

## КАРБОНАТНЫЕ МИКРОБИОЛИТЫ НИЖНЕГО КАРБОНА СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО КРЫЛА МОСКОВСКОЙ СИНЕКЛИЗЫ

**Приводится характеристика карбонатных микробиолитов нижнего карбона северо-западного крыла Московской синеклизы в среднем течении р. Мста. Рассматриваются их локализация в разрезе, морфология, литолого-геохимические признаки и возможные пути формирования.**

**Ключевые слова:** *цианобактериальные маты, нижний карбон, структуры, петрографический анализ, электронная микроскопия.*

**The characterization of calcareous microbialites of the Lower Carboniferous in the north-west of Moscow syncline in Msta river valley in the context of their location, morphology, lithological and geochemical characteristics and genesis is given.**

**Keywords:** *cyanobacterial mats, the Lower Carboniferous, structures, petrographic analysis, electron microscopy.*

**Введение.** В последние годы исследования пород нижнего карбона в Боровичском районе в долине р. Мста регулярно проводились студентами и преподавателями кафедры литологии и морской геологии СПбГУ. Осадочные разрезы нижнего карбона в этом районе имеют давнюю историю изучения, но литологические работы с использованием новых аналитических данных практически отсутствуют.

Статья посвящена осадочным объектам, слабоизученным карбонатным породам предполагаемого микробиального генезиса. В разрезах долины р. Мста выявлены два осадочных объекта, морфологические и вещественно-структурные особенности которых указывают на их альгобактериальное происхождение в условиях супралиторальной зоны. Первый объект — карбонатные «холмы» в основании тихвинской свиты визейского яруса (левый берег р. Мста в пределах г. Боровичи) [6]. Второй объект — пологие холмообразные постройки на правом берегу реки в д. Малый Порог, здесь в обнажении вскрывается пограничный интервал разреза стешевского и протвинского горизонтов серпуховского яруса [18]. Свообразный состав фауны в верхнем слое понеретской свиты (стешевский горизонт) — обилие хететид, четырехлучевых кораллов — долгое время позволял относить эти отложения к рифогенным [21], природа которых частью исследователей не признавалась [15]. Биогермных образований не выявлено [18]. Пологие холмообразные постройки на границе стешевского и протвинского горизонтов по своей морфологии, макроскопическим структурно-текстурным признакам нарушают последовательность разреза этого стратиграфического диапазона, вскрывающегося в других разрезах на р. Мста. Очевидно, что они локализованы в определенной фациальной зоне. Вскрытый разрез в д. Малый Порог дает уникальную возможность изучения этих весьма специфических образований.

**Фактический материал и методы исследований.** Изученные разрезы стратиграфически относятся к визейскому ярусу — тувльскому горизонту (тихвин-

ская свита) и серпуховскому ярусу — протвинскому горизонту (угловская свита), послонно описаны и опробованы. Исследования пород тихвинской и угловской свит были сфокусированы на карбонатных образованиях предполагаемого микробиального генезиса, их морфологии, макроскопических вещественно-структурных признаках, характере взаимоотношений с вмещающими породами.

Выполнены петрографический анализ шлифов, электронно-микроскопический анализ, рентгенофазовый полуколичественный анализ, изучен групповой состав рассеянного органического вещества (РОВ).

Петрографический анализ выполнялся на поляризационном микроскопе Leica DMPL. Структуры и минеральный состав детально изучены методами электронной микроскопии в Ресурсном центре микроскопии и микроанализа под руководством А. Р. Нестерова (прибор HITACHI TM3000 и анализатор OxfordSwift ED 3000); рентгенофазовый полуколичественный анализ — в Ресурсном центре «Рентгенодифракционные методы исследования» СПбГУ (прибор RigakuMiniflex II, обработка результатов в программе PDXL2); битуминологические исследования — в лаборатории органической геохимии ВНИИОкеангеологии под руководством доктора г.-м. наук В. И. Петровой.

Работы проводились на образце из карбонатной «плюшки» визейского возраста. Процедура изучения РОВ включала в себя определение в породе нерастворимого остатка и содержания органического углерода ( $C_{орг}$ ), извлечение хлороформного (Ахл) и спиртобензольного (Асп-б) битумоидов, гуминовых кислот (ГК), определение группового состава Ахл и углеводов. Фракции насыщенных и ароматических углеводов (УВ) выделялись хроматографически и исследовались методом ГХ-МС на комплексе Hewlett Packard.

Всесторонне охарактеризованы вещественные особенности карбонатных образований нижнего карбона, выявлены особенности состава органических фаз, прослежены процессы карбонатной

(преимущественно кальцитовый) кристаллизации и увязаны с бактериальными биогеохимическими процессами.

**Геологическая локализация и морфология карбонатных стяжений.** Карбонатные тела (предполагаемые биогермы) визейского яруса (тихвинской свиты) расположены на левом берегу р. Мста под навесным мостом в черте г. Боровичи. Стратиграфическая приуроченность этих карбонатных тел не совсем ясна. По представлениям А. В. Дронова и Ю. В. Савицкого, они приурочены к песчано-углисто-глинистому комплексу пород тихвинской свиты [6]. Эти тела представляют собой куполовидные, овальные образования размерами от  $2 \times 3$  до  $2,5 \times 7$  м с максимальной видимой мощностью 1,5 м (рис. 1). Породы однородны по структуре и составу, но в них можно выделить три основных слоя. Первый нижний видимый слой – тонкокристаллический известняк с мелкими примазками каолиновых глин и единичными жилами и жеодами кальцита; второй – визуально чистый карбонатный, тонкокристаллический; третий – буровато-серый кавернозный, бугорчатый с признаками субаэрального выветривания. По первичным седиментационным признакам карбонатные «холмы» весьма однородны.



Рис. 1. Куполовидные карбонатные тела на левом берегу р. Мста под навесным мостом в черте г. Боровичи



Рис. 2. Пологие холмообразные карбонатные постройки на правом берегу р. Мста в д. Малый Порог

Карбонатные тела серпуховского яруса (угловской свиты) расположены на правом берегу р. Мста в д. Малый Порог (рис. 2). В протянувшемся вдоль уреза воды обнажении и в невысоких береговых обрывах вскрываются известняки пограничного интервала стешевского и протвинского горизонтов (понеретская и угловская свиты). Подошва холмообразных тел скрыта под водой, но предположительно ее максимальная мощность составляет 0,7 м. Вышезалегающие карбонатные породы по комплексу литологических и палеонтологических признаков коррелируются с породами других разрезов в долине реки, отнесенных к подошве угловской свиты [18].

