

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/20_2019

УДК 552.54:551.733.3(470.13)

Даньщикова И.И., Майдль Т.В.

Институт геологии имени академика Н.П. Юшкина Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра «Коми научный центр Уральского отделения Российской академии наук» (ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, iidanshikova@geo.komisc.ru, maydl@geo.komisc.ru

УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ПОРОД-КОЛЛЕКТОРОВ СИЛУРИЙСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГРЯДЫ ЧЕРНЫШЕВА

Приведены результаты литологических исследований силурийских отложений для мало изученной бурением области интенсивных дислокаций центральной части гряды Чернышева (Тимано-Печорский нефтегазоносный бассейн). Используются методы литолого-фациального анализа, анализа комплекса ГИС, и петрофизических данных. Предложена фациальная модель, согласно которой территория центральной части гряды Чернышева в силурийское время располагалась в пограничной зоне между жестким Большеземельским и пластичным Косью-Роговским блоками фундамента, и может быть отнесена к обстановкам рампового склона Большеземельского поднятия. Закономерности формирования отложений сопоставлены с особенностями строения емкостного пространства пород-коллекторов. Большая часть исследованных образцов керна характеризуются низкими фильтрационно-емкостными свойствами. Наилучшими коллекторскими свойствами обладают вторичные доломиты, образованные по породам отмельных зон с высокой долей первичной пористости.

Ключевые слова: фациальная модель, силурийские отложения, обстановки осадконакопления, коллектор, гряда Чернышева, Тимано-Печорский нефтегазоносный бассейн.

Введение

В настоящее время в пределах гряды Чернышева нефтеносность ордовикско-нижнедевонских отложений установлена открытием залежей на Усино-Кушшорской, Южно-Степковожской, Заостренской и Хоседаю-Неруюской площадях, а также результатами бурения поисково-оценочных скважин 1-, 2-Адакские, 1-Харутамылькская. На долю этого комплекса (O-D₁) приходится 31,3% извлекаемых запасов нефти. Причем они сконцентрированы в 18 месторождениях, среди которых Салюкинское, Среднемакарихинское и ряд других. На данный момент основные запасы на месторождениях в значительной степени уже выработаны. Все острее становится проблема освоения трудноизвлекаемых запасов, сосредоточенных в месторождениях сложного геологического строения. Для таких залежей характерно неравномерное распределение пород-коллекторов по разрезу и сильная изменчивость геометрии пустотного пространства. Прогнозирование развития сложных резервуаров наиболее эффективно при применении комплекса

литологических инструментов.

Литологические исследования позволят показать фациальную изменчивость отложений, преобразованность вторичными процессами, а также установить взаимосвязь между породами-коллекторами и их фациальной природой. Все это, в свою очередь, поможет повысить эффективность заложения новых скважин и оптимизировать поисково-разведочные работы.

Материалы, использованные при исследовании

В основу работы положены материалы, полученные при бурении 11 глубоких скважин в центральной части гряды Чернышева и на юго-восточном борту Хорейверской впадины (рис. 1). Породы силурийского комплекса в разной степени вскрыты глубокими скважинами, их мощность варьирует от 320 м в западной части и до 600 м в восточной части (рис. 2). Наиболее полный разрез силура пройден в центральной части Тальбейского блока гряды Чернышева (скважины 1-, 2-Адакские, 1-Воргамусюрская). Разрезы Хоседаюского вала (скважины 1-, 2-Усино-Кушшорские, 1-Заостренская, 6-Хоседаю-Неруюская, 1-Харутамылькская) и Макариха-Салюкинской антиклинальной зоны (скважины 1-, 31-Среднемакарихинские, 2-Салюкинская) характеризуются меньшей стратиграфической полнотой, вследствие предтимаанского размыва (см. рис. 2).

В работе использованы литературные и фондовые материалы, данные ГИС, результаты опробования и описания скважин, палеонтологических исследований, определения фильтрационно-емкостных свойств. Детально описано 388,43 м кернового материала, изучено 174 шлифа, 10 образцов - методом электронной микроскопии, проанализирован состав 73 проб методом карбонатного и 57 проб методом рентгеноструктурного анализов. Для определения фильтрационно-емкостных свойств дополнительно выполнена рентгеновская томография 4-х образцов. При стратиграфическом расчленении разрезов скважин на данной территории использованы местные и региональные схемы (рис. 3). Границы стратиграфических подразделений в разрезах скважин установлены на основании палеонтологических определений фауны (брахиопод – Т.М. Безносовой, остракод – Г.В. Солопекиной, Л.Л. Шамсутдиновой, А.Ф. Абушик, конодонтов – С.В. Мельниковым, А.В. Журавлевым) и данных ГИС.

Освещенность силурийского разреза керновым материалом низкая. В среднем по скважинам проходка с отбором керна колеблется от 28,8 до 102 м, при этом вынос керна варьирует от 18,7 до 96,2 м.

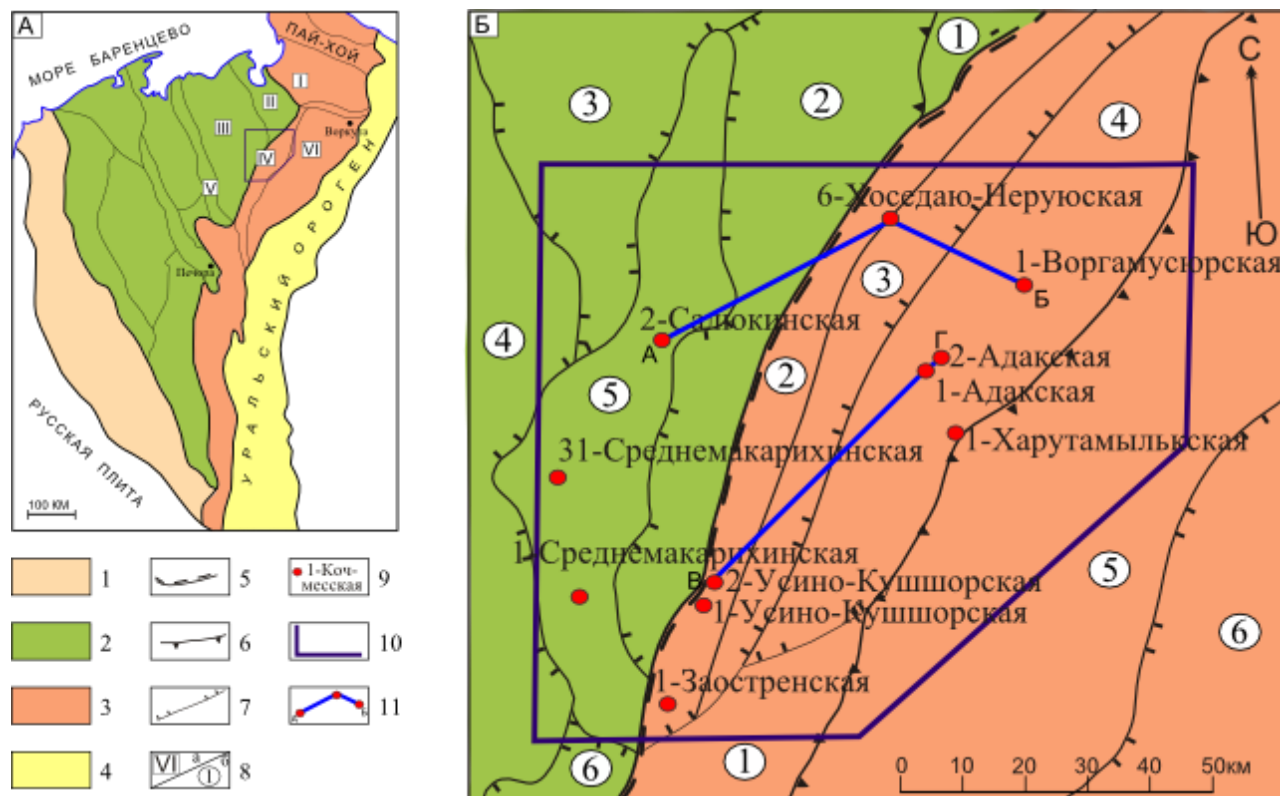


Рис. 1. Карты тектонического районирования

А – Тимано-Печорской провинции (по [Дедеев и Запорожцева, 1985]); Б – района исследований (по [Острижский, 1999] с изменениями).

