

DOI: https://doi.org/10.17353/2070-5379/16_2017

УДК 551.83:551.734.5:552.54 (470.111+470.13)

Матвеева Н.А.

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт геологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук (ФГБУН ИГ Коми НЦ УрО РАН), Сыктывкар, Россия, nakaneva@geo.komisc.ru

УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ФАМЕНСКИХ РИФОГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ ЦЕНТРАЛЬНО-ХОРЕЙВЕРСКОГО ВАЛА ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ ПРОВИНЦИИ

Представлены результаты комплексного изучения фаменских рифогенных отложений Центрально-Хорейверского вала. Установлено, что литотипы фаменских карбонатных пород объединяются в пять парагенетических ассоциаций, характеризующих пять фациальных зон с литогенетическими и геофизическими особенностями. В течение фамена бассейн седиментации характеризовался частыми колебаниями уровня моря, фаций, солености вод и климата. Детализирована палеогеографическая ситуация в фаменском веке, отражающая сложный состав и строение рифогенных толщ.

Ключевые слова: парагенетическая ассоциация, литотип карбонатных пород, фациальная зона, фамен, Центрально-Хорейверский вал, Тимано-Печорская провинция.

Введение

Фаменские отложения Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции представлены разнообразными фациями, что подтверждается многочисленными исследованиями ([Соломатин, 1970, Грачевский и др., 1976, Кушнарера, 1977, Пармузина, Богданов, Малышев, 1988; Меннер и др., 1991б; Беляева, Корзун, Петрова, 1998] и др.).

С доманиково-фаменскими рифогенными карбонатами связаны месторождения нефти Тимано-Печорской провинции, открытые во второй половине XX в. Изучением строения, генезиса и типизации верхнедевонских органогенных построек Тимано-Печорского региона занимались многие исследователи. Их интерпретировали как рифы ([Кушнарера, 1977] и др.), иловые холмы (агглютигермы) [Тихий, 1984], карбонатные банки [Меннер и др., 1991а, 1991б] и микробиальные холмы [Antoshkina, 2006; Эволюционный тренд..., 2010]. На основании морфогенетических критериев Б.П. Богдановым проведена большая работа по типизации верхнедевонских карбонатных построек Тимано-Печорской провинции, среди которых он выделил краевые рифы, изометрично-кольцевые постройки, одиночные рифы, биостромы и барьерный риф [Богданов, 1991].

Достаточно долгое время верхнедевонские отложения Хорейверской впадины изучались в целях стратиграфического расчленения, корреляции, фациальной типизации разрезов, определения коллекторских свойств карбонатных пород и их перспектив в отношении нефтегазоносности.

Однако следует отметить, что имеющиеся палеогеографические карты фаменского века Тимано-Печорского седиментационного бассейна характеризуются фациальной обобщенностью [Пармузина, 2007, рис. 5.2.1л-5.2.1ф; Атлас геологических карт..., 2000, прил. 23–25]. Детальное изучение фаменских рифогенных отложений и палеогеографическая реконструкция их осадконакопления представляют интерес для выяснения условий формирования карбонатных отложений, перспективных на поиски углеводородного сырья. Целью данной работы является анализ фациальной зональности и обстановок осадконакопления фаменских карбонатных отложений по разрезам пяти площадей. Территория исследования находится в центральной части Хорейверской впадины (рис. 1), характеризующейся сложным блоковым строением [Белонин, Прищепа, Теплов, 2004]. Изученные разрезы площадей – Дюсушевская (Дюс), Восточно-Колвинская (ВК), Ардалинская (Ард), Ошкотынская (Ош) и Центрально-Хорейверская (ЦХВ) – в тектоническом плане располагаются в пределах Центрально-Хорейверского вала [Прищепа и др., 2011].

Материалы и методы исследований

Работа основана на изучении kernового материала из разрезов фаменских отложений 18 скважин Дюсушевской, Восточно-Колвинской, Ардалинской, Ошкотынской и Центрально-Хорейверской площадей. Для построения схем использовалась структурная карта по кровле нижнего фамена. Просмотрено около 150 шлифов и образцов карбонатных пород. Для исследования фаменских рифогенных пород помимо стандартного литологического метода (изучение шлифов под оптическим микроскопом) использовались геохимический (изотопный состав карбонатного С и О, количественное содержание микроэлементов, химический 8 компонентный) и электронномикроскопический микрозондовый, выполненные в ЦКП «Геонаука» Института геологии Коми НЦ УрО РАН. Определения в карбонатах изотопного состава углерода и кислорода для выяснения особенностей морских обстановок во время формирования исходных карбонатных осадков осуществлялись на масс-спектрометре «DELTA V Advantage». Значения $\delta^{13}\text{C}$ даны в промилле относительно стандарта PDB, $\delta^{18}\text{O}$ – стандарта SMOW. Ошибка определения $\delta^{13}\text{C}$ и $\delta^{18}\text{O}$ не превышает $\pm 0,15\%$ (1σ) (аналитик И.В. Смолева). Для детального исследования структур и морфологии изучаемых пород использовался *сканирующий электронный микроскоп* TESCAN VEGA-3 с энергодисперсионным спектрометром Oxford Instruments X-Max (аналитик С.С. Шевчук).

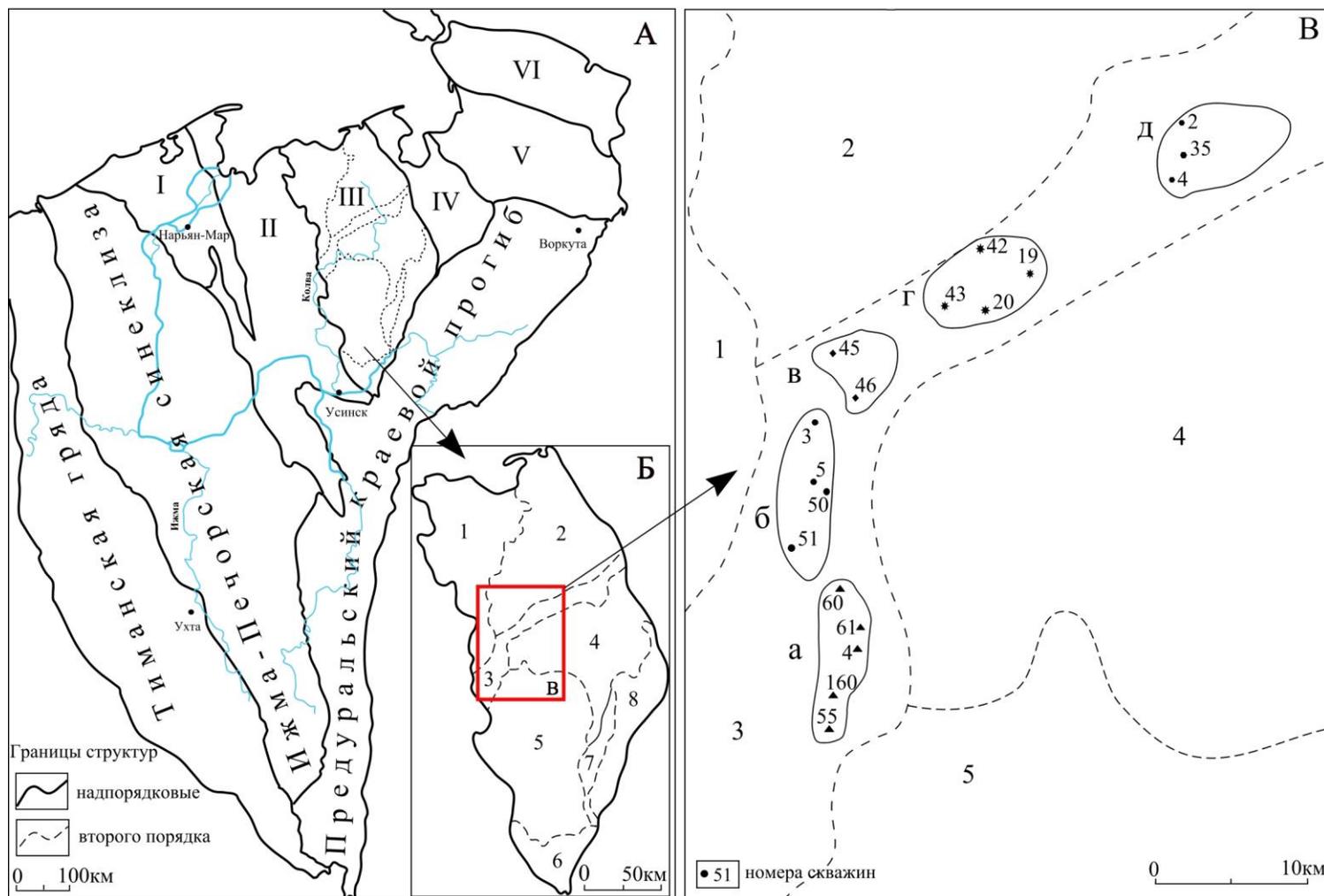


Рис. 1. Схема тектонического районирования Печорской плиты (А) и Хорейверской впадины (Б, В) [Прищепа и др., 2011]

1 – Малоземельско-Колгуевская моноклинал, 2 – Печоро-Колвинский авлакоген, 3 – Хорейверская впадина, 4 – Варандей-Адзьвинская структурная зона, 5 – Припайхойско-Приужноновоземельский мегапрогиб, 6 – Пайхойско-Новоземельская складчатая система; Б – тектоническое районирование Хорейверской впадины: 1 – Чернореченская ступень, 2 – Садагинская ступень, 3 – Центрально-Хорейверский уступ; 4 – Коллависовская ступень, 5 – Сандивейское поднятие; 6 – Сьняньрдская депрессия; 7 – Макариха-Салюкинская антиклинальная зона; 8 – Цильегорская депрессия; В – площади исследования и скважины в пределах Центрально-Хорейверского вала: Дюсушевская (а), Восточно-Колвинская (б), Ардалинская (в), Ошкотынская (г) и Центрально-Хорейверская (д).

Особое внимание уделялось электронномикроскопическому изучению проблематичных микроскопических биогенных образований – кальцифер, широко распространенных в фаменских рифогенных толщах, для характеристики обстановок формирования осадков, заключавших их. Исследование двух образцов известняков с кальциферами методом *рентгеновской компьютерной томографии* на микротомографе Phoenix V|TOME|X S 240 в Казанском федеральном университете (аналитик Е.О. Стаценко) помогло проанализировать характер пустотного пространства в фенестровых известняках. В связи с неполным выносом керна скважин для литологической характеристики разрезов использовались *геофизические* параметры пород по естественной радиоактивности гамма каротажа (ГК) и нейтронного гамма каротажа (НГК). По методике А.И. Антошкиной, В.А. Салдина и А.Н. Сандулы выделены карбонатные циклиты по параметрам ГК, состоящие из трех элементов: трансгрессивный (значения ГК – более 4 мкР/ч), переходный (значения ГК - 1,7-4 мкР/ч) и регрессивный (значения ГК - менее 1,7 мкР/ч) для установления характера колебаний уровня моря и тектонических движений [Антошкина, Салдин, Сандула, 2009].

Парагенетические ассоциации фаменских карбонатных отложений

Макро- и микроскопическое изучение фаменских карбонатных пород показало, что среди них выделяется 18 литотипов известняков и 2 литотипа доломитов. По преобладающему способу/механизму образования литогенетические разности карбонатных пород объединяются в три генетические группы: биохеогенные, хеогенные и механогенные. Большинство литотипов входит в биохеогенную генетическую группу. Установленные литотипы группируются в пять породных парагенетических ассоциаций (ПА), которые позволяют реконструировать палеоландшафт и фациальную зональность для фаменского палеобассейна на территории Центрально-Хорейверского вала. Наряду с литологическими характеристиками ПА сделана попытка сопоставить их с геофизическими параметрами пород по естественной радиоактивности: НГК и ГК.

