

УДК 551.3.051

ЭКЗОТИЧЕСКИЕ ОТЛОЖЕНИЯ В ДЕВОНСКОЙ ТОЛЩЕ СРЕДНЕГО ТИМАНА

И.Х. ШУМИЛОВ

*Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, Сыктывкар
shumilov@geo.komisc.ru*

Описаны необычные для девонской толщи Среднего Тимана осадочные тела: апопелловый иллитовый слой, кальцитовые тела с текстурой «конус-в-конусе» в тесной ассоциации со слоем туфа основного состава, оригинальный конгломерат с доломитовым цементом, в котором роль гальки играют перемытые кальцитовые конкреции. Результаты исследований помогают детализировать историю развития терригенных отложений девона.

Ключевые слова: терригенные отложения, девон, Средний Тиман

I.KH. SHUMILOV. EXOTIC SEDIMENTS IN THE DEVONIAN THICKNESS OF THE MIDDLE TIMAN

Sedimentary bodies unusual for the Devonian thickness of the Middle Timan are described: a pepal illite layer, calcite bodies with "cone-in-cone" texture in close association with the basic tuff layer, the original conglomerate with dolomitic cement where the washed-up calcite concretions perform the role of pebbles. In deposits of the Tsilma suite the clay layer as an important regional marker was found. Clay is represented by illite which has developed in a pepal montmorillonite. The existence of the layer indicates the continuing volcanic activity in the Tsilma time. In the section described above, a double layer of tuff (upper) and calcite with a "cone-in-cone" (lower) structure was found. Distinctive features of calcite lenses are: holocrystalline architecture, instead of fibrous, sharp increase in the content of light isotope of carbon ($\delta^{13}\text{C}$ PDB to -22.5%). The unusual lens of the washed-up calcite concretions was found. The carbonate of cement is of dolomitic composition. The conclusion about short-term approaches of the salty sea at the end of the Ust'chirka time is made. The research results help to detail the history of development of the Devonian terrigenous deposits.

Keywords: terrigenous deposits, the Devonian, the Middle Timan

Введение

Отложения осадочного чехла, развитые на Цилемской площади Среднего Тимана (рис. 1), представлены пестроцветной терригенной толщей среднего и верхнего девона и в настоящее время расчленяются на пижемскую серию, яранский (яранская свита), джьерский (лиственничная и валсовская свиты), тиманский (цилемская и устьчиркинская свиты), саргаевский (устьярегская свита) и семилукский (крайпольская свита) горизонты [1, 2].

Породы залегают субгоризонтально с постепенным погружением на северо-восток. Залегание осложнено сериями небольших разломов со смещением слоев до 10 м, а также малоамплитудной брахискладчатостью, что является отражением подвижек небольших блоков клавишной структуры фундамента [3]. Обнажения встречаются только по берегам рек, часто представлены скальными отвесными обрывами высотой до 40 м.

Пижемская серия и яранская свита представлены схожими толщами белых кварцевых песчаников с линзами кварцевых гравелитов и конгломератов. Остальные свиты имеют в той или иной

степени ритмичное строение, сложены преимущественно зеленоцветными (в том числе серыми, серо-голубыми) песчаниками, алевролитами, глинами, в верхних частях разрезов – с участием красноцветных разностей. В целом, спектр пород достаточно узок и однообразен. На этом фоне довольно ярко смотрятся обнаруженные нами осадочные тела, встречающиеся единожды на соответствующих стратиграфических уровнях, обладающие уникальными (для рассматриваемой территории) литолого-минералогическими характеристиками. Интерпретация результатов их изучения способствует более детальному и глубокому пониманию истории изменений условий осадконакопления на заданном участке земной коры.

Слой глины

При исследовании отложений цилемской свиты в обрывах по берегам р. Цильмы в области их наибольшей обнаженности – на участке ниже впадения р. Мутной и выше устья р. Чирки – нами обнаружен сплошной пласт глины мощностью до 30 см в обн. Р-3 и Р-5 (рис. 2), а в обн. 23 и 24 отмечен этот же слой, но уже в виде пунктира маломощ-

