

На правах рукописи

Л. Печ

Журавлева Лилия Маратовна

Литология и типы пустотного пространства карбонатных отложений
овинпармского горизонта (Варандей-Адзвинская зона Тимано-Печорской
НГП)

Специальность 25.00.06 – литология

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Москва – 2014

Работа выполнена на кафедре литологии Российского государственного университета нефти и газа им. И.М. Губкина.

Научный руководитель: доктор геолого-минералогических наук,
профессор
Кузнецов Виталий Германович

Официальные оппоненты: **Фортунова Наталья Константиновна**,
доктор геолого-минералогических наук,
профессор, заместитель генерального
директора ФГУП ВНИГНИ по науке
Грунис Евгений Борисович, доктор
геолого-минералогических наук, профессор,
руководитель дирекции ОАО ИГиРГИ
по научной работе

Ведущая организация: Кафедра литологии и морской геологии
геологического факультета Московского
государственного университета
имени М.В. Ломоносова

Защита состоится 27 января 2015 в 15-00 на заседании
диссертационного совета Д 212.00.02 на базе РГУ нефти и газа имени
И.М.Губкина, по адресу Москва, Ленинский проспект д.65 к 232

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте РГУ
нефти и газа имени И.М.Губкина <http://www.gubkin.ru/diss2/>

Автореферат разослан

Ученый секретарь
диссертационного совета



Милосердова Людмила Вадимовна

Общая характеристика работы

Актуальность. Тимано-Печорский регион (плита) относится к числу старейших и одновременно крупнейших нефтегазоносных провинций России. Первая промышленная нефть была получена из терригенных пород и резервуары такого состава долгое время обеспечивали основную добычу углеводородного сырья. С семидесятых годов XX века ситуация коренным образом изменилась: основным стал верхнедевонско-турнейский карбонатный комплекс. Его состав, строение, характер нефтегазоносности в общих чертах известен и хорошо изучен.

В последние годы выход на новые площади и более глубокие горизонты выявил продуктивность еще одного мощного карбонатного комплекса – среднеордовикско-нижнедевонского, откуда в ряде мест получены промышленные дебиты. Несмотря на неизмеримо меньшую степень его изученности, уже очевидно, что его строение, равно как и характер нефтегазоносности, существенно отличаются от таковых в девонотурне.

Целью настоящей работы является реконструкция условий образования отложений овинпармского горизонта нижнего девона северной части Варандей-Адзвинской структурной зоны, установление и характеристика их пустотного пространства и количественная характеристика ФЕС пород, что может служить определенным эталоном при разведке не освоенного ныне бурением потенциально перспективного среднеордовикско-нижнедевонского карбонатного комплекса.

Для реализации этой цели было необходимо решение ряда **задач**.

1. Дать подробную литологическую характеристику отложений с описанием их состава, строения, вторичных преобразований на базе детальных описаний керна, петрографических шлифов и использования современных методов исследований, в частности, растровой электронной микроскопии и микрозондирования.

2. Изучить строение разрезов овинпармского горизонта, распределение в них тех или иных литологических типов пород и их соотношения.

3. На базе литологических исследований с учетом палеонтологических характеристик отложений реконструировать условия их образования и изменение последних во времени.

4. Исследовать и охарактеризовать типы пустотного пространства карбонатных пород овинпармского горизонта, дать количественную характеристику ФЕС отложений в целом и отдельных слагающих его литологических типов.

5. Изучить распределение типов пустотного пространства и количественных значений ФЕС в разрезах и по площади.

Научная новизна

1. Впервые для данного региона обнаружены и описаны микробиальные образования овинпармского горизонта, изучение которых позволило объяснить сонахождение доломита и ангидрита в бассейне среднеокеанической солености.

2. На базе литологических исследований с учетом обнаруженной в отложениях биоты установлены крайне мелководные литоральные и сублиторальные условия, в которых формировались соответствующие осадки – тайдалиты.

3. Показано, что северная часть Варандей-Адзвинской зоны уже в раннем девоне представляла собой обширную крайне мелководную отмель, т.е. эта тектоническая структура имела геоморфологическую выраженность. Одновременно формировались и локальные структуры, которые, тем самым, являются конседиментационными.

4. Установлено, что цикличность разреза, выраженная в относительном изменении глинистости пород, связана не с колебаниями уровня моря, а с изменением количества поставляемого терригенного и, прежде всего, глинистого материала.

5. Дана подробная характеристика типов пустотного пространства, установлены специфические для микробиальных образований литогенетические трещины, в том числе, щелевидные пустоты, определяющие резкую анизотропию проницаемости с аномально высокими для данных отложений значениями проницаемости параллельно слоистости.

Практическая значимость.

Реконструированные условия образования отложений овинпармского горизонта и определенный тип пустотного пространства тайдалитов с учетом их тектонического положения могут быть распространены на всю Варандей-Адзвинскую структурную зону.

Установление системы многочисленных субгоризонтальных литогенетических пустот позволило объяснить получение высоких дебитов из внешне плотных и непроницаемых пород.

Выявление своеобразного типа пустотного пространства, наличие резкой анизотропии проницаемости должны учитываться при создании системы разработки и в процессе эксплуатации залежей.

Защищаемые положения.

1. В овинпармское время в районе северной части Варандей-Адзвинской зоны существовала обширная внутришельфовая отмель, где формировались крайне мелководные литоральные и сублиторальные карбонатные отложения – тайдалиты, фиксируя морфологическую выраженность древней тектонической структуры.

2. Цикличность крайне мелководных литоральных и сублиторальных отложений – тайдалитов – обусловлена не столько обычными для этого колебаниями уровня моря, связанными с тектоническими движениями, эвстатикой и другими подобными обстоятельствами, поскольку сама глубина постоянно остается крайне незначительной, сколько косвенно отражает изменения в области суши, в частности, изменения в поставке терригенного, в данном случае преимущественно глинистого материала.

3. Специфика ФЕС литоральных и сублиторальных карбонатных фаций заключается в том, что эти свойства определяются, в значительной степени, литогенетическими щелевидными пустотами, связанными с широко развитыми здесь микробальными пленками. Это, в частности, обуславливает относительно высокие значения горизонтальной проницаемости, на порядок превышающие таковые в вертикальном направлении.

Выделение подобных литогенетических пустот подтверждено данными рентгеновской томографии, которая позволила дать их дополнительные характеристики.

Анализ литературных материалов по аналогичным, фациально однотипным отложениям разного возраста и разных регионов показывает, что выявленная на примере овинпармского горизонта специфика пустотного пространства является достаточно типичной для литоральных и сублиторальных образований вообще.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на V-ой Международной научно-практической конференции «Наука и новейшие технологии при поисках и разработке месторождений полезных ископаемых». (Москва, 2006); Международной научно-практической конференции «Нефть, газ Арктики» (Москва, 2006); VII Всероссийском литологическом совещании «Осадочные бассейны, седиментационные и постседиментационные процессы в геологической истории (Новосибирск, 2013); 19-м Международном седиментологическом конгрессе (Geneva. Switzerland, 2014).

Фактический материал и структура работы. Объектом исследования являются карбонатные отложения овинпармского горизонта лохковского яруса нижнего девона Варандей-Адзвинской структурной зоны Тимано-Печорской синеклизы. В процессе работы изучен керн (4 скважины) и данные ГИС, а также детально исследовано более тысячи шлифов, образцы керна анализировались методом растровой электронной микроскопии и

микрондирования, отдельные образцы – методом компьютерной томографии. Для характеристики ФЕС пород овинпармского горизонта проанализировано более тысячи лабораторных определений пористости и проницаемости.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав и заключения. Объем работы составляет 214 страниц, работа иллюстрирована 126 рисунками и 2 таблицами.