ПА-1 Парагенетическая ассоциация био-литокластовых известняков

Данная ассоциация пород (мощность 0,5–25 м) представлена в разрезах всех площадей от нижнего до верхнего фамена. Парагенез характеризуется неравномерным чередованием полибиокластовых, био-литокластовых с онколитами и био-литокластово-комковатых известняков. Слабоокатанные структурные компоненты свидетельствуют об их близком источнике сноса по склону отмели в сторону мелководного шельфа со спокойной гидродинамикой, на что указывает присутствие наряду с био-литокластовым материалом пелитоморфного кальцита. Значения ГК составляют менее 1,7 мкР/ч, НГК - более 5,5 усл. ед.

ПА-2 Парагенетическая ассоциация комковатых, био-литокластовых и онколитовых известняков

Эта ассоциация пород неравномерно распределена в разрезах фамена на изученной территории. В нижнем фамене развита в разрезах всех площадей исследуемой территории. В среднем фамене она присутствует только в южной (Дюсушевская и Восточно-Колвинская площади) и северной (Центрально-Хорейверская площадь) частях. В верхнем фамене ПА-2 распространена в разрезах Ошкотынской и Центрально-Хорейверской площадей. Мощность ПА-2 небольшая и колеблется от 0,3 до 10 м. Нижнюю и верхнюю часть ассоциации слагают известняки сгустково-комковатые с окатанными и гранулированными обломками органических остатков. Среднюю часть – онколитовые известняки, иногда с трещинами усыхания на поверхности онколитов. Перечисленные особенности и структурные компоненты типичны для пород, образованных в отмельных обстановках с периодическим выводом в зону заплесков супралиторали. На условия активной или умеренно высокой гидродинамики вблизи действия базиса волн указывают чистый спаритовый цемент и окатанность биокластового материала. Значения ГК - менее 1,7 мкР/ч, НГК - в пределах 4,5-5,5 усл. ед.

ПА-3 Парагенетическая ассоциация доломитов, комковатых, поростроматовых и фенестровых известняков

Третья ПА наряду с известняковыми разностями включает доломиты. В нижнем фамене ПА-3 большое развитие получила на территории Центрально-Хорейверской площади (мощность до 70 м). В среднем фамене она имеет маломощное (0,3–10 м) распространение в разрезах всех площадей, за исключением Дюсушевской и Центрально-Хорейверской. В верхнем фамене данная ПА пород мощностью до 60 м встречается на территории скв. 43 Ош. Ассоциация представлена неравномерным чередованием седиментационно-диагенетических доломитов и известняков сгустково-комковатых, фенестровых и поростроматовых. Перечисленные литотипы характеризуют период изоляции отдельных участков мелководного шельфа от свободного водообмена и относятся к лагунным фациям. Спокойная гидродинамика определяет слабое перемешивание вод и насыщение кислородом, способствуя появлению восстановительной обстановки [Антошкина, Пономаренко, Канева, 2014]. Характерны значения ГК - 1,7 мкР/ч, НГК - менее 3 усл. ед.

Необходимо отметить роль фенестровых известняков при оценке коллекторских свойств рифогенных верхнедевонских толщ, что представляет несомненный практический интерес при оценке перспектив углеводородных резервуаров. Изученные палеоценозы фенестровых известняков свидетельствуют о невозможности формирования ими биогенных каркасов в составе рифогенных толщ [Антошкина, Пономаренко, Канева, 2014].

Поростроматовые и комковатые структуры фенестровых известняков, сформированные пелоидами и пизоидами, обладают высокой пористостью (от 5 до 17,5%), тогда как более слоистые разновидности – низкой (2-5%). Наличие первичной пористости и проницаемости фенестровых известняков хорошо иллюстрируется (рис. 2) с использованием метода рентгеновской томографии, что позволяет говорить о существовании разных систем микропор и микротрещин и о низкой эффективной пористости породы.

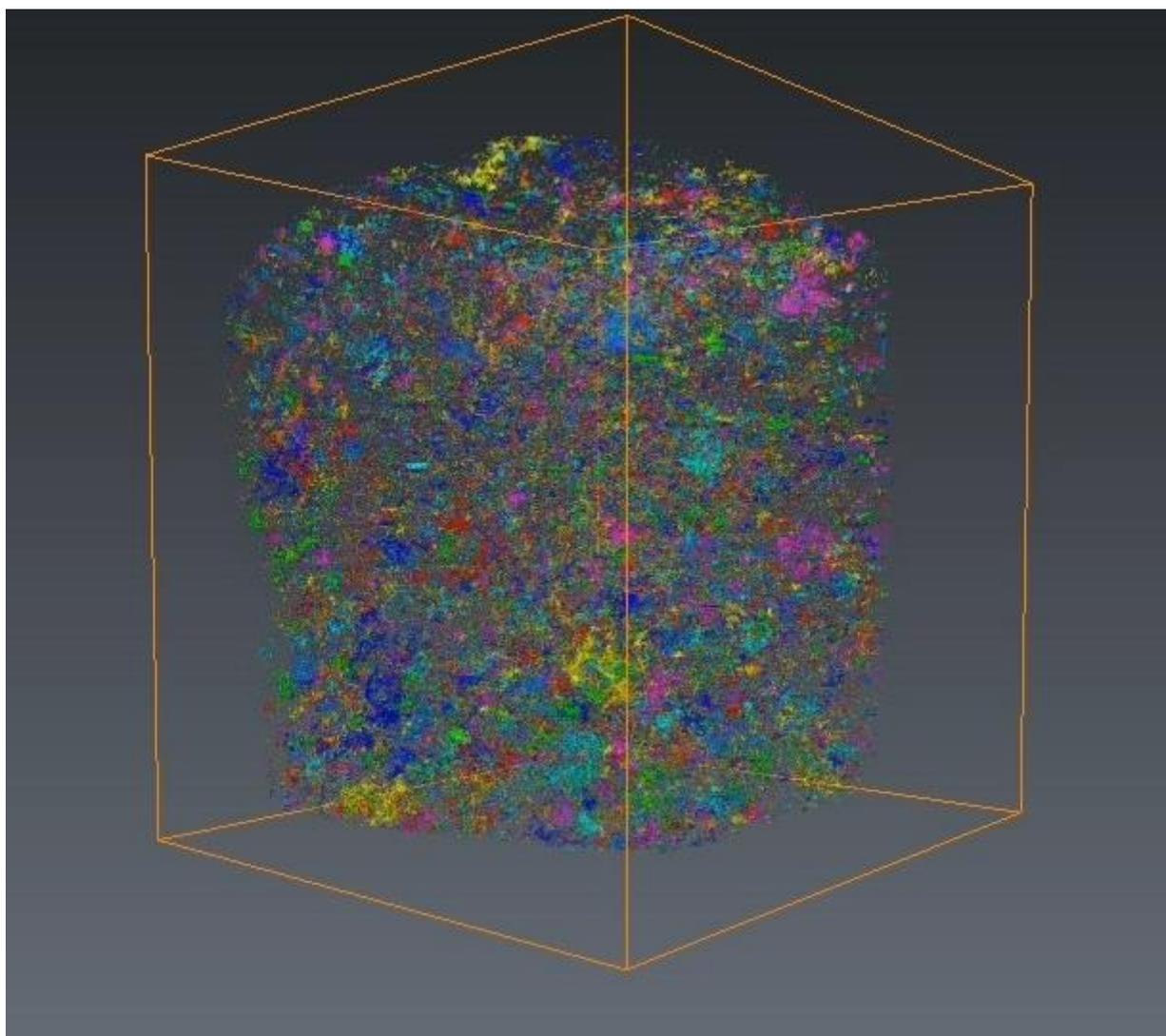


Рис. 2 Характер распределения пористости в фенестровом известняке

Размер образца 1×1 см.

ПА-4 Парагенетическая ассоциация микробиальных биогермных и строматолитовых известняков

Данная ассоциация (мощность 0,3–70 м) в той или иной степени развита в разрезах всех площадей от нижнего до верхнего фамена. Нижняя часть ПА-4 представлена биогермными и строматолитовыми известняками, образованными скоплениями цианобионтов/кальцимикробов. Верхнюю часть слагают биогермные и микробиальные

разности с био-литокластовой и комковатой структурами. Преобладание среди биогермостроителей цианобактерий, отсутствие слоистости и привносимый с более возвышенных областей лито-биокластовый материал, служивший в качестве заполнителя между микробиальными микробиогермами, являются диагностическими признаками микробиальной постройки на (восточном в современных координатах) склоне карбонатной банки в сторону депрессии. Отсутствие обломочного материала в составе каркасов свидетельствует о слабой гидродинамике, в результате чего разрушение органогенных построек в характерных для рифов активноводных обстановках не происходило. Значения ГК - менее 1,7 мР/ч, НГК – в пределах 3–4,5 усл. ед.

ПА-5 Парагенетическая ассоциация био-литокластовых и пелитоморфных известняков

Эта ПА (мощность 0,3–140 м) представлена в разрезах всех площадей от нижнего до верхнего фамена, кроме разрезов Ардалинской площади в среднем фамене. В ПА-5 преобладают пелитоморфные известняки с неравномерным чередованием известняков комковато-пелитоморфных, комковато-био-литокластовых с перекристаллизованным пелитоморфным кальцитом и пелитоморфных с микробиальными образованиями. Такие генетические особенности как пелитоморфная основная масса, слоистость, обусловленная субпараллельным распределением биокластов, прожилков с глинистым материалом, а также тонкоскелетный органогенный материал в пелитоморфном матриксе, ходы илоедов и терригенная примесь указывают на то, что осадконакопление происходило при выносе осадочного материала в обстановки со спокойным гидродинамическим режимом, что способствовало накоплению и литификации илового материала. Значения ГК – более 1,7 мР/ч, НГК – менее 3 усл. ед.

Приведенные на рис. 3 литогенетические особенности ПА отражают характерные черты осадконакопления, выраженные в их структурах и текстурах.

Таким образом, установленные ПА фаменских карбонатных пород Центрально-Хорейверской рифогенной зоны характеризуют разные обстановки осадконакопления в пределах карбонатных банок, обрамленных с внутренней (восточной в современных координатах) части морского бассейна депрессионной впадиной: ПА-1 – определяет обстановки склона карбонатной банки в сторону мелководного шельфа; ПА-2 – характерна для отмелей; ПА-3 – присуща спокойноводным фациям лагун; ПА-4 – формируется в условиях микробиальных холмов на склоне карбонатной банки, переходной к глубоководной части бассейна; ПА-5 - отражает относительно глубоководные обстановки склонов банок, так и шельфовые в пределах карбонатных банок с высоким положением уровня моря.