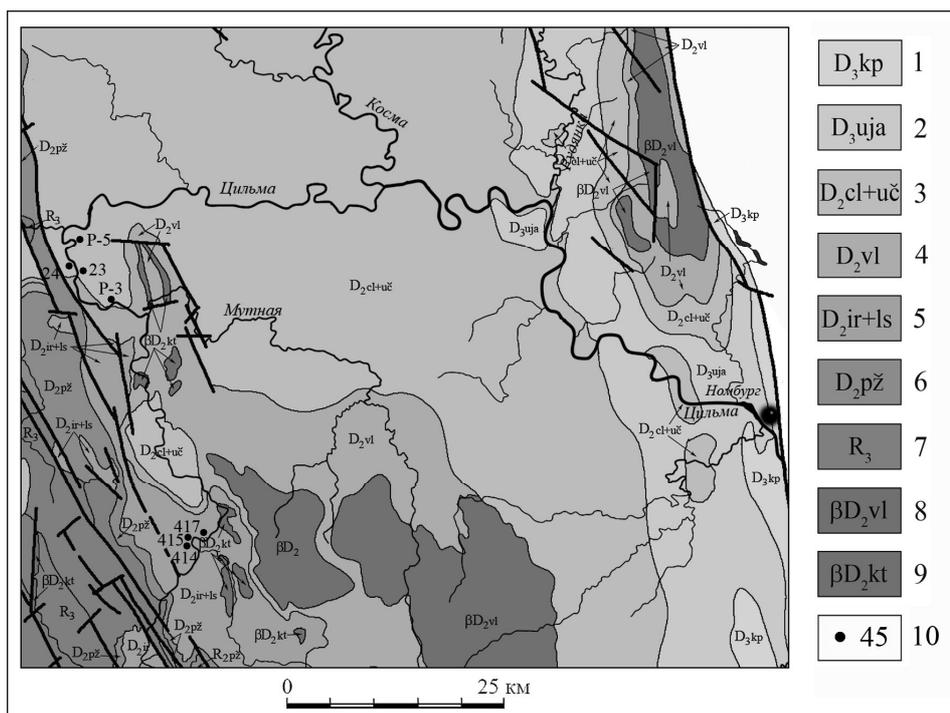


Рис. 1. Фрагмент геологической карты ТПНИЦ, г. Ухта (2000 г.). Свиты 1–6: 1 – крайпольская, 2 – устьяррегская, 3 – цильемская и устьчиркинская, 4 – валсовская, 5 – лиственничная и яранская, 6 – пижемская серия; 7 – верхний рифей (фундамент); 8 – валсовские базальтовые покровы и туфы; 9 – Канино-Тиманский долеритовый гипабиссальный комплекс; 10 – обнажения, упоминаемые в тексте. Fig. 1. Fragment of a geological map TISRC, Ukhta (2000). Suites 1–6: 1 – Kraypol'e, 2 – Ust'yarega, 3 – Tsilma and Ust'chirka, 4 – Valsa, 5 – Listvennichnaya and Yara; 6 – Pizhma Series; 7 – Upper Riphean (basement); 8 – Valsa basalt sheets and tuffs; 9 – Kanin-Timan hypabyssal dolerite complex; 10 – outcrops mentioned in the text.

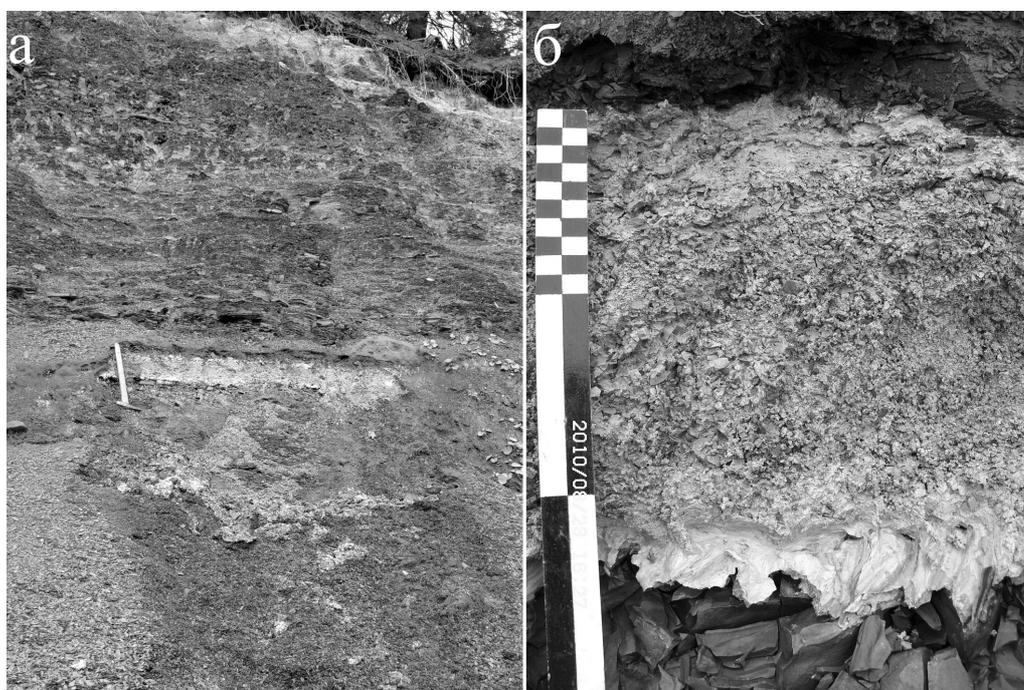


Рис. 2. Слой глины в обн. P-5: а – расчистка в обрыве, б – слой крупным планом. Здесь и далее деления на линейке 1 и 10 см. Fig. 2. Clay bed in the outcrop P-5: а – clearing up in declivity, б – close-up layer. Scale divisions of 1 and 10 cm.

ных линз. Залегают слои между двумя пачками серовато-голубых глинистых алевролитов, при этом в перекрывающих интенсивно окисленных осадках отмечается обилие раковин конхострак.

Глина в основном имеет нежно-зеленую окраску, лишь в кровле и подошве на контакте с вмещающими породами окрашена в розовый и оранжевый цвета оксидами железа, жирная, в коренном залегании размокшая и пластичная.

Фазовый состав иловой фракции (<5 мкм) проб был определен при помощи рентгенодифрактометрического анализа ориентированных образцов (ЦКП «Геонаука», Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, дифрактометр Shimadzu XRD-6000, излучение – CuK α , 30 kV, 20 mA; аналитик – Ю.С. Симанова). Изучались дифрактограммы: а) воздушно-сухого образца; б) обработанного этиленгликолем; в) обработанного 1N HCl на водяной бане; г) прокаленного при t=500°C. Исследования образцов показали, что порода представлена иллитом (гидро-слюдами) с межплоскостным расстоянием ~10.65–10.75 Å в воздушно-сухом состоянии и ~10.2 Å – в насыщенном этиленгликолем. Размер кристаллитов – 4–6 элементарных ячеек.