Макроскопически породы представлены тонкокристаллическими доломитами, основная часть холмообразных построек массивной текстуры, в верхних прикровельных слоях тонкая горизонтальная слойчатость, по кровле построек корка окремнения.

**Микроструктуры и состав карбонатных микробиолитов.** Микробиолиты визейского яруса по составу и структуре весьма однородны. Некоторые нюансы состава связаны с неравномерным распределением глинистых примесей, а буроватый цвет верхней корки объясняется процессами выветривания.

Микротекстура пород холмообразных визейских построек массивная, но на электронно-микроскопическом уровне отчетливо видна слоисто-волнистая текстура, напоминающая строматолитовую (рис. 3).

Основная масса породы сложена микритом известкового состава, петрографически фиксируются кристаллы размером 0,02–0,03 мм, микротекстура породы массивная. Электронно-микроскопические изображения показывают, что реальные размеры кристаллов кальцита основной массы породы 1–3 мкм (рис. 4).

Кристаллы кальцита имеют ультратонкое «слоистое» строение, а грани их кристаллов характеризуются сетчатой структурой, которая иногда подчеркивается пиритизацией (рис. 5).

На фоне микритовой массы – отдельные кристаллы кальцита размером 0,2–0,5 мм (рис. 6). Наиболее простым объяснением появления крупных кристаллов кальцита в микритовой массе являются процессы перекристаллизации. Одна-

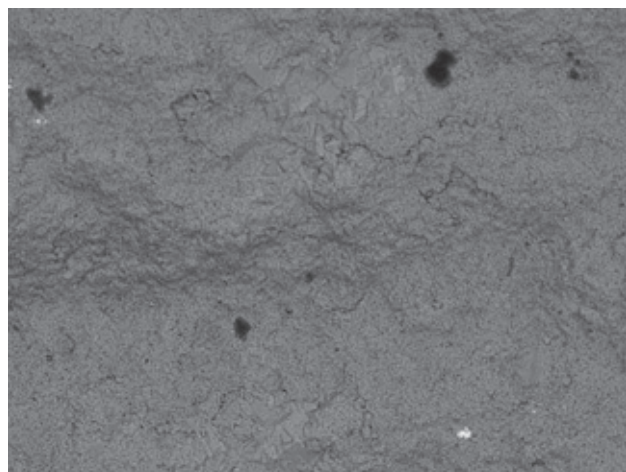
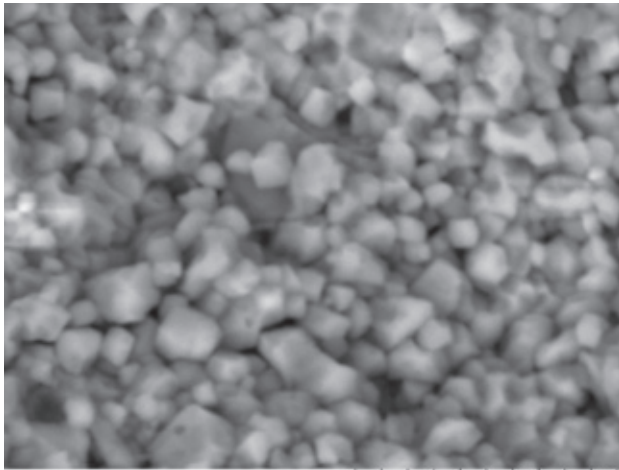


Рис. 3. Волнисто-слоистая слойчатость



B-4-0005 2013.10.17 12:24 HL D10.3 x7.0k 10 um

Рис. 4. Микритовая структура основной части породы

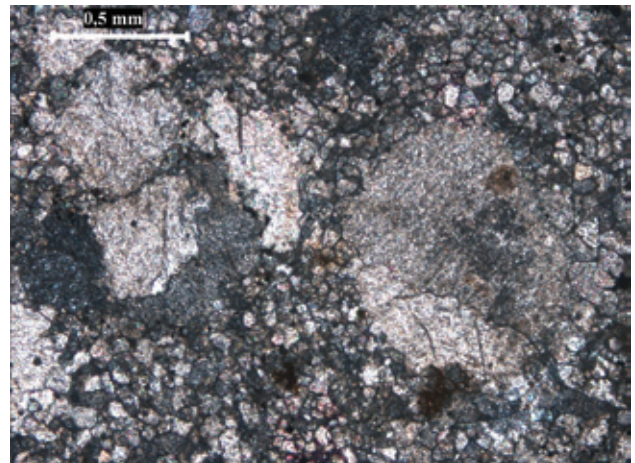
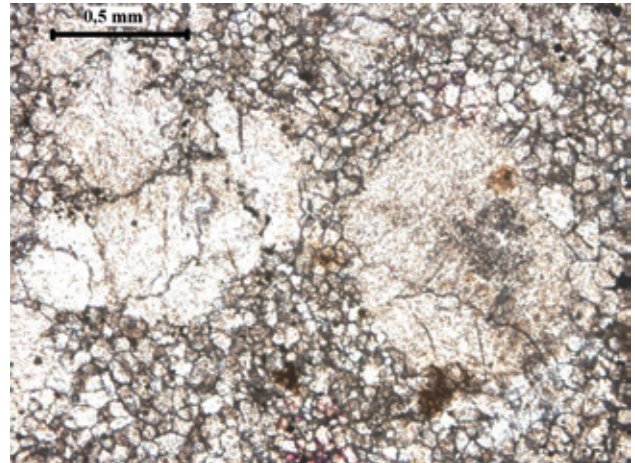
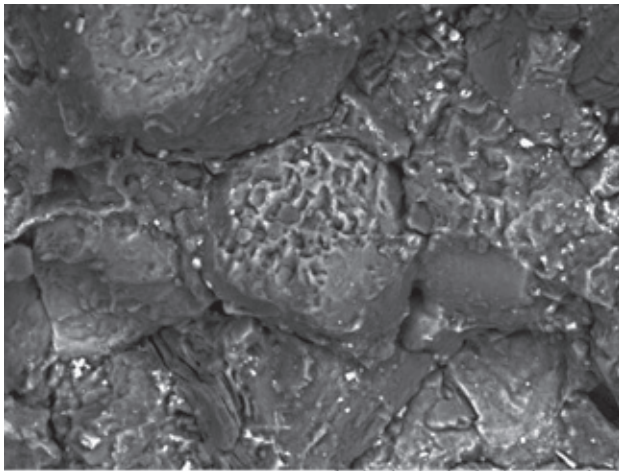