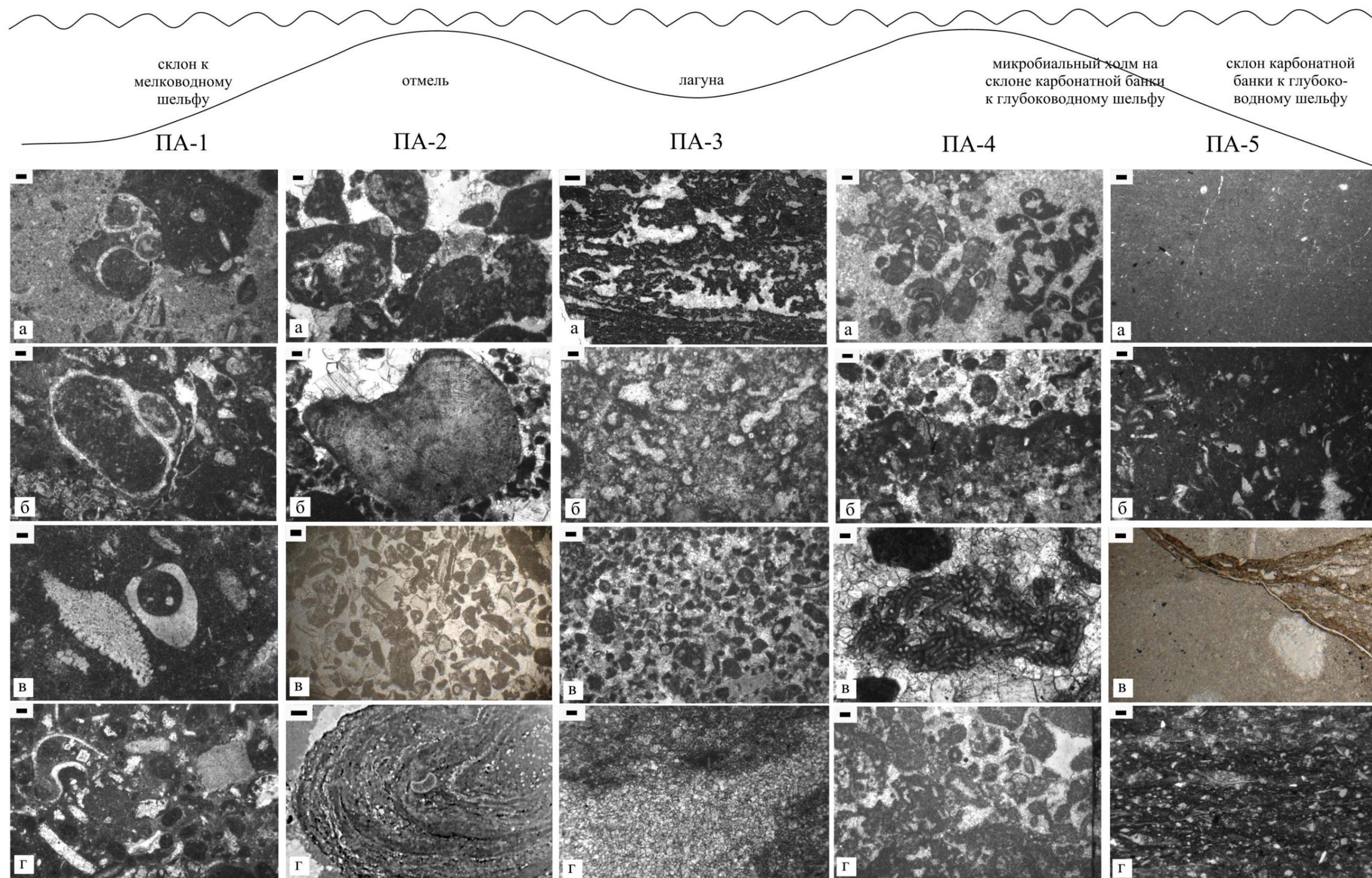


Рис. 3. Характерные текстурно-структурные особенности парагенетических ассоциаций в литотипах для разных обстановок осадконакопления

ПА-1: а-г – неокатанные и слабоокатанные био- и литокласты в пелитоморфной массе: а-в – обр. ОШ 20/12, гл. 3363,2 м; г – обр. ОШ 20/11, гл. 3361,7 м. Масштабная линейка: а, б, г – 0,125 мм, в – 0,06 мм; ПА-2: а-в – хорошо окатанные био- и литокласты – активное движение воды и микротовые сгустки на фоне яснокристаллического кальцита как результат растрескивания первичной породы; г – онколиты в спаритовом кальците: а – обр. ОШ 20/21, гл. 3394,74 м; в – обр. ОШ 19/17, гл. 3213,3 м; г – обр. ОШ 19/5, гл. 3201,2 м. Масштабная линейка: а, б – 0,125 мм, в – 0,06 мм, г – 1 мм; ПА-3: а – фенестровый известняк; б – поростроматовый известняк, образованный кальцимикробами *Porostromata*; в – комки и сгустки, сформированные улавливанием и склеиванием известкового ила цианобактериями; г – первичные доломиты: а – обр. ОШ 20/26, гл. 3402,1 м; б – обр. ВК 50/16, гл. 3509,25 м; в – обр. ОШ 20/14, гл. 3380,7 м; г – обр. Ард. 46/1, гл. 3349,05 м. Масштабная линейка: а – 2,5 мм, б, в – 0,125 мм, г – 0,06 мм; ПА-4: а – ассоциация цианобактерий *Renalcis-Izhella* в микробальном биогермном известняке; б, г – микробальные пленки, среди лито- и биокластов; в – колония нитевидных *Girvanella*: а – обр. ВК 50/19, гл. 3518,8 м; б – обр. ВК 50/18, гл. 3516,25 м; в – обр. ОШ 20/4, гл. 3324,8 м; г – обр. ЦХВ 35/11, гл. 3318,7 м. Масштабная линейка: а, б, г – 0,125 мм, в – 2,5 мм; ПА-5: а – пелитоморфный известняк; б – тонкобиокластовый материал в пелитоморфном матриксе; в – прожилки и разветвления с глинистым и органическим веществом в пелитоморфном известняке; г – слоистая текстура, подчеркнутая субпараллельным расположением тонкобиокластового и кварцевого алевритового материала, глинистого вещества: а – обр. ОШ 20/1, гл. 3322,0 м; б – обр. Ард. 45/21, гл. 3277,25 м; в – обр. ОШ 19/7, гл. 3202,7 м; г – обр. ЦХВ 35/3, гл. 3284,9 м. Масштабная линейка: а, б – 0,125 мм; в, г – 0,06 мм.

Распределение парагенетических ассоциаций в фаменских разрезах

Центрально-Хорейверского вала

В раннефаменское время на севере и юге Центрально-Хорейверской площади (скважины 2 и 4) формировалась ПА-3 доломитов, комковатых, поростроматовых и фенестровых известняков (рис. 4). В центральной части площади на территории скв. 35 ЦХВ была развита ПА-2 онколитовых, комковатых и био-литокластовых известняков. На территории Ошкотынской площади (скважины 42 и 43) была распространена ПА-4 микробиальных биогермных и строматолитовых известняков, а восточнее (скважины 19 и 20) – ПА-5 био-литокластовых и пелитоморфных известняков. В пределах Ардалинской площади в разрезе скв. 45 установлены био-литокластовые известняки ПА-1. В скв. 46 Ард вскрыт разрез микробиального холма ПА-4 на склоне карбонатной банки, переходной в сторону депрессии. На Восточно-Колвинской площади (скважины 3, 50, 51 ВК) также была развита ПА-4 микробиальных биогермных и строматолитовых известняков, но на западе площади (скв. 5 ВК) формировались био-литокластовые известняки ПА-1. На территории Дюсушевской площади (скважины 4 и 160 Дюс) тоже была распространена ПА-4 микробиальных биогермных и строматолитовых известняков, которые на востоке (скв. 61 Дюс) сменяются ПА-5 био-литокластовых и пелитоморфных известняков.

В среднем фамене при с обширной трансгрессии на юге и северо-востоке изучаемой территории широкое распространение получила ПА-5 био-литокластовых и пелитоморфных известняков (см. рис. 4). В связи с повышенным привнесом тонкой взвеси и мутностью вод в это время отмечено прекращение роста органогенных построек на склоне карбонатной банки.

На территории Восточно-Колвинской (скважины 3, 5, 50 и 51 ВК) и Дюсушевской площадей (скважины 4 и 160 Дюс) в среднем фамене преобладала ПА-5 био-литокластовых и пелитоморфных известняков. Однако на Ардалинской площади (скв. 46 Ард) продолжили свое развитие преимущественно микробиальные биогермные и строматолитовые известняки ПА-4, в районе скв. 45 Ард сохранилось формирование био-литокластовых известняков ПА-1, отражая устойчивое их положение. На Ошкотынской площади (скв. 19 ОШ) в среднем фамене продолжилось преимущественное развитие био-литокластовых и пелитоморфных известняков ПА-5. На территории скважин 42 и 43 ОШ нижефаменские ПА-4 и скв. 4 ЦХВ ПА-3 сменились в среднем фамене ПА-1 био-литокластовых известняков, в тоже время в районе скважин 2 и 35 ЦХВ формировалась ПА-5 био-литокластовых и пелитоморфных известняков.

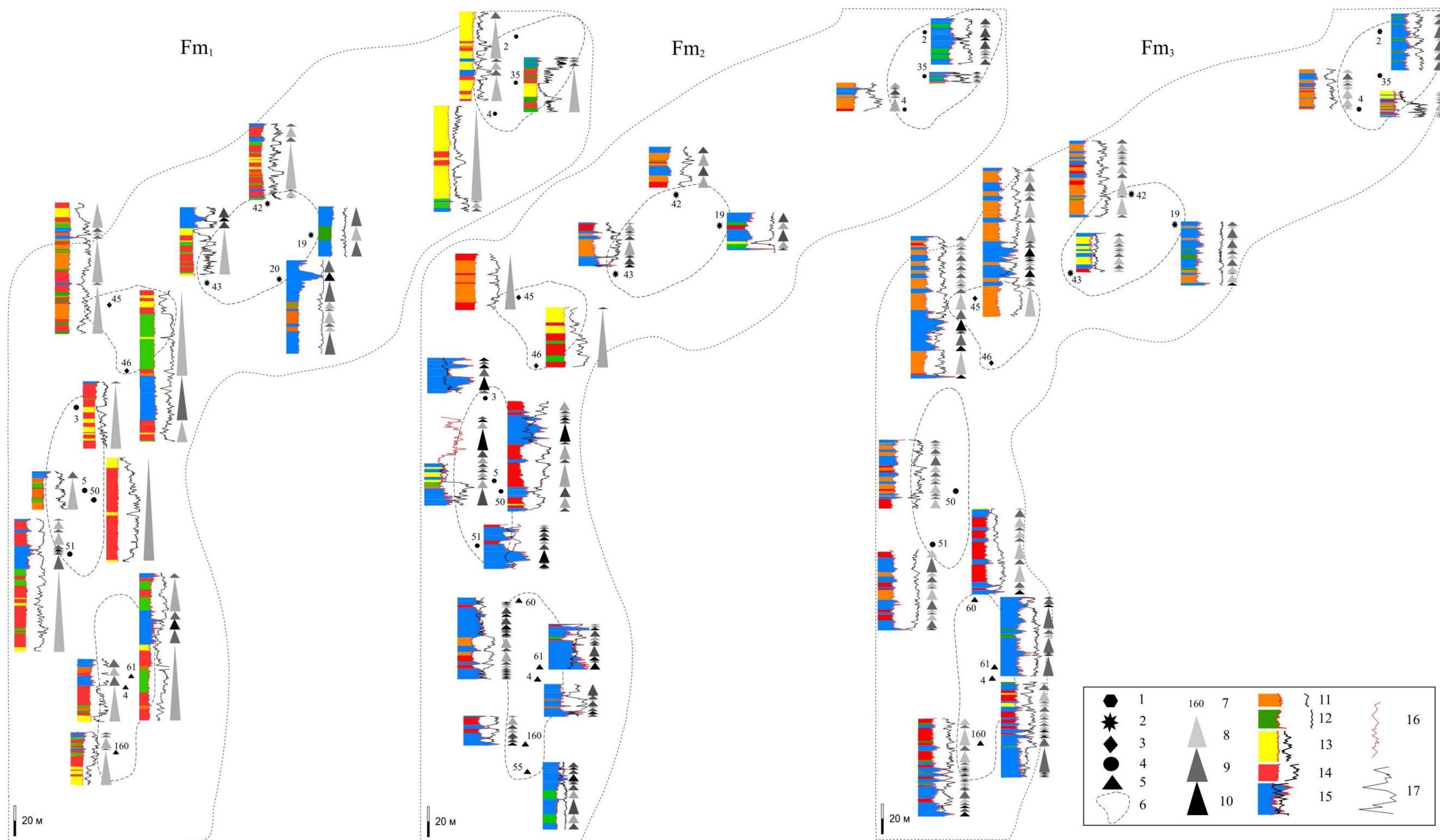


Рис. 4. Распределение парагенетических ассоциаций и карбонатных циклитов на территории Центрально-Хорейверского вала

1–5 – исследуемые площади: 1 – Центрально-Хорейверская, 2 – Ошкотынская, 3 – Ардалинская, 4 – Восточно-Колвинская, 5 – Дюс; 6 – контуры изученных площадей; 7 – номера скважин; 8–10 – элементы циклита: 8 – регрессивный (ГК - менее 1,7 мР/ч), 9 – переходный (ГК - 1,7–4 мР/ч), 10 – трансгрессивный (ГК - более 4 мР/ч); 11–15 – ПА: 11 – био-литокластовых известняков склона карбонатной банки к мелководному шельфу, 12 – комковатых, био-литокластовых и онколитовых известняков отмельной зоны, 13 – доломитов, комковатых, поростроматовых и фенестровых известняков лагунной зоны, 14 – микробильных, биогермных и строматолитовых известняков микробильного холма на склоне карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа, 15 – био-литокластовых и пелитоморфных известняков склона карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа; 16–17 – геофизические параметры: 16 – ГК, 17 – НГК.