1 - Тиманская гряда; 2 – Печорская синеклиза; 3 – Предуральский краевой прогиб; 4 – Уральский кряж; 5-7 – границы структур: 5 – надпорядковых, 6 – первого порядка, 7 – второго порядка; 8 – номера структур: а – первого порядка, б – второго порядка; 9 – номера скважин; 10 – граница района исследований; 11 – корреляция разрезов. Структуры первого порядка: I – Кортаихинская впадина; II – Варандей-Адзвинская структурная зона; III – Хорейверская впадина; IV – гряда Чернышева; V – Колвинский мегавал; VI – Косью-Роговская впадина. Структуры второго порядка. Печорская синеклиза: Адзвинская структурная зона: 1 – вал Сорокина. Хорейверская впадина: 2 – Цильегорская депрессия; 3 – Коллависовская ступень; 4 – Сандивейское поднятие; 5 – Макариха-Сандюкинская антиклинальная зона; 6 – Сыннырдская котловина. Предуральский краевой прогиб: гряда Чернышева: 1 – Шарью-Заостренский блок; 2 – Хоседаюский вал; 3 – Адзвинская депрессия; 4 – Тальбейский блок. Косью-Роговская впадина: 5 – Кочмесская ступень; 6 – Абезьская депрессия.

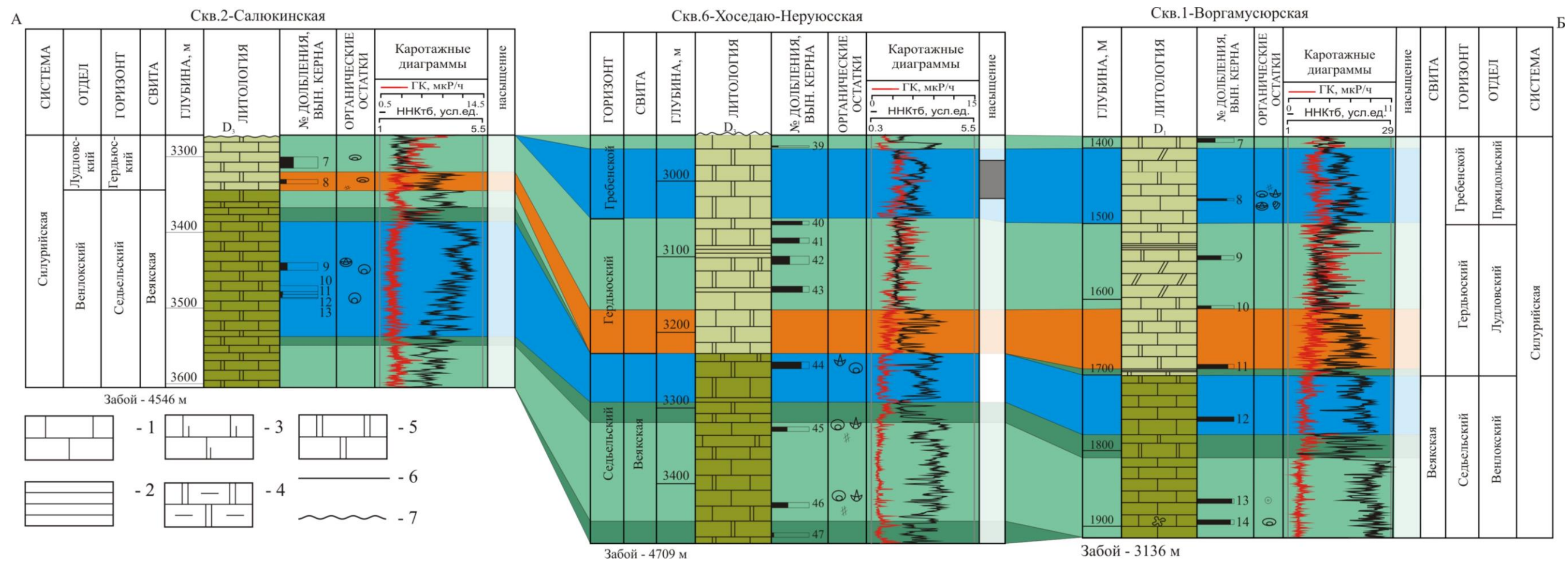
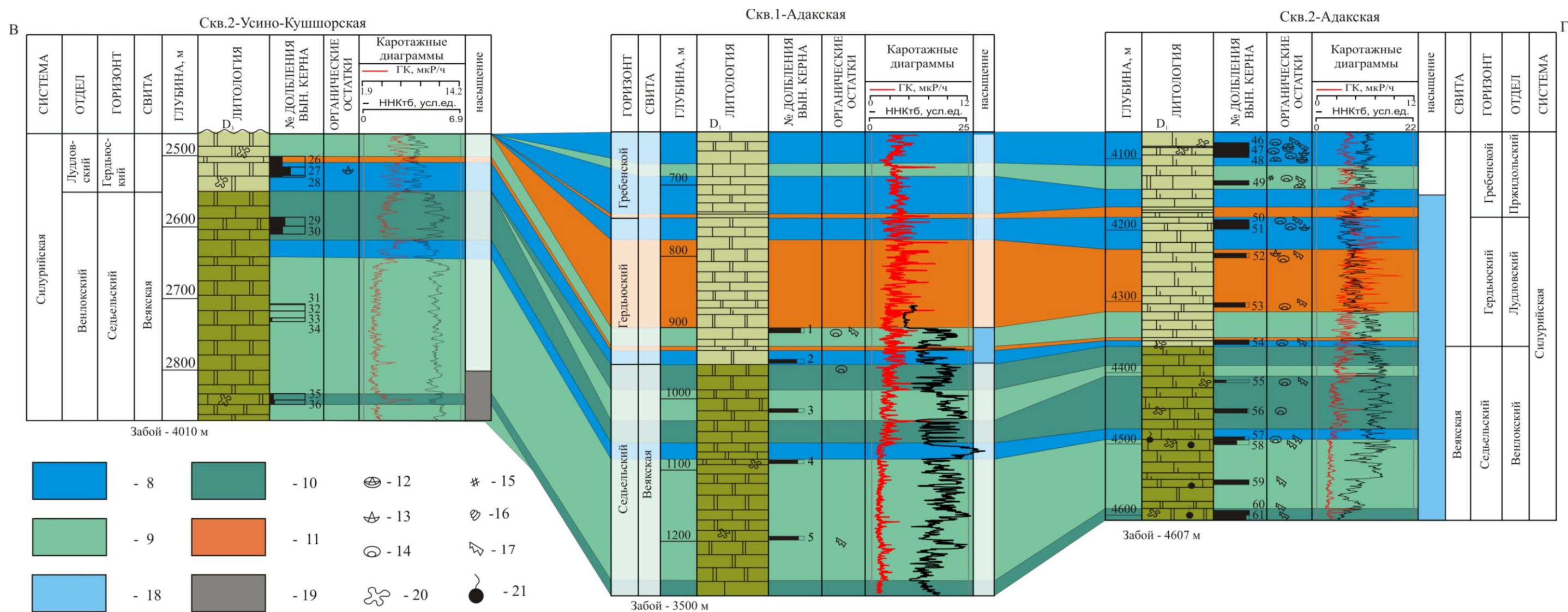


Рис. 2. Стратиграфические колонки с распределением силурийских обстановок осадконакопления и коллекторов на примере скважин Тальбейского блока, Хоседаюского вала гряды Чернышева и Макариха-Салюкинской антиклинальной зоны Хорейверской впадины



Продолжение рис. 2. Стратиграфические колонки с распределением силурийских обстановок осадконакопления и коллекторов на примере скважин Тальбейского блока, Хоседаюского вала гряды Чернышева и Макариха-Салиюкинской антиклинальной зоны Хорейверской впадины

Литология: 1 - известняк, 2 - глинистый прослой, 3 - известняк доломитизированный, 4 - доломиты глинистые, 5 - доломит; стратиграфические границы: 6 - согласное залегание, 7 - несогласное залегание; обстановки осадконакопления: 8 - сублитораль, 9 - литораль, 10 - отмель, 11 - лагуна; органические остатки: 12 - криноидеи, 13 - брахиоподы, 14 - остракоды, 15 - мшанки, 16 - гастроподы, 17 - конодонты; насыщение: 18 - пластовая вода, 19 - приток бурового раствора; 20 - кавернозность, 21 - нефтепроявления.

