

DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.6.024
УДК 551.86

Е. О. Мазько, Е. Ю. Барабошкин, Е. В. Коптев

Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва, Россия

МИКРОФАЦИИ ТИТОН-БЕРРИАССКИХ ОТЛОЖЕНИЙ РАЙОНА РЕКИ ТОНАС (ГОРНЫЙ КРЫМ)

Аннотация

Изложена методика микрофациального анализа и результаты его применения для юрско-меловых отложений района реки Тонас (Горный Крым). Обоснована морфология существовавшего в то время карбонатного ступенчатого рампа.

Ключевые слова:

седиментология, стратиграфия, микрофации, Крым, карбонаты, берриас, мел.

E. O. Mazko, E. Y. Baraboshkin, E. V. Koptev

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

MICROFACIES FROM TITONIAN-BERRIASSIAN BOUNDARY INTERVAL IN TONAS RIVER REGION (MOUNTAIN CRIMEA)

Abstract

The article contains information about microfacial analysis and its application for the Upper Jurassic — Lower Cretaceous limestone deposits of Tonas River region (Mountain Crimea). The existence of distally stepped ramp of that time, is substantiated.

Keywords:

sedimentology, stratigraphy, microfacies, Crimea, carbonates, Berriasian, Cretaceous.

Введение

Одной из нерешенных проблем современной стратиграфии является установление границы между юрской и меловой системами. Одним из самых перспективных районов для изучения этого интервала является Крым. Поэтому юрско-меловой разрез по реке Тонас представляет собой безусловный интерес как с точки зрения стратиграфии, так и с точки зрения седиментологии. Изучением стратиграфии данного разреза занимались В. В. Друщиц, Т. Н. Горбачик, Т. Н. Богданова, В.В. Аркадьев и многие другие, но седиментологией данного разреза практически никто не занимался. По этой причине работа направлена, в первую очередь, именно на седиментологическое изучение разреза.

Фактический материал

В 2018 г. автором совместно с Е. В. Коптевым был изучен и описан разрез верхнеюрских-нижнемеловых отложений района реки Тонас, вдоль шоссе Белогорск — Приветное. Разрез начинается на северной окраине села Красносёловка (Центральный Крым, 15 км от г. Белогорска) и продолжается на протяжении 2,5 км вдоль шоссе на юг (рис. 1). Всего было описано 679,7 м разреза (включая задернованные участки).

Породы моноклинально наклонены на север и северо-запад, нарушены пологими малоамплитудными (?) разрывами, сопровождаемыми тектоническими клиньями (Юдин, 2011; Барабошкин, 2016). Разрез представлен утоняющейся вверх последовательностью турбидитовых отложений. В нижней части представлены самые грубообломочные отложения — кальцибрекчии, имеющие

большую мощность (2–5 м). Они исчезают в центральной части разреза, сменяясь менее мощными кальцитурбидитами, имеющими ритмичное строение и признаки зоны 1 цикла Майшнера. К верхам разреза их количество и мощность уменьшаются, в разрезе начинают доминировать известковые глины.

