнятий Большеземельского свода формируются кораллово-строматопоровые биостромы. Нормальный морской режим обеспечивал развитие разнообразной фауны: кораллов, строматопороидей, мшанок, брахиопод, криноидей, конодонт.

В Хорейверской впадине в отложениях баганской свиты открыто Среднемакарихинское месторождение нефти. Залежи приурочены к мшанково-табулятовым доломитовым и известняковым баундстоунам и грейнстоунам, образующим биостромы, мощностью 10-30 м.

В *среднеашгильское время* платформа трансформировалась в аридную карбонатно-эвапоритово-терригенную платформу (рис. 6).

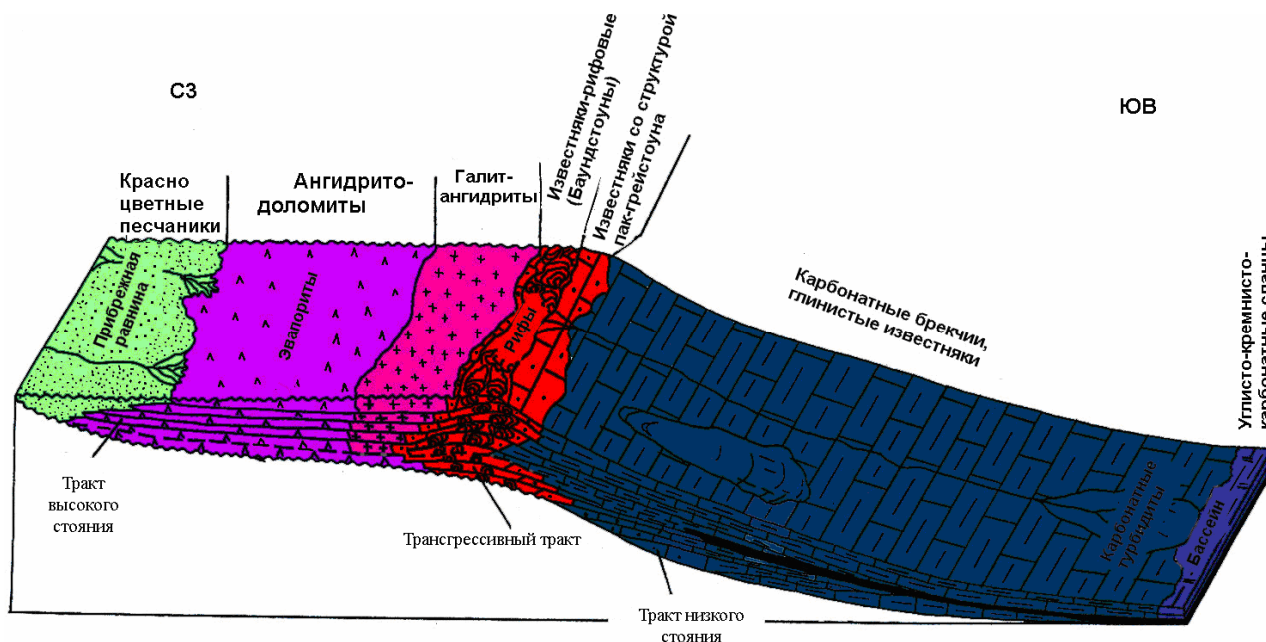


Рис. 6. Седиментационная модель ашгиллской карбонатной платформы

В развитии палеобассейна фиксируется регрессивная направленность, на границе шельфа и батимального бассейна формируется краевое поднятие и в дальнейшем вплоть до среднего девона здесь сохраняется краевая карбонатная платформа. На краевом поднятии проградационной Тимано-Печорской платформы формируется барьерный рифовый комплекс, мощностью от 110 до 600 м. Среднеашгильский риф "Бадья" достигает мощности 600 м [Дембовский и др., 1990; Антошкина, 1994].

В Косью-Роговской впадине формируется зарифовая лагуна, в которой в условиях аридного климата накапливаются тонко-переслаивающиеся ангидриты-доломиты и галит,

мощностью 700 - 800 м. На большей части внутренней платформы устанавливаются обстановки супралиторали (себхи), в которой накапливаются ангидрито-доломитовые и доломитовые илы. В западной части провинции, охватывающей территории Ижма-Печорской впадины и западной части Печоро-Колвинского авлакогена выделяется аллювиальная равнина с терригенным осадконакоплением. Согласно палеогеографической схеме А.Б. Ронова [Ронов, 1976], Тимано-Печорская провинция в ордовикский период располагалась в зоне сочленения тропического и южного аридного пояса.

Батиальный комплекс, представленный углисто-глинисто-кремнистыми сланцами с прослоями известняков с граптолитами и радиолариями, выделяется вдоль восточного края Тимано-Печорской платформы.

Глобальный эвстатический подъем уровня Мирового океана на рубеже ордовика и силура, усилившийся в результате прогибания Тимано-Печорской плиты *в позднеашгильско-раннелландоверийское время*, вызвал новую волну трансгрессии морского бассейна на платформу. После крупного регионального перерыва в конце среднего ашгилля обстановки мелководно-морского шельфа вновь устанавливаются почти на всей территории Тимано-Печорской платформы, возобновляется биогенно-карбонатная седиментация. В условиях верхней сублиторали создаются благоприятные условия для развития богатой и разнообразной фауны: брахиопод, гастропод, криноидей, остракод, кораллов, строматопороидей, конодонтов и водорослей. Колонии табулят и строматопороидей развиваются в виде линзовидных биостромов на древних палеоподнятиях Большеземельского свода [Танинская, 1988] и на Кожимском поднятии. Мощности кораллово-строматопоровых биостромов не превышают 10-30 м. Себха с ангидрито-доломитовым осадконакоплением сохраняется лишь в виде изолированных участков в северо-западных частях платформы (Колвинский мегавал, север Хорейверской впадины) (рис. 7). В краевой части платформы приостанавливается развитие рифовых комплексов, а в фазу максимального разлива трансгрессии они полностью затопляются. Батиальный бассейн по-прежнему располагается на востоке Западно-Уральской складчатой зоны.

В *средне-позднелландоверийское время* не происходит резкого изменения условий осадконакопления. Продолжает существовать режим нормального морского бассейна, что благоприятно влияет на развитие фауны. Во внутренней части платформы продолжают формироваться кораллово-строматопоровые и строматолитовые биостромы, к которым приурочены породы-коллекторы, содержащие залежи нефти на Верхне-Возейском, Сандивейском и Средне-Макарихинском месторождениях [Танинская, 1988]. Зона

супралиторали и прибрежной себхи продолжает существовать в северо-западных частях платформы на территории Колвинского мегавала и на северо-западе Хорейверской впадины. В фазу позднего высокого стояния уровня моря на всей территории платформы фиксируется обмеление, а на территории центральной части древнего Большеземельского свода обособляется островная суша. В это время на краю платформы возобновляется рост рифовых комплексов [Антошкина, 1994].