Рис. 7. Морфологически обособленные раскристаллизованные известковые сгустки



B-4-3-0002 2013.10.17 14:47 HL D9.2 x1.5k 50 um

Рис. 5. Скол породы. В строении кристаллов кальцита проявлена слоистость, грани с тонкосетчатой структурой, подчеркнутая пиритизацией

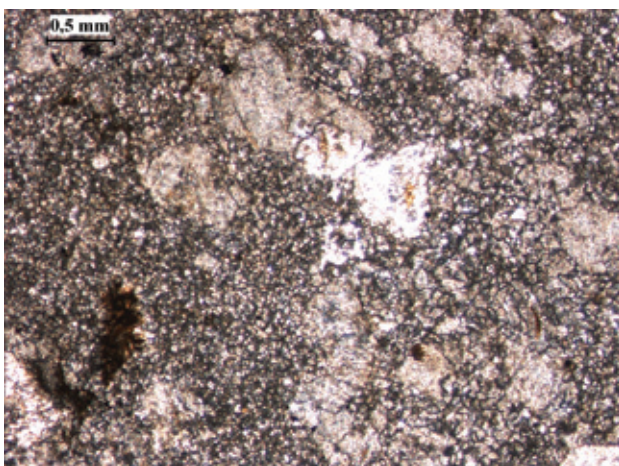


Рис. 6. Сгустково-тонкокристаллическая структура, николи II

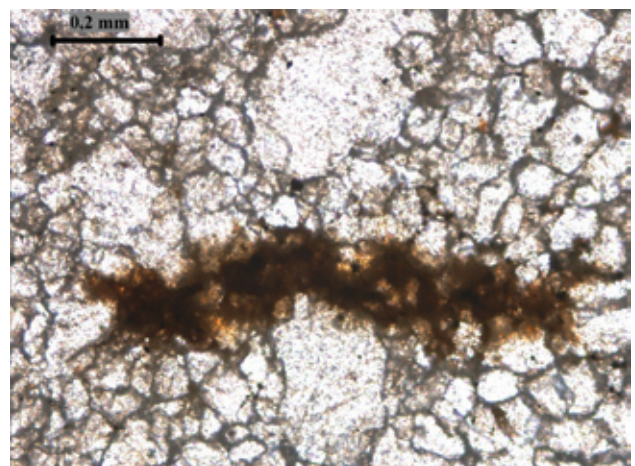


Рис. 8. Конформное сочленение кристаллов кальцита разной размерности, николи II

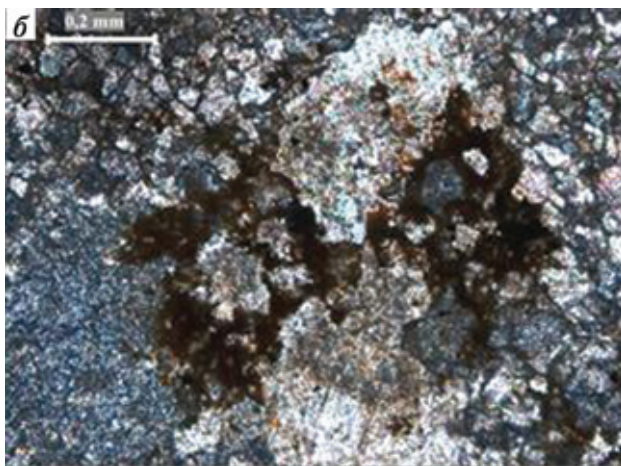
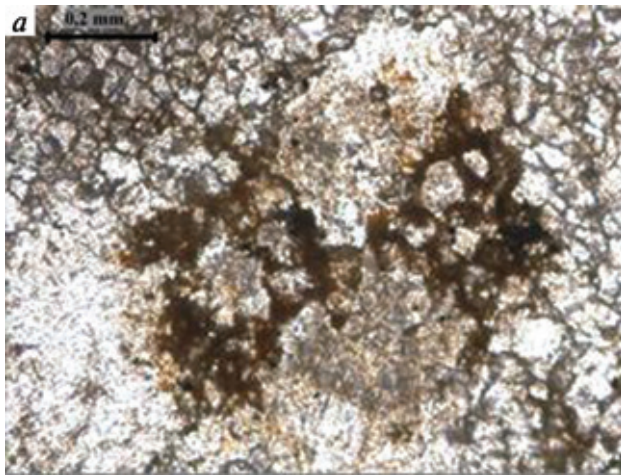


Рис. 9. Проявленная битуминизация вокруг зон раскристаллизации кальцита

*a* – николи II, *б* – николи X

ко, как показали результаты микроскопических и электронно-микроскопических наблюдений, только образование единичных кристаллов является ее следствием. Обычно отдельные, обособленные в самостоятельные компоненты скопления кальцита скорее напоминают первичные сгустки (рис. 7). На это указывают их морфология и внутренняя тонкокristаллическая структура, выражающаяся в неравномерном погасании в скрещенных николях. Четкая обособленность крупных кристаллов, резкие границы с микритовыми зернами – еще одно подтверждение их первичного генезиса (рис. 8). Следует отметить, что сами сгустки, безусловно, проявляют признаки перекристаллизации. Подобные структуры обычно описываются как сгустково-крипнокристаллические и рассматриваются как