ОСШ [Постановление МСК., 2011, 2012]			Региональные стратиграфические подразделения [ТПСБ..., 2002]	Приполярный Урал [Объяснительная записка..., 1994]	Приполярный Урал [Безносова, 2008; Безносова, Лукин, 2009]	Хорейверская впадина [Жемчугова и др. 2001]
Система	Отдел	Ярус	Горизонт	Горизонт	Горизонт	Свита
Силурийская	Пржи- дольская		Гребенской	Карповский	Карповский	Устьсывьюская
				Белушьянский	Белушьянский	Целебейская
	Лудловский	Лудфорд- ский	Гердьюский	Сизимский	Сизимский	Сизимская
		Горстий- ский		Падимейтывисский	Падимейтывисский	Падимейтывисская
	Венлокский	Гомерский	Седьельский	Устьдурнаюский	Войвывский	Веякская
		Шейнвуд- ский				
	Лландо- верий- ский	Теличский	Филиппьельский	Маршрутнинский	Маршрутнинский	Сандивейская
				Филиппьельский	Филиппьельский	

Рис. 3. Стратиграфическая схема силурийских отложений Западного Урала и Хорейверской впадины

Тектоническое положение и стратификация силурийских толщ района исследований

Гряда Чернышева находится на северо-востоке Печорской плиты и разделяет Печорскую синеклизу и Предуральский краевой прогиб (см. рис. 1). Современные сейсмические данные позволяют рассматривать эту структуру как фронт крупной тектонической пластины, срыв в основании которой проходит по ордовикским соленосным отложениям. У поверхности этот срыв выражен дугообразными в плане Западно-Чернышевским взбросо-надвигом и встречно падающим Восточно-Чернышевским ретронадвигом [Юдин, 1985; 1994].

Центральная часть поднятия Чернышева представляет сочетание крупных тектонических пластин противоположной вергентности. Пластины сформированы надвиговыми дислокациями, на глубине сходящимися к единой поверхности скольжения, приуроченной к верхнеордовикским солевым отложениям [Данилов и др., 2011]. Фронтальные зоны пластин интенсивно дислоцированы и образуют многообразие чешуйчато-складчатых приповерхностных структур. Существует мнение, что положение гряды не случайно и обусловлено положением глубинного разлома [Богданов и др., 2016], что подтверждается в некоторой мере и фациальной зональностью отложений. Описание геологического строения района содержится также в работах Н.И. Тимонина, К.О. Соборнова, Л.Ф. Пильника и др.

В работе стратиграфическое расчленение силурийских отложений приводится в соответствии со стратиграфической схемой северо-восточного субрегиона Восточно-Европейской платформы (см. рис. 3).

Наиболее охарактеризованными керном в районе исследования являются средне-верхнесилурийские отложения, выделяемые в объеме седельского, гердьюского и гребенского горизонтов. С ними же связана и продуктивность комплекса.

Седельский горизонт, выделяемый в объеме веяжской свиты, охватывает возрастной интервал венлока и части телича [Жемчугова, Мельников, Данилов, 2001] (см. рис. 3). Горизонт сложен вторичными доломитами и известняками с широким распространением отмельных отложений и развитием водорослей, и биохимической микробиально-водорослевой седиментацией. В нижней части горизонта появляются ламинарные иловые и биокластово-детритовые доломиты, формировавшиеся в обстановках закрытого шельфа (рис. 4А). Мощность отложений составляет 250-400 м, увеличиваясь в северо-восточном направлении (см. рис. 2).

Верхнесилурийские отложения согласно залегают на нижнесилурийских и выделяются в объеме **гердьюского** и **гребенского горизонтов**, соотносимых соответственно с лудловским и пржидольским ярусами. В южной части Хоседаюского вала они частично

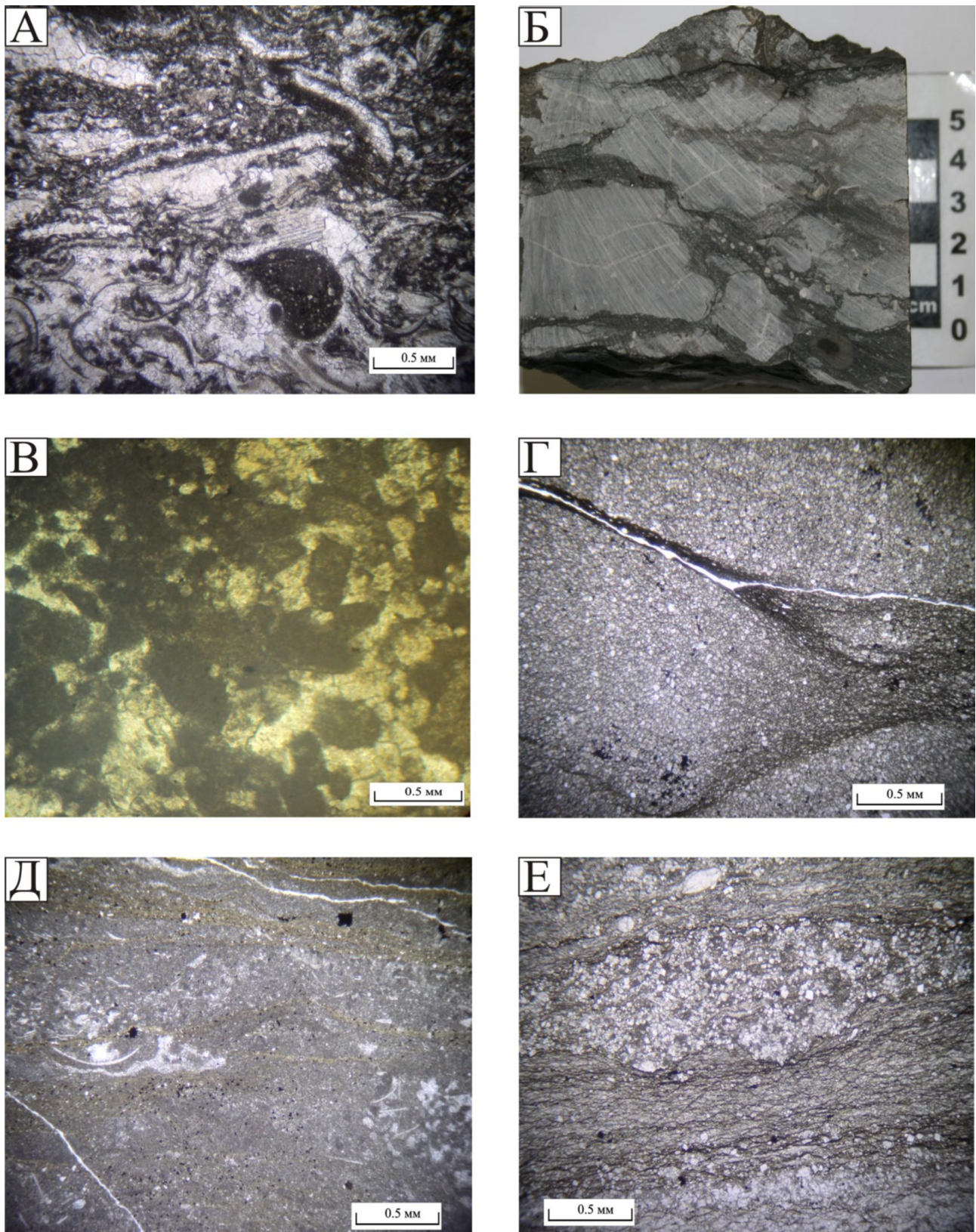


Рис. 4. Фотографии основных типов пород силурийских отложений

А – известняк биокластовый, скв. 1-Воргамусюрская, глубина 1762,1 м; Б – узловато-слоистый известняк, скв. 2-Адакская, глубина 4079,4 м; В – известняк сгустковый, скв. 2-Адакская, глубина 4500,8 м; Г – доломит известковистый глинистый скв. 1-Воргамусюрская, глубина 1389 м; Д – узловатый известняк с неровно-плитчатой комковатой отдельностью, скв. 1-Воргамусюрская, глубина 1547,7 м; Е – линзовидно-волнистый доломит, скв. 1-Воргамусюрская, глубина 1693,4 м.