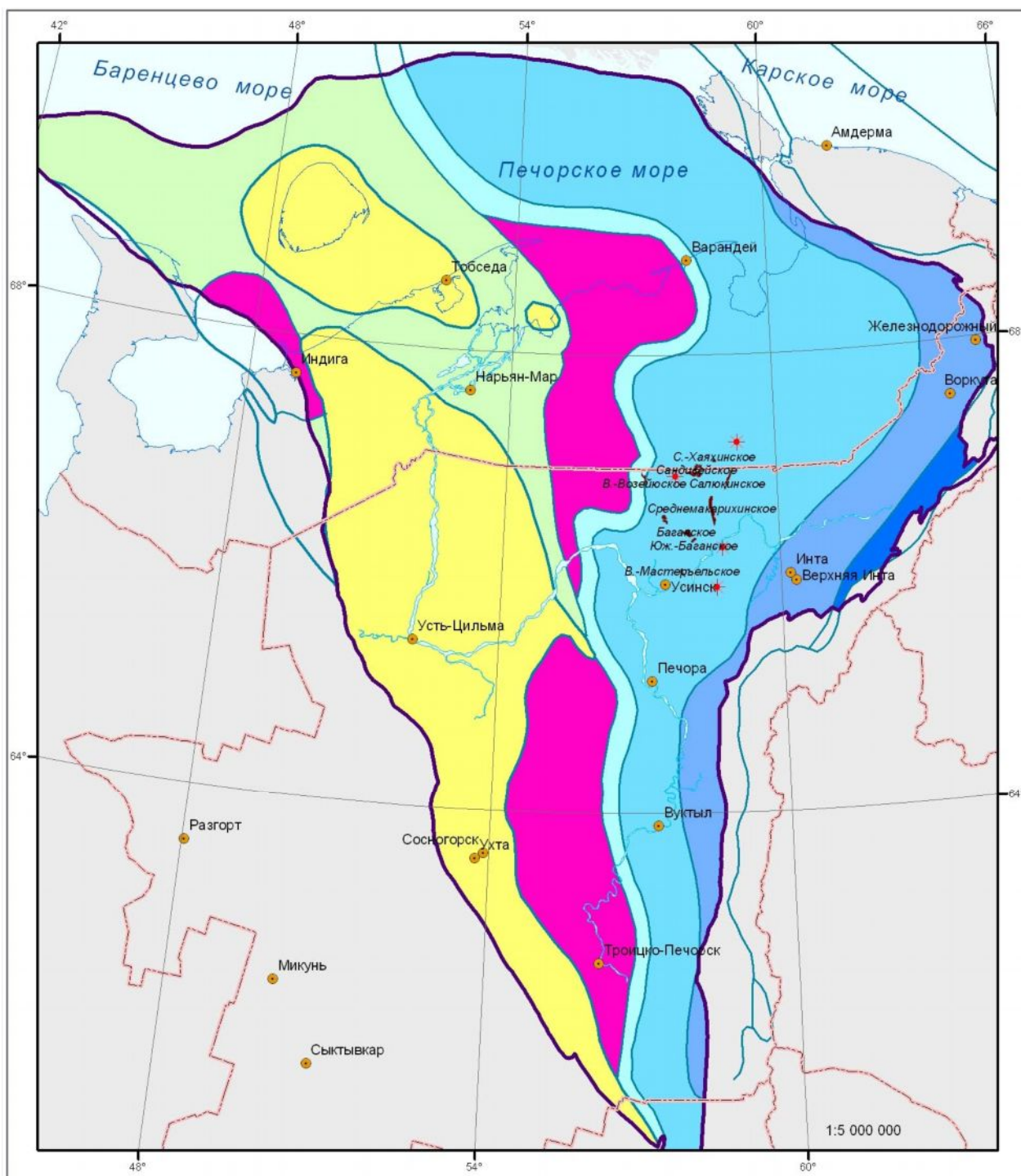


Рис. 7. Фациальная карта лlandoверийского века Тимано-Печорской провинции
Условные обозначения см. на рис. 5.

Начало *венлокского века* отвечает максимуму развития трансгрессии. В результате прогибания Тимано-Печорской плиты и резкого глобального повышения уровня Мирового океана происходит дальнейшее расширение морского бассейна и затопление северных и западных частей платформы, вплоть до Малоземельско-Колгуевской моноклинали и Тимана. В разрезах скважин на северо-западе Хорейверской впадины это фиксируется резкой сменой эвапоритовой седиментации на карбонатную (рис. 8).

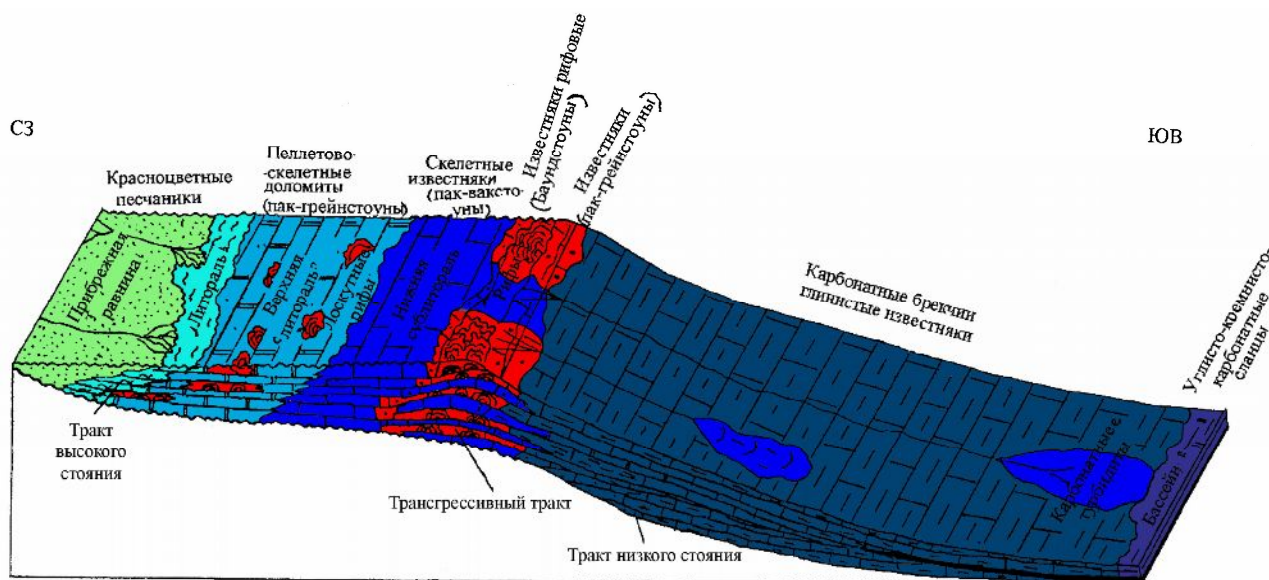


Рис. 8. Седиментационная модель венлокской карбонатной платформы

Зона нижней сублиторали распространяется практически на всю территории провинции, за исключением её крайних западных частей (рис. 9). В центральной части палеобассейна в районе древнего Большеземельского свода продолжает существовать и увеличиваться островная суша, на обрамлении которой располагается зона верхней сублиторали. Здесь после кратковременного перерыва, связанного с обмелением в конце лландоверийского века, вновь продолжают формироваться кораллово-строматопоровые биостромы, к которым приурочено большинство силурийских месторождений нефти. По сравнению с лландоверийскими мощность их значительно увеличивается до 30–60, в отдельных случаях до 100 м. Резкое повышение уровня моря в раннем венлоке прерывает рифообразование на окраине шельфа.

Лудловский век характеризуется активным рифообразованием на окраине платформы и более медленным развитием трансгрессии по сравнению с предыдущим этапом. Мощность рифовых комплексов, установленных в обнажениях по рекам Илыч, Кожим, Нияю, достигает 700 м. Они образуют линейные рифовые образования барьерного типа [Антошкина, 1994]. Во внутренней части платформы широкое развитие получают обстановки верхней

сублиторали и литорали с глинисто-карбонатной седиментацией. Отложения лудлова характеризуются бедным составом фауны и широким развитием водорослей. Прибрежные фации с терригенным осадконакоплением фиксируются на территории Малоземельско-Колгуевской моноклинали, Ижма-Печорской впадины и Печоро-Кожвинского мегавала. В конце лудлова в фазу позднего высокого стояния уровня моря фиксируется резкое обмеление, в результате которого прерывается рост лудловских рифов на краю платформы. Во внутренней части платформы на шельфе еще больше обедняется комплекс фауны, а в районе древнего Большеземельского свода увеличивается площадь островной суши.