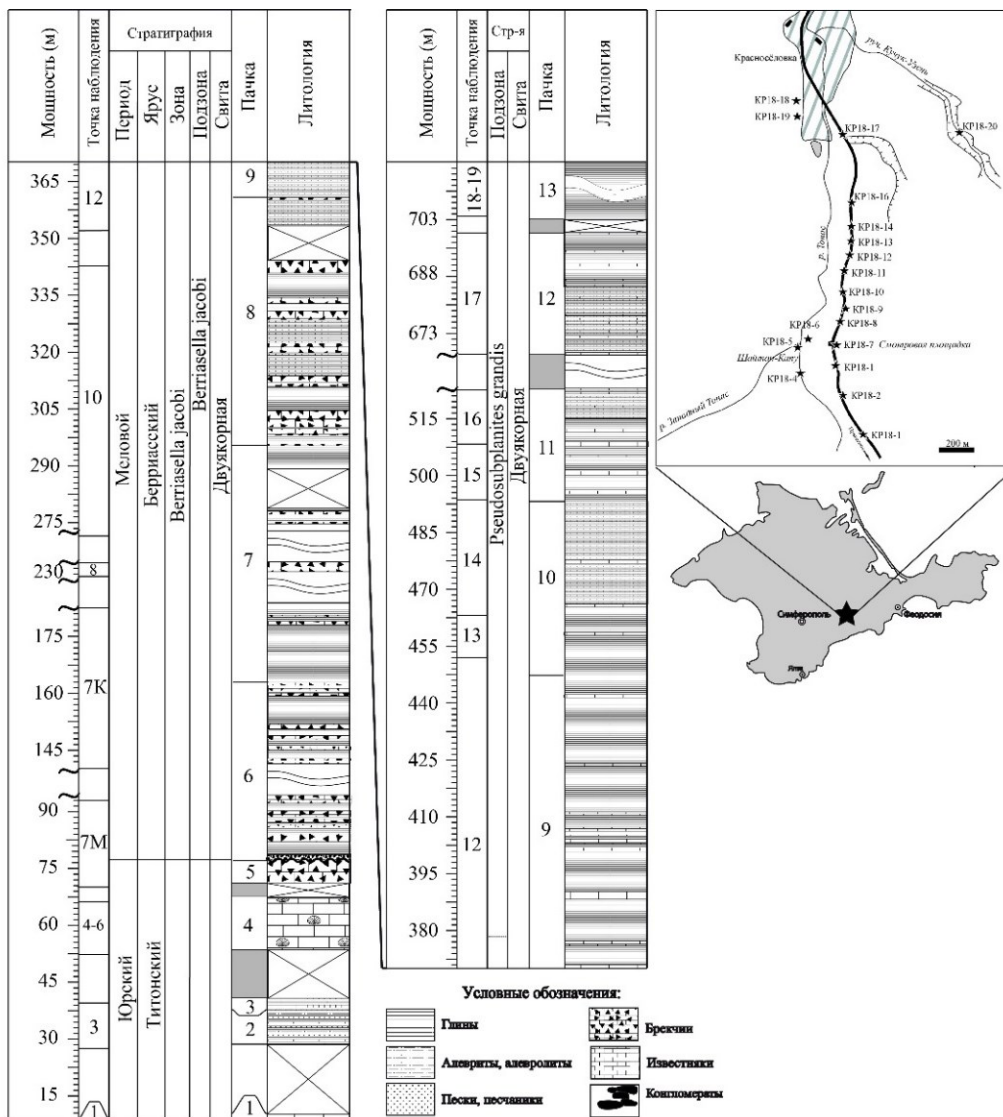


Рис. 1. Местоположение и строение разреза по реке Тонас

Fig. 1. Location and stratigraphy of the studied section in Tonas River

Методика исследований

Помимо полевого изучения разреза при изучении карбонатных пород использовался метод микрофациального анализа, изложенный в фундаментальной работе Э. Флюгеля (Flügel, 2010). Цель микрофациального анализа — восстановление условий осадконакопления и дальнейших преобразований,

которые прошли карбонатные породы. По определению Э. Флюгеля (Flügel, 2010), микрофацция — совокупность всех седиментологических и палеонтологических данных, которые могут быть описаны и классифицированы в шлифах, спилах, отполированных образцах или образцах породы.

Методика основана на постулате, что распределение фаций в бассейнах с карбонатной седиментацией закономерно. Обобщенные и идеализированные микрофациальные типы для окаймленных карбонатных платформ в тропических областях называются стандартными (СМФ), они детально описаны в работах Дж. Уилсона и Э. Флюгеля (Flügel 2010). Каждая СМФ встречается наиболее часто в определенной фациальной зоне (ФЗ). Установление микрофаций производится на основе шлифов. При изучении применялась классификация Р. Данэма, модифицированная Э. Эмбраем и Э. Кловеном (Embry, Klován, 1971).

На основе шлифов выделялись микрофациальные типы (МФТ), после этого производилось сравнение выделенных типов со стандартными микрофациями. Установление МФТ основано на общем генетическом признаке, раскрыть который удаётся с помощью анализа структуры, микротекстуры, состава аллохем, их окатанности, сортировки, количественного соотношения.