размыты в предсредне-предпозднедевонское время (см. рис. 2). На Среднемакарихинской площади данные отложения отсутствуют вследствие глубокого размыва их в позднесилурийское - раннедевонское время. Мощности верхнего силура увеличиваются в северо-восточном направлении от 100 м (скв. 2-Усино-Кушшорская) до 322 м (скв. 1-Адакская).

Отложения гердьюского горизонта сложены циклическим чередованием разнообразных известняков и доломитов, мергелей и аргиллитов, и демонстрируют регрессивную направленность развития бассейна. В разрезе представлены лагунные, литоральные и сублиторальные фации (см. рис. 2). Среди последних довольно широко распространены отложения отмелей сублиторали – преимущественно брахиоподовые, остракодовые и пелециподовые ракушняки. Литорально-супралиторальные отложения отчетливо диагностируются по развитию строматолитовых образований, узорчатых доломитов, знаков ряби, крупных трещин усыхания. Частая смена условий осадконакопления в обстановках закрытого шельфа отразилась на развитии фауны, которая имеет крайне бедный родовой и видовой состав. Мощность отложений в пределах рассматриваемого участка составляет от 100 м (скв. 2-Усино-Кушшорская) до более 200 м (скв. 1-Адакская).

Литологический состав отложений **гребенского горизонта** отличается преобладанием органогенных известняков и вторичных доломитов; характерно также значительное разнообразие фаунистических остатков. В нижней части разреза широко представлены узловато-слоистые (комковатые) глинистые известняки с многочисленной фауной брахиопод и полиморфным биокластическим материалом (рис. 4Б). В аналогичных известняках и вторичных доломитах верхней его части присутствуют кораллы, строматопороидеи и мшанки. На границе с нижним девоном отложения сильно доломитизированы и выщелочены. В разрезе появляются мергели и аргиллиты, характеризующие заключительную регрессивную фазу развития силурийского морского бассейна. На севере Хоседаюского вала гребенский горизонт частично размыт (см. рис. 2) и имеет минимальную мощность – 89 м (скв. 6-Хоседаю-Неруюская). В северо-восточном направлении она увеличивается до 120 м (скв. 2-Адакская).

Фациальная характеристика и обстановки осадконакопления

Согласно существующим региональным представлениям, в силуре формирование карбонатных отложений на данной территории происходило в условиях эпиконтинентальной платформы, полого погружающейся на восток в сторону Уральского палеоокеана [Жемчугова, Мельников, Данилов, 2001; Данилов, 2017; Майдль, 1987; Танинская, 2004]. В

пространственном отношении эта платформа приурочена к пассивной континентальной окраине Уральского палеоокеана и занимала достаточно обширную область от Печоро-Колвинского мегавала на западе до Лемвинской структурно-формационной зоны на востоке.

По представлениям, сложившимся в 1970-1980 гг., процессы седиментации в раннепалеозойском бассейне рассматриваются с позиций модели аккумулятивной иловой литорали или приливно-отливной области осадконакопления, располагавшейся в переходной зоне между морским мелководьем и низкой сушей, и обладавшие обширностью и широким распространением [Патрунов, Шурыгина, Черкесова, 1980]. Следует отметить, что существует определенная противоречивость, ограничивающая применение данной литоральной модели для изучаемого района. Она связана, прежде всего, с обширностью территории предполагаемых древних аналогов этой переходной зоны и незначительной площадью современных литоралей. Однако это противоречие может быть устранено, если учесть фактор мелководности раннепалеозойских бассейнов, нивелирующий различия между прибрежной зоной и отложениями мелководного шельфа, в особенности внутренней его зоны, приобретающей временами черты замкнутого/экранированного бассейна.

Любая геоморфологическая выраженность в рельефе дна таких бассейнов, даже крайне незначительная, приводит к изменениям динамики среды и поверхности осадконакопления, что резко сказывается на составе осадков. Как установлено, геоморфологически отрицательные участки в силу своей меньшей энергонасыщенности являются своего рода ловушкой – отстойником, где накапливается пелитовый и алевритовый материал [Каледа, 1970]. При пересечении потоком любой структуры скорости на своде возрастают, а на склонах, в западинах и у основания уменьшаются. В западинах дна вода в некоторой степени выключается из активного движения.

Проведенные детальные седиментологические исследования силурийско-нижнедевонских отложений в центральной части гряды Чернышева позволили отнести их осадконакопление к двум основным комплексам батиметрических обстановок карбонатной платформы: *литорали, сублиторали* (рис. 5).

Формирование *литорального комплекса* происходило в приливно-отливной полосе прибрежной зоны и характеризовалось изменчивыми условиями накопления и размыва карбонатного осадка.

Разрезы литорального комплекса отложений сложены ритмично построенными ассоциациями плитчатых пород. Типичным является тонкое переслаивание известковых и доломитовых илов, локальных (преимущественно остракодовых) наносов ракушечников и маломощных водорослево-микробияльных покровов (см. рис. 4В). Эти породные ассоциации с присущими им текстурными признаками частого осушения и локальной эрозии осадков

отражают флуктуацию режима и прерывистость осадконакопления. В разрез гряды Чернышева подобные ассоциации фаций широко распространены в толщах гребенского и седельского горизонтов.