Некоторые образцы из середины наиболее мощной части слоя сложены преимущественно смешанослойным иллит/сметитом с межплоскостным расстоянием 11.47 Å в воздушно-сухом состоянии и 12.99 и 9.6 Å – в насыщенном этиленгликолем. Фактор ближнего порядка R=3. Кроме того, отмечается присутствие иллита и каолинита. Количественное соотношение минералов составляет, %: иллит/сметит – 82.2, иллит – 15.5, каолинит – 2.3.

Следует заметить, что данный слой был описан В.П. Пономаревым и Е.В. Колониченко в пояснительной записке «Геологическое строение листа Q-39-XXI» (1983), особо отмечен А.Е. Цаплиным и В.С. Сорокиным [4] в качестве реперного (в подошве верхней трети цилемской свиты) и имеющего региональное распространение. Судя по всему, исследования глины указанными авторами не проводились, так как назван он ими *монтмориллонитовым*.

Подобные отложения вполне обычны для осадочных толщ практически всех возрастов, где они, как правило, служат маркирующими горизонтами на довольно обширных территориях. Образуются в щелочной среде при гельмиролизе основного (базальтового) пепла на дне пресноводного или солонатоводного бассейна. Трансформация вещества идет до возникновения монтмориллонита (бентонита, разбухающих смектитовых глин) [5].

В рассматриваемом здесь случае наблюдается глинистый материал, представленный в основном гидрослюдами с реликтами (?) смектита. Данное явление становится возможным, если новообразованный монтмориллонитовый слой маломощный, среда смещается в нейтральную зону с повышенным содержанием в растворе K, Mg и Al и пониженным содержанием Si [6]. Происходит адсорбция глиной катионов, в результате чего образуются либо хлоритоподобные фазы, либо гидрослюды [7, 8]. При этом часто отмечается аридизация климата в зоне седиментогенеза [5, 9]. Кроме

того, наличие апопеллового слоя указывает на то, что вулканическая деятельность, максимум которой приходился на валсовское время, продолжалась при отложении пород цилемской свиты.

Карбонатный слой с текстурой «конус-в-конус»

В том же разрезе алевролитовой толщи цилемской свиты выше апопеллового слоя на 4–5 м в обнажениях P-3 и P-5 обнаружен прерывистый пласт из линзовидных протяженных (по 5–7 м) тел, сложенных спаренными разнородными слоями (рис. 3 а, б).

Верхний, более протяженный (в линзах), слой представлен голубовато-зеленым прочным вулканическим туфом с более светлыми желтоватыми пятнами (рис. 3 в). Сложена порода остроугольными обломками основного вулканического стекла сложных очертаний («рогульками»), часто пузырчатых, окрашенных в темно-зеленые и буроватые цвета (рис. 4). В голубовато-зеленых частях осадка в качестве цемента выступает хлоритизированный вулканический пепел, в светлых – кальцит, замещающий пепел. Толщина слоя достигает 8 см.

Нижний слой-линза сложен кальцитом с текстурой «конус-в-конусе» (конус-в-конус, сложные конусы, фунтиковая текстура, cone-in-cone, con-in-con), особенно хорошо видимой на выветрелой поверхности (рис. 3 г). Толщина слоя достигает 6 см. Особо следует заметить, что для разреза цилемской свиты характерны многочисленные микроконкреционные слои перерывов осадконакопления [10] мощностью 2–10 см в кровлях элементарных циклитов через каждые 0.5–1 м. Все они имеют сидеритовый состав с примесью родохрозитовой молекулы.

Петрографические исследования показали, что кальцитовый слой сложен полнотелыми кристаллами скаленоэдрического габитуса с мозаично-блочным строением. Видимые конусы обусловлены присыпками глинистого материала по зонам роста. В шлифах, сделанных из горизонтальных срезов (параллельно напластованию), при включенном анализаторе основная площадь изотропна, отмечаются лишь небольшие анизотропные блоки. Также отсутствует явление псевдоабсорбции, не видно ни одной трещины спайности. Поскольку кальцит относится к минералам тригональной сингонии, то является оптически одноосным. Есть только одно направление, нормально к которому он будет изотропным – это его оптическая ось (L3) [11]. Таким образом, в шлифе мы видим картину, соответствующую перпендикулярному сечению параллельно ориентированных кристаллов (их осей L3), т.е. щетки. Блоки-включения с угасанием – мелкие кристаллы с несколько иной ориентировкой (отклонение незначительно, так как интерференция слабая).

Крайне интересные результаты показал изотопный анализ углерода (ЦКП «Геонаука», Институт геологии Коми НЦ УрО РАН, аналитический комплекс ThermoFisher Scientific, аналитик – И.В. Смолева). Если для сидеритовых микроконкреционных слоев разреза (как в подстилающих, так и в перекрывающих отложениях) значение $\delta^{13}\text{C PDB}$ в сред-