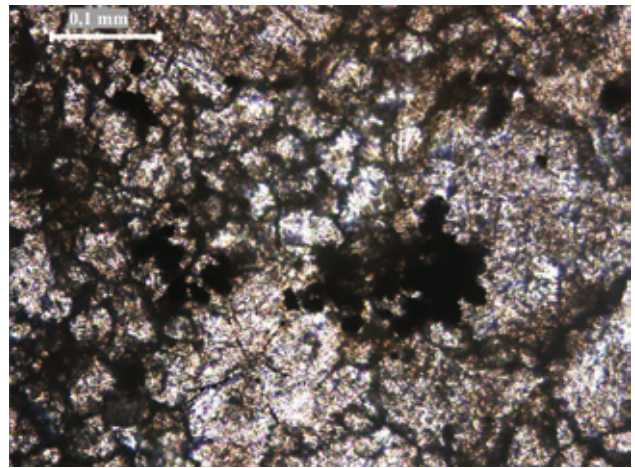


Рис. 10. Микрокодиум, битуминозные пленки, фрамбoidalный пирит, николи II

типичные проявления бактериально-водородной активности [9, 20]. Практически все зоны перекристаллизации сопровождаются проявлением битумных пленок (рис. 8, 9).

Отдельные крупные кристаллы кальцита морфологически напоминают палеомикрокодии (рис. 10). Их относят к древнему таксону *Microcodium* [22]. Есть разные точки зрения на систематическое положение как *Palaemicrocodium*, так и *Microcodium*: водоросли мелководных бассейнов [22], органо-минеральные образования как результат симбиоза почвенных грибов и корней растений [23], обызвесткованные остатки палеолишайников [2]. Палеомикрокодиум в ассоциации с другими простейшими организмами типичен для пород, подвергшихся субаэральному воздействию [1, 2, 11]. Пленки битуминизации и агрегаты фрамбoidalного пирита, ассоциирующиеся в породе с предполагаемым микрокодиумом – результат парагенетического преобразования липидных компонентов ОВ и сульфатредукции в условиях локальной восстановительной геохимической среды (рис. 10).

Минеральный состав карбонатных микробилитов весьма прост. По данным рентгенофазового и микрозондового анализа, основной минеральной фазой породы является кальцит, в отдельных слоях фиксируется примесь каолинита и незначительная кварца. На битуминизированных участках на микрозондовых спектрах содержание углерода до 100%.

Для одного образца изучен химический состав РОВ (табл. 1, 2). Породы содержат  $C_{орг}$  в концентрациях существенно ниже кларковой для карбонатных отложений 0,06% при кларковом значении 0,2%. Это вполне закономерно для известняков с

Таблица 1

Геохимические параметры рассеянного органического вещества (место взятия образца – р. Мста)

Тип породы	Содержание в породе, %									Групповой состав ОВ, %			
	Нерастворимый остаток	CaCO <sub>3</sub>	C <sub>карб</sub>	C <sub>орг</sub>	ОВ	Ахл	Асп-б	ГК	β	Ахл	Асп-б	ГК	Остаточное органическое вещество
Известняк	2,1	97,9	11,7	0,06	0,08	0,0046	0,0055	0,00	7,60	5,9	7,0	0,0	87,1

Групповой состав хлороформенного битумоида и фракционный состав углеводородов  
(место взятия образца – р. Мста)

Тип породы	Состав Ахл, %			УВ, %		Состав УВ, %		Me-Nf / Ar
	масла	смолы	альтены	в породе	в ОВ	Me-Nf	Ar	
Известняк	62,0	34,0	4,0	0,003	3,64	67,7	32,3	2,1

плотной кристаллической структурой. Выход хлороформенного битумоида (Ахл) также ниже кларкового – 0,0046% при кларковом значении 0,3%. Обращают на себя внимание высокие значения битуминозного коэффициента  $\beta$ , иногда превышающие 5, что может указывать на присутствие миграционных углеводородов в породе или на их перераспределение – миграцию от нижележащих слоев в верхние части холмообразной постройки.

В групповом составе ОВ отсутствуют гуминовые кислоты, что означает прежде всего высокую степень зрелости ОВ. Значения содержаний хлороформенного и спиртобензольного (Асп-б) битумоидов в породе близки между собой. Содержание Ахл отражает содержание углеводородных структур, а достаточно высокий выход спиртобензольного битумоида, очевидно, связан с содержанием кислородных гетеросоединений. В составе Ахл преобладают масляные фракции (62%), а в составе углеводородов метан-нафтенновые (67,7%). Высокое относительное содержание этих фракций в составе первичного РОВ указывает на преимущество организмов с высоким содержанием липидов [19]. При отсутствии fossilized фаунистических остатков к подобным организмам с большой долей вероятности можно отнести простейшие альгобактериальные формы.

*Микробиолиты серпуховского яруса* изучены в приурезовой зоне р. Мста в д. Малый Порог. Они существенно отличаются от визейских по составу и структурно-текстурным особенностям, но прослеживаются и сходные признаки, отражающие их альгобактериальное происхождение. Тонкослоистые текстуры пород фиксируются на электронно-микроскопических изображениях (рис. 11). Эти текстурные признаки сохраняются для всех выделенных слоев в строении пологих «холмов».

Микроструктуры и состав в двух нижних слоях холмообразных построек схожи, в составе пород преобладает тонкокристаллический доломит (рис. 12). Модальный размер кристаллов доломита 10–20 мкм. Как и в визейских микробиолитах, основная масса кристаллов доломита имеет неровные грани, и только перекристаллизованные формы отличаются гладкими кристаллическими поверхностями (рис. 13).

На фоне микритовой доломитовой массы, помимо зон перекристаллизации, фиксируются многочисленные органоминеральные агрегаты (рис. 14). По данным микрондового анализа, в составе агрегатов – доломит и органическая составляющая (повышенные концентрации углерода). Тонкие пленки битуминизации прослеживаются и по перекристаллизованным ступковым агрегатам (рис. 15). Ступковые агрегаты отчетливо видны на электронно-микроскопических изображениях (рис. 16).