Для определения микрофаций описывались: структура породы (определение типа породы по классификации Данэма, включая размер зёрен, сортировку и упаковку); встреченные виды карбонатных зёрен (биофрагменты, пелоиды, ооиды, кортоиды, онкоиды, агрегатные зёрна, литокласты и др.); матрикс или цемент, его состав, распространение, процентное содержание, кристалличность, текстура (для матрикса); распределение и процентное соотношение основных видов зёрен, для биофрагментов — определение типа фаунистических остатков; микротекстура (в отличие от текстуры, описание которой велось в поле, микротекстура — текстура, описанная в шлифе), слоистость, характер микрита, биотурбации.

Установленные МФТ сравнивались со стандартными микрофациями окаймлённых платформ (СМФ) и рампов (РМФ). При этом в основном учитывался тип аллохем, матрикса, первичные текстуры и состав фауны.

Результаты исследования

Было установлено шесть МФТ (рис. 2).

МФТ 1 — глинистые вак-мадстоуны. Породы сложены микритом (89–97 %) и небольшой частью зёрен (11–3 %). Зёрна имеют в основном алевритовую и мелкопесчаную размерность (от 0,01 до 0,2 мм). Они представлены различным биогенным детритом, редкими раковинками бентосных фораминифер, раковинами радиолярий, а также единичными находками кальцифер. Встречаются немногочисленные зёрна кварца, а также редкий углефицированный растительный детрит. Текстура преимущественно линзовидная и биотурбитовая, подчёркнутая прослойками карбонатных зёрен. Биотурбации выделяются визуально более темными и светлыми участками в отраженном свете. Однако при микроскопическом изучении отличия более светлых и более темных участков не выражены.

Интерпретация. Доминирование микрита свидетельствует об обстановке накопления ниже базиса волн в условиях защищенных лагун окаймлённых платформ либо в глубоководных условиях подножия склонов и абиссали (Flügel, 2010). Ассоциация данного МФТ с МФТ 2, 3, 4, 5 связывает их образование

с формированием турбидитов на склоне и подножии. Накопление карбонатного ила может происходить за счёт его выпадения из суспензионного облака турбидитов либо как фоновая глубоководная седиментация (Tucker, Wright, 1990). Данный МФТ включает в себя оба механизма формирования. Примесь кварцевых зёрен, вероятно, является результатом ветрового переноса, о чём может свидетельствовать их малое количество и мелкий размер.