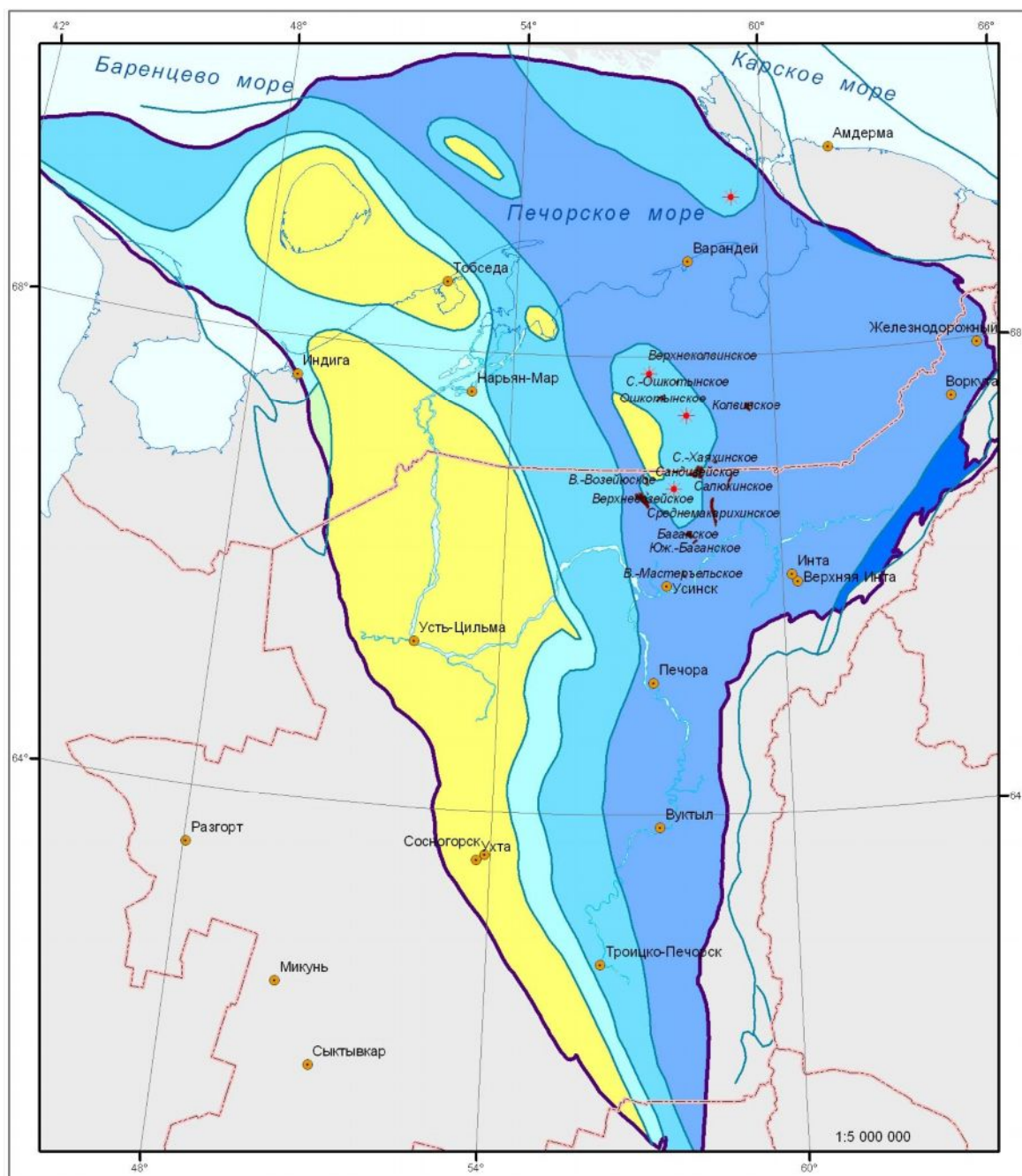


Рис. 9. Фациальная карта венлокского века Тимано-Печорской провинции

Условные обозначения см. на рис. 5.

Пржидольский век характеризуется развитием обширной трансгрессии и установлением обстановок нижней сублиторали с карбонатной седиментацией на большей части территории. Среди фаунистических комплексов наибольшее развитие получают брахиоподы, распространенные в пределах платформы и ее окраин. В среднем пржидолии при раннем высоком стоянии уровня моря во внутренней части платформы возникали поселения кораллов, мшанок и строматопороидей, образующих одиночные биогермы и биостромы. В северо-восточной части Хорейверской впадины выделены кораллово-строматопоровые биостромы, мощность которых не превышает 5-15 м. Здесь с ними связаны нефтепроявления. В конце пржидолии при позднем высоком стоянии уровня моря на платформе фиксируется обмеление и увеличение площади низменной островной суши на большей части Хорейверской впадины (рис. 10).

Раннедевонский этап развития характеризуется активизацией тектонических движений в завершающуюся стадию каледонского цикла тектогенеза, в результате которого происходит осушение шельфа и превращения его в область денудации. В результате усиления регрессии морского бассейна происходит резкое сокращение площади биогенно-карбонатной седиментации.

Лохковский век характеризуется кратковременным подъемом уровня моря, в результате которого обстановки верхней сублиторали распространяются на значительные площади. В *раннелохковское время* в условиях максимального затопления территории (рис. 11) на северо-востоке Хорейверской впадины формируются строматолитовые биостромы, которые содержат залежи нефти на месторождениях им. А. Титова, им. Р. Требса, Колвинском и др. [Танинская, 1991].

В *позднелохковское время* при позднем высоком стоянии уровня моря возобновляется рост локальных водорослево-строматопоровых рифов на краю платформы, окаймлявших мелководно-морской шельф [Антошкина, 1994]. Мощность рифов не превышает 170 м. Во внутренней части платформы сокращаются зоны мелководно-морского шельфа, получают развитие зоны супралиторали и прибрежной себхи с карбонатно-сульфатным типом осадконакопления. Значительно увеличиваются области денудации.

Пражский век характеризуется значительным осушением шельфа и сокращением площади осадконакопления, начиная с северо-западных областей. Большая часть шельфа превращается в область денудации. На окраине бассейна на Северном, Приполярном и Полярном Урале формируется самая мощная линейная барьерная рифовая система, в которой рифовые массивы достигают мощности 1000 м. Рифовые сообщества отличаются

наибольшим разнообразием. В строении рифов принимают участие строматопоры, табуляты, гидроидные полипы, мшанки и дазикладациевые зеленые водоросли [Антошкина, 1994].