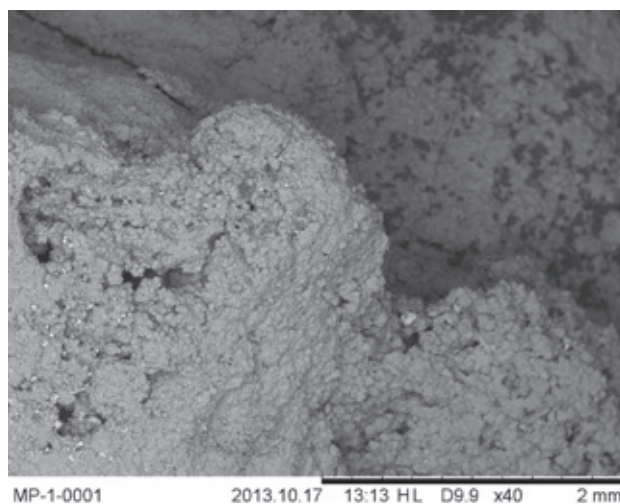


Рис. 11. Скол породы с тонкослоистой ультратекстурой

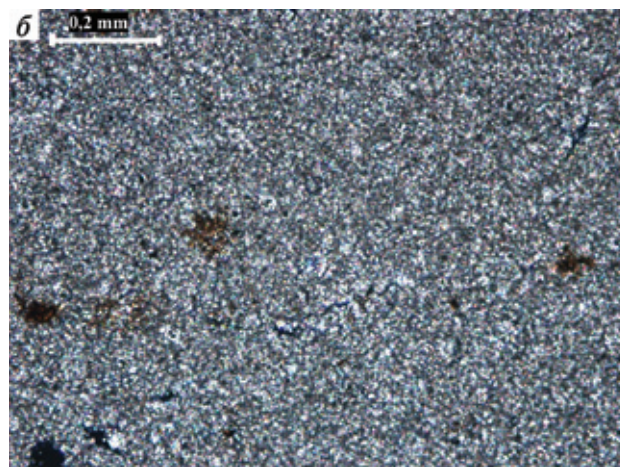
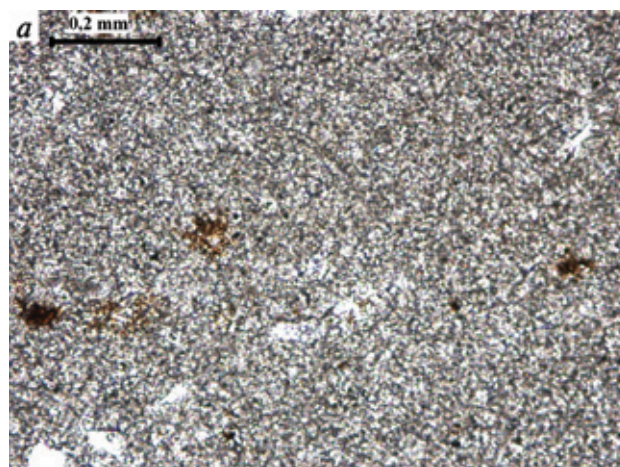
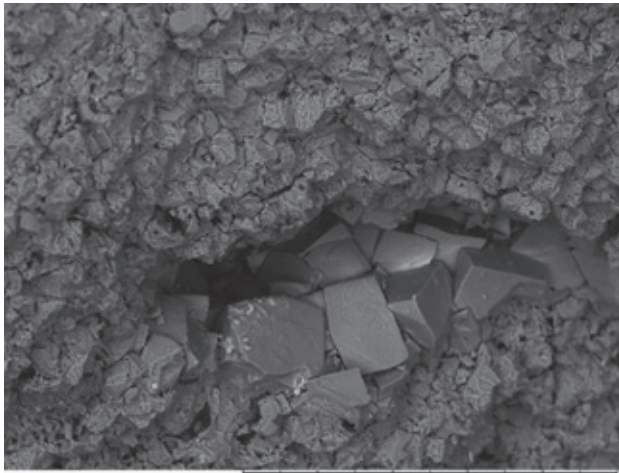


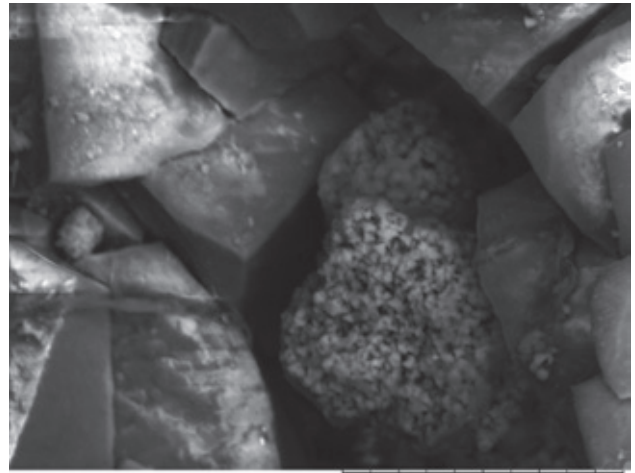
Рис. 12. Тонкокристаллический доломит

а – николи II, б – николи X



MP-1-0019 2013.10.17 14:20 HL D9.5 x500 200 um

Рис. 13. Скол породы. Перекристаллизация доломита на фоне микритовой доломитовой массы



MP-1-0004 2013.10.17 13:22 HL D9.8 x2.5k 30 um

Рис. 16. Электронно-микроскопическое изображение скола породы. Сгустковый агрегат между кристаллами доломита

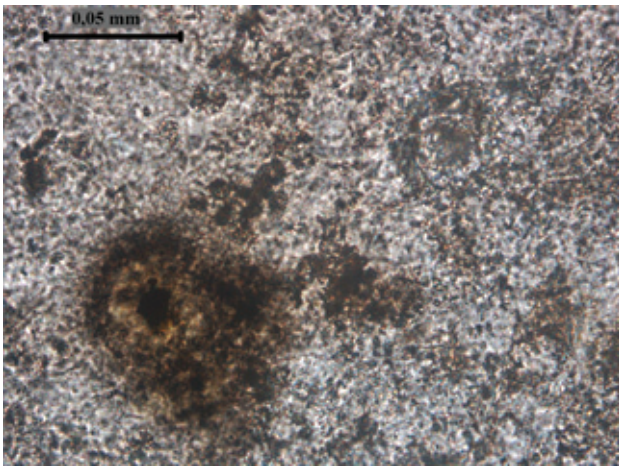
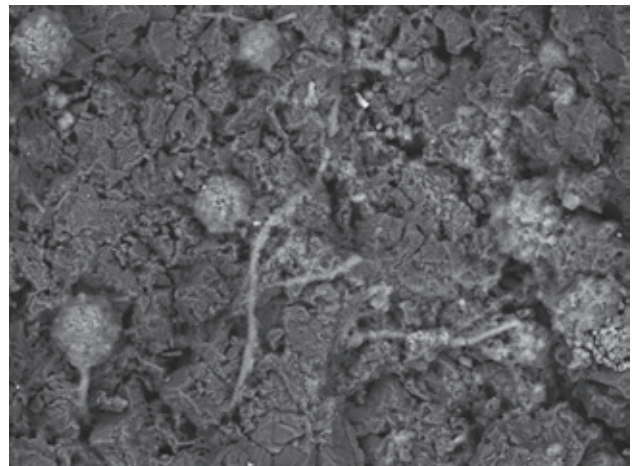