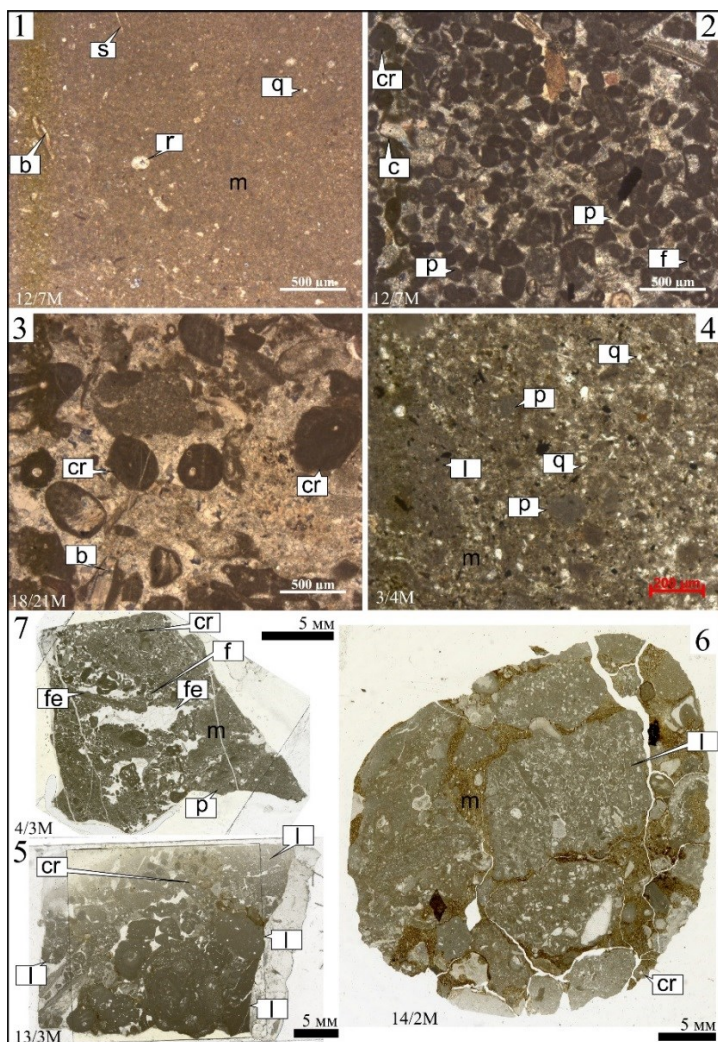


Рис. 2. Установленные МФТ, номера фотографий совпадают с номером МФТ. Николи +: cr — *Crescentiella (Tubiphytes) morronensis*; s — известковые губки; l — литокласты; b — биокласты; fe — фенестры; m — микрит; q — кварц; f — фораминиферы; r — радиолярии; p — пелоиды

Fig. 2. MFTs. Number of the picture compared to the number of MFT. Plane-polarized light. Legend: cr — *Crescentiella (Tubiphytes) morronensis*; s — calcareous sponges; l — litoclasts; b — bioclasts; fe — fenestrals; m — micrite; q — quartz; f — foraminiferas; r — radiolarians; p — peloids

МФТ 2 — биокластово-пелоидные пак-грейнстоуны с микритизированными зёрнами. Породы преимущественно состоят из карбонатных зёрен (60–70 %) и цемента / матрикса (30–40 %). Зёрна имеют алевритовую и мелкопесчаную размерность (от 0,01 до 0,2 мм). Сортировка от средней до хорошей. Самые встречаемые зёрна — пелоиды (до 60–70 % от всех зёрен). Нередко встречаются пелоиды багамитового типа. Также распространены литокласты, в основном обломки мадстоунов и вакстоунов, ооиды, кортоиды и биокласты. Среди биокластов наиболее часто встречаются микритизированные раковины бентосных фораминифер, обломки двустворок, известковых губок, кораллов, членики криноидей и иглы морских ежей, а также различные образования известковых водорослей и микропроблематики (*Crescentiella morronensis*, ассоциация *Lithocodium-Bacinella*). Текстура преимущественно градационно-слоистая, отражается не только в изменении размера зёрен, но и в их составе. Более грубозернистая часть состоит преимущественно из лито- и биокластов, пелоидов, а более тонкозернистая преимущественно из пелоидов. Встречается горизонтально-слоистая текстура, подчеркнутая расположением удлиненных частиц.

Интерпретация. Образование кальцилутитов с микритизированными зёрнами может происходить в различных частях рампа, от мелководных отмелей и лагун до склона и его подножья при реседиментации. Микритизация зёрен — это замещение первичной структуры карбонатных зёрен микритом под воздействием различных биологических и биохимических процессов. Наиболее интенсивно она проявлена в мелководных (до 20 м) условиях с активной гидродинамикой (Кабанов, 2000; Flügel, 2010). Кроме микритизированных зёрен в породе присутствуют различные литокласты, немикритизированные биокласты и цельные раковины фораминифер, двустворок, криноидей. Обломки имеют хорошую окатанность и сортировку. Совокупность этих факторов, частая градационная слоистость, наличие неритовой нектонной (аммониты) и бентосной (криноидей) и ассоциация с МФТ 1 и 4 позволяет связать образование данного МФТ с обстановками склона и его подножья, осаждение при выпадении зёрен из турбидитного потока.