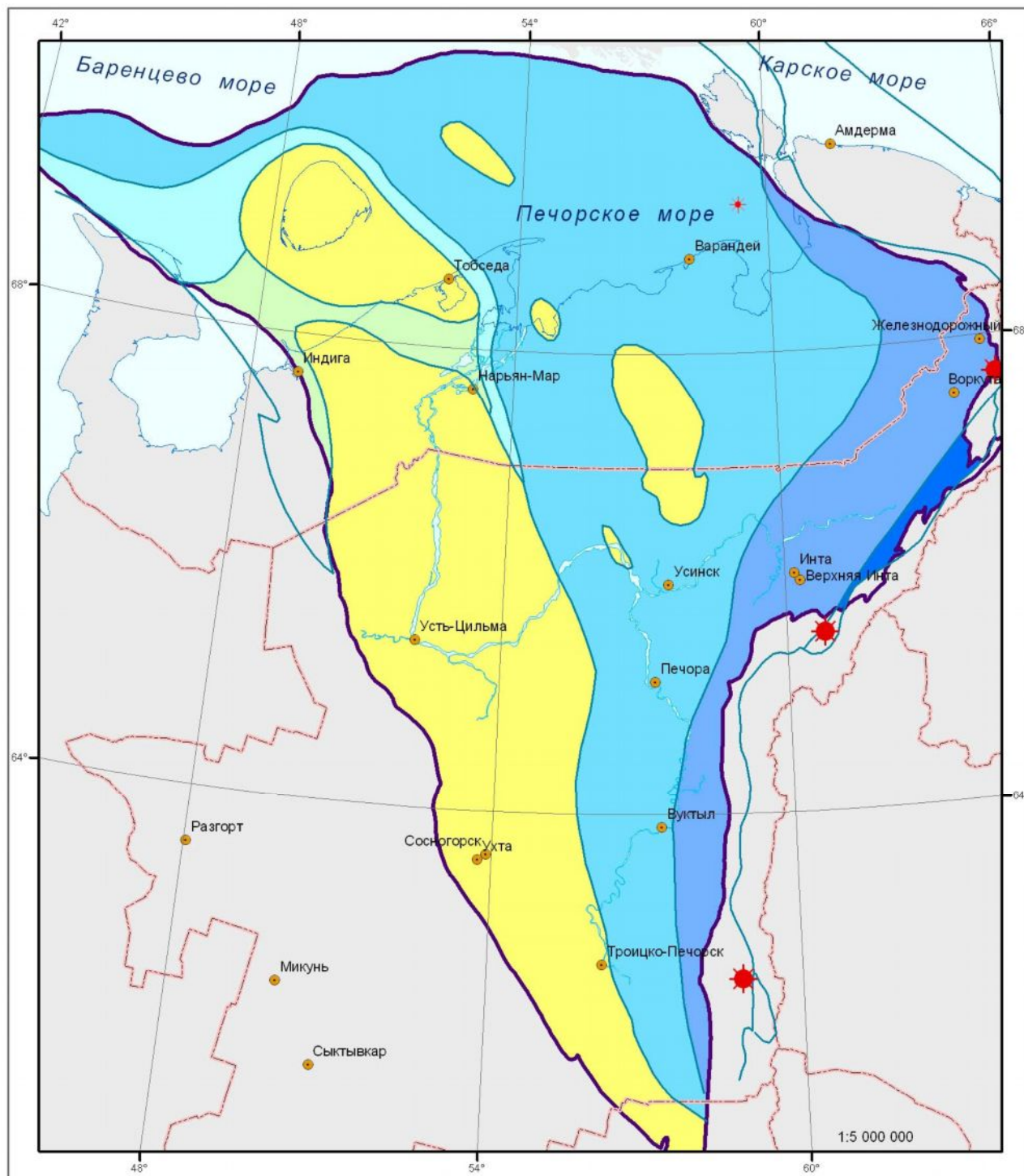


Рис. 10. Фациальная карта прижидольского века Тимано-Печорской провинции
Условные обозначения см. на рис. 5.

Осадконакопление во внутренней части платформы происходило в узкой полосе сохранившегося шельфа в зарифовой зоне. Здесь в кратковременные этапы повышения уровня моря накапливаются прибрежно-морские литоральные алеврито-глинисто-песчаные

образования. На территории Варандей-Адзвинской структурной зоны отмечаются терригенные песчаные коллекторы, в которых открыты залежи на Тобойском и Медынском месторождениях нефти. В конце пражского века в условиях аридного климата фиксируется обмеление и преобладание литоральных и супралиторальных лагунно-себховых обстановок с сульфатно-терригенным типом осадконакопления. Рост рифов на краю платформы временно прекращается [Антошкина, 1994].

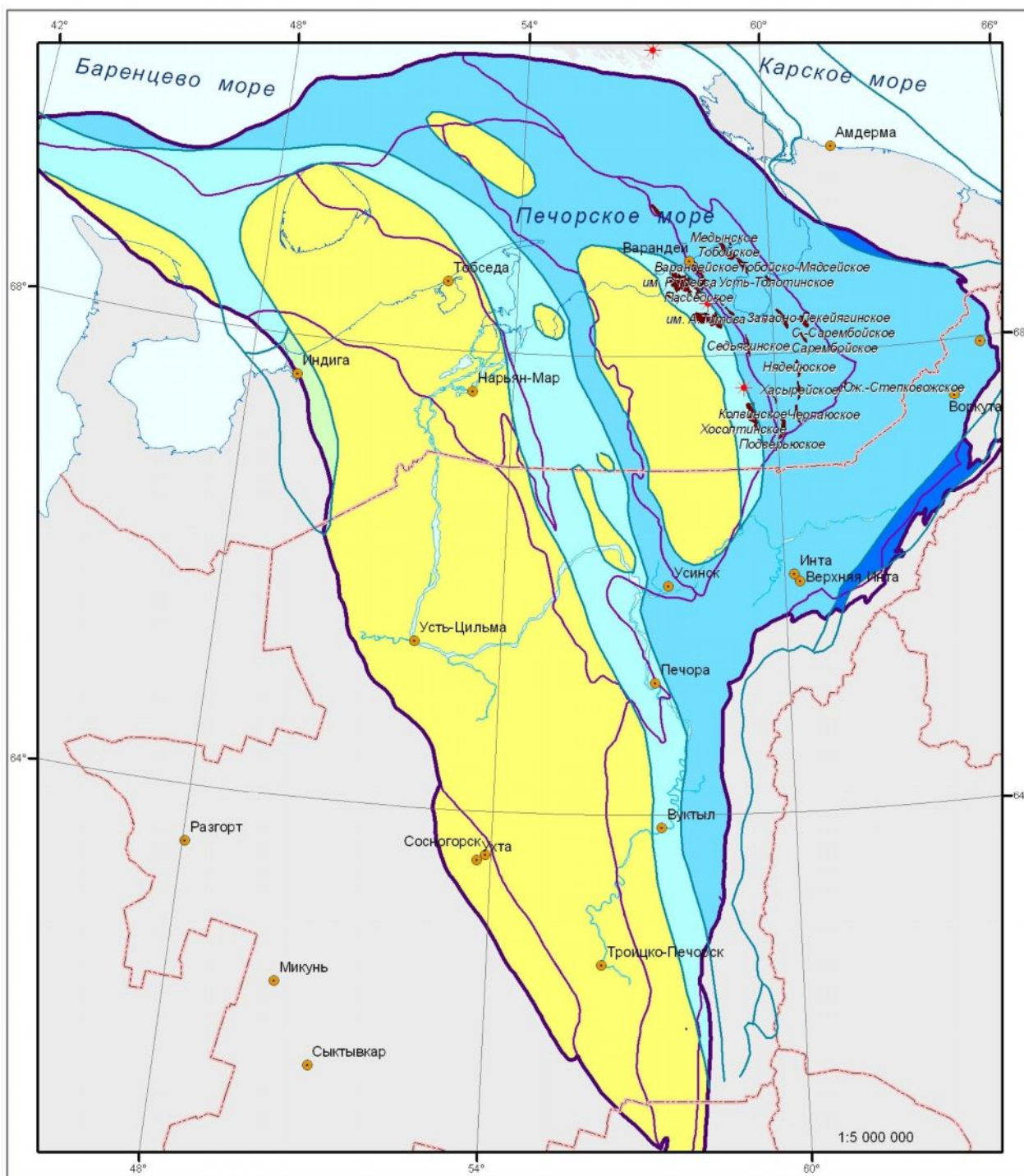


Рис. 11. Фациальная карта лохковского века Тимано-Печорской провинции

Условные обозначения см. на рис. 5.

Эмский век отражает заключительный этап каледонского седиментационного цикла, который характеризуется значительным сокращением площади осадконакопления, что связано, как с осушением, так и с последующей предпозднедевонской эрозией территории. Мелководно-морской шельф почти полностью осушается и превращается в область денудации. На краю платформы после кратковременного перерыва формируются органогенно-аккумулятивные постройки биогермно-банкового типа, которые завершают поздне-ордовикско-раннедевонскую эпоху палеозойского рифообразования в краевой части Тимано-Печорской платформы [Антошкина, 1994]. Во внутренней части платформы в узкой зоне прибрежного мелководья накапливаются карбонатно-сульфатно-терригенные образования.

Влияние факторов седименто-литогенеза на формирование коллекторов среднего ордовика - нижнего девона

В процессе формирования карбонатных пород-коллекторов решающее значение имеют как условия образования осадков, так и вторичные постседиментационные преобразования карбонатных пород. Формирование емкостного пространства в карбонатных породах происходило на всех стадиях литогенеза. Первичная седиментационная структура карбонатных осадков предопределяет дальнейшее развитие постседиментационных процессов, что в совокупности окончательно формирует емкостные и фильтрационные свойства карбонатных пород. Первичная пористость в органогенных постройках, широко развитых в зоне верхней сублиторали, значительно выше, чем в тонкозернистых иловых осадках и обусловлена наличием пустотного пространства во внутренних полостях брахиопод, криноидей, гастропод, в ячеях строматопор, в септах кораллов, кроме того, за счет пустот, возникающих в результате неплотной упаковки между каркасными особями.