Для позднефаменского времени в развитии морского бассейна фиксируется регрессивная направленность ([Кушнарева, 1977; Меннер и др., 1991б; Беляева, Корзун, Петрова, 1998; Цыганко, 2005; Пармузина, 2007]) и др.). При этом продолжилось развитие ПА-5 (скважины 4 и 61 Дюс) био-литокластовых и пелитоморфных известняков в условиях более погруженной части шельфа, вновь возобновилось формирование микробиальных построек ПА-4 (скважин 60 и 160 Дюс). На территории Восточно-Колвинской площади (скважины 50 и 51 ВК, 45 и 46 Ард, 42 Ош, 4 и 35 ЦХВ) распространены био-литокластовые известняки ПА-1. В позднем фамене продолжилось формирование био-литокластовых и пелитоморфных известняков ПА-5 (скважин 19 Ош и 2 ЦХВ). В разрезе скв. 43 Ош развиты преимущественно доломиты, комковатые, поростроматовые и фенестровые известняки ПА-3, возникшие, возможно, в результате частичной изоляции с обеих сторон более мелководными (отмельными) зонами шельфа, которые, к сожалению, достоверно не установлены из-за отсутствия разрезов скважин на этих участках территории.

Анализ построенных карбонатных циклитов показал неравномерное распределение элементов и их чередование по разрезу фаменских рифогенных толщ (см. рис. 4), что отражает частые колебания относительного уровня моря и дифференциацию палеорельефа в пределах карбонатных банок.

Фациальный состав зависит от палеогеографических условий, а его мощность определяется динамикой тектонических блоков. Мощность на активно погружающемся блоке может в несколько раз превышать количество осадков на сопредельном слабо погружающемся участке, что отмечается на фрагменте корреляционной схемы (рис. 5) по данным А.И. Антошкиной с соавторами [Антошкина, Салдин, Сандула, 2009].

Изотопно-геохимическая характеристика фаменских карбонатных пород

Нижнефаменские отложения. Изучение кернового материала в разрезах скважин 5 площадей, расположенных в пределах Центрально-Хорейверского вала, выявило, что разрез скв. 50 ВК является уникальным (по отбору керна) для получения литолого-геохимической и геофизической характеристики пограничных отложений франского и фаменского ярусов. Комплексное изучение пород дало возможность уточнить литологические особенности пограничных отложений и провести границу франского и фаменского ярусов в интервале 3532,1–3532,15 м в разрезе скв. 50 ВК, где они хорошо охарактеризованы керновым материалом [Канева, 2011б].

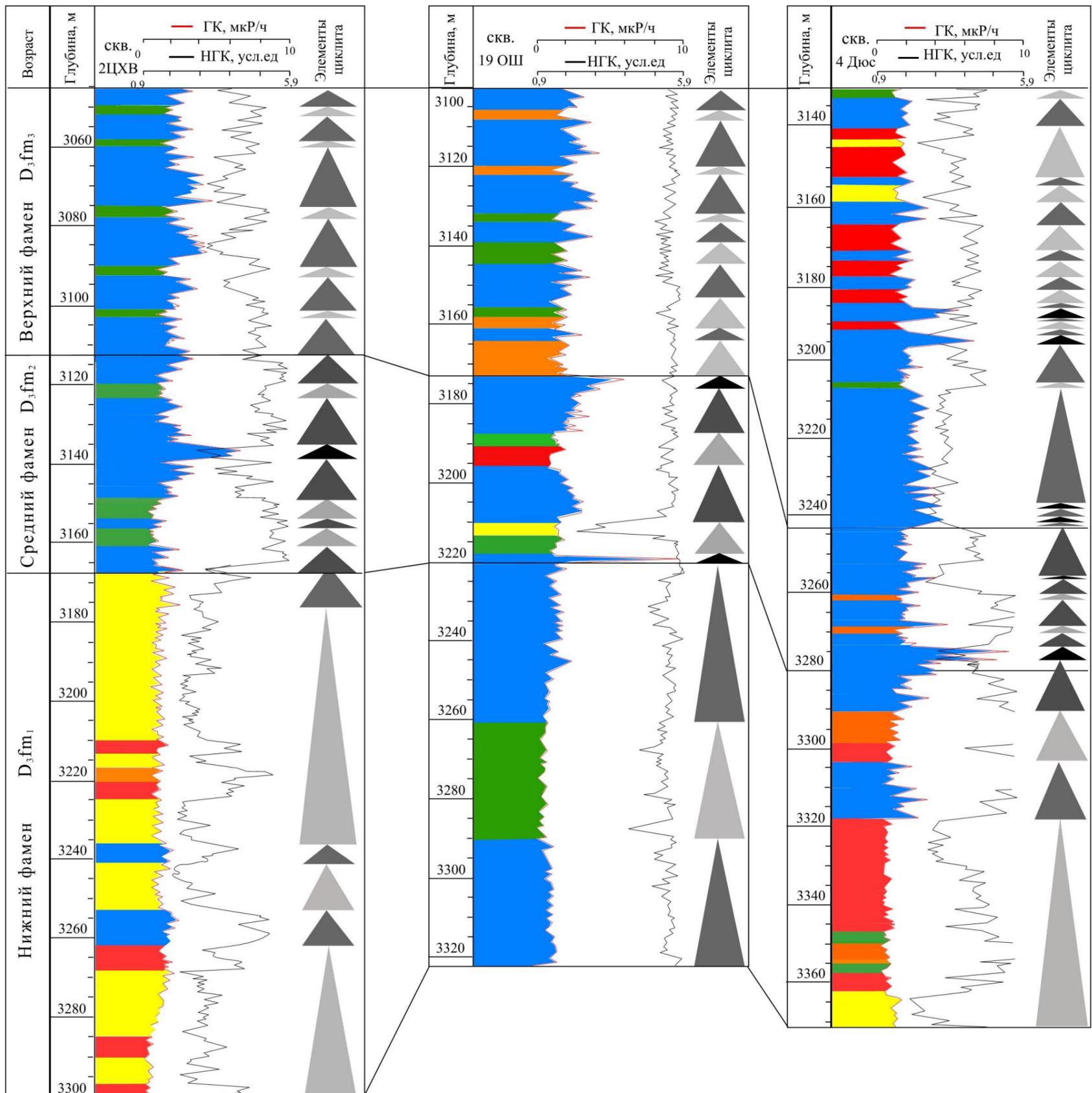


Рис. 5. Фрагмент корреляционной схемы фаменских отложений и распределения парагенетических ассоциаций и карбонатных циклитов в разрезах на территории Центрально-Хорейверского вала

Условные обозначения см. на рис. 4.

Интенсивные вторичные преобразования пород франского возраста, такие как доломитизация, сульфатизация, выщелачивание и кавернозность, свидетельствуют о существовании перерыва на территории Центрально-Хорейверского вала в районе скв. 50 ВК на рубеже франа и фамена. Продолжительность перерыва могут определить только детальные палеонтологические исследования.

На диаграммах распределения изотопных значений углерода и кислорода (рис. 6) видно, что известняки из разреза скв. 50 ВК имеют повышенные значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ до 3,5‰, в то же время, значения $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$ колеблются от 23,7 до 26,0‰, что могло быть обусловлено некоторым повышением солености вод и биопродуктивности морского мелководного бассейна в условиях аридного климата [Antoshkina, Kaneva, Königshof, 2011]. В породах из разреза скв. 20 ОШ (средняя часть нижнего фамена) изменение значений $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ происходит в пределах -0,2–2‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$ имеют широкий разброс: от 19 до 28,2‰ [Канева, 2013]. Такие колебания изотопного состава кислорода могут отражать изменение солености воды в морском бассейне от опресненных до нормально-морских [Фор, 1989, с. 513–515; Юдович, Кетрис, 2011, с. 219–220; Силаев, Хазов, 2003]. Для комковатых известняков из разреза скв. 42 ОШ (средняя часть нижнего фамена) изотопный состав углерода варьирует в пределах 0,6–1,1‰, а кислорода – 20,8–23,1‰, что свидетельствует о некотором опреснении вод в это время. В нижнефаменских известняках из разреза скв. 35 ЦХВ, которые отвечают верхней части рассматриваемого интервала, значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ колеблются в пределах 1,2–1,7‰, а $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$ – 24,5–25,4‰, что близко к значениям для нормально-морских карбонатов [Канева, 2014б]. Приведенные данные по изотопному составу пород нижнего фамена характеризуют изменения солености в раннефаменском морском бассейне от нормально-морских до осолоненных и опресненных.

Среднефаменские отложения. Как видно из построенной диаграммы, изотопные данные по углероду и кислороду (см. рис. 6) в среднефаменских породах из разреза скв. 50 ВК (основание среднего фамена) имеют значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ (0,4–2,2‰) и $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$ (24,0–27,1‰), что указывает на нормальную соленость морского бассейна [Канева, 2012б]. Среднефаменские породы из разреза скв. 19 ОШ (средняя часть временного интервала) характеризуются величиной $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб.}}$ (1,3–1,8‰) и низкими значениями $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб.}}$ (21,6–24,5‰), что может говорить об уменьшении солености воды [Канева, 2012а].

Карбонаты из разрезов скважин 35 ЦХВ и 55 Дюс верхней части среднего фамена имеют незначительные отличия в изотопном составе (см. рис. 6).