МФТ 3 — биокластовые грейн-пакстоуны. Порода состоит из карбонатных зёрен (60–70 %) и цемента / матрикса (30–40 %). Зёрна имеют в основном алевритовую и мелко-среднепесчаную размерность (от 0,01 до 0,5 мм). Сортировка от плохой до средней. Основную массу породы слагают биокласты и кортоиды, частично ооиды и литокласты. Биокласты представлены обломками двустворок и различными фрагментами иглокожих, в меньших количествах встречены бентосные фораминиферы и водорослевые образования. Кортоиды развиваются по обломкам иглокожих, чаще всего по членикам криноидей. Текстура в основном массивная, неяслосноистая, а зачастую и биотурбитовая.

Интерпретация. Условия образования аналогичны МФТ 2, основным отличием от которого является иной состав зёрен, массивная текстура и наличие большого количества матрикса. Отличия могут отражать иной механизм образования отложений (выпадение из более грубозернистых турбидитовых потоков), размыв и реседиментацию иного источника сноса (более глубоководных частей рампа) или динамику осаждения более крупных карбонатных частиц определенного состава, подмеченную М. Такером (Tucker, Wright, 1990).

МФТ 4 — пелоидные пак-вакстоуны. Породы состоят из карбонатных зёрен (30–40 %) и цемента / матрикса (70–60 %). Зёрна имеют в основном алевритовую и мелко-среднепесчаную размерность (от 0,01 до 0,5 мм). Сортировка от плохой до средней. Биокласты представлены угловатым детритом, бентосными фораминиферами и радиоляриями. Пелоиды нередко имеют нечеткие очертания и границы с матриксом, однако выделяются в отдельные зёрна.

Интерпретация. Наличие переотложенных частиц и ассоциация с предыдущими МФТ свидетельствуют о схожих условиях образования. Большое количество микрита предполагает два возможных пути осаждения материала. Первый — позднее осаждение из суспензионного облака (Tucker, Wright, 1990). Второй вариант — выпадение из турбидитового потока с большим количеством мелкозернистого и пелитового материала. Автор склоняется к первому предположению на основании надстраивания МФТ 1 в кровле и подстилания МФТ 2 в подошве.

МФТ 5 — био-литокластовые рудстоуны. Порода преимущественно состоит из карбонатных зёрен (60–70 %) и цемента / матрикса (40–30 %). Зёрна имеют различный размер, от алевритового и мелкопесчаного до гравийного (от 0,01 до 10–50 мм). Сортировка плохая, зёрна в основном окатаны. Основным элементом — крупные литокласты известняков с различных частей карбонатной платформы. Также присутствуют различные биокласты, ооиды, кортоиды, пелоиды и другие карбонатные зёрна. Текстура сложна и комбинируется на макроскопическом уровне в ритмы, однако никак не проявлена на микроуровне (ввиду размера зёрен).

Интерпретация. Крупно- и грубообломочные известняки могут образовываться в результате разрушения и переотложения материала как в мелководных, так и в глубоководных частях рампа (Flügel, 2010). Наличие обломков пород как мелководной, так и глубоководной ассоциации, фауны смешанного состава, ассоциация с МФТ, выделенными ранее, говорит об образовании такого типа осадков на склоне и подножии склона в результате схождения мутьевых потоков. МФТ часто надстраивается другими и является самой грубозернистой и нижней частью циклов Майшнера или Боума.

МФТ 6 — литокластовые флоатстоуны. Порода преимущественно состоит из карбонатных зёрен (60–70 %) и цемента / матрикса (40–30 %). Зёрна имеют различный размер, от алевритовую и мелкопесчаной до гравийной и галечной (от 0,01 до 10–100 мм). Сортировка плохая, зёрна в основном окатаны. В данном МФТ опорой зёрен служит микритовый матрикс, гетерогенный, вмещающий как крупные литокласты, так и совсем мелкие пелоиды и биокласты.

Интерпретация. Основное отличие выделенного МФТ от МФТ 5 — поддержка зёрен микритом, преобладание литокластов над другими зёрнами и их больший средний размер. При аналогичных обстановках образования различия могут скрываться в механизмах переноса осадка. Более крупный размер частиц и наличие большого количества связывающего материала характерен для отложений дебритов (Tucker, Wright, 1990).