Наиболее высокие значения пористости и проницаемости в разрезе среднего ордовика-нижнего девона имеют биогермные кораллово-строматопоровые доломиты и известняки. Из постседиментационных процессов наиболее существенное влияние на формирование фильтрационно-емкостных свойств карбонатных пород среднего ордовика-нижнего девона оказали раннедиагенетическая доломитизация, выщелачивание и трещиноватость.

Доломитизация карбонатных илов наиболее активно происходила в карадоке, ашгиллии и лландовери в супралиторальной (лагунно-себховой), литоральной и верхнесублиторальной обстановках осадконакопления. О положительном влиянии доломитизации на формирование пустотного пространства карбонатных пород свидетельствуют повышенные (до 22%) значения открытой пористости в кораллово-строматопоровых (вторичных) доломитах. В биогермных известняках открытая пористость

не превышает 10-15%. Эпигенетическая доломитизация запечатывает открытые поры и отрицательно влияет на коллекторские свойства пород.

Выщелачивание, развиваясь унаследованно, наиболее активно проявилось в кораллово-строматопоровых и строматолитовых доломитах и известняках, практически не содержащих нерастворимых примесей. Этот процесс способствовал формированию каверн и увеличению пористости. Процесс выщелачивания был связан с региональным средне-нижнедевонским перерывом в осадконакоплении.

Трещиноватость также оказывала значительное влияние на коллекторские свойства карбонатных пород среднего ордовика – нижнего девона. В этих породах развиты, преимущественно, сложные типы коллекторов: порово-трещинные и трещинно-поровые, в которых фильтрация осуществляется не только по сообщающимся порам, но и по микротрещинам, которые эти поры соединяют. Типы коллекторов определялись по классификации, разработанной во ВНИГРИ (Методические рекомендации..., 1989).

Прогноз зон улучшенных коллекторов в отложениях среднего ордовика – нижнего девона Тимано-Печорской провинции

В результате исследований установлено, что коллекторские толщи сформировались в фазу раннего высокого стояния уровня моря и в заключительную фазу трансгрессии. Породы-коллекторы расположены в платформенной части провинции и приурочены к одиночным рифам (биостромам и мелким биогермам). Распределение пород-коллекторов по площади и разрезу прерывистое, обусловленное распределением одиночных рифов, максимальное развитие которых совпадало с режимом стабильного осадконакопления палеобассейна, существовавшего на исследуемой территории в маломакарихинское, баганское, позднемакарихинское, среднесандивейское, веякское, раннелудловское, раннепржидольское и раннелохковское времена. Вертикальная и латеральная фациальная неоднородность коллекторских пачек определила изменчивость фильтрационно-емкостных свойств по разрезу и площади.

Средне - верхнеордовикские отложения содержат мшанково-строматопоровые биостромы, мощностью от 2 до 10 м. Они приурочены к верхней части маломакарихинской и к баганской свитам. Сложены они доломитами с невысокими значениями пористости (0,5-4%). Проницаемость матрицы редко превышает 1 мд, трещинная проницаемость достигает значений 4 мд. В отложениях развиты коллекторы сложного типа (порово-трещинного и трещинно-порового). В Хорейверской впадине в баганской свите открыто Среднемакарихинское месторождение нефти. Покрышкой является ангидрито-доломитовая

толща малотавротинского горизонта с низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Мощность ее изменяется от 160 до 200 м.

Коллекторы в **нижнесилурийских отложениях** представлены кораллово - строматопоровыми (вторичными) доломитами и приурочены к верхнемакарихинской, среднесандивейской, нижневаякской подсвитам (рис. 12). Они связаны с биостромами, мощность которых изменяется от 30 до 100 м. Доломиты характеризуются повышенными значениями открытой пористости от 10 до 22%. Проницаемость матрицы варьирует в широких пределах - от 1 до 320 мд. Трещинная проницаемость пород от 0 до 5 мд. Коллекторы относятся к поровому, трещинно-поровому и порово-трещинному типам. В нижнесилурийских отложениях открыто около 20 месторождений нефти. Мощность покрывки тиманского горизонта изменяется от 5 до 40 м.

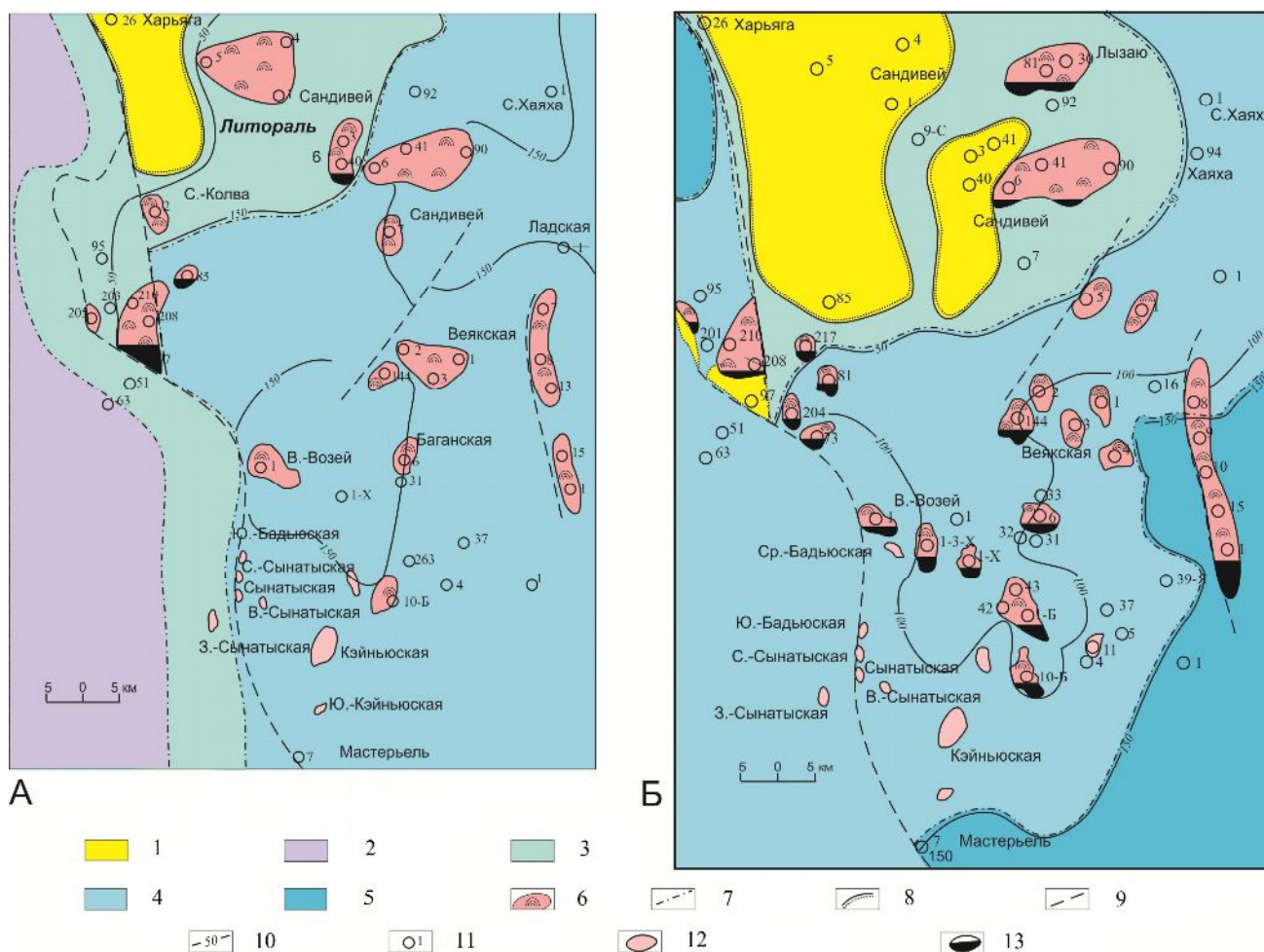


Рис. 12. Фациальные карты южной части Хорейверской впадины

А – позднесилурийское время; Б – раннедевонское время.