Благодарности. Автор выражает глубокую благодарность научному руководителю, профессору кафедры литологии РГУ нефти и газа В.Г. Кузнецову, профессорам кафедры А.В. Постникову, Е.Г. Журавлеву, О.В. Постниковой, сотрудникам Л.С. Сипидиной, О.В. Сивальневой, А.С. Бузилову, И.И. Хасанову, Н.А. Осинцевой, А.Д. Мусихину. Автор благодарен В.В. Пошибаеву, Ю.Г. Пименову, А.А. Абросимову за неоценимую помощь в проведении анализов. Особую признательность выражает сотрудникам ПИН РАН Г.Т. Ушатинской, Е.А. Жегалло, М.М. Астафьевой за ценные консультации, а также руководству ООО «АрктикГерс» Д.Е. Лебзину и В.Г. Топоркову за предоставленный фактический материал.

Литологическая характеристика пород овинпармского горизонта нижнего девона северо-восточной части Варандей-Адзвинской структурной зоны

Современные представления о составе и строении палеозойских толщ осадочного чехла Тимано-Печорской провинции в целом и, в частности, Варандей-Адзвинской структурной зоны изложены в работах А.И. Антошкиной, М.Д. Белонина, В.И. Богацкого, Б.П. Богданова, Е.Б. Груниса, В.А. Дедеева, В.А. Жемчуговой, В.Н. Макаревича, Н.А. Малышева, В.В. Меннера, Н.И. Никонова, Л.В. Пармузиной, О.М. Прищепы, Н.В. Танинской, Н.К. Фортунатовой и др.

Разрез отложений овинпармского горизонта нижнего девона северо-восточной части Варандей-Адзвинской структурной зоны представлен

сероцветной глинисто-карбонатной толщей, сложенной разнообразными по структуре и составу породами от крупнозернистых алевролитов с глинисто-карбонатным цементом до чистых известняков. В строении разреза наблюдается частая смена пород различного состава. В целом, преобладают карбонатные, в различной степени глинистые породы, среди которых выделяются 12 основных структурно-литологических типов и подтипов: известняки микритовые узловатые, узловато-слоистые и узловато-слоистые глинистые; известняки граноморфные со скелетными и нескелетными зернами; известняки комковато-сгустковые слоистые и неслоистые; известняки тонко- и мелкозернистые; известняки глинистые; алевро-глинисто-карбонатные породы; карбонатно-алевро-глинистые породы; аргиллиты темно-серые и зеленовато-серые; алевролиты.

Биогенные остатки в тех или иных количествах встречены в породах всех структурно-литологических типов. Групповой состав биоты относительно постоянен: обломки панцирей трилобитов, скелетов иглокожих, раковин брахиопод, редко – фрагменты коралловых колоний, обрывки веточек мшанок, раковинки гастропод и их обломки, отдельные створки и целые раковинки остракод, обломки пелеципод, весьма редко – остатки цефалопод и тентакулит. В породах всех литотипов широко развиты зеленые водоросли.

Для всех типов пород характерно обилие и даже преобладание мелкозернистых и пелитоморфных структур карбонатного материала.

Практически во всех породах, как визуально, так и на микроуровне, устанавливаются следы активной биотурбации.

В образцах керна и микроскопических исследованиях отмечаются многочисленные следы микроперерывов и осушений. Эти поверхности фиксируются микропромоинами (рис. 1) и трещинами усыхания. Последние представляют собой клиновидные, слабо извилистые, иногда практически прямолинейные затухающие трещины. Они ориентированы перпендикулярно напластованию, толщина их около 3 мм, они полностью

залечены кальцитом (рис.2). При последующем перекрытии экспонированной поверхности этот биотоп колонизировался прежде всего цианобионтами. Последние, во-первых, улавливали и фиксировали

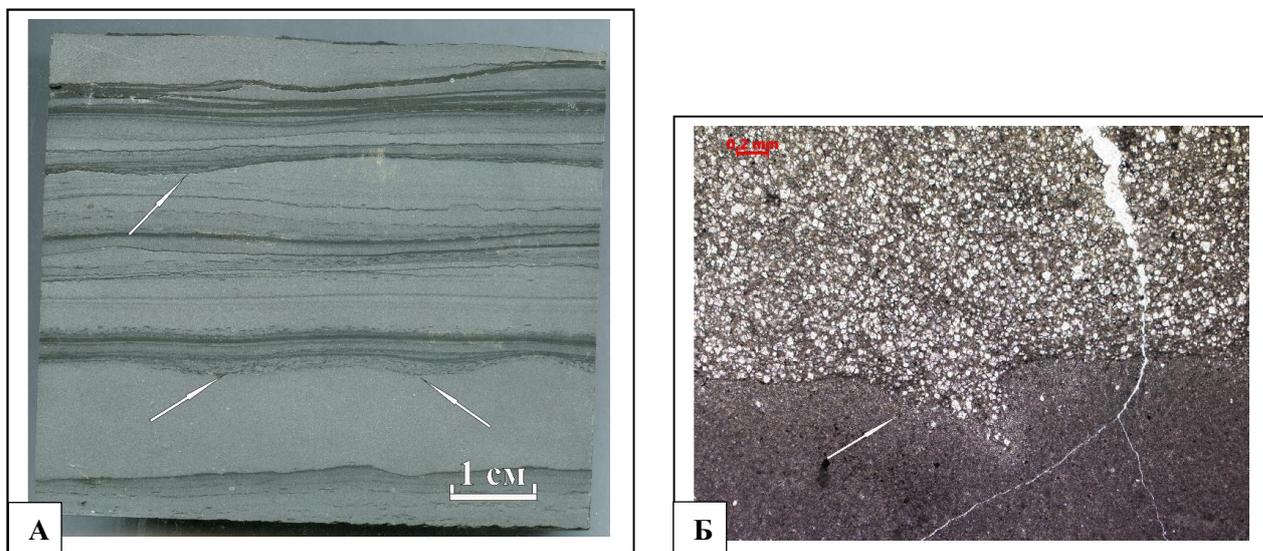


Рис. 1. Следы микропромоин и приливных каналов в микрзернистой массе известняков. Облекание биопленками неровностей рельефа (А); компенсация впадинки микрорельефа веществом битуминозно-глинисто-карбонатного прослоя, содержащим диагенетический доломит (Б).

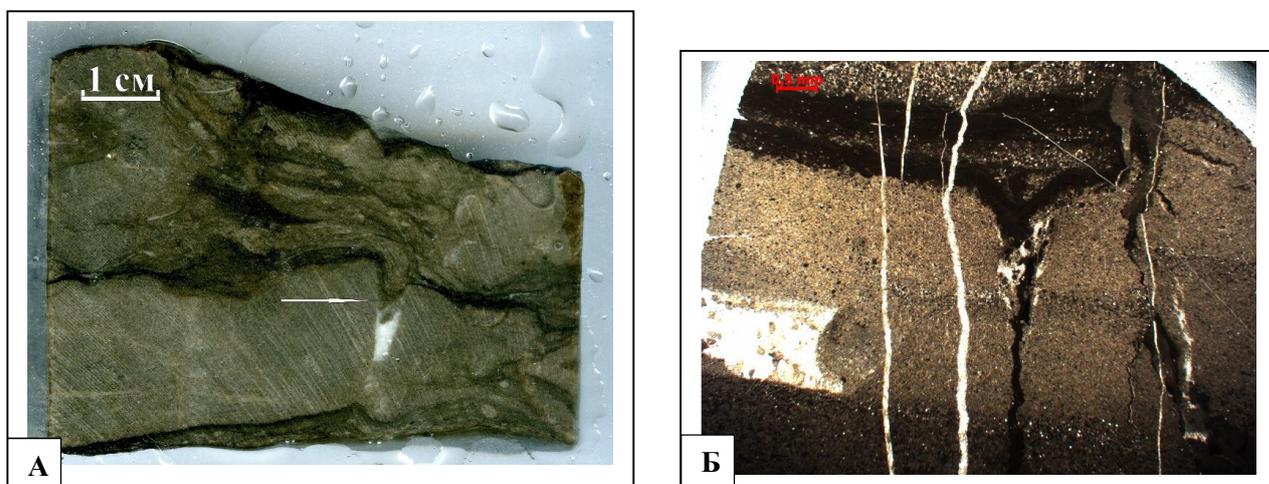


Рис. 2. Трещины усыхания в микрзернистой массе известняка, заметные в образце (А) и шлифе (Б). Материал перекрывающих битуминозно-глинисто-карбонатных прослоев – микробиальных матов – зависает с небольшой деформацией над пространством трещин.