МФТ 7 — фенестровые байндстоуны. Порода состоит из карбонатных зёрен (60–70 %) и цемента / матрикса (40–30 %). Зёрна имеют различный размер, от алевритовой до мелкопесчаной (от 0,01 до 0,1–0,3 мм). Сортировка плохая, зёрна в основном окатаны. Зёрна, слагающие МФТ, практически не отличаются от таковых в предыдущих (преобладают пелоиды, в меньшем количестве

биокласты), однако главной особенностью является наличие в породах фенестр — полостей, заполненных спаритом или пустых, а также редкие слоистые текстуры, схожие с биогенными текстурами строматолитов.

Интерпретация. Образование таких структур происходит на крайнем мелководье несколькими путями: за счёт разложения органического вещества и образования пузырьков газа, «раздвигающих» осадок, либо как первичные полости между пленками строматолитов или водорослей. Подобные микрофации образуются в условиях литорали внутри водорослевых маршей (Flügel, 2010). Наличие корок обрастания и редкие структуры чередования микрита и пелоидов, наличие микроинкрустаторов и редких крупных известковых губок наводят на мысль о микробном образовании данных пород.

Обсуждение результатов

Породы представлены обломочными и микритовыми известняками, они обладают плохой и средней сортировкой. Карбонатные зёрна представлены окатанными и угловатыми литокластами известняков (вакстоунов и мадстоунов), биокластами с микритизированной оболочкой, онкоидами и пелоидами. Перечисленные карбонатные зёрна образовывались в основном в условиях низкой гидродинамики среды в различных частях карбонатного рампа. Наличие их в изученных породах указывает на реседиментацию. Образование МФТ 1–6 связано с различными видами гравитационных потоков на склоне и их производными. При этом МФТ 1, в отличие от остальных, формировалась в условиях слабой гидродинамики. Образование МФТ 7 связано с условиями внутренних частей рампа или карбонатной платформы. Образование происходило на мелководье. При сравнении со стандартными микрофациями окаймленных платформ (СМФ) и рампов (РМФ) отложения имеют детали и характеристики, присущие обеим моделям. Выделенные МФТ соответствуют модели ступенчатого рампа, установленному для ЮВ Крыма (Барабоскин, 2016), для которого, в отличие от гомоклинального рампа, не характерно наличие турбидитов и дебритов из-за отсутствия резкого склона.

Подобные склоны связаны с разрывными нарушениями, активизация которых может приводить к сейсмической активности и мобилизации большого количества материала.

В современных работах были изучены микрофации для известняков первой гряды Северо-Западного и Центрального Крыма (Байдарская долина, Ай-Петринская и Ялтинская яйлы, г. Пахкал-Кая и Демерджи яйла) (Барабоскин, Пискунов, 2010; Пискунов и др., 2012; Гужиков и др., 2012; Рудько, 2018). Микрофации двукорной свиты в районе Феодосии были детально описаны в бакалаврской работе Е. Е. Барабоскина (2017). Литологический состав пород в изученном разрезе и в разрезах Феодосии практически аналогичен. Выделенные МФТ для разновозрастных отложений района Феодосии отвечают фациальной зоне склона окаймлённой платформы или внешней зоне ступенчатого рампа.

Выводы

Изученные пограничные отложения титона-берриаса накапливались на склоне и подножии склона ступенчатого рампа (рис. 3). В пользу этой гипотезы говорит отсутствие микрофаций барьерных рифов как в изученных слоях грейнстоунов и рудстоунов, так и в литокластах из кальцибрекчий. Отложения

являются производными от различных гравитационных потоков, в основном турбидитовых. Совершенно отличный от остальных мелководный МФТ 7 свидетельствует, скорее, в пользу тектонической позиции соответствующих пород в изученном разрезе, что согласуется с данными других исследователей (Пискунов и др., 2012; Барабошкин, 2016). Наличие разнообразных микрофаций, относящихся к склону и подножию склона, присутствие циклов Майшнера и Боума подтверждает наличие резко выраженного склона и существование ступенчатого рампа (Барабошкин, 2016).