1 – островная низменная суша; 2 – супралитораль; 3 – литораль; 4 – верхняя сублитораль; 5 – нижняя сублитораль; 6 – биостром; 7 – границы фациальных зон; 8 – линия древнего размыва; 9 – тектонические нарушения; 10 – изопохиты; 11 – номер скважины; 12 – зоны развития перспективные неструктурных ловушек; 13 – месторождения нефти.

Верхнесилурийские отложения представлены в основном глинистыми известняками и доломитами с низкими коллекторскими свойствами. Коллекторы обнаружены только в верхней части гребенского горизонта. Они приурочены к строматопорово-мшанково-коралловым биостромам, мощностью 10-35 м. Известняки, образующие биостромы, имеют открытую пористость от 0,1 до 7%. Проницаемость матрицы варьирует в пределах 0,001 до 2,7 мд. Трещинная проницаемость не превышает 2 – 4 мд. Тип коллектора порово-трещинный и трещинно-поровый.

В отложениях нижнего девона коллекторы приурочены к строматолитовым биостромам, мощностью до 8-10 м. Доломиты и известняки биостромов характеризуются открытой пористостью от 2 до 11%, составляя в среднем 4-5%. Проницаемость матрицы не превышает 2-5 мд. Трещинная проницаемость достигает 2-8 мд. Тип коллектора порово-трещинный.

Несмотря на невысокие коллекторские свойства отложений нижнего девона, в них открыто три крупных (им. А.Титова, им. Р.Требса и Хасырейское) и 17 мелких по запасам месторождений нефти. Следует отметить значительное влияние трещиноватости на условия фильтрации флюидов в карбонатных породах нижнего девона. Это обусловило развитие в них коллекторов сложного типа преимущественно порово-трещинного. Одним из благоприятных факторов, способствующих сохранению залежей, служит наличие глинистой покрывки тиманского горизонта значительной мощности (до 130 м) в восточной бортовой зоне Хорейверской впадины.

На основе детальных литогенетических, палеогеографических, палеоструктурных, петрофизических критериев были оконтурены и уточнены границы фациальных зон в южной части Хорейверской впадины для раннего лландовери (макарихинская свита), позднего лландовери (сандивейская свита) (см. рис. 12), раннего венлока, позднего венлока, гердьюского и гребенского горизонтов.

На основе анализа фациальных карт построена прогнозная карта зон развития коллекторов в силурийских отложениях южной части Хорейверской впадины (рис. 13). На карте показано размещение зон: перспективной и менее перспективной.

Перспективная зона расположена на своде Большеземельского палеоподнятия и соответствует зоне верхней сублиторали в районе выхода пород-коллекторов макарихинской, сандивейской и веяжской свит непосредственно под региональную покрывку тиманского горизонта верхнего девона. Зона характеризуется наличием улучшенного резервуара и глинистой покрывки тиманского горизонта, мощностью до 5-40

м. Кораллово-строматопоровые доломиты фаций биостромов имеют наибольшие мощности до 60-100 м и наиболее интенсивно подверглись выщелачиванию. Высокая перспективность зоны подтверждается приуроченностью к ней большинства промышленных месторождений нефти нижнего силура.

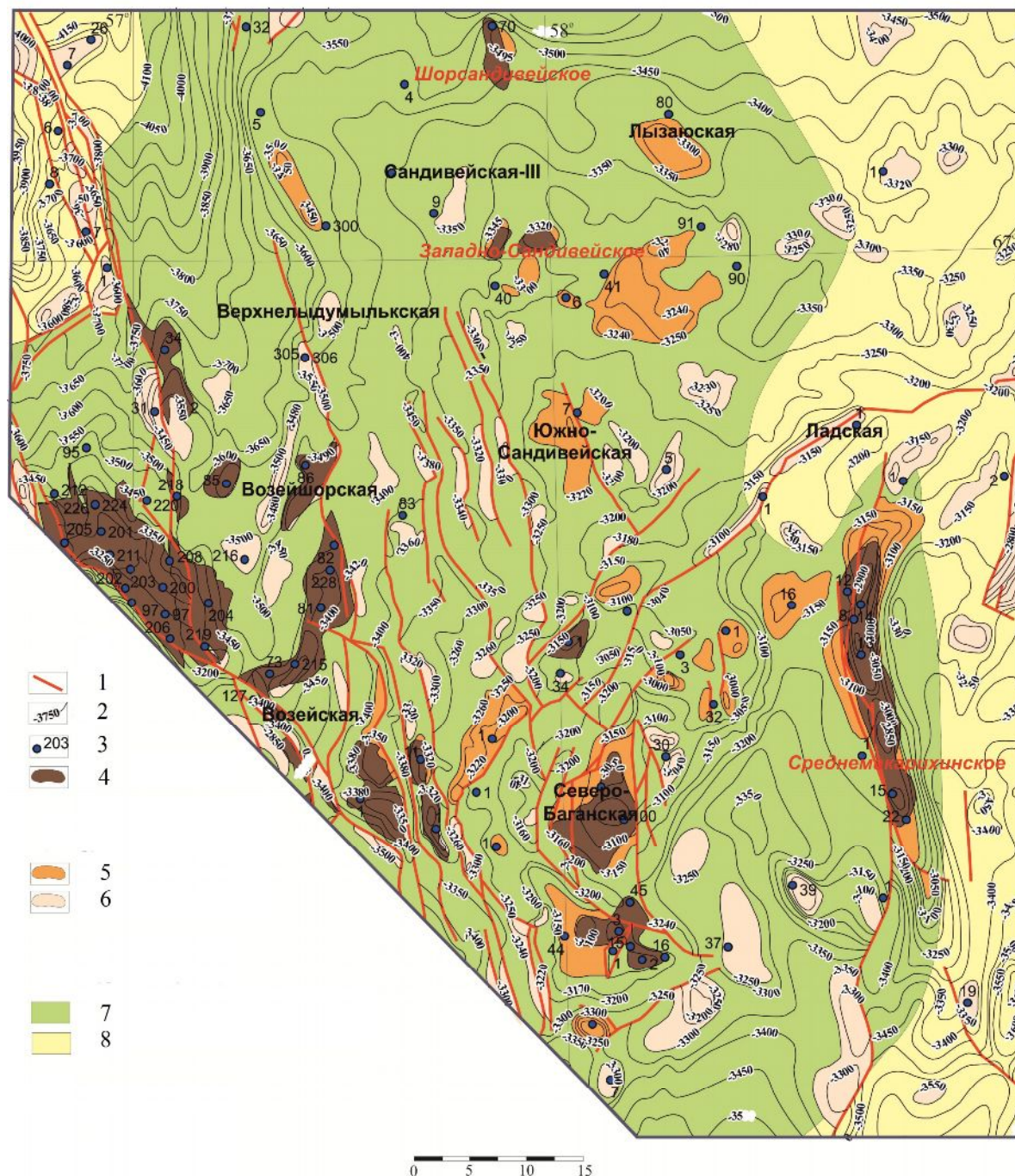


Рис. 13. Прогнозная карта зон развития неструктурных ловушек в силурийских отложениях южной части Хорейверской впадины

1 – тектонические нарушения; 2 – изогипсы ОГ III-IV ($D_{3f1} - S_1$); 3 – скважины; 4 – месторождения; 5-6 – перспективные объекты (неструктурные ловушки): 5 – подтвержденные бурением; 6 – выделенные по данным сейсморазведки; 7-8 – зоны развития неструктурных ловушек: 7 – перспективная; 8 – менее перспективная.

Менее перспективная зона соответствует зоне развития нижней сублиторали и выходу под размыв отложений верхнего силура. Верхнесилурийские отложения представлены в основном глинистыми известняками и доломитами с низкими коллекторскими свойствами.

Установлены наиболее обширные и продолжительные трансгрессии, которые отмечались в конце ашгиллского – начале лландоверийского веков, в начале венлокского, в начале пржидольского веков. В эти периоды обстановки сублиторали с известняково-доломитовым типом осадконакопления распространялись на территории южной и центральной фациальных зон. Менее ярко выраженные и кратковременные трансгрессии отмечались в начале карадокского, в середине лландоверийского и в начале лохковского веков. Наиболее ярко выраженные регрессивные этапы приурочены к середине ашгиллского, концу лудловского, концу лохковского веков, а также в пражский и эмский века. Эти этапы характеризуются формированием рифовых комплексов на Урале, Вайгаче, юге и севере Новой Земли. Во внутренней части карбонатной платформы в условиях литорали формируются известковые и доломитовые илы с угнетенной биотой, иногда с терригенной примесью.