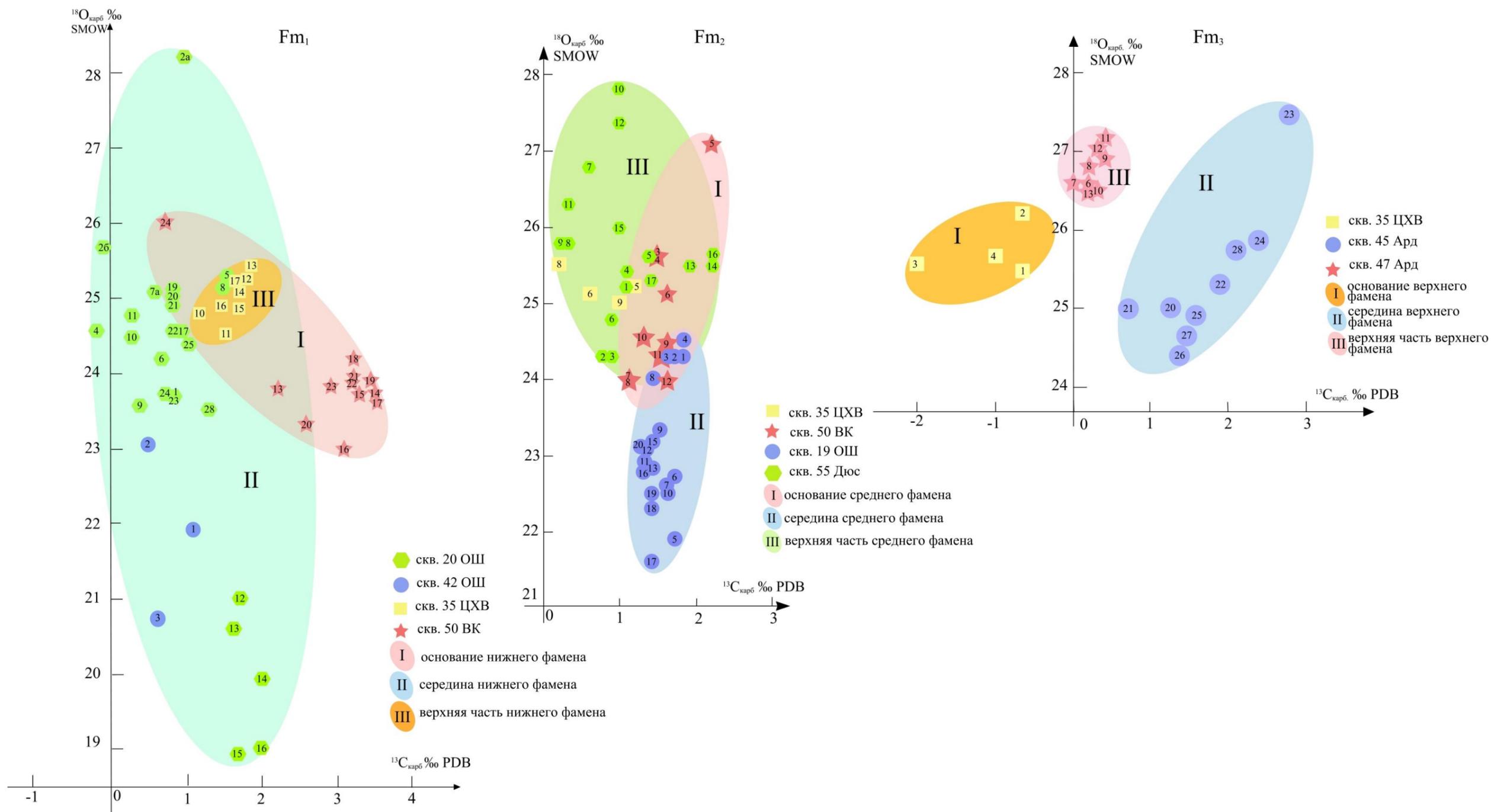


Рис. 6. Характеристика изотопного состава углерода и кислорода в фаменных карбонатных породах по площадям и разрезу

Так, в известняках из разреза скв. 35 ЦХВ величина $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ изменяется от 0,2 до 1,2‰, $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ – от 25,0 до 25,5‰ [Канева, 2011а], а в известняках из разреза скв. 55 Дюс значения варьируют соответственно в диапазонах 0,2–2,2‰ и 24,3–27,8‰. На принципиальной схеме В.Н. Кулешова эти значения попадают в зону нормально-морских карбонатов [Кулешов, 2001, рис. 8].

Верхнефаменские отложения. В известняках из разреза скв. 35 ЦХВ (основание верхнего фамена) коэффициент $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ изменяется от –0,6 до –2‰, а $\delta^{18}\text{O}$ – от 25,5 до 26,2‰ (см. рис. 6). Такие значения свойственны нормально-морским карбонатам [Канева, 2011в], но пониженные значения $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ можно объяснить влиянием диагенетического изменения пород. По данным В.Н. Кулешова (2001), карбонаты зоны раннего диагенеза сохраняют изотопный состав кислорода на нормальном уровне, но отличаются низкими величинами изотопного состава углерода. Породы из разреза скв. 45 Ард (середины верхнего фамена) характеризуются изменением величин $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ – 0,7–2,8‰ и $\delta^{18}\text{O}_{\text{карб}}$ – 24,4–27,4‰, что может свидетельствовать о незначительных колебаниях солености морской воды [Канева, 2012а]. Карбонаты из разреза скв. 47 Ард (верхняя часть верхнего фамена) имеют среднестатистический (см. рис. 6) для нормально-морских карбонатов изотопный состав углерода (0–0,4‰) и кислорода (26,5–27,6‰)

Таким образом, исследование изотопного состава фаменских пород показало, что формирование карбонатов в раннем фамене происходило в теплом мелководно-морском бассейне с колебанием солености. Среднефаменский морской бассейн характеризовался соленостью, близкой к нормальной, но с интервалом опреснения в средней части. В позднем фамене существовали нормально-морские обстановки с возможным незначительным повышением солености в середине интервала. Колебание солености морской воды происходило на фоне аридизации и гумидизации климата. Так, повышение солености в начале раннего и середине позднего фамена, вероятно, происходило в условиях аридизации, но на фоне похолодания. В ассоциации глинистых минералов из скв. 50 ВК (начало раннего фамена) иллит является наиболее распространенным минералом [Antoshkina, Kaneva, Königshof, 2011] и служит показателем холодного климата, как результат процессов физического выветривания [Фациальные типы..., 1973]. По данным Т.И. Кушнareвой (1977), в конце фаменского времени бассейн характеризуется регрессивной направленностью, вследствие аридизации климата в приэкваториальных широтах, в условиях интенсивного выпаривания происходит повышение солености. Признаки аридизации климата, такие как накопление сульфатно-доломитовых толщ, отмечаются и на юге Хорейверской впадины (скв. 2 Веякская) [Природные резервуары..., 2011]. Уменьшение солености вод в середине нижнего и среднего фамена, возможно, происходило на фоне гумидизации климата и связано

с распреснением метеорными водами и речными стоками с суши. Опреснение вод подтверждается присутствием остатков пресноводных харовых и зеленых вольвоксовых водорослей [Водоросли, 1989; Kaźmierczak, 1975], которые присутствуют в породах Ошкотынской площади (скважины 19, 20 и 42 ОШ) [Антошкина, Пономаренко, Канева, 2014].

Условия образования фаменских рифогенных толщ

Территория современного Центрально-Хорейверского вала в фаменское время представляла собой цепочку карбонатных банок, вытянутых в северо-восточном простирании. Под карбонатными банками подразумеваются тела, морфологически выраженные в рельефе мелководного шельфа, представленные в разрезах карбонатными массивными толщами. Распределение ПА фаменских пород по разрезу и площади указывает на существование разных обстановок осадконакопления в пределах карбонатных банок на территории Центрально-Хорейверского вала, обрамленных (в современных координатах) с северо-западной стороны мелководным шельфом, а с юго-восточной стороны – депрессионной впадиной, поэтому называть их отмелями будет неправильно.

Особенности девонской седиментации во многом зависели от того, что рассматриваемый район располагался в пределах Большеземельского палеосвода, куда поступало небольшое количество терригенного материала. Это обусловило небольшую глубину некомпенсированной впадины, образовавшейся здесь в доманиковое время, и значительную расчлененность ее акватории вследствие обилия отмелей. Невысокий темп привноса терригенного материала обеспечивал чисто карбонатный состав осадков на банках, возможность развития органогенных построек, медленное заполнение впадин между банками, что содействовало более длительному существованию последних [Меннер и др., 1991б, стр.61].

Уменьшение размера депрессии в позднем фране и отступление ее границ на восток до Урала свидетельствуют о преобладании регрессивных тенденций позднедевонского бассейна. Позднее это особенно заметно в фамене, когда уменьшение депрессии происходило и во время трансгрессивных фаз, так как не образовались барьерные рифы, вместо них накапливались карбонатные клиноформы [Menner, Shuvalova, 2000].

ПА характеризуют конкретные фации, и их распределение по площади показывает довольно сложную конфигурацию фациальных комплексов. На исследуемой территории было выделено пять фациальных зон: склон карбонатной банки к мелководному шельфу, отмель, лагуна, микробиальный холм на склоне карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа, склон карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа.

Склон карбонатной банки к мелководному шельфу

Данные образования накапливались в довольно спокойной гидродинамической обстановке, что позволяло сохраняться в осадке и литифицироваться пелитоморфному карбонатному илу. Их формирование происходило на склоне отмели, который достаточно выровненный, полого наклоненный в направлении к мелководью и куда попадал биокластовый и литокластовый материал из более мелководных отмельных зон. Эти образования можно отнести к шельфовой зоне «Х» по M.L. Irwin [Irwin, 1965] и к 4 фациальному поясу «Склон карбонатной платформы» Дж.Л. Уилсона [Уилсон, 1980].

Отмель

Округлая форма породообразующих компонентов (онколиты, биокласты, литокласты, комки) и отсутствие пелитоморфного кальцита в цементе свидетельствуют об образовании пород в гидродинамически подвижной отмельной зоне карбонатной банки. По M.L. Irwin [Irwin, 1965], условия образования можно определить, как мелководные с высоким энергетическим уровнем (зона «У»), а по Дж.Л. Уилсону – 6 фациальный пояс «Отмытые пески окраин подводных платформ» [Уилсон, 1980].

Лагуна

Значительное обмеление (возможно на фоне прогибания морского дна) и обособление отдельных участков отмельной зоны приводило к затрудненному водообмену с открытой частью бассейна и формированию лагун. Ограниченная циркуляция воды (восстановительные условия) и повышенная соленость создавали стрессовые условия для организмов с кальцитовым цементом. Выпадение в осадок кристаллов доломита или замещение им первичного осадка совершается при перенасыщении рассолов ионами магния, проникая в осадки сверху или благодаря испарению поровых вод. Данные образования можно отнести к крайне мелководной низкоэнергетической зоне «Z» [Irwin, 1965] и к 8 фациальному поясу «Фации ограниченного водообмена» [Уилсон, 1980].

Микробиальный холм на склоне карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа

Микробиальные холмы – органогенные постройки сформированы в спокойноводных обстановках ниже базиса действия волн, вследствие чего отсутствует обильный обломочный рифовый материал характерный для рифовых комплексов Урала [Антошкина, 2003]. Большинство холмов соответствует концепции пионерного сообщества экологической сукцессии [James, Bourque, 1992]. В каркасе микробиальных холмов распознаются структуры, сформированные цианобактериями и кальцимикробами, которые могли обызвествляться, вызывать кальцификацию и усиливать каркас постройки за счет посмертной микробной цементации. Не установлены каркасы из скелетных гетеротрофов типа кораллов, строматопор и др., которые строили рифовые экосистемы в условиях

подвижного мелководья. По М.Л. Irwin [Irwin, 1965], условия образования низко энергетические (зона «У»), а по Дж.Л. Уилсону – 5 фациальный пояс «Органогенные постройки окраины платформы» [Уилсон, 1980].

Склон карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа

Осадки в этой фациальной зоне накапливались у подножия карбонатной банки и на её склоне при понижениях уровня моря. Специфика состава, структурно-текстурные особенности, характерные группы органических остатков указывают на то, что седиментация подобных образований происходила при поступлении с мелководных участков банок карбонатного материала, содержащего тонкий биокластовый материал, который сильно разрушался в процессе переноса. Осадконакопление осуществлялось в довольно спокойной гидродинамической обстановке, что способствовало выпадению в осадок и литификации пелитоморфного материала, являющегося в отложениях этой фациальной зоны основным породообразующим компонентом, и тонкой глинистой взвеси. Данные отложения накапливались в условиях низко энергетической зоны «У» [Irwin, 1965] или в районе 4 фациального пояса «Склон карбонатной платформы» [Уилсон, 1980].

Исходя из анализа построенных палеогеографических схем (рис. 7), можно сказать, что для раннего фамена характерно широкое распространение отмельных фаций с переходными склоновыми фациальными зонами, фацией с микробиальными холмами на склоне карбонатной банки и обособление лагун в северной части территории. В среднем фамене преобладали обстановки шельфа с более высоким положением уровня моря. Также предполагается существование отмельной зоны шельфа, разделяющей склоновые обстановки, которые, к сожалению, достоверно не установлены из-за отсутствия разрезов скважин на этих участках территории. В позднефаменское время вновь характерны обстановки мелководного шельфа с обособлением спокойноводных лагун, отмельной зоны с подвижной гидродинамикой и её склонов – на юго-востоке территории с микробиальными холмами [Канева, 2014а]. Изотопный состав фаменских карбонатов показал, что в раннем и среднем фамене на северо-западе изученной территории (Ошкотынская площадь) проявляется отчетливое опреснение вод, что подтверждается присутствием остатков пресноводных зеленых вольвоксовых и харовых водорослей. Причиной могло служить поступление пресных вод из размываемой области юга Садаггинской ступени, расположенной севернее Ошкотынской площади [Атлас геологических карт..., 2000, рис. 23].