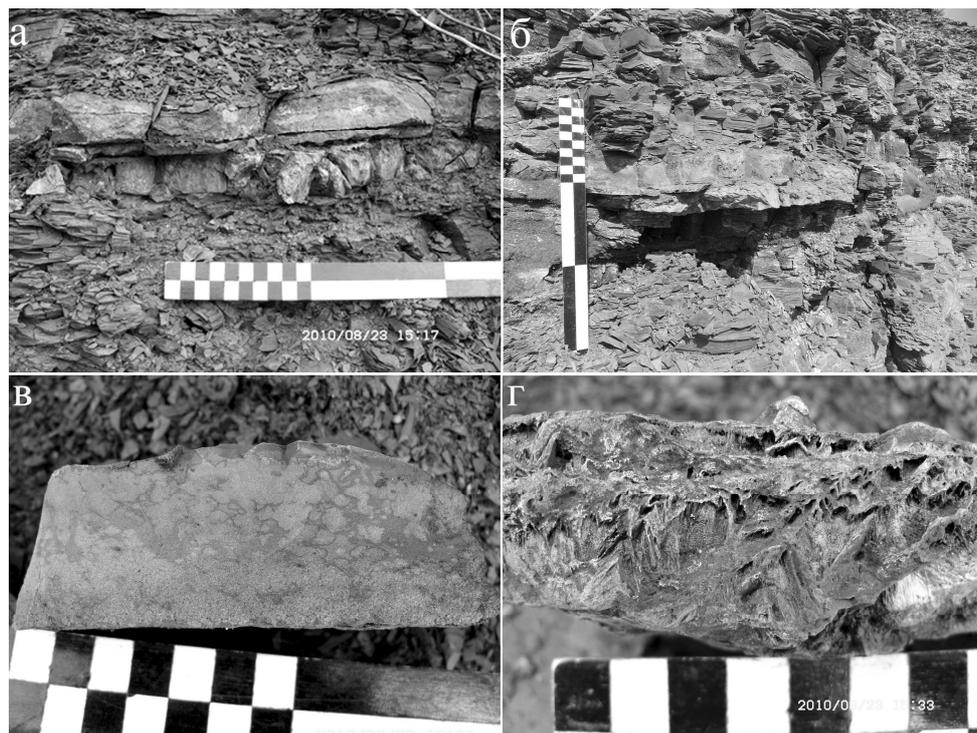


Рис. 3. Сдвоенные слои: а – в обн. Р-3; б – в обн. Р-5; в – скол туфового слоя; г – выветрелая поверхность кальцитового слоя.

Fig. 3. Double layers: а – in the outcrop P-3; б – in the outcrop P-5; в – a chip of a tuff layer; г – weathered surface of a calcite layer.

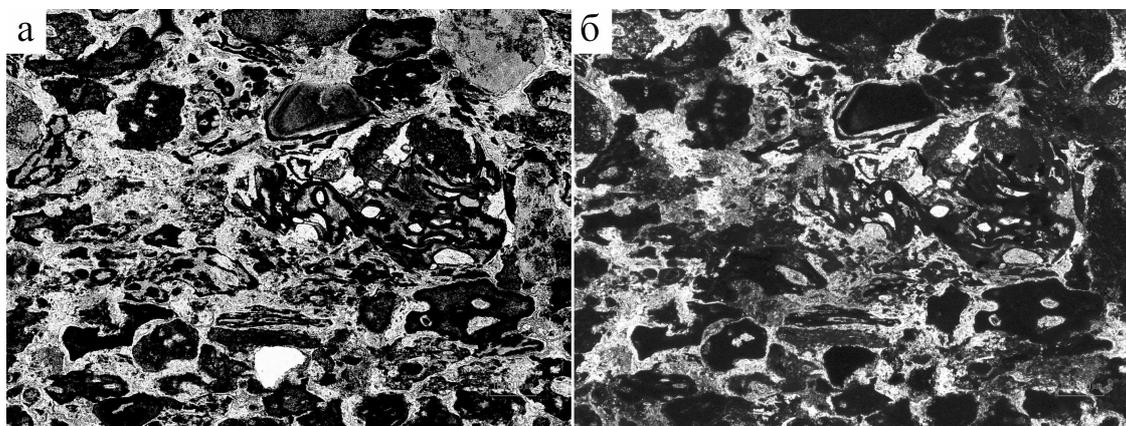


Рис. 4. Туф с базальным карбонатным цементом: а – без анализатора, б – с анализатором.

Fig. 4. Tuff with basalt carbonate cement: а – without the analyzer, б – with the analyzer.

нем составляет около -10% , то для кальцита указанных слоев характерно резкое облегчение изотопного состава до -22.5% .

Текстуры «конус-в-конусе» достаточно давно известны, распространены в карбонатных и терригенно-карбонатных разрезах, часто приурочены толщам с повышенным содержанием органического вещества или перекрывающим их породам, иногда могут использоваться в качестве коррелятива [12 – 14]. Существует несколько наиболее широко распространенных гипотез генезиса карбонатов с текстурой «конус-в-конусе»: литостатического давления и растворения, газовая, кристаллизационная, седиментационная, микробио-

литическая [13–17 и мн. др.]. Некоторые исследователи придерживаются взглядов их полигенности [18, 19].

Однако во всей проанализированной литературе говорится о том, что текстуры coin-in-coin сложены расщепленными кристаллами в виде сноповидных, радиально-лучистых, шестоватых, волокнистых агрегатов. В нашем же случае, кальцитовый слой имеет структуру кристаллической щетки, росшей в свободном пространстве, что определяет оригинальность полученного в итоге тела с текстурой «конус-в-конусе».