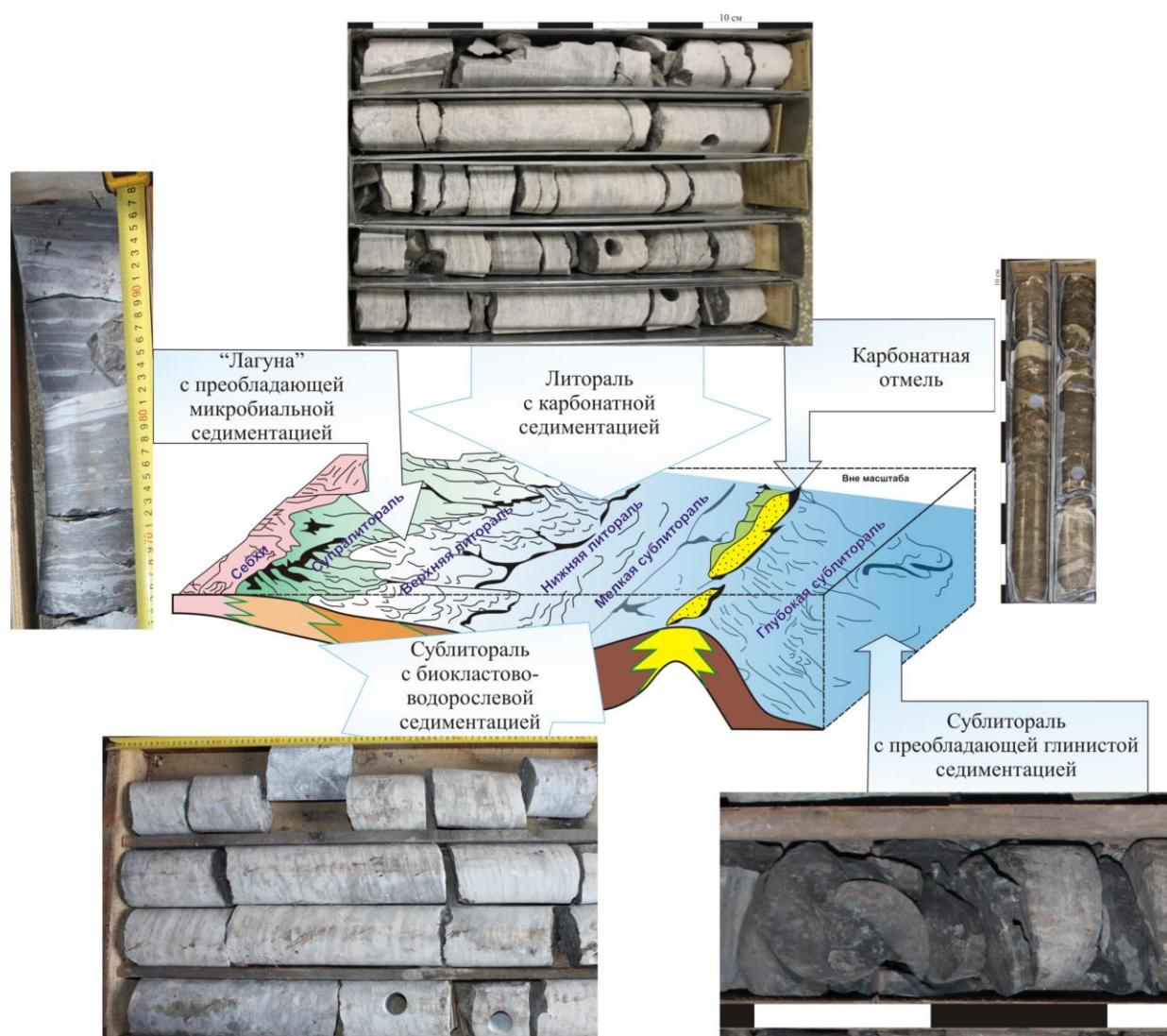


Рис. 5. Седиментационная модель силурийских отложений
(по [Жемчугова, Мельников, Данилов, 2001] с изменениями)

Отложения, сложенные доломитовыми микробными породами и тонкослоистыми ритмитами из доломитово-глинистых и алевритистых слоев, тяготеют, обычно, к основанию осадочных циклитов и крайне маломощны (см. рис. 5). Данную ассоциацию пород можно причислить к фациям верхней зоны аккумулятивной литорали, сформированным в относительно углубленных участках бассейна, приобретающих черты *лагун* при резком падении уровня моря. В изученных разрезах к ним может быть отнесена ассоциация плитчатых тонкослоистых ритмитов из микрозернистых доломитов и алевритистых аргиллитов, присутствующая в основании гердьюского и гребенского горизонтов (см. рис. 4Г).

Сублиторальный комплекс объединяет карбонатные осадки, накопление которых связано с областями морского бассейна с глубинами, превосходящими волновой эрозионный базис. Именно с этими мелководными участками акватории мелководных шельфов, связаны основные объемы продуцирования карбонатными платформами биогенного карбонатного материала, из которых он разносится в иные более глубоководные и прибрежные районы: это так называемая мелководная сублиторальная фабрика карбонатов. В образовании и распределении карбонатных осадков в этих обстановках большое значение приобретает рельеф дна морского бассейна, контролирующей не только глубину бассейна, но и силу, и направления водных и суспензионных потоков, а, следовательно, и структурно-текстурные параметры накапливающегося осадка.

В отложениях комплекса обычны признаки прибрежных мелководных обстановок и, прежде всего, интенсивной *биотурбации*, а наиболее характерными представителями неглубокой сублиторали являются *пятнистые доломит-известняки и пятнисто-полосчатые доломит-известняки*. Текстуры этих пород образованы слоистыми сериями включений известковой массы и доломита с ориентированным по наслоению переплетением пятен разного состава, что в значительной степени обусловлено биотурбацией переслаивающихся карбонатных и доломитизированных глинисто-карбонатных илов. По мнению Д.К. Патрунова, при формировании текстурного рисунка пород внедрялся магнезиальный глинисто-карбонатный ил, источником которого являлись отливные или сгонные течения, приносящие материал с литорали [Патрунов, 1980]. Пятнистые доломит-известняки встречаются на разных уровнях разреза, и представлены в основном мелкопятнистыми отчетливо илоедными разностями. Особенно они характерны для разрезов гердьюского и седельского горизонтов.

Близкой текстурой обладают также *комковатые или узловатые и узловато-слоистые известняки и глинистые известняки* с характерной отдельностью (рис. 4Д). Они также сформированы осадочными компонентами различного генезиса. В их сложении достаточно отчетливо выделяются три компонента: а) нефелоидные карбонатные осадки (сгустковый пелитоморфный известняк); б) суспензионные алевроито-пелитовые существенно глинистые и в) суспензионно-гравийные существенно карбонатные детритовые. Данная осадочная ассоциация, встречающаяся в разрезах гребенского горизонта, могла формироваться как в обстановках пологого (рампового) склона платформ, так и на дне примыкающих впадин [Лихт, Алексеев, Деркачев, 2005]. Отмечаемые в ряде образцов признаки микросбросов, позволяют предполагать синседиментационное погружение этих впадин. Периодичность в накоплении пелитоморфного глинистого и карбонатного материала обусловлена, вероятно, климатическими/метеорологическими причинами и может также свидетельствовать о

достаточных для водной стратификации глубинах бассейна.

Карбонатные отложения, накопление которых связано с динамически активными условиями водной среды, выделены как *фации карбонатных отмелей*. На изученной территории распространены фации отмелей с преобладающей микробиально-обломочной седиментацией. Они представлены тонким чередованием линзовидно-волнистых и горизонтально-тонкослоистых глинистых доломитов с пропластками, прослоями, сериями уплощенных линз биокластовых и литокластовых доломитированных известняков (рис. 4Е). Подобные отложения интерпретируются как фации отмельных зон прибрежного мелководья, с характерными для них интенсивным привнесом тонкого терригенного материала и с признаками влияния мобильной системы течений, носивших периодический или импульсивный характер [Патрунов, 1980]. Основным поставщиком материала для такого рода отложений на современных отложениях аккумулятивных литоралей являются вдольбереговые течения. В изученных разрезах к фациям глинистых отмелей отнесены верхние глинистые и часто алевритистые пачки гердьюского и седельского горизонтов.

При фациальной диагностике отмелей важное значение имеют *течениевые фации* (или *фации выполнения русел* по трассам течений). По мнению Д.К. Патрунова, они являются характерным компонентом рассматриваемого комплекса фаций, хотя проявлены в разрезах спорадически и являются явно акцессорными по отношению к вмещающим иловым и зернисто-иловым осадкам [Патрунов, 1980]. В разрезах исследуемого района русловые фации редки. Они отмечены в разрезах седельского и гребенского горизонтов и представлены слоями литокластовых и прослоями биокластовых (амфипорово-водорослевого; кораллово-строматопоровых известняков) конгломератов. Последние состоят из обломков окатанных или уложенных слоями колоний табулят и строматопорат, погруженных в микрозернистый известковый или глинисто-доломитовый ил.

Выделенные породные ассоциации позволяют диагностировать общий фациальный фон изучаемого участка гряды Чернышева и продемонстрировать, как морские обстановки переходят от отмелей карбонатных платформ Большеземельского палеосвода к примыкающей сублиторали внутреннего шельфа Печорского палеобассейна. Необходимо отметить, что описанные ассоциации не укладываются однозначно в схему характерных фаций иловой литорали. Седиментация в таких бассейнах, вследствие их мелководности, сильно зависит от расчлененности рельефа дна на поднятии – «платформе» и компенсированными осадками впадины. Расчлененность же, в свою очередь, определяется различной скоростью погружения дна бассейна в зависимости от «жесткости» или «пластичности» вовлекаемых в погружения подстилающих блоков фундамента. Таким образом, рассматриваемая территория гряды Чернышева в силурийское время располагается

в пограничной зоне жесткого Большеземельского и пластичного Косью-Роговского блоков фундамента и может быть отнесена к обстановкам рампового склона.

Коллекторские свойства комплекса

Как известно, формирование пустотного пространства породы-коллектора является сложным процессом, затрагивающим различные стадии ее преобразования. В его реализации участвуют как условия седиментогенеза карбонатных пород, так и вторичные процессы, преобразующие их пустотное пространство.

Влияние среды седиментации определяется зависимостью характера первичных параметров пористости и проницаемости породы от ее структурно-текстурных особенностей. Наилучшими свойствами обладают породы с высокой долей граноморфных (зернистых или форменных) компонентов и структурой грейнстоунов-пакстоунов. Породы с преобладанием микробиального и пелитоморфного материала и структурой вакстоунов и мадстоунов, как правило, характеризуются низкой пористостью. По данному параметру породы изученных разрезов обладают в целом низким, реже средним потенциалом (на это влияет высокое содержание ила, малая мощность, невыдержанность и изолированность скоплений карбонатных зерен).