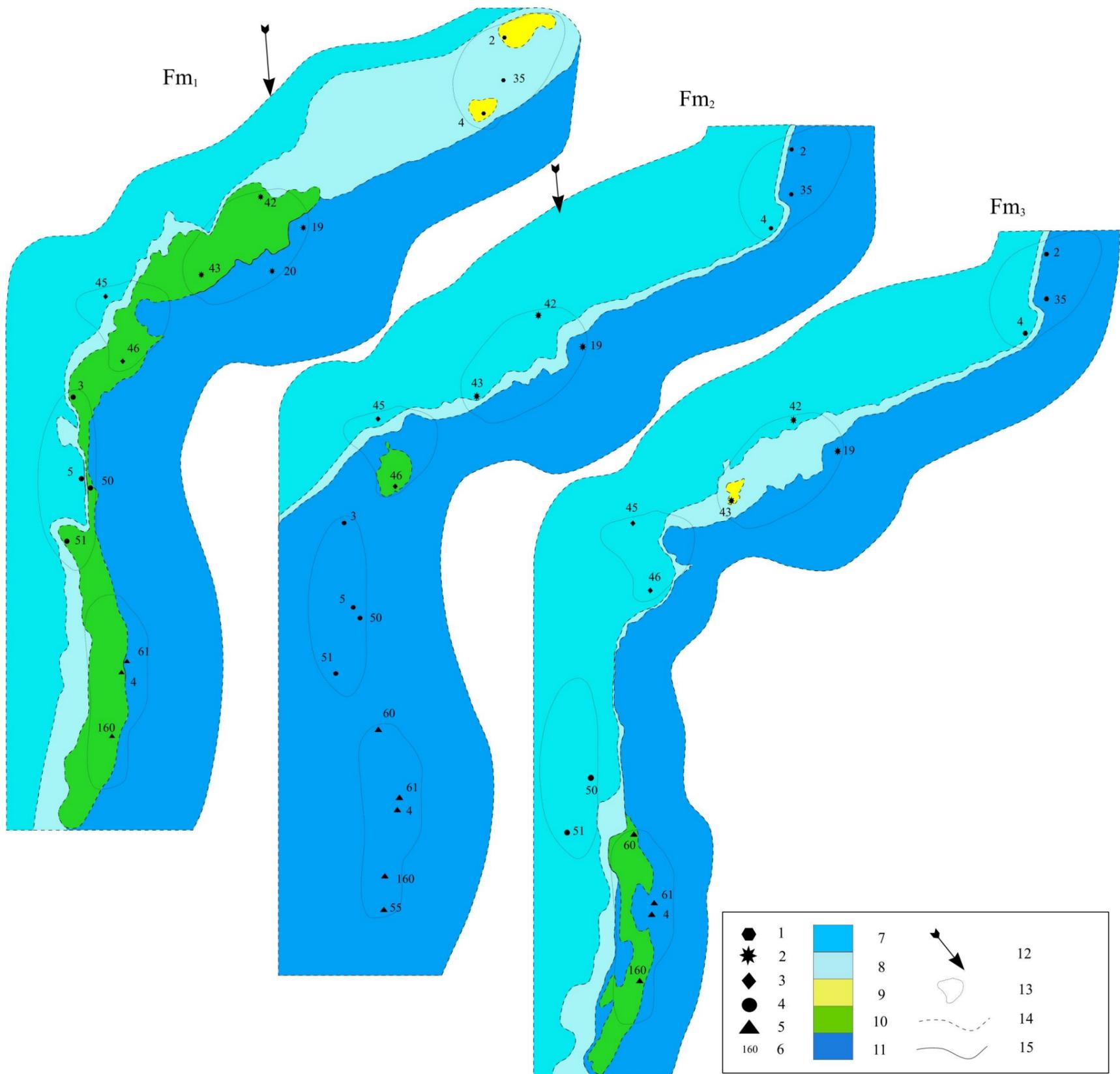


Рис. 7. Эволюция обстановок осадконакопления в течение ранне-, средне- и позднефаменского времени на территории Центрально-Хорейверского вала (на основе структурной карты по кровле пласта D_3fm_1)

1–5 – исследуемые площади: 1 – Центрально-Хорейверская, 2 – Ошкотынская, 3 – Ардалинская, 4 – Восточно-Колвинская, 5 – Дюсушевская; 6 – номера скважин; 7–11 – фациальные зоны: 7 – склон карбонатной банки в сторону мелководного шельфа, 8 – отмель, 9 – лагунная, 10 – микробильный холм на склоне карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа, 11 – склон карбонатной банки в сторону глубоководного шельфа; 12 – предполагаемое направление поступления пресных вод; 13 – контуры изученных площадей; 14–15 – границы фациальных зон: 14 – предполагаемые, 15 – достоверные.

Выводы

В результате проведенных комплексных исследований фаменских карбонатных толщ по разрезам пяти площадей Центрально-Хорейверского вала можно сделать следующие выводы. Литолого-палеоэкологическое изучение фаменских карбонатных пород позволило выделить среди них 20 литотипов, включая известняки и доломиты, которые объединяются в три генетические группы: биохеогенные, хеогенные и механогенные. Большинство литотипов относится к биохеогенным. По результатам литолого-геофизического исследования выделенные литотипы по сходству условий осадконакопления объединены в пять ПА, формирующихся в определенных обстановках осадконакопления: отмельная, лагунная, склоновая переходная к мелководному шельфу и переходная к глубоководному шельфу и микробильный холм на склоне карбонатной банки в сторону депрессионной впадины. Распределение карбонатных фаций в пределах Центрально-Хорейверского вала в течение фаменского века неоднократно менялось. Детальные литолого-геохимические исследования фаменских карбонатных пород позволяют отметить, что в течение фамена колебание гидрохимии в бассейне происходило на фоне колебания климата: аридизации (во время раннефаменской и позднефаменской регрессий) и гумидизации (во время устьпечорской трансгрессии). В дополнении к этому сказывалось поступление пресных вод с размываемой на севере территории Садаггинской ступени.

Кроме климата на условия образований рифогенных толщ оказывала влияние активность тектонического режима, характерного для позднего девона не только на территории Тимано-Печорской провинции, но и в целом для Европейской платформы [Цыганко, 2005; Alekseev, Kononova, Nikishin, 1996; Antoshkina, 2006; Gatovsky, 2011; Johnson, Klapper, Sandberg, 1985; Kaiser, Steuber, Becker, 2008]. Такие биосферные изменения проявились в литологическом и фациальном разнообразии внешне довольно сходных массивного облика рифогенных толщ, что, вероятнее всего, отразилось и на коллекторских свойствах карбонатных пород. Полученные данные по результатам комплексного подхода изучения фаменских рифогенных толщ Центрально-Хорейверского вала следует учитывать при направлении поисков перспективных коллекторов в подобных разрезах Тимано-Печорской провинции.

Работа выполнялась в рамках Программы фундаментальных исследований УрО РАН, проект № 15-18-5-47.

Литература

Антошкина А.И. Рифообразование в палеозое (север Урала и сопредельные области) – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 303 с.

Антошкина А.И., Пономаренко Е.С., Канева Н.А. Фенестровые известняки как индикатор специфики позднедевонских морей, Тимано-Североуральский регион // Литология и полезные ископаемые. – 2014. – № 6. – С. 493–505.

Антошкина А.И., Салдин В.А., Сандула А.Н. Методика реконструкции условий осадконакопления и связи с ними карбонатных коллекторов (на примере верхнедевонских отложений Хорейверской впадины) // Геология и минеральные ресурсы европейского северо-востока России: материалы XV Геол. съезда Респ. Коми – Сыктывкар, 2009 – Том 2. С. 214–217.

Атлас геологических карт. Тимано-Печорский седиментационный бассейн. – Ухта: Изд-во ТП НИЦ, 2000.

Белонин М.Д., Прищепина О.М., Теплов Е.Л. Тимано-Печорская провинция: геологическое строение, нефтегазоносность и перспективы освоения. – СПб.: Недра, 2004. – 396 с.

Беляева Н.В., Корзун А.Л., Петрова Л.В. Модель седиментации франско-турнейских отложений на северо-востоке Европейской платформы. – СПб.: Наука, 1998. – 154 с.

Богданов Б.П. Особенности размещения верхнедевонских органогенных построек Тимано-Печорской провинции и связь их с разломами фундамента // Рифогенные зоны и их нефтегазоносность: сб. науч. тр. – М.: ИГиРГИ, 1991. – С. 150–156.

Водоросли. Справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк, Г.М. Паламарь-Мордвинцева, З.И. Ветрова, Е.Л. Кордюм, Н.А. Мошкова, Л.П. Приходькова, О.В. Коваленко, В.В. Ступина, П.М. Царенко, В.П. Юнгер, М.И. Радченко, О.Н. Виноградова, Л.Н. Бухтиярова, Л.Ф. Разумна. – Киев: Наук. Думка, 1989. – 608 с.

Грачевский М.М., Берлин Ю.М., Дубовской И.Т., Ульмишек Г.Ф. Корреляция разнофациальных толщ при поисках нефти и газа. – М.: Недра, 1976. – 296с.

Канева Н.А. Геохимические особенности фаменского палеобассейна (на примере разрезов Центрально-Хорейверского вала) // Виртуальные и реальные литологические модели: материалы 10-го Уральского литологического совещания. – Екатеринбург, 2014б. – С.69-71.

Канева Н.А. Литолого-геохимическая характеристика фаменских отложений Центрально-Хорейверской и Ошкотынской площадей Печорской синеклизы // Ломоносов 2011: материалы Междун. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. – М.: МГУ, 2011а. - https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2011/1199/27952_36f2.pdf

Канева Н.А. Сравнительная характеристика верхнефаменских отложений скв. 45

Ардалинской и скв. 35 Центрально-Хорейверской площадей, Хорейверская впадина // Структура, вещество и история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 20 Всеросс. науч. конф. – Сыктывкар: Геопринт, 2011в. – С. 67–69.

Канева Н.А. Условия образования нижнефаменских отложений Центрально-Хорейверской рифогенной зоны // Вестник Института геологии КНЦ УрО РАН. – 2013. – №10. – С.12-16.

Канева Н.А. Условия осадконакопления в фаменское время (на примере разрезов центральной части Хорейверской впадины) // Ленинградская школа литологии: мат-лы Всеросс. литолог. совещ. – СПб: СПбГУ, 2012а. - Т. I. – С. 198–200.

Канева Н.А. Условия формирования среднефаменских отложений (на примере скв. 50 Восточно-Колвинская, Хорейверская впадина) // Структура, вещество и история литосферы Тимано-Североуральского сегмента: материалы 21 Всеросс. науч. конф. – Сыктывкар: Геопринт, 2012б. – С. 88–90.

Канева Н.А. Характеристика нижнефаменских отложений (скв. 50 Восточно-Колвинская, Хорейверская впадина) // Концептуальные проблемы литологических исследований в России: материалы 6-го Всероссийского литологического совещания. – Казань: Казан. ун-т, 2011б. - Том 1. – С. 359-362.

Канева Н.А. Эволюция фаменского морского бассейна на территории Центрально-Хорейверской рифогенной зоны // Геология и минеральные ресурсы Европейского Северо-Востока России: мат-лы XVI Геологического съезда Республики Коми. - Т. II. – Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УрО РАН, 2014а. – С.248-250.

Кулешов В.Н. Эволюция изотопных углекислотно-водных систем в литогенезе. Сообщение 1. Седиментогенез и диагенез // Литология и полезные ископаемые. – 2001. – №5. – С. 491-508.

Кушнарера Т.И. Фаменский ярус Тимано-Печорской провинции (Министерство геологии РСФСР. Ухтинское территориальное геологическое управление). – М.: Недра, 1977. – 135 с.