Смену обычного для толщи сидеритового состава карбонатных образований на кальцит и рез-

кий отрицательный изотопный экскурс углерода можно объяснить изменением условий осадконакопления. Сидеритовые микроконкреционные слои перерывов осадконакопления образовались в восстановительных условиях на дне пресного или опресненного водоема, для которых характерен соответствующий изотопный состав $\delta^{13}\text{C}_{\text{карб}}$ $-(5-15) \text{‰}$ [20, 21]. Кальцитовые слои возникли при обмелении водоема в окислительных условиях при очередной вспышке вулканизма. Как известно [20, 21], метан аномально обогащен легкими изотопами углерода до -80‰ . Судя по $\delta^{13}\text{C}$ исследованного кальцита, равного -22.5‰ (значения, более характерного органическому веществу, а не карбонатному), при его отложении значительную роль играла углекислота, полученная при окислении метана. Он поступал из подстилающих отложений, богатых угольными включениями, и, возможно, из вулканических эманаций.

И, наконец, слой туфа свидетельствует о продолжающейся вулканической активности в цилемское время.

Конкреционный конгломерат

При изучении обнажения 417 было обнаружено необычное линзовидное тело длиной 1.7 м, мощностью до 7 см (рис. 5а). Залегает линза на границе между элементарными циклитами устьчиркинской свиты: над глинистыми алевролитами и под песчаниками. Следует отметить, что рассеянные шарообразные конкреции наблюдаются и в приподошвенной части перекрывающего песчаника, количество которых быстро уменьшается вверх по разрезу. При более близком рассмотрении (рис. 5б, в) видно, что линза сложена шарами диаметром до 1 см, промежутки между которыми заполнены песчаным материалом. При этом шары окрашены гипергенными гидроокислами в буро-коричневый цвет, а цементирующая масса покрыта белесыми карбонатными корочками.

В полированных образцах при визуальном осмотре обнаружено (рис. 6): помимо шарообразных тел в породе присутствуют гальки зеленоцвет-

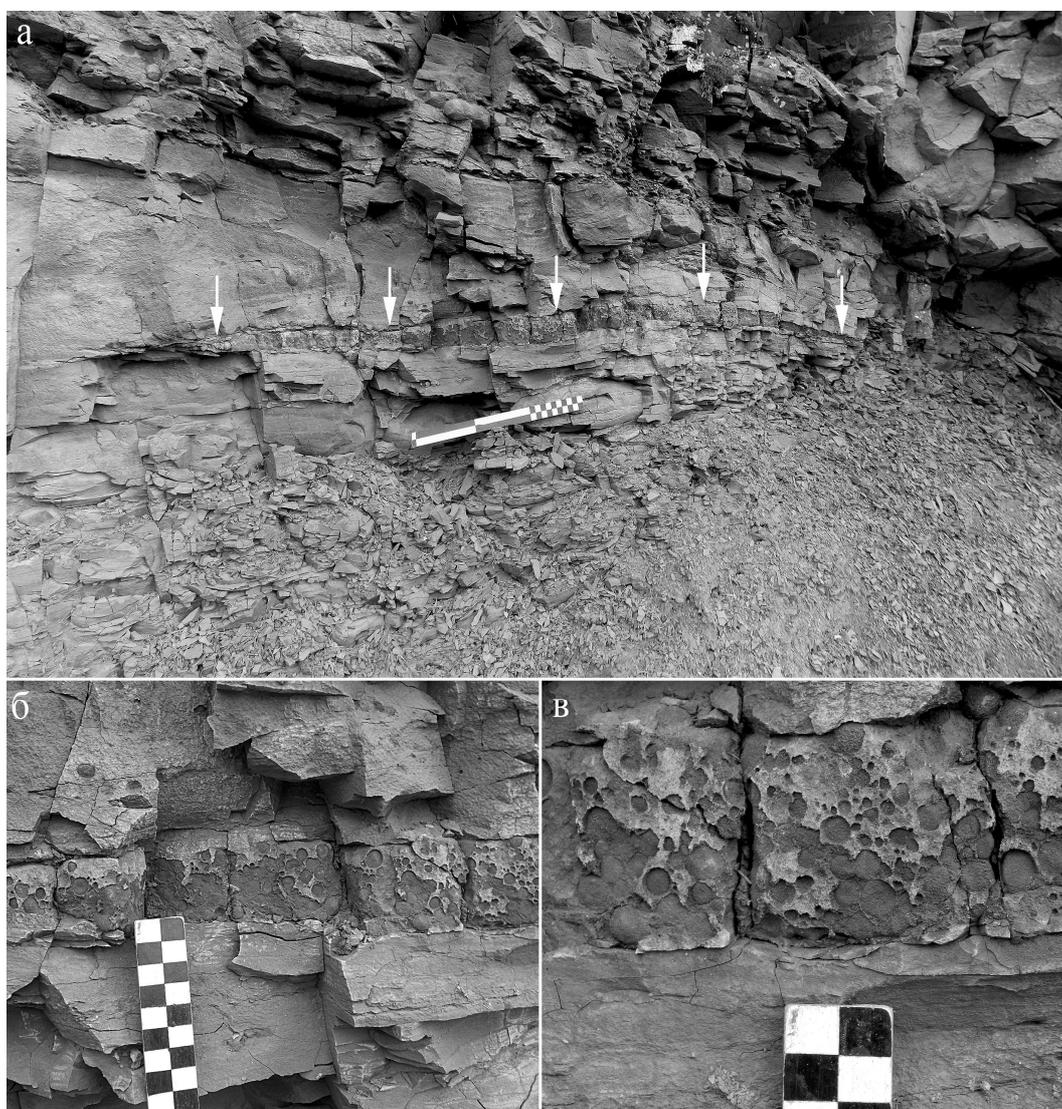


Рис. 5. Линза с конкрециями: а – общий вид в обн. 417; б, в – в последовательном приближении.
Fig. 5. Lens with concretions: а – general view in an outcrop; б, в – at a successive approximation.