Реализация коллекторского потенциала и формирование пустотного пространства, как известно, определяется характером и степенью их преобразованности. Изученные осадочные толщи демонстрируют сложное сочетание вторичных преобразований, связанных с проявлениями регионального литогенеза, вызванного прогрессивным погружением. Кроме того, породы подвергались изменениям инфильтрационного эпигенеза – гипергенеза при осушении территории и воздействии предфранского размыва, а также преобразованиям, относимым к наложенному катагенезу «катакластического типа». В разрезах, вскрывших нефтяные залежи, отмечаются процессы, связанные с переформированием последних.

Реализация коллекторского потенциала и образованием пустотного пространства пород в изученных разрезах обусловлена различным сочетанием процессов выщелачивания и доломитизации, а часто и трещиноватости. Подобное сочетание процессов обычно характерно при проявлении инфильтрационного эпигенеза в не полностью литифицированных осадках (пресноводный диагенез) и в толще пород при выводе их в зону влияния инфильтрационных вод во время крупных перерывов. Однако, несмотря на положительное влияние процессов выщелачивания и доломитизации на формирование пористости, отмечен ряд преобразований, снижающих этот эффект. Прежде всего, это относится к заполнению трещин и каверн продуктами выветривания – гидроксидами железа, либо продуктами глинизации отложений [Майдль, Жемчугова, Наумчев, 2018].

Наиболее емкие коллекторы связаны с породами (матрица которых изначально проницаема), подвергавшихся активному воздействию ненасыщенных по карбонатам подвижных вод при подъеме отложений к дневной поверхности в среднедевонское и позднедевонское время. Связанное с инфильтрационными процессами доломитизации и выщелачивания пустотное пространство представлено пустотами выщелачивания, кавернами, зонами трещиноватости, межзерновыми порами доломитизации и неоднородно как в структурном плане, так и по форме залегания.

Вследствие преобладающего илового состава осадков и малой доли осадков с повышенной емкостными свойствами для изученных разрезов не характерны и редки, а преобладающим развитием пользуются низкоемкие сложные порово-(каверново)-трещинные типы коллекторов, отличающиеся резкой анизотропией проницаемости и других физических свойств.

Связь типов коллекторов с литотипами

Породы-коллекторы изучаемых отложений представлены сложными низкоемкими типами. Геометрия пустотного пространства формируется различным сочетанием и морфологией слагающих его микротрещин и пустот различного генезиса. В зависимости от определяющего типа пустот в силурийских толщах гряды Чернышева могут быть выделены: ***каверново-поровый, трещинно-каверново-поровый и трещинный типы коллекторов.***

Каверново-поровый тип коллектора встречается редко. Пустотное пространство сформировано в результате постседиментационных преобразований породы – перекристаллизации, доломитизации и выщелачивания. Большинство пустот относится к порам выщелачивания, которые имеют низкую связность и не участвуют в образовании открытой пористости. Эффективными являются межзерновые поры, обеспечивающие и фильтрационные и емкостные свойства породы. Рассматриваемый тип коллектора представлен в основном вторичными доломитами по биогермным и зернистым биокластовым известнякам и распространен на Адакской площади в седельском горизонте (веякская толща) в сильно измененных вторичных доломитах по микробиально-водорослевым известнякам. Величина пористости составляет 3-19%.

Трещинный и каверново-трещинный тип коллектора. Данный тип коллектора приурочен к зонам повышенной плотности трещин и имеет локальный характер. При участии трещин в качестве подводных путей агрессивных вод, насыщенных CO₂ или H₂S, обеспечивающих выщелачивание породы, зоны обладают хорошим коллекторским потенциалом. Такой тип коллектора встречается в различных типах карбонатных пород, чаще всего в сгусткового-биокластовых и микробиальных известняках гребенского и

седельского горизонтов.

Каверново-порово-трещинный тип коллектора наиболее распространен в изученном разрезе. Коллекторы этого типа развиты в седельском горизонте в карбонатных отложениях мелководного шельфа (сублитрали), имеет сложную геометрию пустотного пространства. Характерно чередование пористых участков с плотными непроницаемыми и плохо проницаемыми. Сообщаемость пористых участков матрицы и процессы фильтрации осуществляются трещинами, улучшающими фильтрационно-емкостные свойства пород.

Преобладают породы, в которых пустотное пространство матрицы представлено, главным образом, порами капиллярного и субкапиллярного размеров (рис. 6). Оно сформировано порами доломитизации и выщелачивания (преимущественно результат процессов доломитизации), а также трещинами прямолинейной (скола) и извилистой (отрыва) формы. Поры выщелачивания имеют низкую связность и не обеспечивают образование открытой пористости. Проницаемость пород в значительной степени обусловлена наличием субвертикальных и наклонных микротрещин, осуществляющих связь отдельных пор и участков их концентрации в бортовой зоне трещин.

Соответственно, наиболее перспективными для формирования коллекторов являются фации течений и отмелей, с которыми наиболее часто связаны «улучшенные» коллекторские свойства пород. Коллекторы этих зон, как правило, имеют сложную геометрию пустотного пространства, включающим крупные каверны, пустоты выщелачивания, межкристаллические поры и микротрещины, и при невысоких значениях пористости могут обладать не плохой проницаемостью.

Доля коллекторов среди отложений карбонатной литорали также низка. Среди них преобладают коллекторы с межкристаллической (матричной) пористостью. Микробияльные мелко-тонкозернистые доломиты часто сохраняют тонкопористую структуру пустотного пространства с высокой долей капиллярных и субкапиллярных пор. Размеры пор определяются тонкозернистой структурой осадка.

Большая часть исследованных образцов керна в восточной части гряды Чернышева характеризуется низкими фильтрационно-емкостными свойствами.

Заключение

По батиметрии дна бассейна обстановки формирования комплекса могут быть подразделены на: 1) обстановки относительно глубоководных участков бассейна и 2) обстановки мелких и средних карбонатных платформ в пределах палеоподнятий.