тончайшую глинистую фракцию и, во-вторых, поставляли в осадок органическое вещество, и эти биопленки ныне представлены битуминозно-глинисто-карбонатными прослойками.

В растровой электронной микроскопии исследовались образцы известняков разных типов: граноморфных, узловато-слоистых, комковато-

сгустковых, глинистых, а также алевро-глинисто-карбонатных пород. Анализ сколов различных пород показывает, что в битуминозно-глинисто-карбонатных прослоях значительно чаще, чем в «чистых» известняках, встречаются участки с различными микробиальными формами. Среди последних выделено несколько видов. По-видимому, наиболее распространенными являются кокки цианобионтов, встречающиеся как в виде единичных шариков (рис. 3), так и их достаточно массовых скоплений (рис. 4).

Встречены также нитевидные цианеи (рис. 5), и очень часто – биопленки (рис. 6). Последние обволакивают скопления кокков, нитевидных цианей и кристаллическую массу. При этом такие пленки препятствуют

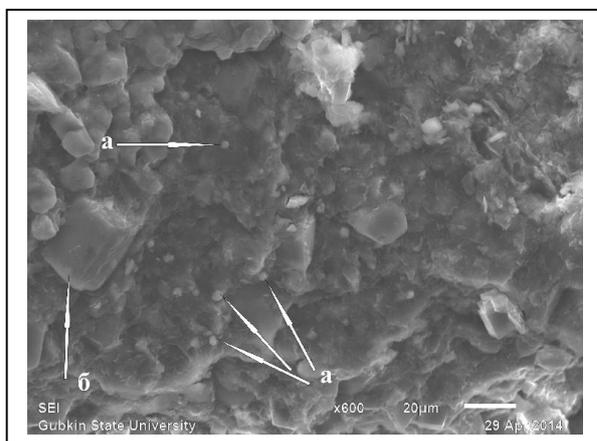


Рис. 3. Обособленные кокки цианей в массе битуминозно-глинисто-карбонатного прослоя (а); отчетливо заметны кристаллики доломита правильных ромбоэдрических очертаний (б).

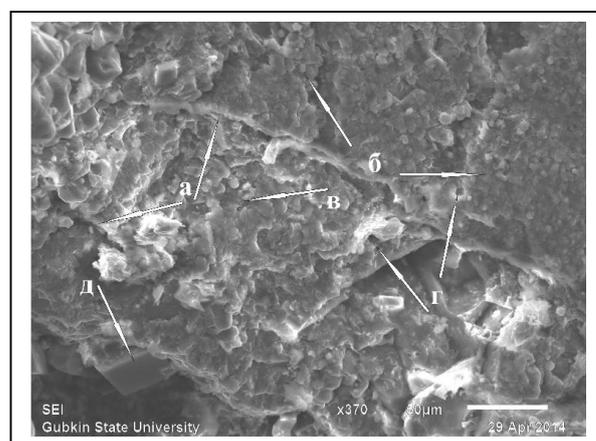


Рис. 4. Остаток относительно крупного трубчатого организма (а) в массе плотно упакованных кокков (б); подобная масса заполняет и внутренность трубки (в); пустотки – отпечатки кокков (г); правильные кристаллы доломита (д).

формированию правильных кристаллографических форм кальцита. Имеются также остатки более сложно построенных трубчатых организмов (рис. 4), природа которых – прокариотная или эукариотная – не очень ясна. Встречаются и определенно эукариотные формы – образования, имеющие ячеистое строение (рис. 7). Наконец, в породах нередко встречаются фрамбоиды пирита, развитые по сферическим бактериальным особям (рис. 8).

В материале темно-серых битуминозно-глинисто-карбонатных прослоев – биопленок – локализуется тонко-микрористаллический доломит с правильными очертаниями кристаллов размером от 0,01 до 0,06 мм. Встречается такой доломит иногда в виде обособленных ромбов, равномерно распределенных в веществе прослоя, чаще – в виде относительно плотной кристаллической массы, форма кристаллов в которой отчетливо заметна (рис. 1Б).

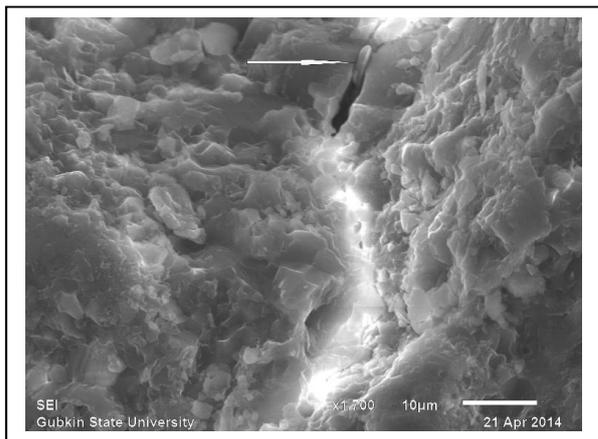


Рис. 5. Обособленная нитевидная цианобактерия в массе светлого карбонатного стяжения.

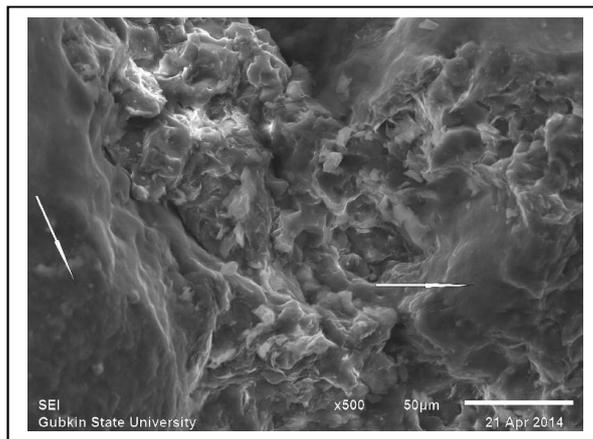


Рис. 6. Обильные биопленки, покрывающие скопления кокков цианей.

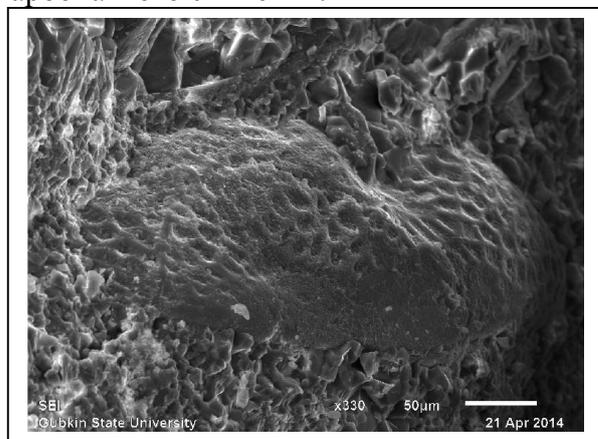


Рис. 7. Хорошо сохранившаяся микрофоссилия организма – эукариота с ячеистым строением в чистой карбонатной массе комковато-сгусткового известняка.