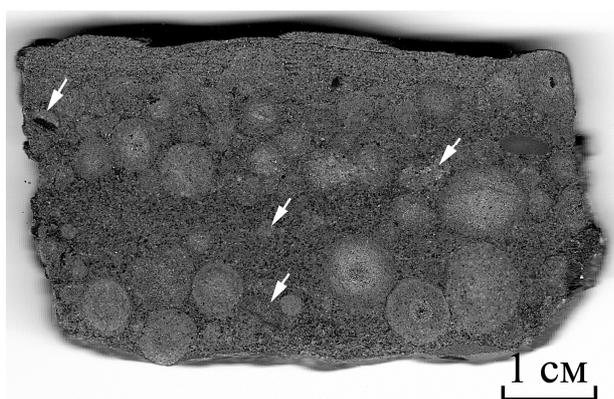


Рис.6. Сканограмма полированного образца; стрелками показаны обломки конкреций.
Fig. 6. Scannogram of a polished sample; the arrows indicate fragments of concretions.

ных пород, обломки углефицированных растений, фрагменты панцирей рыб; часть шаров представлена обломками; материал, слагающий шары и цемент, сильно отличается по гранулометрическому составу; по периферии шаров отмечается (выветрелая?) зона.

При исследовании петрографических шлифов установлено следующее. В микроскоп хорошо видно, что обломочный материал, заключенный в шарах, весьма сильно отличается от материала, заполняющего пространство между ними (рис. 7). Так, минеральные обломки в шарах имеют средний размер около 0.15, а в цементе – 0.25 мм; в обоих случаях материал хорошо сортирован. Также существенны отличия в минеральном составе: в шарах кварц и метаморфические породы представлены единичными зернами, основная масса – обломками хлоритизированного основного вулканического стекла; в цементе на долю кварца и метаморфических пород приходится около 50% кластогенного

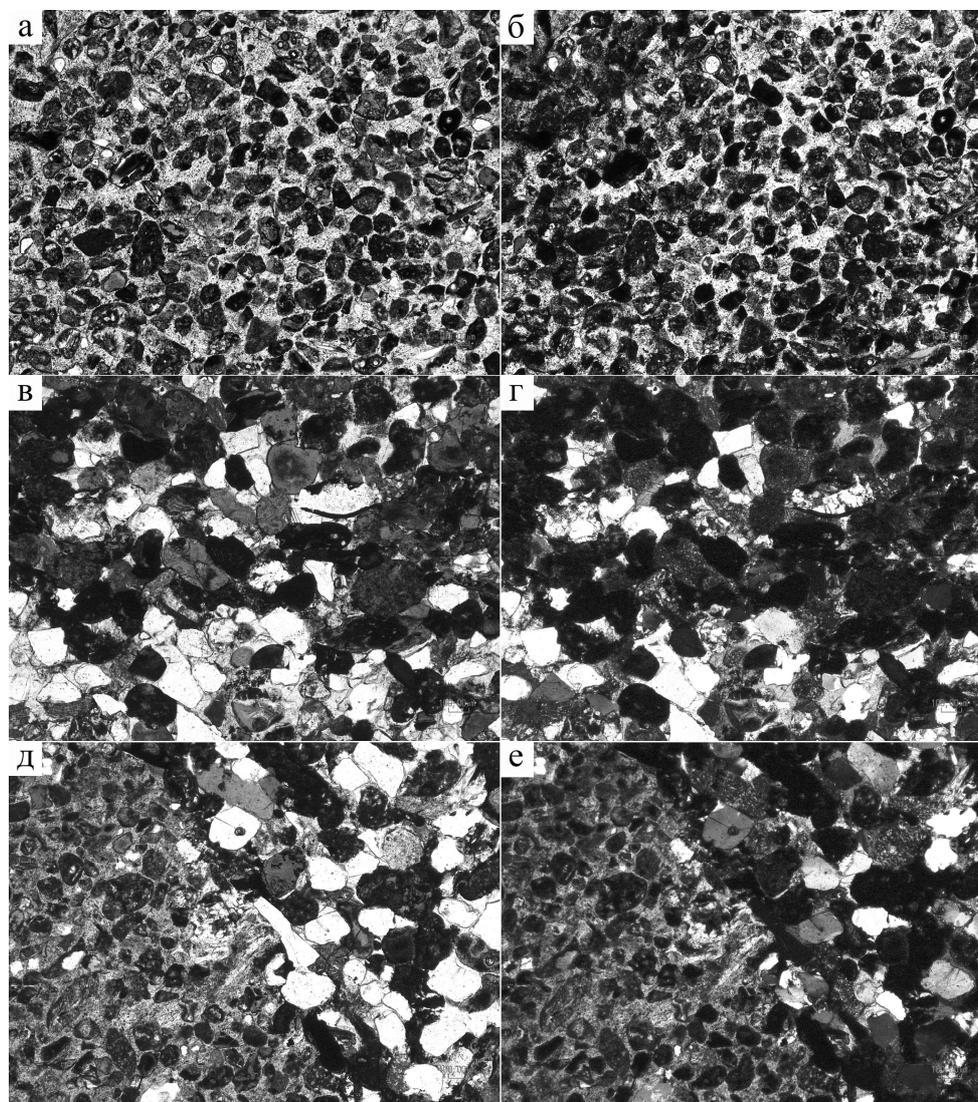


Рис. 7. Шлиф 417/55: а, б – участок одного из шаров; в, г – материал между шарами; д, е – граница между шаром и вмещающей породой; а, в, д – без анализатора; б, г, е – с анализатором.
Fig. 7. Section 417/55; а, б – a site of one of spheres; в, г – material between spheres; д, е – boundary between a sphere and host rock; а, в, д – without the analyzer; б, г, е – with the analyzer.