Меннер В.В., Михайлова М.В., Шувалова Г.А., Гобанов Л.А., Бушуева М.А. Верхнедевонские карбонатные банки на севере Предуральского краевого прогиба // Рифогенные зоны и их нефтегазоносность: сб. науч. тр. – М.: ИГиРГИ, 1991а. – С. 122–136.

Меннер В.В., Сятина Л.С., Баранова А.В., Шувалова Г.А. Региональные особенности размещения рифогенных образований и новая модель литофациальной зональности во франских и нижнефаменских толщах Хорейверской впадины // Рифогенные зоны и их нефтегазоносность: сб. науч. тр. – М.: ИГиРГИ, 1991б. – С. 56–72.

Пармузина Л.В. Верхнедевонский комплекс Тимано-Печорской провинции (строение,

условия образования, закономерности размещения коллекторов и нефтегазоносность). – СПб.: Наука. 2007. – 152 с.

Пармузина Л.В., Богданов Б.П., Малышев Н.А. Верхнедевонские органогенные постройки и их размещение в центральной части Хорейверской впадины // Тектоника северо-востока Европейской платформы. – Сыктывкар, 1988. – С. 73-82.

Природные резервуары нефтегазоносных комплексов Тимано-Печорской провинции / Е.Л. Теплов, П.К. Костыгова, З.В. Ларионова, И.Ю. Беда, Е.Г. Довжикова, Т.И. Куранова, Н.И. Никонов, Е.Л. Петренко, Г.А. Шабанова // Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Коми, ГУП РК ТП НИЦ. – СПб: ООО «Реноме», 2011. – 286 с.

Прищепа О.М., Богацкий В.И., Макаревич В.Н., Чумакова О.В., Никонов Н.И., Куранов А.В., Богданов М.М. Новые представления о тектоническом и нефтегазогеологическом районировании Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Нефтегазовая геология. Теория и практика. – 2011. – Т.6. – №4. – http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf

Силаев В.И., Хазов А.Ф. Изотопное диспропорционирование карбонатного углерода в процессах гипергенно-экзогенной перегруппировки вещества земной коры. – Сыктывкар: Геопринт, 2003. – 41 с. (Программы фундаментальных исследований РАН. Отчетная серия, № 3).

Соломатин А.В. Карбонатные коллекторы фаменского яруса Печорской впадины // Нефтегазовая геология и геофизика. – 1970. – № 11. – С. 22-26.

Тихий В.Н. О природе девонских карбонатных массивов в бассейне Печоры // Советская геология. – М.: Недра, 1984. – С. 57–64.

Уилсон Дж.Л. Карбонатные фации в геологической истории / Пер. с англ. – М.: Недра, 1980. – 463 с.

Фациальные типы глинистых пород (и их первичные литологические особенности) / М.Ф. Викулова, Ю.К. Бурков, А.В. Македонов, Н.Я. Тихомирова, А.И. Осипова, А.П. Феофилова, Г.В. Кулакова, Н.Н. Земова. – Л.: Недра, 1973. – 288 с.

Фор Г. Основы изотопной геологии: пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 590 с.

Цыганко В.С. Позднедевонские эвстатические события на территории Печорской плиты и их стратиграфическое значение // Вестник Института геологии КНЦ УрО РАН. – 2005.– №7. – С. 2–4.

Эволюционный тренд палеозойской рифовой экосистемы как отражение эволюции геобиологических систем на примере севера Урала: отчет о НИР / А.И. Антошкина. – Сыктывкар: Геопринт, 2010. – 43 с. (Программы фундаментальных исследований Российской

академии наук. Отчетная серия, № 2 (83)).

Юдович Я.Э., Кемпус М.П. Геохимические индикаторы литогенеза (литологическая геохимия). – Сыктывкар: Геопринт, 2011. – 742 с.

Alekseev A.S., Kononova L.I., Nikishin A.M. The Devonian and Carboniferous of the Moscow Syncline (Russian Platform): Stratigraphy and sea-level changes // EUROPROBE: Intraplate Tectonics and Basin Dynamics of the Eastern European Platform // Tectonophysic. – 1996. – V. 268. – P. 149–168. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00229-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00229-6)

Antoshkina A.I. Palaeoenvironmental implications of Palaeomicrocodium in Upper Devonian microbial mounds of the Chernyshev Swell, Timan-northern Ural Region // Facies. – 2006. V. 52. – P. 611–625. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10347-006-0083-z>

Antoshkina A.I., Kaneva N.A., Königshof P. Carbon isotope geochemistry and clay mineralogy of lower Famennian deposits in the Timan-northern Ural Region - implications for paleoclimatic changes // Ber. Inst. Erdwiss. K.-F.-Univ. Graz. – 2011. – P.19-20 («IGCP 596 Opening Meeting», Germany, Graz, 19-24th September 2011).

Gatovsky Yu.A. Late Devonian climatic deterioration on the East European Platform and marine biota reaction on it // Ber. Inst. Erdwiss. K.-F.-Univ. Graz, – 2011. P. 43–45.

Irwin M.L. General theory of eperic clear water sedimentation // Bull.Amer. Assoc. Petrol. Geol. – 1965. – V. 49. – P. 445–459.

James N.P., Bourque P.A. Reefs and mounds. Ed. Walker, R.G., James, N.P. Facies Models - Response to Sea-Level Change. Geol. Assoc. Can. – 1992. – P. 323 – 347.

Johnson J.G., Klapper G., Sandberg C.A. Devonian eustatic fluctuacion in Euramerica // Geol. Soc. of America. Bulletin. – 1985. – V. 96. P. 567–587. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1985\)96<567:DEFIE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1985)96<567:DEFIE>2.0.CO;2)

Kaiser S.I., Steuber T., Becker R.T. Environmental change during the Late Famennian and Early Tournaisian (Late Devonian – Early Carboniferous) – implications from stable isotopes and conodont biofacies in southern Europe // Carboniferous platforms and basins. Geological Journal Special Issue. – 2008. N 43 (2-3). P. 241-260.

Kaźmierczak J. Colonial Volvocales (Chlorophyta) from the Upper Devonian of Poland and their palaeoenvironmental significance // Acta Palaeontologica Polonica. – 1975. – V. 20 (1). – P. 73–89.

Menner V.V., Shuvalova G.A. The history of Late Devonian starved depressions on the shelves of the Timan-Pechora basin // Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Faunas. Ichthyolith Issues Special Publication. – 2000. – V. 6. – P. 73-76.

Matveeva N.A.

Institute of Geology of the Komi Science Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (IG Komi SC UB RAS), Syktyvkar, Russia, nakaneva@geo.komisc.ru

CENTRAL-KHOREYVER ARCH (TIMAN-PECHORA PROVINCE) – FORMATION OF THE FAMENNIAN REEFOGENIC DEPOSITS

The results of a complex study of the Famennian reefogenic deposits of the Central-Khoreyver Arch are presented. It was found that Famennian carbonate rocks lithotypes are combined into five paragenetic associations characterizing five facies zones with different lithogenetic and geophysical features. Frequent fluctuations of a sea level, water salinity and facies were characteristic for the Famennian paleobasin. New data permit to detail the paleogeographic situation during the Famennian time in the Central-Khoreyver region, area reflecting a complex composition and fabric of reefogenic level.

Keywords: paragenetic associations, carbonate rocks lithotypes, facies zones, Famennian, Central-Khoreyver Arch, Timan-Pechora Province.

References

Alekseev A.S., Kononova L.I., Nikishin A.M. The Devonian and Carboniferous of the Moscow Syncline (Russian Platform): Stratigraphy and sea-level changes. EUROPROBE: Intraplate Tectonics and Basin Dynamics of the Eastern European Platform. Tectonophysics, 1996, V. 268, P. 149–168. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(96\)00229-6](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(96)00229-6)

Antoshkina A.I. Palaeoenvironmental implications of Palaeomicrocodium in Upper Devonian microbial mounds of the Chernyshev Swell, Timan-northern Ural Region. Facies, 2006. V. 52, P.611–625. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10347-006-0083-z>

Antoshkina A.I. *Rifobrazovanie v paleozoe (sever Urala i sopredel'nye oblasti)* [Reef formation in the Paleozoic (north of the Urals and adjacent areas)]. Ekaterinburg: UrO RAN, 2003, 303 p.

Antoshkina A.I., Kaneva N.A., Königshof P. Carbon isotope geochemistry and clay mineralogy of lower Famennian deposits in the Timan-northern Ural Region - implications for paleoclimatic changes. Ber. Inst. Erdwiss. K.-F.-Univ. Graz, 2011, P.19-20 («IGCP 596 Opening Meeting», Germany, Graz, 19-24th September 2011).

Antoshkina A.I., Ponomarenko E.S., Kaneva N.A. *Fenestrovye izvestnyaki kak indikator spetsifiki pozdnedevonskikh morey, Timano-Severoural'skiy region* [Fenestra limestones as an indicator of the specifics of the Late Devonian seas, Timan-Severouralsk region]. Litologiya i poleznye iskopaemye, 2014, no. 6, p. 493–505.

Antoshkina A.I., Saldin V.A., Sandula A.N. *Metodika rekonstruktsii usloviy osadkonakopleniya i svyazi s nimi karbonatnykh kollektorov (na primere verkhnedevonskikh otlozheniy Khoreyverskoy vpadiny)* [Methodology for reconstruction of sedimentation conditions and connection of carbonate reservoirs with them (on the example of the Upper Devonian deposits of the Khoreyver depression)]. Geologiya i mineral'nye resursy evropeyskogo severo-vostoka Rossii: Proceedings of XV Geological Congress of the Republic of Komi. Syktyvkar, 2009, vol. 2, p. 214–217.

Atlas geologicheskikh kart. Timano-Pechorskiy sedimentatsionnyy basseyn [Atlas of geological maps. Timan-Pechora sedimentary basin]. Ukhta: Izd-vo TP NITs, 2000.

Belonin M.D., Prishchepa O.M., Teplov E.L. *Timano-Pechorskaya provintsiya: geologicheskoe stroenie, neftegazonosnost' i perspektivy osvoeniya* [Timan-Pechora province: geological structure, oil and gas potential and development prospects]. St. Petersburg: Nedra, 2004, 396 p.

Belyaeva N.V., Korzun A.L., Petrova L.V. *Model' sedimentatsii fransko-turneyskikh otlozheniy na severo-vostoke Evropeyskoy platform* [The sedimentation model of the Frasnian -

Tournaisian sediments in the northeast of the European Platform]. St. Petersburg: Nauka, 1998, 154 p.

Bogdanov B.P. *Osobennosti razmeshcheniya verkhnedevonskikh organogennykh postroek Timano-Pechorskoy provintsii i svyaz' ikh s razlomami fundamenta* [Features of the location of the Upper Devonian organogenic structures of the Timan-Pechora province and their connection with the base faults]. *Rifogennye zony i ikh neftegazonosnost': sb. nauch. Tr. Moscow: IGIRGI, 1991, p. 150–156.*

Evolutsionnyy trend paleozoyskoyrifovoy ekosistemy kak otrazhenie evolyutsii geobiologicheskikh sistem na primere severa Urala: otchet o NIR [Evolutionary trend of the Paleozoic ecosystem as a reflection of the evolution of geo-biological systems by the example of the north of the Urals: report on research work]. A.I. Antoshkina, Syktyvkar: Geoprint, 2010, 43 p. (Programs of Fundamental Research of the Russian Academy of Sciences, Report Series, no. 2 (83)).

Fatsial'nye tipy glinistyykh porod (i ikh pervichnye litologicheskie osobennosti) [Facies types of clay rocks (and their primary lithological features)]. M.F. Vikulova, Yu.K. Burkov, A.V. Makedonov, N.Ya. Tikhomirova, A.I. Osipova, A.P. Feofilova, G.V. Kulakova, N.N. Zemova. Leningrad: Nedra, 1973, 288 p.

For G. *Osnovy izotopnoy geologii* [Basics of Isotope Geology]. Moscow: Mir, 1989, 590 p.