Следовательно, относительные колебания уровня Мирового океана и цикличность тектогенеза, сопровождающаяся периодическим изменением климата, определяют закономерное распределение в геологическом разрезе среднего ордовика-нижнего девона Тимано-Печорской провинции коллекторских и экранирующих толщ, возникающих в процессе седиментогенеза.

Заключение

В результате проведенных исследований:

Установлены основные закономерности строения отложений среднего ордовика – нижнего девона в Тимано-Печорском бассейне, в том числе цикличность процессов осадконакопления. Отложения среднего - верхнего ордовика, силура и нижнего девона расчленены на 10 осадочных секвенций, отражающих циклы колебаний уровня Мирового океана 3-го порядка.

Разработаны эволюционные модели седиментации, характерные для карбонатной мелководной платформы Тимано-Печорского бассейна. Прослежена смена моделей седиментации: от гумидной карбонатной рампы в среднем ордовике до аридной и гумидной краевой платформы в силуре - раннем девоне, которые контролировались колебаниями уровня моря, изменениями климата и расположением источников сноса.

Выделены латеральные фациальные ряды в бассейне седиментации, характеризующие смену фациально-ландшафтных палеообстановок от суши к батимальному бассейну.

Построены фациальные карты - схемы Тимано-Печорского бассейна для раннекарадокского, позднеашгильско-раннелландоверийского, ранневенлокского, раннелудловского, раннепржидольского, раннелохковского, позднелохковского и пражского времени.

Сделан вывод о существовании обстановок осадконакопления, благоприятных для формирования коллекторов в отложениях среднего-верхнего ордовика, силура и нижнего девона на территории Тимано-Печорской провинции. Перспективными для поисков коллекторов являются зоны развития отложений верхней сублиторали. В зоне нижней сублиторали существовали оптимальные условия для формирования нефтегенерирующих толщ.

Выделены и закартированы зоны развития коллекторов в отложениях нижнего силура в южной части Хорейверской впадины.

На основании анализа фациальных карт – схем устанавливаются наиболее обширные и продолжительные трансгрессии, которые отмечались в конце ашгильского – начале лландоверийского веков, в начале венлокского, в начале пржидольского веков. Наиболее ярко выраженные регрессивные этапы приурочены к середине ашгильского, концу лудловского, концу лохковского веков, а также в пражский и эмский века.

Установлено, что породы-коллекторы приурочены к одиночным внутриплатформенным рифам (биостромам), которые формируются в заключительный период трансгрессии и в её стабильную фазу. Породы-покрышки на платформе образуются в период позднего высокого и низкого уровня моря.

Определено, что факторы седиментогенеза и дальнейшие постседиментационные преобразования оказали решающую роль в формировании структуры порового пространства пород-коллекторов. Положительное влияние на формирование высокеемких коллекторов оказали процессы раннедиагенетической доломитизации, выщелачивание и трещиноватость.

Литература

- Антошкина А.И.* Рифы в палеозое Печорского Урала. - СПб.: Наука, 1994. - 154 с.
- Войновский-Кригер К.Г.* Силур Лемвинской структурно-фациальной зоны (Западный склон Приполярного Урала) //Бюл. МОИП. Отд. геол., 1961. - Т.36. - №3. - С. 21-35.
- Гессе В.Н.* Новые данные по стратиграфии древних толщ Лемвинской структурно-фациальной зоны //Материалы по геологии и полезным ископаемым северо-востока Европейской части СССР, Сыктывкар, 1962. - Вып. 2. - С. 3-6.
- Дембовский Б.Я., Дембовская З.П., Ключина М.Л., Наседкина В.А.* Ордовик Приполярного Урала. Геология, литология, стратиграфия. - Свердловск: УрО АН СССР, 1990. – 208 С.

Зоненшайн Л.П., Кузьмин М.И., Натаков Л.М. Тектоника литосферных плит территории СССР. - М.: Недра, 1990. - Т.1. - 328 с.

Мартинов А.В. Особенности раннесилурийского рифообразования в области Большеземельского палеосвода Тимано-печорской плиты //Рифы и карбонатные псефитолиты, ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2010. - С. 108-110.

Махнач А.С., Москвич В.А., Кручек С.А., Урьев И.И. Органогенные постройки девона Белоруссии. Минск, Наука и техника, 1984. - С. 236.

Методические рекомендации по изучению и прогнозу коллекторов нефти и газа сложного типа //Под ред. М.Х.Булач и Л.Г.Белоновской. - Л.: ВНИГРИ, 1989. - С. 103.

Объяснительная записка к тектонической карте Баренцева моря и северной части Европейской России масштаба 1:2 500 000. - М.: Институт литосферы РАН, 1996. - 94 с.

Патрунов Д.К. Палеогеографические типы среднепалеозойских рифовых образований на северо-восточной периферии древней Русской платформы //Литология и палеогеография биогермных массивов. - М.: Наука, 1975. - С. 73-85.

Патрунов Д.К. Седиментационные типы пород, обстановки осадконакопления и цикличность литорального комплекса карбонатных и карбонатно-глинистых отложений силура и нижнего девона //Силурийские и нижнедевонские отложения острова Долгого. - Свердловск: УНЦ АН СССР, 1980. - С. 27-67.

Патрунов Д.К. Рифовые комплексы как функция динамики изменения уровня моря //Секвенсстратиграфия нефтегазоносных бассейнов России и стран СНГ (Тез. докл.). - СПб., 1995. - С. 96-97.

Пучков В.Н. Батинальные комплексы пассивных окраин геосинклинальных областей. - М.: Наука, 1979. - 258 с.

Ронов А.Б. Вулканизм, карбонатакопление, жизнь (закономерности глобальной геохимии углерода) //Геохимия, 1976. - №8. - С. 1252-1277.

Селли Р.Ч. Древние обстановки осадконакопления. - М.: Недра, 1989. - С. 294.

Танинская Н.В. Органогенные постройки - предполагаемые ловушки нефти и газа в ордовикско-силурийских отложениях Хорейверской впадины Тимано-Печорской провинции //Методы оценки сложных коллекторов. - Л., 1988. - С. 34-40.

Танинская Н.В. Фациальные модели карбонатных и терригенно-карбонатных отложений силура и девона Оленьей площади Тимано-Печорской провинции //Низкопористые породы-коллекторы и их роль при оценке нефтегазоносности. - Л., 1991. - С. 117-130.

Танинская Н.В. Условия формирования отложений верхнего ордовика и нижнего силура севера Тимано-Печорской провинции //Вопросы совершенствования стратиграфической основы фанерозойских отложений нефтегазоносных регионов России. - СПб., 1997. - С. 15-23.

Танинская Н.В. Модели карбонатного осадконакопления в среднем ордовике-нижнем девоне Тимано-Печорского седиментационного бассейна. - СПб.: Недра, 2004. - С. 108-120.

Танинская Н.В., Лазарев Д.К., Вискунова К.Г. Секвенсстратиграфия силурийских карбонатных отложений Тимано-Печорской провинции //Поиски, разведка и добыча нефти и газа в Тимано-Печорском бассейне и Баренцевом море. - СПб., 1994. - С. 191-197.

Тектоника и металлогения ранних киммерид Новой Земли. - СПб.: Недра, 1992. - 196 с.

Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории. - М.: Недра, 1980. - 463 с.

Юдин В.В., Дедеев В.А. Геодинамическая модель Печорской плиты. Серия препринтов «Научные доклады». - Коми филиал АН СССР. - Вып. 171, 1987. - 12 с.

Ahr W.M. The carbonate ramp. An alternative to the shelf model //Transaction Gulf Coast Association of Geological Societies, 1975. - V. 23. - P. 221-225.

Handford C.R., Loucks R.G. Carbonate depositional sequences and system tracts - responses of carbonate platforms to relative sea-level changes //Carbonate sequences stratigraphy AAPG Memoir 57/ed. Loucks R. and Sarg J.F., 1993. - P. 3-41.