материала. Карбонатная составляющая в шарах в основном пелитоморфна, выглядит базальным цементом. В цементирующем осадке карбонат кристаллический, иногда отмечаются полисинтетические двойники.

Результаты карбонатного анализа показывают (см. таблицу), что шары сложены преимущественно кальцитом. Из разницы химических составов образца целиком и шаров, объемного соотношения шаров и цемента в породе следует, что карбонат цементирующей массы имеет преимущественно магниевый состав.

Результаты карбонатного анализа
Results of carbonate analysis

Образец	Содержание солей, %								
	CaO	MgO	MnO	Fe ₂ O ₃ общ.	P ₂ O ₅	H ₂ O	CO ₂	Сум- ма	FeO
Шары	32.81	1.13	1.76	9.60	0.18	15.20	26.57	87.25	5.86
Весь образец	12.45	11.69	2.26	10.52	0.31	23.95	20.59	81.77	5.04

Анализ перечисленных данных позволяет сделать вывод, что наблюдаемые шарообразные тела не являются аутигенными по отношению к линзе – конкрециями *in situ*, а представляют собой скопление кальцитовых конкреций в песчанике с доломитовым цементом – своеобразный конгломерат. Следует отметить, что в соседних обнажениях отмечаются циклиты (расположенные стратиграфически ниже), содержащие в песчаниковых пластах аналогичные по размерам и составу раннедиагенетические шарообразные конкреции. Судя по всему, рассмотренное осадочное тело является линзой внутриформационного конгломерата, образовавшейся при концентрации в локальной депрессии вымытых конкреций из нижележащих отложений. Здесь же скапливались гальки из зеленоцветных пород, обломки растений и панцирей рыб. Аналогичные явления описаны в литературе [17, 22].

Гораздо большее значение имеет магниевый состав карбоната цементирующей массы. Дело в том, что для рассматриваемой девонской толщи, сформированной в опресненной или пресной закрытой лагуне, характерны карбонатные образования с кальцитовым, сидеритовым, сидерит-родо-хрозитовым составом, в которых магниевая молекула присутствует в следовых количествах. Только в небольшом районе (обн. 414, 415, 417) на единичных уровнях верхнего девона были обнаружены конкреции с существенным количеством MgO. Доломитовые образования указывают на кратковременные поступления соленых морских вод. Следовательно, открытие лагуны происходило и в устьчиркинское время.

Закключение

Приведенные выше результаты исследований показали, что изученные объекты представляют интерес не только в силу своей экзотичности, но и дают возможность глубже и детально понять историю геологического развития бассейна осадконакопления. Так, стало совершенно очевидно, что вулканическая деятельность, пик активности которой приходится на валсовское время, периодически

возобновлялась и в цилемское время. Обнаружение магниезального карбоната в верхней части разреза устьчиркинской свиты позволяет сделать вывод о том, что периодическое соединение пресноводной лагуны с морем в южной части площади начало происходить в конце среднего девона. Обнаружен слой кальцита с текстурой «конус-в-конусе» с нетипичной структурой, аномальным изотопным составом углерода, не менее интересными мелкими деталями, требующими дополнительного специализированного изучения.

Литература

1. Цаплин А.Е. Основные черты строения среднедевонских отложений в северо-западной части Среднего Тимана // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1982. № 12. С. 48–56.
2. Цаплин А.Е. Основные черты строения яранской и листовичной свит нижнего франа в северо-западной части Среднего Тимана // Изв. ВУЗов. Геология и разведка. 1984. №6. С. 15–20.
3. Разницын В.А. Тектоника Среднего Тимана. Л.: Наука, 1968. 220 с.
4. Цаплин А.Е., Сорокин В.С. Франский ярус Среднего Тимана (методические рекомендации по проведению крупномасштабных геологосъемочных работ на Среднем Тимане). Ухта, 1988. 54 с.
5. Юдович Я.Э., Кетрис М.П. Минеральные индикаторы литогенеза. Сыктывкар: Геопринт, 2008. 564 с.
6. Шварцев С.Л., Баженов В.А. Геохимические условия образования иллита в продуктах коры выветривания // Геохимия. 1978. №3. С. 391–398.
7. Котельников Д.Д., Зинчук Н.Н. Условия накопления и постседиментационного преобразования глинистых минералов в отложениях терригенной формации // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2001. Т. 76. № 1. С. 45–53.
8. Котельников Д.Д., Конюхов А.И. Глинистые минералы осадочных пород. М.: Недра, 1986. 247 с.
9. Хлыбов В.В. Глинистые минералы триасовых отложений Северо-Востока европейской части СССР. Л.: Наука, 1989. 104 с.
10. Атлас конкреций / Под ред. А.В. Македонова и Н.Н. Предтеченского. Л.: Недра, 1988. 323 с.
11. Лодочников В.Н. Главнейшие породообразующие минералы. М.: ГНТИ, 1955. 248 с.
12. Бадида Л.В., Мизенс Г.А., Мельничук О.Ю. Текстура «конус-в-конусе» в терригенной толще верхнедевонской кодинской свиты на востоке Среднего Урала // Региональная геология, литология, геотектоника/ Тр. ИГТ УрО РАН. Екатеринбург, 2015. Вып. 162. С. 44–48.
13. Колокольцев В.Г. Текстура Coin-in-coin и ее происхождение // Литология и полезные ископаемые. 2002. №6. С. 612–627.
14. Тугарова М.А. Микробиолиты триаса архипелага Шпицберген /Труды ВНИИОкеангеология. Т. 227. СПб.: ВНИИОкеангеология, 2014. 198 с.