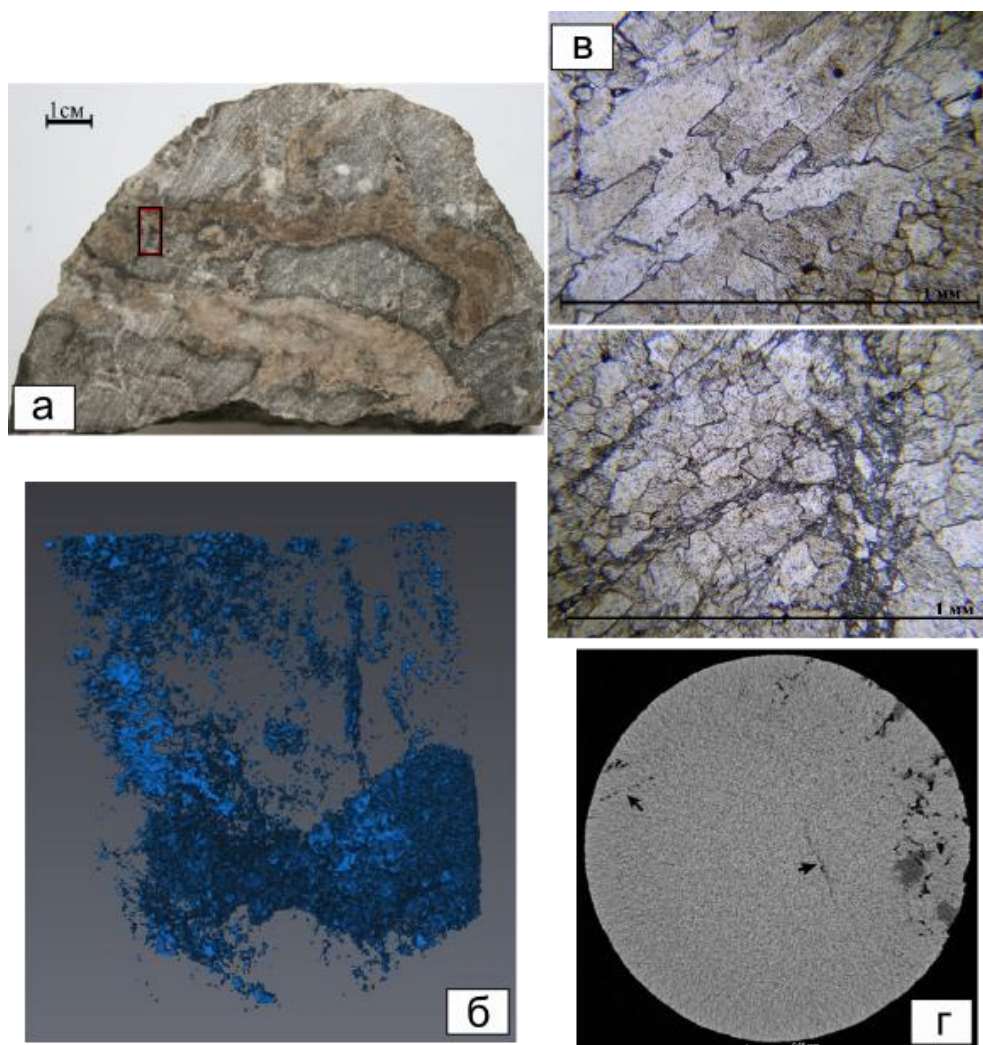


Рис. 6. Фотографии пустотного пространства во вторичном доломите

а – прямоугольником обозначен участок томографического изучения керна; б – трехмерная модель пустотного пространства; в – шлифы; г – горизонтальное томографическое сечение с порами выщелачивания и открытыми трещинами (отмечены стрелками).

Первые являются своего рода компенсированными осадками депрессиями и характеризуются накоплением существенно иловых и зернисто-иловых пород, часто обогащенных глинистой составляющей, увеличенной мощностью разрезов, представленных главным образом сублиторальными отложениями, лишь в кровельной части седиментационных циклитов, приобретающих литорально-лагунный облик. Обстановки карбонатных платформ (периодически затопляемого и осушаемого островного мелководья) более разнообразны с различным сочетанием мелководно-морских сублиторальных, отмельных, биогермных, и литоральных и лагунных фаций. Рассматриваемые разрезы гряды Чернышева характеризуют в основном переходные обстановки от отмелей карбонатных платформ к склонам впадин. Изучаемая территория гряды Чернышева относится к обстановкам рампового склона Большеземельского поднятия.

Вторичные доломиты обладают наилучшими коллекторскими свойствами, более

низкими значениями пористости характеризуются породы с преобладанием микробиального и пелитоморфного компонентов.

Литература

Безносова Т.М. Сообщества брахиопод и биостратиграфия верхнего ордовика, силура и нижнего девона северо-восточной окраины палеоконтинента Балтия. – Екатеринбург: УрО РАН, 2008. – 217 с.

Безносова Т.М., Лукин В.Ю. Войвывский горизонт – новое стратиграфическое подразделение // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: материалы XV Геологического съезда Республики Коми. – Сыктывкар, 2009. – Т. II. – С. 15-18.

Богданов Б.П., Ростовщиков В.Б., Недилюк Л.П., Маракова И.А., Сенин С.В. Тектонические и геохимические предпосылки нефтегазоносности гряды Чернышева // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2016. – Т. 11. – № 2. – http://www.ngtp.ru/rub/4/18_2016.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/18_2016

Данилов В.Н. Гряда Чернышева: геологическое строение и нефтегазоносность. – СПб: Реноме, 2017. – 287 с.

Данилов В.Н., Иванов В.В., Гудельман А.А., Журавлев А.В., Вишератина Н.П., Огданец Л.В., Уткина О.Л. Перспективы нефтегазоносности центральной части поднятия Чернышева по результатам геологоразведочных работ на Адакской площади // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. – Т. 6. – № 2. – http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2011.pdf

Дедеев В.А., Запорожцева И.В. Земная кора европейского северо-востока СССР. – Л.: Наука, 1985. – 98 с.

Жемчугова В.А., Мельников С.В., Данилов В.Н. Нижний палеозой Печорского нефтегазоносного бассейна. – М.: Изд-во Академия горных наук, 2001. – 110 с.

Каледа Г.А. Вопросы методики изучения изменчивости состава и физических свойств горных пород на тектонических структурах // Вопросы методики изучения литологии в нефтегазоносных областях. - Тр. ВНИГНИ, 1970. – Вып. 91. – С. 93-107.

Лихт Ф.Р., Алексеев А.В., Деркачев А.Н. Нефелюидные осадки как индикатор условий осадкообразования в краевых морях Восточной Азии // Вестник ДВО РАН. – 2005. – № 1. – С. 92-102.

Майдль Т.В. Особенности строения карбонатных резервуаров ордовикско-нижнедевонского нефтегазоносного комплекса // Труды Института геологии Коми филиала АН СССР. – 1987. – Вып. 61. – С. 17-28.

Майдль Т.В., Жемчугова В.А., Наумчев Ю.В. Геохимические предпосылки выделения

предфранского несогласия в девонском разрезе Тимано-Печорского осадочно-породного бассейна // Вестник Института геологии Коми НЦ УрО РАН. – 2018. – № 285 (9). – С. 30-38.

Объяснительная записка к стратиграфическим схемам Урала (докембрий, палеозой) / Сост. Н.Я. Анцыгин. – Екатеринбург, 1994. – 95 с.

Острижний М.Ю. Оценка перспектив нефтегазоносности Приполярных районов Предуралья Краевого прогиба по комплексу геолого-геофизических данных // Автореферат дисс. на соискание степени кандидата геолого-минералогических наук. – М., 1999. – 27 с.

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., Шурыгина М.В., Черкесова С.В. Силур и нижний девон на острове Долгом // Силурийские и нижнедевонские отложения о-ва Долгого. – Свердловск, 1980. – С.3–26.

Постановления Межведомственного стратиграфического комитета и его постоянных комиссий. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2012. – Вып. 41. – 48 с. (МПР, Роснедра, ВСЕГЕИ, РАН, МСК России).

Постановления Межведомственного стратиграфического комитета России и его постоянных комиссий. – СПб: Изд-во ВСЕГЕИ, 2011. – Вып. 40. – 48 с. (МПР, Роснедра, ВСЕГЕИ, РАН, МСК России).

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

Тимано-Печорский седиментационный бассейн (объяснительная записка к «Атласу геологических карт, 2000») / З.В. Ларионова, В.И. Богацкий, Е.Г. Довжикова, Л.В. Галкина, О.Л. Ермакова, П.К. Костыгова, Т.И. Куранова, А.В. Мартынов, К.А. Москаленко, Н.И. Никонов, Г.А., Шабанова. – Ухта: Издательство ГУП ТП НИЦ, 2002. – 119 с.

Юдин В.В. Орогенез севера Урала и Пай-Хоя. – Екатеринбург: Наука, 1994. – 285 с.

Юдин В.В. Послойные срывы в чехле востока Печорской плиты – возможный объект поиска углеводородов // Печорский нефтегазоносный бассейн. – Труды Института геологии Коми ФАН СССР – Сыктывкар. 1985. – Вып. 52.– С.38-45.

Danshikova I.I., Maydl T.V.

IG Komi SC UB RAS, Syktyvkar, Russia, iidanshikova@geo.komisc.ru, maydl@geo.komisc.ru

FORMATION GENESIS OF SILURIAN RESERVOIRS BELONGING TO THE CENTRAL PART OF THE CHERNYSHEV RIDGE

The lithology of Silurian rocks, poorly studied by drilling in the area of strong dislocations occurring in the central part of the Chernyshev Ridge (Timan-Pechora petroleum basin) was investigated. The methods of the litho-facial analysis, analysis of the GIS data, and petrophysical analysis were used. The facial model according to which the territory of the central part of Chernyshev Ridge in Silurian time was located in a border area between tough Bolshezemlya and plastic Kosyyu-Rogov base blocks and can be carried to situations of a ramp slope of the Bolshezemlya raising is proposed. Predictabilities of deposits formation are compared with features of the reservoir volumetric capacity. The most part of the studied samples of a core are characterized by low reservoir properties. The most perspective for formation of reservoir are the facies of carbonate shallows zones with a high share of primary porosity having the best collector properties.