Sarg J.F. Carbonate sequence stratigraphy //Sea level changes - An Integrated Approach //Wilgus, C.K. et al., eds. //Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Tulsa, 1988. - V.42. - P. 155-181.

Vail P.M., Mitchum R.M., Thompson S. Seismic Stratigraphy and global changes of sea level. Seismic Stratigraphy - Applications to Hydrocarbon Exploration //Am.Assos.petro. Geol.Memoir /C.E.Payton, ed. 1977. - V. 26. - P. 83-97.

Рецензент: Григоренко Юрий Николаевич, доктор геолого-минералогических наук.

Taninskaya N.V.

«Geologorazvedka», St. Peterburg, Russia, tannv@yandex.ru

SEDIMENTOLOGICAL CRITERIA OF RESERVOIRS FORECAST OF THE MIDDLE ORDOVICIAN AND LOWER DEVONIAN DEPOSITS OF TIMAN-PECHORA PROVINCE

The main evolutionary stages of the Timan-Pechora sedimentary basin are identified. A series of facies maps of the Middle Ordovician, Silurian and Lower Devonian have been constructed. Reservoir rocks with improved reservoir properties are related to coral-stromatoporoid biostromes, mainly developed within the upper subtidal zone. Forecast of reservoirs lateral distribution through the studied sedimentary succession is proposed.

Key words: carbonate facies, sedimentary environments, reservoirs, Middle Ordovician, Silurian, Lower Devonian, Timan-Pechora province.

References

- Antoškina A.I. Rify v paleozoe Pečorskogo Urala. - SPb.: Nauka, 1994. - 154 s.
- Vojnovskij-Kruger K.G. Silur Lemvinskoj strukturno-facial'noj zony (Zapadnyj sklon Pripolârnogo Urala) //Bûl. MOIP. Otd. geol., 1961. - T.36. - #3. - S. 21-35.
- Gesse V.N. Novye dannye po stratigrafii drevnih tolš Lemvinskoj strukturno-facial'noj zony //Materialy po geologii i poleznym iskopaemym severo-vostoka Evropejskoj časti SSSR, Syktyvkar, 1962. - Vyp. 2. - S. 3-6.
- Dembovskij B.Â., Dembovskaâ Z.P., Klûžina M.L., Nasedkina V.A. Ordovik Pripolârnogo Urala. Geologiâ, litologiâ, stratigrafiâ. - Sverdlovsk: UrO AN SSSR, 1990. - 208 S.
- Zonenšajn L.P., Kuz'min M.I., Natakov L.M. Tektonika litosfernyh plit territorii SSSR. - M.: Nedra, 1990. - T.1. - 328 s.
- Martynov A.V. Osobennosti rannesilurijskogo rifoobrazovaniâ v oblasti Bol'shezemel'skogo paleosvoda Timano-pečorskoy plity //Rify i karbonatnye psefitolity, IG Komi NC UrO RAN, 2010. - S. 108-110.
- Mahnač A.S., Moskvich V.A., Kruček S.A., Ur'ev I.I. Organogennye postrojki devona Belorussii. Minsk, Nauka i tehnika, 1984. - S. 236.
- Metodičeskie rekomendacii po izučeniû i prognozu kollektorov nefti i gaza složnogo tipa //Pod red. M.H.Bulač i L.G.Belonovskoj. - L.: VNIGRI, 1989. - S. 103.
- Ob"âsnitel'naâ zapiska k tektoničeskoj karte Barenceva morâ i severnoj časti Evropejskoj Rossii masštaba 1:2 500 000. - M.: Institut litosfery RAN, 1996. - 94 s.
- Patrunov D.K. Paleogeografičeskie tipy srednepaleozojskih rifovyh obrazovanij na severo-vostočnoj periferii drevnej Russkoj platformy //Litologiâ i paleogeografiâ biogermnyh massivov. - M.: Nauka, 1975. - S. 73-85.
- Patrunov D.K. Sedimentacionnye tipy porod, obstanovki osadkonakopleniâ i cikličnost' litoral'nogo kompleksa karbonatnyh i karbonatno-glinistyh otloženij silura i nižnego devona //Silurijskie i nižnedevonskie otloženâ ostrova Dolgogo. - Sverdlovsk: UNC AN SSSR, 1980. - S. 27-67.
- Patrunov D.K. Rifovyje komplekсы kak funkciâ dinamiki izmeneniâ urovnâ morâ //Sekvensstratigrafiâ neftegazonosnyh bassejnov Rossii i stran SNG (Tez. dokl.). - SPb., 1995. - S. 96-97.
- Pučkov V.N. Batial'nye komplekсы passivnyh okrain geosinklinal'nyh oblastej. - M.: Nauka, 1979. - 258 s.
- Ronov A.B. Vulkanizm, karbonatonakoplenie, žizn' (zakonomernosti global'noj geohimii ugleroda) //Geohimiâ, 1976. - #8. - S. 1252-1277.
- Selli R.Č. Drevnie obstanovki osadkonakopleniâ. - M.: Nedra, 1989. - S. 294.

Taninskaâ N.V. Organogennye postrojki – predpolagaemye lovuški nefti i gaza v ordoviksko-silurijskih otloženijâh Horejverskoj vpadiny Timano-Pečorskoj provincii //Metody ocenki složnyh kollektorov. - L., 1988. - S. 34-40.

Taninskaâ N.V. Facial'nye modeli karbonatnyh i terrigenno-karbonatnyh otloženij silura i devona Olen'ej plošadi Timano-Pečorskoj provincii //Nizkoporistye porody-kollektory i ih rol' pri ocenke neftegazonosnosti. - L., 1991. - S. 117-130.

Taninskaâ N.V. Usloviâ formirovaniâ otloženij verhnego ordovika i nižnego silura severa Timano-Pečorskoj provincii //Voprosy soveršenstvovaniâ stratigrafičeskoj osnovy fanerozojskih otloženij neftegazonosnyh regionov Rossii. – SPb., 1997. - S. 15-23.

Taninskaâ N.V. Modeli karbonatnogo osadkonakopleniâ v srednem ordovike-nižnem devone Timano-Pečorskogo sedimentacionnogo bassejna. – SPb.: Nedra, 2004. - S. 108-120.

Taninskaâ N.V., Lazarev D.K., Viskunova K.G. Sekvensstratigrafiâ silurijskih karbonatnyh otloženij Timano-Pečorskoj provincii //Poiski, razvedka i dobyča nefti i gaza v Timano-Pečorskom bassejne i Barencevom more. – SPb., 1994. - S. 191-197.

Tektonika i metallogeniâ rannih kimmerid Novoj Zemli. – SPb.: Nedra, 1992. - 196 s.

Uilson Dž.L. Karbonatnye facii v geologičeskoj istorii. - M.: Nedra, 1980. - 463 s.

Ūdin V.V., Dedeev V.A. Geodinamičeskaâ model' Pečorskoj plity. Seriâ preprintov «Naučnye doklady». - Komi filial AN SSSR. - Vyp. 171, 1987. - 12 s.

Ahr W.M. The carbonate ramp. An alternative to the shelf model //Transaction Guelf Coast Association of Geological Societies, 1975. - V. 23. - P. 221-225.

Handford C.R., Loucks R.G. Carbonate depositional sequences and system tracts – responses of carbonate platforms to relative sea-level changes //Carbonate sequences stratigraphy AAPG Memoir 57/ed. Loucks R. and Sarg J.F., 1993. - P. 3-41.

Sarg J.F. Carbonate sequence stratigraphy //Sea level changes - An Integrated Approach //Wilgus, C.K. et al., eds. //Spec. Publ. Soc. Econ. Paleontol. Mineral. Tulsa, 1988. - V.42. - P. 155-181.

Vail P.M., Mitchum R.M., Thompson S. Seismic Stratigraphy and global changes of sea level. Seismic Stratigraphy – Applications to Hydrocarbon Exploration //Am.Assos.petro. Geol.Memoir /C.E.Payton, ed. 1977. - V. 26. - P. 83-97.

Танинская Н.В., 2010