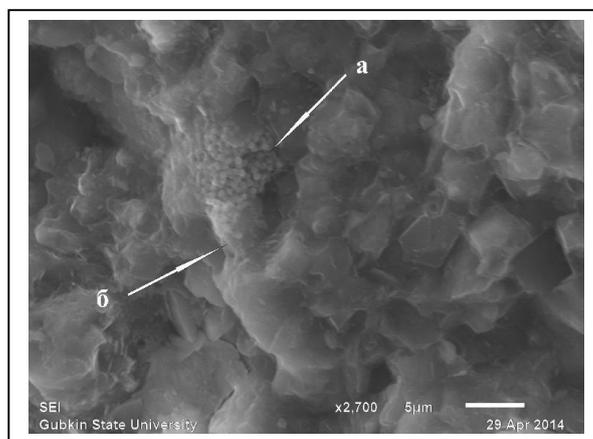


Рис. 8. Шарообразное скопление кристалликов пирита – фрамбоид (а), венчающий трубчатую цианею (б).

Наличие в битуминозно-глинисто-карбонатных прослойках доломита, иногда ангидрита и часто пирита логично объясняется трофической структурой цианобактериального мата [Заварзин, 2003; Герасименко, Ушатинская и др., Бактериальная палеонтология, 2002].

Верхний слой мата населен кислородными фототрофами, генерирующими кислород, и, что важно в данном случае, утилизирующими углекислоту, что ведет к повышению щелочности. Этому способствует также то обстоятельство, что в аноксичных условиях нижележащего слоя углерод образует метан, который и удаляется из иловых вод. Общим следствием повышения щелочности среды является осаждение карбонатов, в том числе, магниевых, образующих доломит. Ниже располагается слой пурпурных серобактерий, деятельность которых обуславливает генерацию гипса. Наконец, в основании биомата обитают сульфат-редуцирующие бактерии, создающие не просто восстановительную, а именно сероводородную обстановку. Наличие фрамбоидальных выделений пирита лишней раз подтверждает именно бактериальную природу их образования, а не просто создания восстановительной среды за счет кислородной деструкции мортмассы. Подобная схема объясняет и спорадическое появление ангидрита, не имеющего ничего общего с повышением солености водоема.

Примеры подобного минерального парагенеза с образованием доломита, сульфатов кальция и пирита описаны как в современных осадках, так и получены в результате экспериментов [Зайцева и др., 2006; Thompson, Ferris, 1990; Vasconcelos, McKenzie, 1997].

В граноморфных известняках, характеризующихся светло-серой и серой окраской и практически не содержащих биопленок, развит доломит иной структуры – мелко-среднекристаллической, кристаллы которого нередко имеют неправильную форму, образуют зоны избирательной или сплошной доломитизации, развитой по пелоидам, органогенным остаткам, спаритовой цементирующей массе.

Значительно реже в породах наблюдаются выделения ангидрита в виде кристаллов и стяжений до 0,7 мм с содержанием до 5%.

Строение разреза овинпармского горизонта.

Анализ материалов геофизических исследований скважин позволяет в очень общей форме установить строение разреза овинпармского горизонта.

По данным гамма-каротажа отчетливо устанавливаются две ассоциации: одна с низкими значениями естественной радиоактивности и вторая – с относительно повышенными значениями, отражающими несколько большее содержание глинистого материала. Подобные ассоциации-пачки закономерно чередуются в разрезе, образуя четыре циклита (рис. 9а) с относительно более глинистыми элементами в основании (рис. 9б) и более чистыми карбонатными в верхних частях циклитов (рис. 9в).

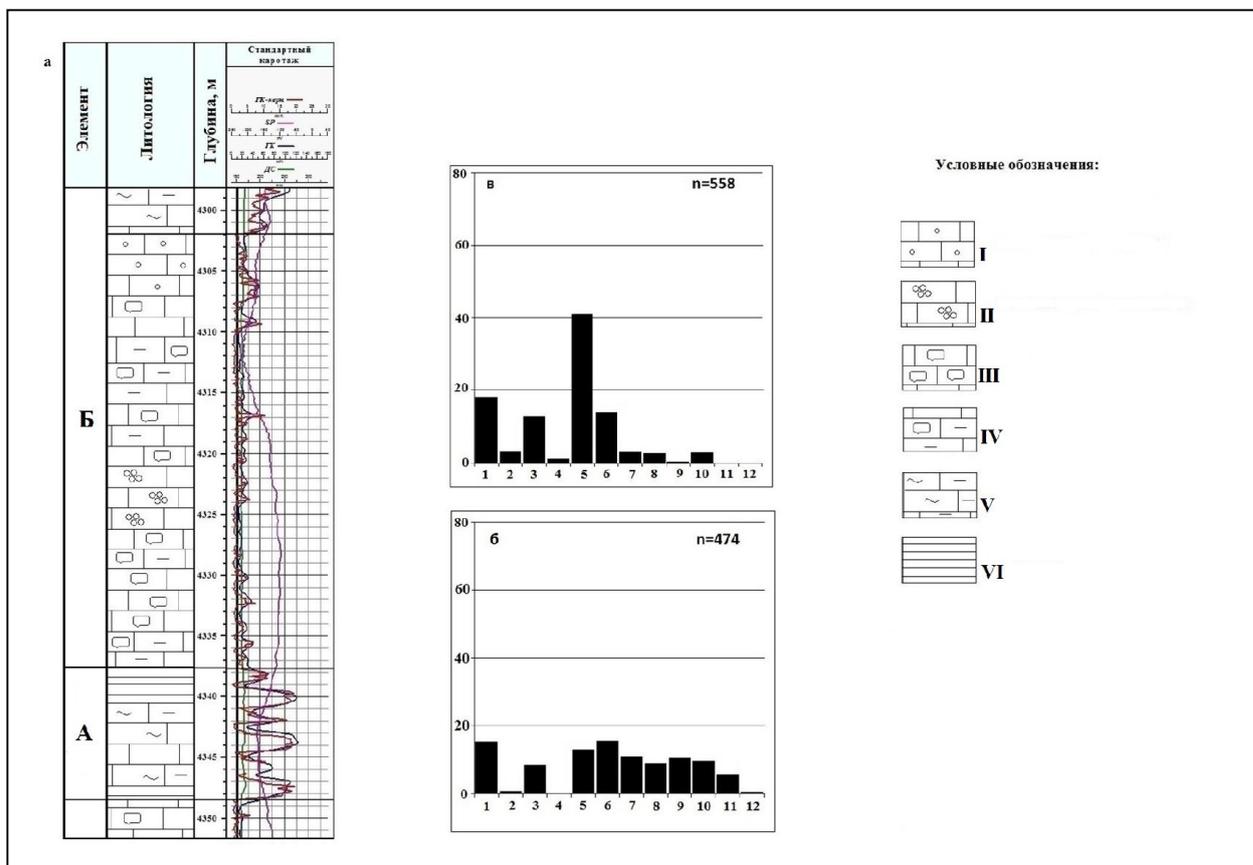


Рис. 9. Типовое строение разреза циклита овинпармского горизонта (а) и характер распределения типов пород в нижнем (б) и верхнем (в) элементах. Элемент: А – нижний; Б – верхний.

Условные обозначения: 1 – известняки граноморфные; II – известняки комковато-сгустковые; III – известняки узловато-слоистые; IV – известняки узловато-слоистые глинистые; V – карбонатные породы, содержащие алевритово-глинистую примесь; VI – аргиллиты.