Рис. 14. Битуминозно-карбонатные агрегаты, николи II



MP-1-0015 2013.10.17 14:01 HL D8.2 x800 100 um

Рис. 17. Скол породы. Нитчато-коккоидные формы в доломитовом микрите

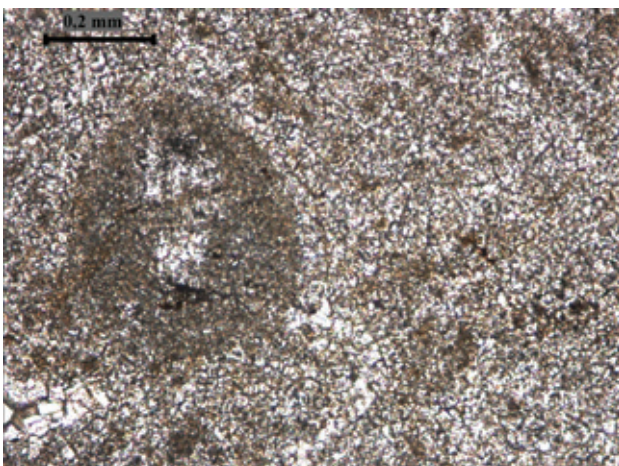
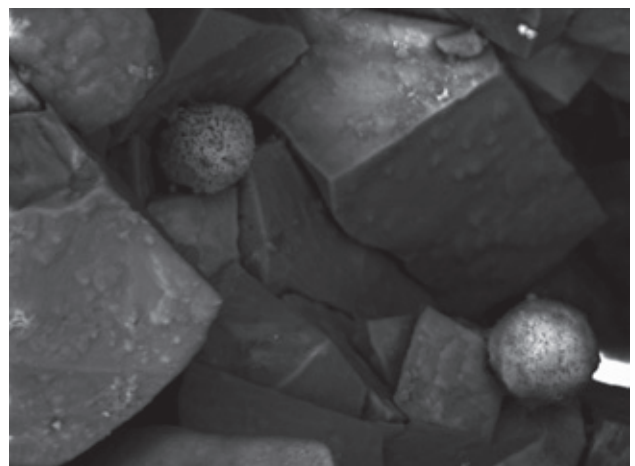


Рис. 15. Перекристаллизованные сгустковые агрегаты, николи II



MP-1-0010 2013.10.17 13:39 HL D9.4 x2.0k 30 um

Рис. 18. Скол породы. Шероховатые и гладкие сферические формы в кристаллической массе породы

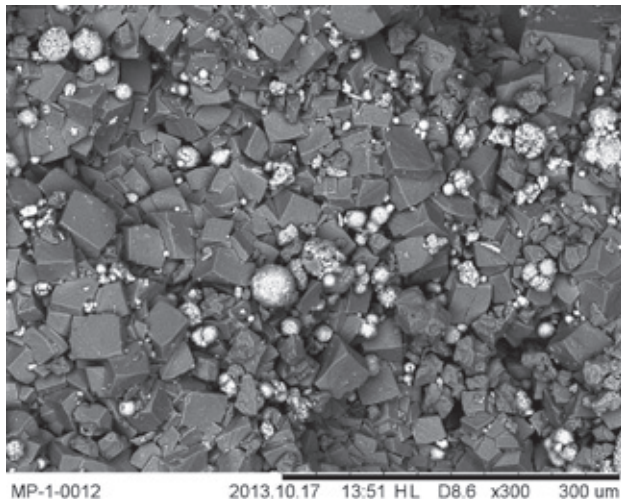


Рис. 19. Скол породы. Фрамбоидальный пирит в кристаллической массе породы

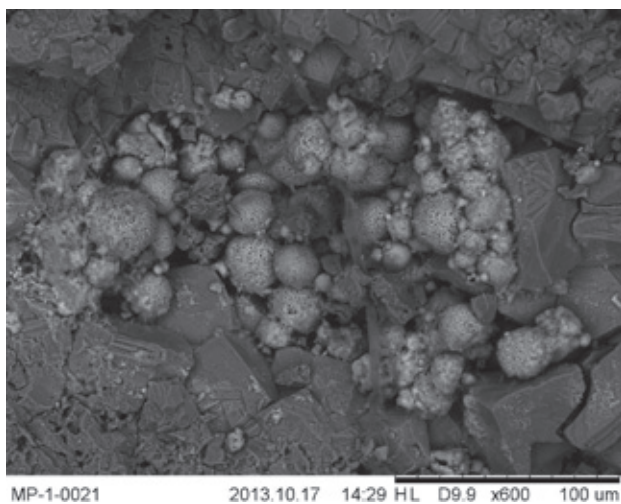


Рис. 20. Скол породы. Колония агрегатов фрамбоидального пирита в кристаллической массе породы

К характерным структурным особенностям серпуховских микробиолитов относятся многочисленные проявления нитчато-коккоидных форм (рис. 17). В состав сферических образований, помимо карбонатных фаз, входят гидроокислы железа и фосфаты. Поверхность сферических образований (коккоидов) и шероховатая, и идеально ровная (рис. 18), что, по-видимому, определяется вторичными литогенетическими процессами.

Самыми распространенными компонентами породы, указывающими на их микробиальный генезис, являются агрегаты фрамбоидального пирита (рис. 19). Часто фиксируется «колониальная» форма их расположения в матриксе породы, а между сфероагрегатами пирита наблюдаются вытянутые нитчатые формы (рис. 20).