Keywords: facial model, Silurian rock, sedimentation conditions, reservoir, Chernyshev Ridge, Timan-Pechora petroleum basin.

References

Beznosova T.M. *Soobshchestva brachiopod i biostratigrafiya verkhnego ordovika, silura i nizhnego devona severo-vostochnoy okrainy paleokontinenta Baltiya* [The brachiopod community and biostratigraphy of the Upper Ordovician, Silurian and Lower Devonian of the northeastern margin of the Paleocentinent Baltic]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2008, 217 p.

Beznosova T.M., Lukin V.Yu. *Voyvyvskiy gorizont – novoe stratigraficheskoe podrazdelenie* [Voyvivsk level - a new lithostratigraphic unit]. Geologiya i mineral'nye resursy Evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii: materialy XV Geologicheskogo s"ezda Respubliki Komi Syktyvkar, 2009, vol. II, p.15-18.

Bogdanov B.P., Rostovschikov V.B., Nedilyuk L.P., Marakova I.A., Senin S.V. *Tektonicheskie i geokhimicheskie predposylki neftegazonosnosti gryady Chernysheva* [Tectonical and geochemical preconditions for petroleum potential of Chernyshov ridge]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2016, vol. 11, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/18_2016.pdf. DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/18_2016

Danilov V.N. *Gryada Chernysheva: geologicheskoe stroenie i neftegazonosnost'* [Chernyshev Ridge: geological structure and oil and gas potential]. St. Petersburg: Renome, 2017, – 287 p.

Danilov V.N., Ivanov V.V., Gudelman A.A., Zhuravlev A.V., Visheratina N.P., Ogdanets L.V. *Perspektivy neftegazonosnosti tsentral'noy chasti podnyatiya Chernysheva po rezul'tatam geologorazvedochnykh rabot na Adakskoy ploshchadi* [Oil and gas potential of the central part of the Chernyshev swell based on geological exploration data at the Adak area]. Neftegazovaya Geologiya. Teoriya I Praktika, 2011, vol. 6, no. 2, available at: http://www.ngtp.ru/rub/4/21_2011.pdf

Dedeev V.A., Zaporozhtseva I.V. *Zemnaya kora evropeyskogo severo-vostoka SSSR* [Earth's crust of the European northeast of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1985, 98 p.

Kaleda G.A. *Voprosy metodiki izucheniya izmenchivosti sostava i fizicheskikh svoystv gornykh porod na tektonicheskikh strukturakh* [Questions of the methodology for studying the variability of the composition and physical properties of tectonites]. Voprosy metodiki izucheniya litologii v neftegazonosnykh oblastiakh. Trudy VNIGNI, 1970, vol. 91, pp. 93-107.

Likht F.R., Alekseev A.V., Derkachev A.N. *Nefeloidnye osadki kak indikator usloviy osadkoobrazovaniya v kraevykh moryakh Vostochnoy Azii* [Nepheloid sediments as an indicator of sedimentation conditions in the marginal seas of East Asia]. Vestnik DVO RAN, 2005, no. 1, pp. 92-102.

Maydl' T.V. *Osobennosti stroeniya karbonatnykh rezervuarov ordoviksko-nizhnedevonskogo neftegazonosnogo kompleksa* [Structural features of carbonate reservoirs of the Ordovician-Lower Devonian oil and gas complex]. Trudy Instituta geologii Komi filiala AN SSSR, 1987, vol. 61, pp. 17-28.

Maydl' T.V., Zhemchugova V.A., Naumchev Yu.V. *Geokhimicheskie predposylki vydeleniya predfranskogo nesoglasiya v devonskom razreze Timano-Pechorskogo osadochno-porodnogo basseyna* [Geochemical background for the separation of pre-Frasnien tectonic event in the Devonian section of the Timan-Pechora sedimentary-rock basin]. Vestnik Instituta geologii Komi NTs UrO RAN, 2018, no. 285 (9), pp. 30-38.

Ob'yasnitel'naya zapiska k stratigraficheskim skhemam Urala (dokembriy, paleozoy) [Explanatory note to the stratigraphic schemes of the Urals (Precambrian, Paleozoic)]. Sostavitel' N.Ya. Antsygin. Ekaterinburg, 1994, 95 p.

Ostrizhnyy M.Yu. *Otsenka perspektiv neftegazonosnosti Pripolyarnykh rayonov Predural'skogo kraevogo progiba po kompleksu geologo-geofizicheskikh dannykh* [Estimation of prospects for oil and gas potential of the Subpolar regions of the Pre-Ural regional trough using a complex of geological and geophysical data]. Avtoreferat dissertatsii na soiskanie stepeni kandidata geologo-mineralogicheskikh nauk. Moscow, 1999, 27 p.

Patrunov D.K. *Sedimentatsionnye tipy porod, obstanovki osadkonakopleniya i tsiklichnost' litoral'nogo kompleksa karbonatnykh i karbonatno-glinistyykh otlozheniy silura i nizhnego devona* [Genetic types of rocks, sedimentation conditions and cyclicity of the littoral complex of carbonate and carbonate-clay sections of Silurian and Lower Devonian]. Siluriyskie i nizhnedevonskie otlozheniya ostrova Dolgogo. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 1980, pp. 27–67.

Patrunov D.K., Shurygina M.V., Cherkesova S.V. *Silur i nizhniy devon na ostrove Dolgom* [Silurian and Lower Devonian on Dolgiy Island]. Siluriyskie i nizhnedevonskie otlozheniya o-va Dolgogo. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 1980, P.3–26.

Postanovleniya Mezhhvedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta i ego postoyannykh komissiy [Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its standing committees]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2012, vol.41, 48 p. (MPR, Rosnedra, VSEGEI, RAN, MSK Rossii).

Postanovleniya Mezhhvedomstvennogo stratigraficheskogo komiteta Rossii i ego postoyannykh komissiy [Resolutions of the Interdepartmental Stratigraphic Committee and its standing committees]. St. Petersburg: Izd-vo VSEGEI, 2011, vol. 40, 48 p. (MPR, Rosnedra, VSEGEI, RAN, MSK Rossii).

Taninskaya N.V. *Modeli karbonatnogo osadkonakopleniya v srednem ordovike-nizhnem devone Timano-Pechorskogo sedimentatsionnogo basseyna* [Models of carbonate sedimentation in the Middle Ordovician-Lower Devonian of the Timan-Pechora sedimentary basin]. St. Petersburg: Nedra, 2004, pp.108-120.

Timano-Pechorskiiy sedimentatsionnyy basseyn (ob'yasnitel'naya zapiska k «Atlasu geologicheskikh kart, 2000») [Timan-Pechora sedimentation basin: explanatory note to the Atlas of geological maps, 2000]. Z.V. Larionova, V.I. Bogatskiy, E.G. Dovzhikova, L.V. Galkina, O.L. Ermakova, P.K. Kostygova, T.I. Kuranova, A.V. Martynov, K.A. Moskalenko, N.I. Nikonov, G.A. Shabanova. Uhta: Izd-vo GUP TP NITs, 2002, 119 p.

Yudin V.V. *Orogenez severa Urala i Pay-Khoya* [Orogenesis of the north of the Urals and Pai-Khoy]. Ekaterinburg: Nauka, 1994, 285 p.

Yudin V.V. *Posloynnye sryvy v chekhle vostoka Pechorskoy plity – vozmozhnyy ob'ekt poiska uglevodorodov* [Layers detachments in the cover of the East of the Pechora Plate - a possible object for the search for hydrocarbons]. Pechorskiiy neftegazonosnyy basseyn. Trudy Instituta geologii Komi FAN SSSR. Syktyvkar, 1985, vol.52, pp. 38-45.

Zhemchugova V.A., Mel'nikov S.V., Danilov V.N. *Nizhniy paleozoy Pechorskogo neftegazonosnogo basseyna* [Lower Paleozoic Pechora oil and gas basin]. Moscow: Izd-vo Akademiyâ gornyykh nauk, 2001, 110 p.