Породы в гистограммах: 1 – известняки граноморфные; 2 – известняки комковато-сгустковые; 3 – известняки комковато-сгустковые слоистые; 4 – известняки тонкозернистые; 5 – известняки узловато-слоистые; 6 – известняки узловато-слоистые глинистые; 7 – известняки глинистые; 8 – алевро-глинисто-карбонатные породы; 9 – карбонатно-алевро-глинистые породы; 10 – аргиллиты серые; 11 – аргиллиты зеленовато-серые; 12 – алевролиты.

Нижние элементы характеризуются относительно равномерным количественным распределением отдельных типов пород, где ни одна из разновидностей не превышает 20% от общей совокупности. В целом соотношение относительно чистых карбонатных пород и глинистых известняков и аргиллитов в нижних элементах циклитов составляет 37% и 63%.

Принципиально различно это соотношение в разрезах верхних элементов. Оно составляет уже 76 и 24 %. При этом очень резко (до 40%) возрастает доля чистых узловато-слоистых известняков при столь же резком (до 14%) снижении доли разновидностей пород, содержащих алевроглинистую и глинистую примесь.

Условия образования карбонатных отложений овинпармского горизонта нижнего девона

В раннем девоне район Варандей-Адзвинской структурной зоны располагался в пределах достаточно обширного шельфа Уральского палеоокеана и, судя по реконструкциям Л.П. Зоненшайна и др. [1990], практически в приэкваториальной зоне. Наличие, хотя и относительно редкой, в том числе, стеногалинной фауны, ее разнообразие указывают, что овинпармский водоем лохковского периода имел среднеокеаническую соленость и, в отличие от предыдущего и последующего этапов, не имел сколько-нибудь значительной изоляции от самого океана.

В результате раннегребенской трансгрессии позднего силура прекратилось образование окраинно-шельфовых рифовых систем, частично изолировавших приконтинентальные части бассейна, и в овинпармское время существовал открытый шельф [Антошкина и др., 2012]. Возобновилось рифообразование только в позднем лохкове, что привело к некоторой изоляции этого шельфа, где и начала формироваться вышележащая ангидрито-доломитовая толща сотчемкыртинского горизонта.

При реконструкции обстановок в данном конкретном районе важное значение имеет абсолютное преобладание микрозернистых структур

карбонатных пород при различных текстурах. Это обстоятельство свидетельствует о крайней тиховодности бассейна, практическом отсутствии течений и волнений, низкой гидродинамической активности, когда только и возможно осаждение и фиксация на дне мельчайших частиц карбонатного материала. Можно добавить, что илистый характер грунта обусловил обитание здесь илоедов – трилобитов, остатки панцирей которых достаточно часты, а иногда и массовы.

Наличие многочисленных перерывов и цианобактериальных пленок свидетельствует о том, что подобные тиховодные обстановки существовали в крайне мелководных условиях литорали и сублиторали, а сами отложения представляют собой тайдалиты. Косвенным показателем крайней мелководности является интенсивная биотурбация отложений, т.к. именно в литоральных и сублиторальных обстановках наиболее широко развита инфауна. Для подобных обстановок характерны также узловато-слоистые, и комковатые текстуры [Skompski, Szulczewski, 1994].

Следы перерывов и мелководья фиксируются в пределах всего разреза овинпармского горизонта, и явной их приуроченности к нижним или верхним элементам циклитов не установлено, что, по-видимому, свидетельствует об осушениях, осуществлявшихся в течение всего времени формирования толщи.

Надо отметить, что широкое распространение крайне мелководных литоральных отложений – тайдалитов – вообще специфика палеозойских эпиконтинентальных отложений [Ginsburg, 1984; Кузнецов, 1997].

Специфические условия образования, а именно, – крайняя мелководность – литоральные и сублиторальные обстановки, распределение типов пород в разрезах показывают, что традиционное объяснение изменения наборов пород за счет прогибания и подъема, трансгрессий и регрессий, а в самой общей форме – изменения глубины осадконакопления, или изменения расстояния от поверхности воды до дна [Walter, 1891] не применимо – глубины постоянно были крайне незначительны. Поскольку основное

различие состава нижних и верхних элементов циклитов заключается не в кардинальном изменении типов пород – повторим, что основной фон в обоих случаях составляют узловато-слоистые известняки, – а в степени глинистости, то периодическая интенсификация привноса глинистого, равно как, но в меньшей степени, и алевритового, материала и определяет описанную выше цикличность.

В более распространенных мелководно-морских условиях овинпармского Тимано-Печорского шельфа этот общерегиональный фактор накладывается на изменение глубин водоема и, соответственно, смену типов пород, в данном же случае, при относительно постоянной мелководности, циклическое строение определяется только привносом глинистого материала.

Вне отмели, в частности, в Хорейверской впадине в отложениях горизонта широко представлены биокластовые и биогермные известняки [Сивальнева, Рапопорт, 2013].

Таким образом, район Варандей-Адзьвинской структурной зоны в овинпармское время лохковского века раннего девона представлял собой крайне мелководную отмель открытого шельфа Уральского палеоокеана, где сформировались литоральные и сублиторальные карбонатные осадки (рис. 10).

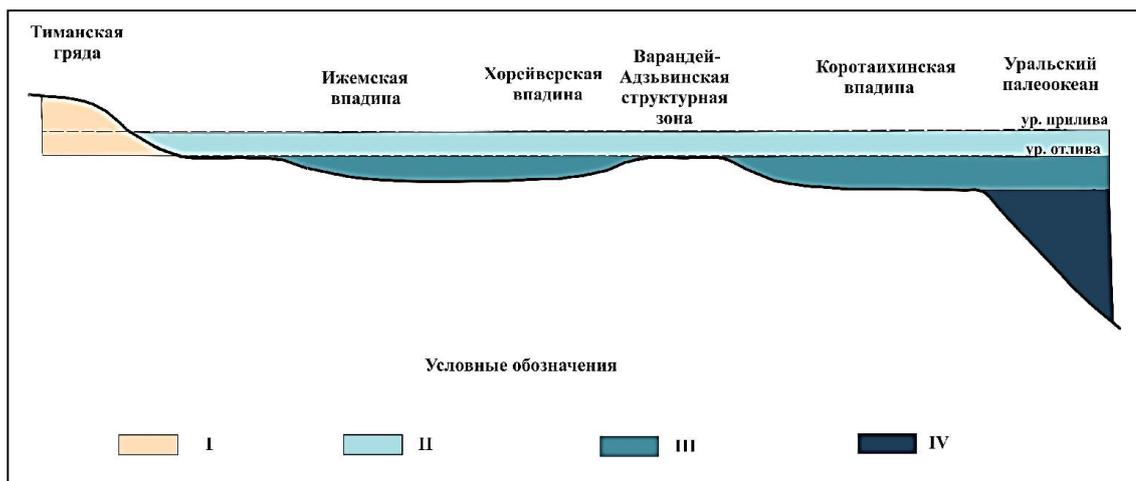


Рис. 10. Принципиальная схема морфологии дна бассейна овинпармского времени. Условные обозначения: I – суша; II – обстановки литорали и сублиторали; III – обстановки мелководного морского бассейна; IV – обстановки глубоководного морского бассейна.

Фациальные реконструкции позволили установить конседиментационный характер как самой Варандей-Адзвинской зоны, так и некоторых локальных структур в ее пределах.

5. Типы пустотного пространства и коллекторские свойства карбонатных пород овинпармского горизонта

Для исследования фильтрационно-емкостных свойств горизонта было проведено макроскопическое и, главным образом, микроскопическое изучение керн скважин, а также выполнен целенаправленный анализ лабораторных определений петрофизических параметров – пористости и проницаемости.