Отметим, что в изученных породах не зафиксировано никаких фаунистических остатков, характерных для этой части разреза серпуховского яруса. Верхняя тонкая корка холмообразных построек имеет кремнистый (халцедон-кварцевый) состав и криптокристаллическую структуру (рис. 21). Кремнение развивается по карбонатному слою с криптокристаллической структурой (рис. 22).

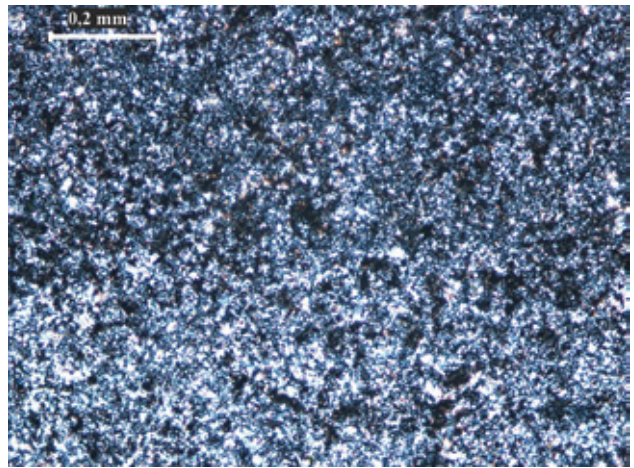


Рис. 21. Порода из кремнистой «корки» в кровле микробиолита, николи X

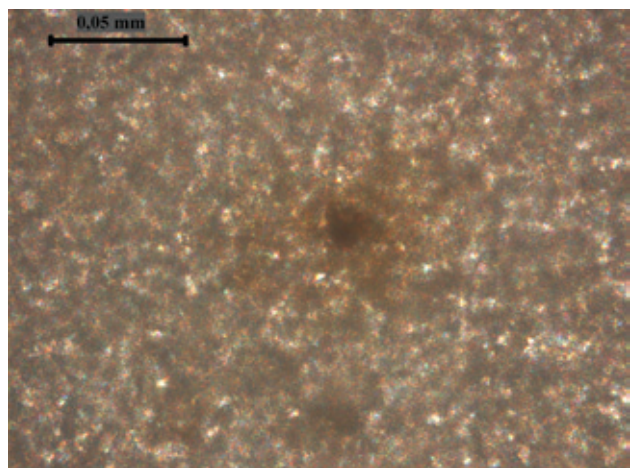


Рис. 22. Карбонатная порода с криптокристаллической структурой, николи II

**Заключение.** Вещественно-структурные особенности изученных карбонатных «холмов» визейского и серпуховского ярусов указывают на их альгобактериальный генезис. Состав пород и последовательность их залегания в обнажениях на р. Мста позволяют рассматривать эти карбонатные образования как классический цианобактериальный мат, относящийся к супралиторальной зоне [16]. В раннем карбоне развитие цианобактериальных матов типично для мелководных зон с известковыми грунтами, обогащенными в разной степени терригенным материалом, органическим веществом и скелетным детритом в условиях умеренной или переменной динамики придонных вод [12, 14].

Развитие альгобактериальных сообществ предопределяет карбонатную минерализацию. Этот процесс описан в многочисленных работах и смоделирован экспериментально [3, 7, 10, 13, 17, 24].

Процесс образования кальцита по водорослевым пленкам, пожалуй, лучше всего описан в работах В. К. Орлеанского с соавторами [8, 13]. На основе лабораторного моделирования в них прослежены процессы карбонатной биоминерализации, установлено, что при жизни водорослей и активном

их влияния карбонатные минеральные фазы отлагаются только в виде тонких прослоев или корочек в приповерхностной части водорослевой пленки. Тонкие кристаллы кальцита выпадают в самой верхней приповерхностной части водорослевой пленки и всегда оказываются заключенными в промежутках между водорослевыми нитями. Растущий цианобактериальный мат состоит почти целиком из органического водорослевого вещества, при этом живые цианобактерии находятся только в самой верхней части этих построек на глубинах до нескольких миллиметров, редко до 1–2 см. В этой зоне и осуществляется их активное воздействие на осаждение карбоната. В нижних слоях водорослево-бактериального мата основная роль принадлежит бактериям-деструкторам, которые разлагают и перерабатывают исходную водорослевую биомассу. Образуется свободное пространство, которое в ходе раннего диагенеза заполняется карбонатами, выпадающими из поровых вод. При таком ходе процесса верхняя часть цианобактериальных матов имеет субпараллельную тонкую слоистость, а нижняя более массивная. Перекристаллизация карбонатных минералов в нижней части постройки при наличии пористого, фильтрационно емкого субстрата подстилающих песчаных отложений может приводить к формированию жеод кальцита.

Существенным различием двух рассмотренных карбонатных объектов является их состав. Если визейские «холмы» представлены известняками, то в серпуховских преобладает доломит. По-видимому, эти различия можно соотнести со сменой гумидного климата на аридный в серпуховское время. Изменение химизма вод определяло разный характер карбонатонакопления. В условиях гумидного климата соленость вод была близка к среднеокеанической, шло накопление известковых осадков. В обстановках же аридного климата при интенсивном испарении воды ее соленость повышалась, вызывая отложение магнезиальных карбонатных осадков. Формирование синдиагенетического доломита в альгобактериальных постройках аридных побережий является весьма обычным процессом [16].

Окремнение, развитое в кровле карбонатных построек, по-видимому, вторичный процесс, связанный с изменением геохимической обстановки. Разложение отмершего органического водорослево-бактериального вещества приводит к сдвигу pH среды от щелочной к кислой. В этих условиях, даже при небольших концентрациях кремнезема в поровых растворах, будет осуществляться его осаждение [5]. Таким образом, характер вторичных процессов также подтверждает предполагаемый органический генезис карбонатных построек.

Последовательность отложений серпуховского времени в долине р. Мста позволила наметить четыре цикла седиментации [4]. Цианобактериальные доломиты завершают третий цикл седиментации. Важно отметить, что цианобактериальные образования приурочены к кровле понеретской свиты, а переход к вышележащим отложениям угловской свиты в соответствии с принятой стратиграфической схемой относится к стратиграфическому несогласию [18].