Gatovsky Yu.A. Late Devonian climatic deterioration on the East European Platform and marine biota reaction on it. *Ber. Inst. Erdwiss. K.-F.-Univ. Graz, 2011. P. 43–45.*

Grachevskiy M.M., Berlin Yu.M., Dubovskoy I.T., Ul'mishek G.F. *Korrelyatsiya raznofatsial'nykh tolshch pri poiskakh nefiti i gaza* [Correlation of different facies in the search for oil and gas]. Moscow: Nedra, 1976, 296 p.

Irwin M.L. General theory of eperic clear water sedimentation. *Bull.Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1965, V. 49, P. 445–459.*

James N.P., Bourque P.A. Reefs and mounds. Ed. Walker, R.G., James, N.P. *Facies Models - Response to Sea-Level Change. Geol. Assoc. Can, 1992, P. 323 – 347.*

Johnson J.G., Klapper G., Sandberg C.A. Devonian eustatic fluctuation in Euramerica. *Geol. Soc. of America. Bulletin, 1985, V. 96. P. 567–587. DOI: [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1985\)96<567:DEFIE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1985)96<567:DEFIE>2.0.CO;2)*

Kaiser S.I., Steuber T., Becker R.T. Environmental change during the Late Famennian and Early Tournaisian (Late Devonian – Early Carboniferous) – implications from stable isotopes and conodont biofacies in southern Europe. *Carboniferous platforms and basins. Geological Journal Special Issue, 2008. no. 43 (2-3). P. 241-260.*

Kaneva N.A. *Evolutsiya famenskogo morskogo basseyna na territorii Tsentral'no-Khoreyverskoy rifogennoy zony* [Evolution of the Famennian Sea Basin on the Territory of the Central Khoreyver reefogenic zone]. *Geologiya i mineral'nye resursy Evropeyskogo Severo-Vostoka Rossii: Proceedings of the Sixteenth Geological Congress of the Republic of Komi, vol. II, Syktyvkar: IG Komi NTs UrO RAN, 2014, p. 248-250.*

Kaneva N.A. *Geokhimicheskie osobennosti famenskogopaleobasseyna (na primere razrezov Tsentral'no-Khoreyverskogo vala)* [Geochemical features of the Famennian paleobasin (on the example of the sections of the Central Khoreyver shaft)]. *Virtual'nye i real'nye litologicheskie modeli: materialy 10-go Ural'skogo litologicheskogo soveshchaniya, Ekaterinburg, 2014, p. 69-71.*

Kaneva N.A. *Kharakteristika nizhnepamenskikh otlozheniy (skv. 50 Vostochno-Kolvinskaya, Khoreyverskaya vpadina)* [Characteristics of the Lower Famennian deposits (50 East Kolvinskaya well, Khoreyverskaya depression)]. *Kontseptual'nye problemy litologicheskikh issledovaniy v Rossii: Proceedings of the 6th All-Russian Lithological Conference, Kazan': Kazan. un-t, 2011, vol. 1, p. 359-362.*

Kaneva N.A. *Litologo-geokhimicheskaya kharakteristika famenskikh otlozheniy Tsentral'no-Khoreyverskoy i Oshkotynskoy ploshchadey Pechorskoy sineklizy* [Lithological and geochemical characteristics of the Famennian deposits of the Central Khoreyver and Oshkotynskaya areas of the Pechora syncline]. *Lomonosov 2011: Proceedings of International Scientific Conference of*

Students, Graduate Students and Young Scientists. Moscow: MGU, 2011, https://lomonosov-msu.ru/archive/Lomonosov_2011/1199/27952_36f2.pdf

Kaneva N.A. *Sravnitel'naya kharakteristika verkhnefamenskikh otlozheniy skv. 45 Ardalinskoy i skv. 35 Tsentral'no-Khoreyverskoy ploshchadey, Khoreyverskaya vpadina* [Comparative characteristics of the Upper Famennian deposits of 45 well of Ardalinskaya area and 35 well of Central Khoreyver area, the Khoreyver depression]. *Struktura, veshchestvo i istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: Proceedings of 20 All-Russian Scientific Conference, Syktyvkar: Geoprint, 2011, p. 67–69.*

Kaneva N.A. *Usloviya formirovaniya srednefamenskikh otlozheniy (na primere skv. 50 Vostochno-Kolvinskaya, Khoreyverskaya vpadina)* [Conditions for the formation of Middle Famennian sediments (by example of 50 East Kolvinskaya well, Khoreyverskaya depression)]. *Struktura, veshchestvo i istoriya litosfery Timano-Severoural'skogo segmenta: Proceedings of 21 All-Russian Scientific Conference, Syktyvkar: Geoprint, 2012, p. 88–90.*

Kaneva N.A. *Usloviya obrazovaniya nizhnefamenskikh otlozheniy Tsentral'no-Khoreyverskoyrifogennoy zony* [Conditions for the formation of the Lower Famennian deposits of the Central Khoreyver rhythigenic zone]. *Vestnik Instituta geologii KNTs UrO RAN, 2013, no.10, p. 12-16.*

Kaneva N.A. *Usloviya osadkonakopleniya v famenskoe vremya (na primere razrezov tsentral'noy chasti Khoreyverskoy vpadiny)* [Conditions of sedimentation in the Famennian period (by the example of the sections of the central part of the Khoreyver depression)]. *Leningradskaya shkola litologii: Proceedings of All-Russian Lithological Conference, St. Petersburg: SPbGU, 2012, vol. I, p. 198–200.*

Kaźmierczak J. Colonial Volvocales (Chlorophyta) from the Upper Devonian of Poland and their paleoenvironmental significance. *ActaPalaeontologicaPolonica, 1975, V. 20 (1), P. 73–89.*

Kuleshov V.N. *Evolyutsiya izotopnykh uglekislotno-vodnykh sistem v litogeneze. Soobshchenie 1. Sedimentogenez i diagenez* [Evolution of isotope carbon dioxide-water systems in lithogenesis. Message 1. Sedimentogenesis and diagenesis]. *Litologiya i poleznye iskopaemye, 2001, no.5, p. 491-508.*

Kushnareva T.I. *Famenskiy yarus Timano-Pechorskoy provintsii (Ministerstvo geologii RSFSR. Ukhtinskoe territorial'noe geologicheskoe upravlenie)* [Famennian stage of the Timan-Pechora province (Ministry of Geology of the RSFSR, Ukhta territorial geological administration)]. Moscow: Nedra, 1977, 135 p.

Menner V.V., Mikhaylova M.V., Shuvalova G.A., Gobanov L.A., Bushueva M.A. *Verkhnedevonskie karbonatnye banki na severe Predural'skogo kraevogo progiba* [Upper Devonian carbonate banks in the north of the Predural edge trough]. *Rifogennyye zony i ikh neftegazonosnost': sb. nauch. tr, M.: IGI RGI, 1991, p. 122–136.*

Menner V.V., Shuvalova G.A. The history of Late Devonian starved depressions on the shelves of the Timan-Pechora basin. *Pan-Arctic Palaeozoic Tectonics, Evolution of Basins and Faunas. Ichthyolith Issues Special Publication, 2000. V. 6, P. 73-76.*

Menner V.V., Sayapina L.S., Baranova A.V., Shuvalova G.A. *Regional'nye osobennosti razmeshcheniya rifogennykh obrazovaniy i novaya model' litofatsial'noy zonal'nosti vo franskikh i nizhnefamenskikh tolshchakh Khoreyverskoy vpadiny* [Regional features of reefgenic formations location and a new model of lithofacies zonation in the Frasnian and Lower Famennian sequences of the Khoreyver depression]. *Rifogennyye zony i ikh neftegazonosnost': sb. nauch. tr, M.: IGI RGI, 1991, p. 56–72.*

Parmuzina L.V. *Verkhnedevonskiy kompleks Timano-Pechorskoy provintsii (stroenie, usloviya obrazovaniya, zakonomernosti razmeshcheniya kollektorov i neftegazonosnost')* [Upper Devonian complex of the Timan-Pechora province (structure, formation conditions, patterns of reservoir location and oil and gas potential)]. St. Petersburg: Nauka. 2007, 152 s.

Parmuzina L.V., Bogdanov B.P., Malyshev N.A. *Verkhnedevonskie organogennyye postroyki i ikh razmeshchenie v tsentral'noy chasti Khoreyverskoy vpadiny* [Upper Devonian organogenic

structures and their location in the central part of the Khoreyver depression]. Tektonika severo-vostoka Evropeyskoy platform. Syktyvkar, 1988, p. 73-82.

Prirodnye rezervuary neftegazonosnykh kompleksov Timano-Pechorskoy provintsii [Natural reservoirs of oil and gas bearing complexes of the Timan-Pechora province]. E.L. Teplov, P.K. Kostygova, Z.V. Larionova, I.Yu. Beda, E.G. Dovzhikova, T.I. Kuranova, N.I. Nikonov, E.L. Petrenko, G.A. Shabanova. Ministerstvo prirodnikh resursov i okhrany okruzhayushchey sredy Respubliki Komi, GUP RK TP NITs, St. Petersburg: OOO «Renome», 2011, 286 p.

Prishchepa O.M., Bogatskiy V.I., Makarevich V.N., Chumakova O.V., Nikonov N.I., Kuranov A.V., Bogdanov M.M. *Novye predstavleniya o tektonicheskom i neftegeozologicheskom rayonirovaniï Timano-Pechorskoy neftegazonosnoy provintsii* [New ideas about the tectonic and oil and gas geological zoning of the Timan-Pechora oil and gas province]. Neftegazovaya geologiya. Teoriya i praktika, 2011, vol. 6, no. 4, http://www.ngtp.ru/rub/4/40_2011.pdf

Silaev V.I., Khazov A.F. *Izotopnoe disproportsonirovanie karbonatnogo ugleroda v protsessakh gipergenno-ekzogennoy peregruppirovki veshchestva zemnoy kory* [Isotope disproportionation of carbonate carbon in the processes of hypergenic-exogenous rearrangement of the crustal matter]. Syktyvkar: Geoprint, 2003, 41 s. (Programmy fundamental'nykh issledovaniy RAN. Otchetnaya seriya, no. 3).

Solomatin A.V. *Karbonatnye kollektory famenskogo yarusa Pechorskoy vpadiny* [Carbonate reservoirs of the Famennian Stage of the Pechora Depression]. Neftegazovaya geologiya i geofizika, 1970, no. 11, p. 22-26.

Tikhii V.N. *O prirode devonskikh karbonatnykh massivov v bassejne Pechory* [On the nature of the Devonian carbonate massifs in the Pechora Basin]. Sovetskaya geologiya, Moscow: Nedra, 1984, p. 57-64.

Tsyganko V.S. *Pozdnedevonskie evstatischeeskie sobytiya na territorii Pechorskoy plity i ikh stratigraficheskoe znachenie* [Late Devonian eustatic events on the territory of the Pechora plate and their stratigraphic significance]. Vestnik Instituta geologii KNTs UrO RAN, 2005, no.7, p. 2-4.

Vodorosli. Spravochnik [Seaweed. Reference book]. S.P. Vasser, N.V. Kondrat'eva, N.P. Masyuk, G.M. Palamar'-Mordvintseva, Z.I. Vetrova, E.L. Kordyum, N.A. Moshkova, L.P. Prikhod'kova, O.V. Kovalenko, V.V. Stupina, P.M. Tsarenko, V.P. Yunger, M.I. Radchenko, O.N. Vinogradova, L.N. Bukhtiyarova, L.F. Razumna. Kiev: Nauk. Dumka, 1989, 608 p.

Wilson J.L. *Karbonatnye fatsii v geologicheskoy istorii* [Carbonate facies in geological history]. Moscow: Nedra, 1980, 463 s.

Yudovich Ya.E., Ketris M.P. *Geokhimicheskie indikatory litogeneza (litologicheskaya geokhimiya)* [Geochemical indicators of lithogenesis (lithological geochemistry)]. Syktyvkar: Geoprint, 2011, 742 p.