Условия, благоприятные для накопления микрозернистого материала, по-видимому, исключают возможность формирования в осадке первичного конседиментационного пустотного пространства с достаточно крупными размерами пустот, что подтверждается и микроскопическими исследованиями: в подавляющем большинстве известняков первичных пустот практически не обнаружено или, точнее они редки: случаи первичного пустотного пространства отмечены только в граноморфных известняках. Это внутренние не полностью залеченные полости раковин, полости под «зонтичным» перекрытием выпуклых скелетных фрагментов, фенестровые пустоты, пустоты за счет растворения стенок раковин, особенно, гастропод.

В областях нахождения вторичного доломита, и, особенно, в зонах сплошной доломитизации встречаются угловатые межкристаллические пустоты размером 0,02 – 0,03 мм и каверны в плотной матрице размером до 0,06 мм.

В породах всех типов встречаются каверны, причем в подавляющем большинстве случаев связанные со светлыми, «чистыми» компонентами известняков.

Свой специфический вклад в тип пустотного пространства и, соответственно, в значения ФЕС пород лохковского яруса вносят

стилолитовые швы, пользующиеся весьма широким распространением.

Для пород всех литологических типов характерна трещиноватость. Трещины имеют разную толщину, протяженность, разную ориентировку и морфологию стенок и, что очень важно, разное происхождение (рис. 11 А).

Особый интерес представляют специфические щелевидные пустоты в темных, более глинистых, прослоях известняков, морфологически повторяющие внутреннюю слоистость прослоев. В образце их видимая ширина достигает 2 -3 мм (рис. 11 Б). Чаще всего они раскрыты, зияющие, местами расширены процессами растворения, в таких случаях их раскрытость может достигать 5 – 6 мм.

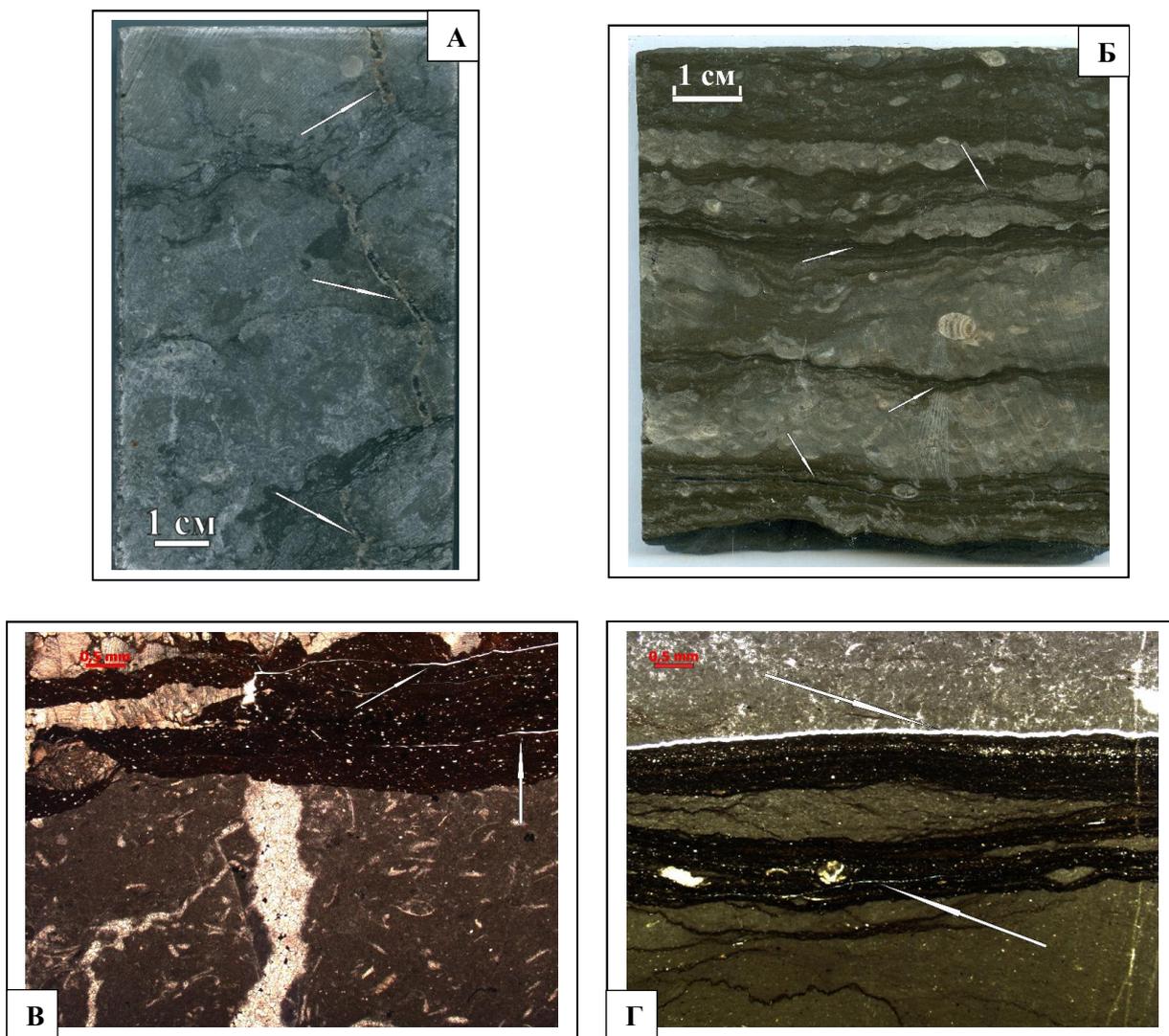


Рис. 11. Литогенетические трещины в микрозернистой массе известняков: А – расположенные между битуминозно-глинисто-карбонатными прослоями, Б – Г – субпараллельные слоистости внутри биопленок.

В шлифах трещинки, связанные с массой битуминозно-глинисто-карбонатных прослоев, очень тонкие, заостренные по краям и затухающие, извилистые согласно извилистости тонких внутренних слоев внутри прослоев, раскрытые (рис. 11 В, Г). При больших увеличениях заметна слабая минерализация стенок. Толщина их редко достигает 0,05, в основном, – от 0,01 до 0,03 мм. Наиболее протяженные из них непостоянны по ширине, иногда прерываются, в редких случаях прослеживаются по площади всего шлифа. Относительно короткие (до 0,3 мм) располагаются кулисообразно. Нередко они не единичны, образуют субпараллельные системы. Иногда трещинки соединяются между собой соизмеримыми по ширине, но более извилистыми трещинками, пересекающими слоистость почти под прямым углом. Местами и те и другие немного расширены процессами выщелачивания.

Происхождение перечисленных трещин литогенетическое.

Значения фильтрационно-емкостных показателей пород, как и ожидалось при преобладании пород микрозернистых по структуре, низки. В абсолютном большинстве случаев значения открытой пористости не превышают 2,5%, при модальном интервале 0,5 – 1,0%, значения 4 – 5% единичны.

Разброс основного количества значений горизонтальной проницаемости находится в пределах от 0,01 до 100 (10^{-12} мкм²). Модальный интервал 0,1 – 1 (10^{-12} мкм²) – 32%, практически столько же – 29 % приходится на значения от 1 до 10 (10^{-12} мкм²) – 29%, и 11% образцов с проницаемостью от 10 до 100 (10^{-12} мкм²). Встречаются образцы пород с проницаемостью от 100 до 1000 (10^{-12} мкм²) (рис. 12).

Существенно отлично распределение значений вертикальной проницаемости: подавляющее число значений не превышает $1 \cdot 10^{-12}$ мкм², модальный интервал 0,01 – 0,1 (10^{-12} мкм²), значительное количество (29%) – менее $0,01 \cdot 10^{-12}$ мкм², значений от 1 до 10 (10^{-12} мкм²) – всего 6%, и только

0,3% – от 10 до 100 (10^{-12} мкм²). Таким образом, в целом, вертикальная проницаемость ухудшается, по крайней мере, на порядок.