Изученные карбонатные образования представляют интерес не только как карбонатные породы сложного альгобактериального генезиса, но являются и важными палеогеографическими и стратиграфическими реперами.

1. Антошкина А.И. *Palaemicrocodium* как индикатор стрессов в позднедевонских рифовых экосистемах // Геология девонской системы: Материалы междунар. симпозиума. — Сыктывкар: Геопринт. — С. 53–56.

2. Антошкина А.И., Седаева К.М. Палеоикрокродии и их природа // Водоросли в эволюции биосферы: Материалы I палеоальгологической конф. — М.: ПИН РАН, 2013. — С. 7–8.

3. Астафьева М.М., Герасименко Л.М., Гентнер А.Р. и др. Ископаемые бактерии и другие микроорганизмы в земных породах и астроматериалах / науч. ред. А.Ю. Розанов, Г.Т. Ушатинская. — М.: ПИН РАН, 2011. — 172 с.

4. Бигун И.В. Закономерности строения и условия образования карбонатных толщ серпуховского яруса нижнего карбона Новгородской и Ленинградской областей // Рифы и карбонатные псефитолиты: Материалы Всерос. литологического совещ. — Сыктывкар: ИГ Коми НЦ УРО РАН, 2010. — С. 28–29.

5. Дегенс Э. Геохимия осадочных образований. — М.: Мир, 1967. — 300 с.

6. Дронов А.В., Савицкий Ю.В. Органогенные постройки в основании окской серии (визе) на северо-западе Московской синеклизы // Палеострат-2003: Годичное собрание секции палеонтологии МОИП. Программа и тезисы докладов / под ред. А.С. Алексева. — М., 2003. — С. 5.

7. Заварзин Г.А., Колотилова Н.Н. Введение в прикладную микробиологию. — М.: Кн. дом «Университет», 2001. — 256 с.

8. Крылов И.Н., Орлеанский В.К. Лабораторная модель образования карбонатных корок в водорослево-бактериальных пленках (искусственные строматолиты и онколиты) // Известковые водоросли и строматолиты (систематика, биостратиграфия, фациальный анализ). — Новосибирск: Наука, 1988. — 232 с.

9. Кузнецов В.Г. Карбонатные отложения докембрия. Состав, условия образования, нефтегазоносность. — М.: И.П. Матушкина И.И., 2010. — 151 с.

10. Луцинина В.А. Эволюция алгофлоры на рубеже протерозоя и фанерозоя // Водоросли в эволюции биосферы: Материалы I палеоальгологической конф. — М.: ПИН РАН, 2013. — С. 78–81.

11. Маслов В.П. Атлас породообразующих организмов. — М.: Наука, 1973. — 267 с.

12. Невеская Л.А. Этапы развития бентоса фанерозойских морей. Палеозой. — М.: Наука, 1998. — С. 360–372.

13. Орлеанский В.К., Жегалло Е.А., Колотилова Н.Н. и др. Цианобактериальные маты (полевые и экспериментальные результаты) // Водоросли в эволюции биосферы: Материалы I палеоальгологической конф. — М.: ПИН РАН, 2013. — С. 89–92.

14. Осипова А.И., Бельская Т.Н. О фациях и палеогеографии серпуховского времени в Подмосковном бассейне // Литология и полезные ископаемые. 1965. № 5. — С. 3–17.

15. Осипова А.И., Геккер Р.Ф., Бельская Т.Н. Закономерности распространения и смены фауны в поздневизейском и раннеамюрском эпиконтинентальных морях Русской платформы // Труды Палеонтологического института АН СССР. Т. 130. 1971. — С. 279–292.

16. Реддинг Х.Г., Коллинсон Дж.Д., Аллен Ф.А. и др. Обстановки осадконакопления и фации. В двух томах. Т. 1 / под ред. Х. Реддинга. — М.: Мир, 1990а. 352 с. Т. 2 / под ред. Х. Реддинга. М.: Мир, 1990б. 384 с.

17. Розанов А.Ю. Ископаемые бактерии, седиментогенез и ранние стадии эволюции биосферы // Палеонтол. журнал. 2003. № 6. — С. 41–49.

18. Савицкий Ю.В., Косовая О.Л., Евдокимова Е.О., Вевель Я.А. Опорный разрез нижнего карбона реки Мста / Путеводитель экскурсий 21–24 сентября 2012 г.: III Всерос. совещ. «Верхний палеозой России: региональная стратиграфия, палеонтология, гео- и биособытия». — СПб., 2012. — 55 с.

19. Справочник по геохимии нефти и газа / под ред. С.Г. Неручева. — СПб.: Недра, 1998. — 576 с.



20. Шванов В.Н., Фролов В.Т., Сергеева Э.И. и др. Систематика и классификации осадочных пород и их аналогов. – СПб.: Недра, 1998. – 352 с.
21. Янишевский М.Э. Краткий отчет о работах 1935 г. // Уч. зап. Ленингр. ун-та. Сер. геол.-почв.-географ. Вып. 3. Т. II. 1936. № 10. – С. 80–95.
22. Matet B.L., Roux A. Algues devono-carboniferous de L'Australie // Rev. Micropaleontol. 1983. Vol. 26. N 2. – P. 63–131.
23. Racki G. Silica-secreting biota and mass extinctions: survival patterns and processes // Palaeogeography. Palaeoclimatology. Palaeoecology. 1999. Vol. 154. – P. 107–132.
24. Riding R. Calcareous algae and stromatolites. Berlin: Springer-Verlag, 1991. – 571 p.

Бигун Ирина Владимировна – аспирант, инженер I кат., ВСЕГЕИ. <bollun@rambler.ru>.

Тугарова Марина Александровна – канд. геол.-минер. наук, вед. инженер, ВНИИОкеангеология им. И.С. Грамберга; СПбГУ. <tugarova@mail.ru>.

Платонов Михаил Вячеславович – канд. геол.-минер. наук, доцент, СПбГУ. <geolog2006@mail.ru>.

Кузьмина Лилия Павловна – студентка геол. факультета, СПбГУ. <bonnich@rambler.ru>.