15. *Зарицкий П.В.* Минералогия и геохимия конкреционных образований угленосных отложений // Конкреции и конкреционный анализ. Харьков, 1973. С.8–16.
16. *Логвиненко Н.В.* Петрография осадочных пород. М.: Высш. школа, 1983. 416 с.
17. *Фролов В.Т.* Литология. М.: Изд-во МГУ, 1992. Т. 1. 336 с.; 1993. Т.2. 432 с.
18. *Наливкин Д.В.* Учение о фациях. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1956. 534 с.
19. *Теодорович Г.И.* О сутуро-стилолитовых поверхностях и образованиях «конус-в-конус»//Изв. АН СССР. Сер. геол., 1963. №11. С. 85–94.
20. *Галимов Э.М.* Геохимия стабильных изотопов углерода. М.: Недра, 1968. 226 с.
21. *Юдович Я.Э., Кетрис М.П.* Соотношения изотопов углерода в стратифере и биосфере: четыре сценария// Биосфера. 2010. Т.2. №2. С. 231–246.
22. *Акулов Н.И.* Конкреции в угленосных отложениях южной части Тунгусского бассейна//Литол. и полез. Ископаемые. 2006. №1. С. 83–95.
8. *Kotelnikov D.D., Konyukhov A.I.* Glinistye mineraly osadochnyh porod [Clay minerals of sedimentary rocks]. Moscow: Nedra, 1986. 247 p.
9. *Khlybov V.V.* Glinistye mineraly triasovykh otlozhenij Severo-Vostoka evropejskoj chasti SSSR [Clay minerals of Triassic deposits of the Northeast of the USSR European part]. Leningrad: Nauka, 1989. 104 p.
10. *Atlas konkrezij* [Atlas of concretions] // Eds. A.V. Makedonov, N.N. Predtechensky. Leningrad: Nedra, 1988. 323 p.
11. *Lodochnikov V.N.* Glavneoshie porodoobrazujushhie mineraly [The most important rock-forming minerals]. Moscow: GNTI, 1955. 248 p.
12. *Badida L.V., Mizens G.A., Melnichuk O.Yu.* Tekstura "konus v konuse" v terrigennoj tolshhe verhnedevonskoj kodinckoj svity na vostoке Srednego Urala [Coin-in-coin texture in the Upper Devonian terrigenous sediments of Kodin suite in the east of the Middle Urals]// Regional geology, lithology, geotectonics / Proc. of Inst. of Geology and Geochemistry, Ural Br., RAS. Ekaterinburg, 2015. Issue 162. P. 44–48.
13. *Kolokoltsev V.G.* Tekstura Coin-in-coin i ee proishozhdenie [Coin-in-coin texture and its origin] // Lithology and mineral resources. 2002. №6. P. 612–627.
14. *Tugarova M.A.* Mikrobiolity triasa arhipelaga Shpicbergen [Triassic microbiolites of the Spitsbergen archipelago] / Proc. of Res. Inst. of Oceanology. Vol. 227. St.Petersburg: Res. Inst. of Oceanology, 2014. 198 p.
15. *Zaritsky P.V.* Mineralogija i geohimija konkrecionnyh obrazovanij ugljenosnyh otlozhenij [Mineralogy and geochemistry of concretions in carboniferous deposits] // Concretions and concretion analysis. Kharkov, 1973. P. 8–16.
16. *Logvinenko N.V.* Petrografija osadochnyh porod [Petrography of sedimentary rocks]. Moscow: Higher school, 1983. 416 p.
17. *Frolov V.T.* Litologija (Lithology). Moscow: Moscow State Univ. Publ., 1992. Vol. 1. 336 p.; 1993. Vol. 2. 432 p.
18. *Nalivkin D.V.* Uchenie o facijah [The doctrine of facies]. Moscow, Leningrad: USSR Ac. Sci. Publ., 1956. 534 p.
19. *Teodorovich G.I.* O suturo-stilolitovyh poverhnostjah i obrazovanijah «konus-v-konus» [Of suturo-stylolite surfaces and "cone-in-cone" formations] // Proc. of the USSR Ac. Sci. Series Geology. 1963. №11. P. 85–94.
20. *Galimov E.M.* Geohimija stabil'nyh izotopov ugljeroda [Geochemistry of stable carbon isotopes]. Moscow: Nedra, 1968. 226 p.
21. *Yudovich Ya.E., Ketris M.P.* Sootnoshenija izotopov ugljeroda v stratisfere i biosfere: chetyre sценария [Carbon isotopes ratios in the stratosphere and biosphere: four scenarios] // Biosphere. 2010. Vol. 2. № 2. P. 231–246.
22. *Akulov N.I.* Конкреции в угленосных отложениях южной части Тунгусского бассейна [Concretions in coal-bearing sediments of the southern part of the Tunguska basin] // Lithology and mineral resources. 2006. №1. P. 83–95.

References

Статья поступила в редакцию 17.03.2017.