Своеобразно распределение коллекторских свойств по разрезу.

В нижних, более глинистых элементах циклитов 52,4% определений приходится на значения пористости менее 1%, 84% образцов имеют значения менее 2% и, соответственно, 16% – более 2%. В верхних элементах, сложенных более чистыми, не глинистыми карбонатными породами, крайне низкопористых пород с пористостью менее 1%, примерно столько же (54,5%), но возрастает число пород с пористостью менее 2% (90,82%). Поэтому до 9% (против 16%) сокращается доля пород с пористостью более 2%. В итоге средние значения пористости (повторим, при очень низких абсолютных значениях) в нижних, более глинистых, элементах несколько выше, чем в верхних, сложенных чистыми карбонатными породами.

Более интересно распределение проницаемости. Модальный интервал распределения проницаемости параллельно слоистости пород нижней части разреза составляет 1 – 10 (10^{-12} мкм²), 44,8% образцов имеют проницаемость менее $1 \cdot 10^{-12}$ мкм², а 19,8% – более $10 \cdot 10^{-12}$ мкм². Для верхнего элемента модальный интервал снижается до 0,1 – 1,0 (10^{-12} мкм²), при этом, уже в 56,5% случаев проницаемость ниже $1 \cdot 10^{-12}$ мкм², а более $10 \cdot 10^{-12}$ мкм² – 12,7%. В обоих случаях значений менее $0,01 \cdot 10^{-12}$ мкм² не установлено.

Очень показательны значения вертикальной проницаемости, которые, во-первых, практически одинаковы для обоих элементов и, во-вторых, существенно ниже. Здесь весьма велика доля пород с проницаемостью менее $0,01 \cdot 10^{-12}$ мкм² ($24,1 \cdot 10^{-12}$ мкм² и $30,6 \cdot 10^{-12}$ мкм² соответственно для нижних и верхних элементов), практически одинаково содержание пород с проницаемостью менее $1 \cdot 10^{-12}$ мкм² (93,3 и 93,1%), и, напротив, крайне мало пород с проницаемостью более $10 \cdot 10^{-12}$ мкм² (1,06 и 0,3%) (рис.12).

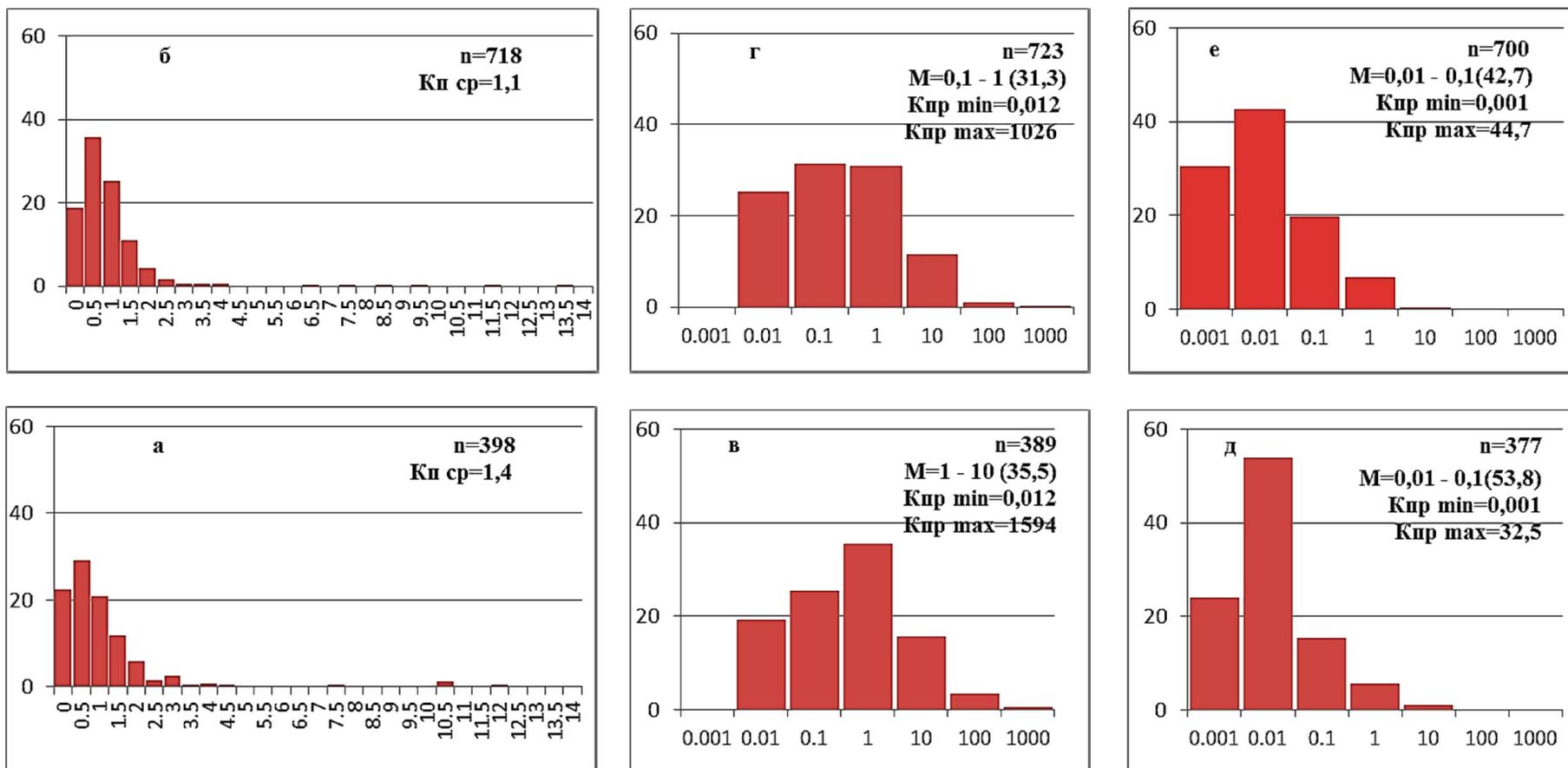


Рисунок 12. Гистограммы распределения пористости нижних (а) и верхних (б) элементов (%), горизонтальной проницаемости нижних (в) и верхних (г), и вертикальной проницаемости нижних (д) и верхних (е) элементов циклитов (10^{-12} мкм²)

n – количество проанализированных образцов; $K_{п\ ср}$ – средний коэффициент пористости, %; $K_{пр\ min}$, max – минимальные и максимальные значения проницаемости (10^{-12} мкм²); M – модальный интервал (в скобках – процент значений в этом интервале).

Складывается на первый взгляд парадоксальная ситуация – более глинистые элементы разреза обладают относительно более высокими значениями коллекторских параметров.

В нижних интервалах более часты микроперерывы, покрывающие их биопленки, в том числе, глинисто-карбонатные. В этих пленках и на границах перерывов формируются горизонтальные литогенетические трещины, микростилолиты и связанные с ними трещины, что в целом повышает объем пустотного пространства и, главное, более значительно – проницаемость. Сами значения более 100, а тем более $1000 \cdot 10^{-12}$ мкм², хотя единичные, возможны в микрозернистых разностях только при наличии трещин, которые и обнаруживаются как при макроскопических, так и при микроскопических исследованиях.

Опыт использования компьютерной томографии позволил дать более детальную характеристику специфического для тайдалитов пустотного пространства.

На томографических изображениях темных, битуминозно-глинисто-карбонатных прослоев известняков – собственно микробиальных матов резко выделяются зоны концентрации пустот, ориентированные согласно внутренней, в данном случае, субгоризонтальной слоистости мата и, более того, морфологически совпадающие с неровностями слоев (рис. 13).

Метод компьютерной томографии позволяет определить размеры, форму и ориентировку пустот. В результате исследований было установлено, что мелкие поры изометричны, относительно просты по форме (фактор формы близок к единице), в то время как наиболее крупные для исследуемой зоны характеризуются сложностью формы и выраженной практически горизонтальной направленностью – угол по отношению к горизонтали – 176° .

Связь расположения пустот с очертаниями слоев - результат неплотного нарастания биопленок, что обуславливает облекание пустотками небольших возвышенностей и впадинок микробиальных «холмиков».

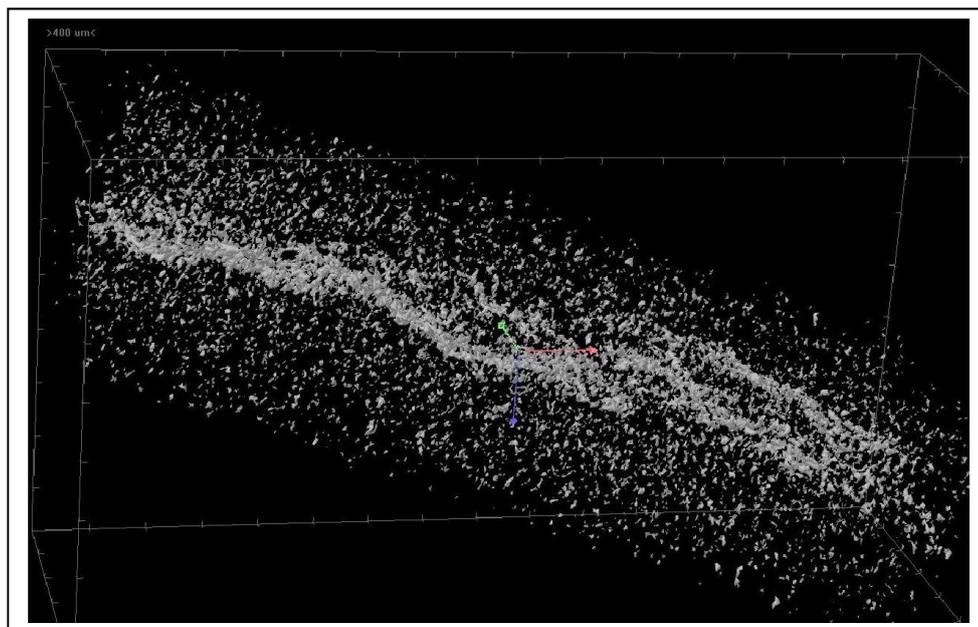


Рис. 13. Внутренний объем пор исследуемой зоны в системе 3D.

Эти данные еще раз подтвердили весьма важную, если не первостепенную, роль микробиальных сообществ в формировании ФЕС крайне мелководных отложений литоральных и сублиторальных фаций. С одной стороны, непосредственно образование пустот в теле микробиального мата, с другой – формирование литогенетических трещин, связанных с биопленками – результатом жизнедеятельности цианей.

Заключение

В процессе выполнения представленной диссертационной работы изучался первичный керновый материал, на основе разностороннего анализа которого дано подробное литологическое описание пород, слагающих отложения овинпармского горизонта нижнего девона северной части Варандей-Адзвинской структурной зоны.

Одной из характерных и специфических особенностей изученных отложений является наличие впервые выявленных и детально охарактеризованных для данного района многочисленных трещин усыхания и микробиальных пленок глинистого, глинисто-карбонатного и карбонатного составов.

На основе комплексного анализа полученных данных показано, что этот район представлял собой обширную отмель шельфа Палеоуральского

океана, где формировались крайне мелководные литоральные и сублиторальные отложения – тайдалиты. Достаточно широкое развитие подобных фаций – вообще специфика палеозойских водоемов.

Установлена и описана цикличность строения разрезов овинпармского горизонта; сами циклиты имеют двучленное строение с более глинистыми породами в основании и более чистыми карбонатными – в кровле. Подобное строение типично для этого горизонта и в других районах Тимано-Печорской плиты, однако здесь оно обусловлено не колебаниями уровня моря и изменениями глубины бассейна, а изменением поставки глинистого материала.

Фациальный облик отложений и некоторые черты деталей строения и состава циклитов показывают, что северная часть Варандей-Адзвинской зоны уже в раннем девоне представляла собой положительную тектоническую структуру, которая имела морфологическую выраженность. В это же время хотя частично формировались и локальные структуры, которые, таким образом, являются конседиментационными.

Пустотное пространство пород овинпармского горизонта представлено разнообразными по размерам и формам порами, кавернами и трещинами также разного размера и происхождения. Вместе с тем, микро- и пелитоморфная структура карбонатных пород предопределила невысокие значения первичных фильтрационно-емкостных свойств.

Важной спецификой пустотного пространства является развитие специфических, приуроченных к микробиальным пленкам литогенетических, субпараллельных наслоению трещин. Последние определяют аномально высокие для данных отложений значения горизонтальной проницаемости. Установлено преобладание таких трещин в нижних, более глинистых, интервалах циклитов овинпармского горизонта. Наличие подобных видов пустотного пространства, видимо, является особенностью микробиальных образований, что подтверждается анализом увеличившихся в последние годы

исследований и публикаций сведениям по аналогичным образованиям в мировой литературе.

Тесная связь фациальной обстановки осадконакопления и тектонической структуры позволяет с большой степенью вероятности полагать, что подобный тип отложений и подобный вид пустотного пространства и его ФЕС будут распространены по всей территории Варандей-Адзвинской структурной зоны.

Основные работы по теме диссертации

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК

Журавлева Л.М. Доломит и ангидрит в карбонатных отложениях овинпармского горизонта лохковского яруса в Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // Известия ВУЗов. Геология и разведка. 2013. №5. С. 26 – 29.

Журавлева Л.М. Фильтрационно-емкостные свойства карбонатных пород овинпармского горизонта Варандей-Адзвинской структурной зоны (Тимано-Печорская провинция) // Нефть, газ и бизнес. 2014. №2. С. 50 – 56.

Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Фации отмели среди отложений овинпармского горизонта лохковского яруса. Нижний девон, Тимано-Печорская синеклиза // Литосфера. 2014. №4. С. 22 – 35.

Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Специфика пустотного пространства литоральных и сублиторальных карбонатных отложений // Геология нефти и газа. 2014. №5. С. 19 – 27.

Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Типы пустотного пространства, связанного со стилолитами // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2014. №8. С. 30 – 34.

Публикации в других изданиях и апробация

Журавлева Л.М. Два типа доломита овинпармского горизонта нижнего девона Варандей_Адзвинской структурной зоны // Материалы VII Всероссийского совещания «Осадочные бассейны, седиментационные и

постседиментационные процессы в геологической истории». Новосибирск. 2013. Т. I. С. 318 – 320.

Журавлева Л.М. Предкыновские природные резервуары нижнепалеозойского карбонатного комплекса Хорейверской впадины (Тимано-Печорская провинция) // Тезисы докладов V-ой международной научно-практической конференции «Наука и новейшие технологии при поисках и разработке месторождений полезных ископаемых». РГГРУ им. С. Орджоникидзе. М. 2006. С. 254.

Журавлев Е.Г., Журавлева Л.М. Перспективы нефтегазоносности нижнепалеозойского карбонатного комплекса пород Печорского моря // Тезисы докладов Международной научно-практической конференции «Нефть, газ Арктики». М. 2006. С. 125 – 126.

Kuznetsov, V., Zhuravleva, L. Reservoirs rocks and reservoir properties of carbonate tidal flat facies: Examples from the Vendian-Cambrian (East Siberia Plate) and Devonian (Timan-Pechora Basin). 19th International Sedimentology Congress 2014. Geneva. Switzerland. Abstract. 2014. P. 369.