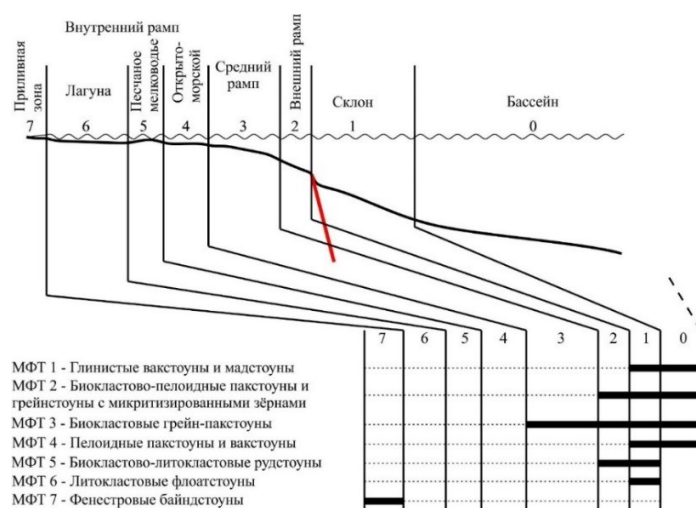


Рис. 3. Седиментологическая модель титон-берриасского ступенчатого рампа и распределение изученных МФТ по фациальным зонам

Fig. 3. Sedimentological model of titonian-berriassian distally-stepped ramp of the studied area and location of MT in different facial zones

Литература

Барабошкин Е. Ю. История геологического развития Крыма. Докембрий — ранний мел // Эколого-ресурсный потенциал Крыма. История формирования и перспективы развития // под ред. Е. Ю. Барабошкина, Е. В. Ясеновой. СПб.: ВВМ, 2016. Т. 1. С. 38–84.

Барабошкин Е. Е. Этапность формирования и ихнокомплексы пограничных отложений юры — мела района Феодосии: выпускная квалификационная (магистерская) работа / Геологический факультет МГУ. М., 2017. 131 с.

Барабошкин Е. Ю., Пискунов В. К. Строение и условия формирования верхнеюрских отложений района г. Пахкал-Кая (Крым) // Вестник Московского государственного университета (МГУ). 2010. Сер. 4, геология. Вып. 1. С. 17–25.

Гужиков А. Ю., Аркадьев В. В., Барабошкин Е. Ю., Багаева М. И., Пискунов В. К., Рудько С. В., Перминов В. А., Маникин А. Г. Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому-меловому интервалу Восточного Крыма // Стратигр. Геол. корр. 2012. Т. 20, вып. 3. С. 35–71.

Кабанов П. Б. Микритизация частиц как фациальный индикатор в мелководноморских карбонатных породах // Бюл. МОИП. Отд. геол. 2000. Т. 75, вып. 4. С. 39–48.

Пискунов В. К., Рудько С. В., Барабошкин Е. Ю. Строение и условия формирования верхнеюрских отложений района плато Демерджи (Горный Крым) // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2012. Т. 87, вып. 5. С. 7–23.

Рудько С. В. Обстановки накопления верхнеюрских отложений байдарской котловины и эволюция крымской карбонатной платформы // Литология и полезные ископаемые. 2018. № 4. С. 337–354.

Юдин В. В. Геодинамика Крыма. Симферополь: ДИАЙПИ, 2011. 336 с.

Embry A. F., Klovan J. E. A late Devonian reef tracton northeastern Banks Island // N. W. T. — Bull. Canadian Petrol. Geol. 1971. 19. P. 730–781.

Flügel E. Microfacies of Carbonate Rocks: Analysis, Interpretation and Application. Second Edition. Berlin; Heidelberg: Springer-Verlag, 2010. 984 p.

Tucker M. E., Wright V. P. Carbonate Sedimentology. Oxford: Blackwell Science, 1990. 482 p.

Сведения об авторах

Мазько Евгений Олегович

студент, МГУ им. М. В. Ломоносова, eomazko@gmail.com

Барабошкин Евгений Юрьевич

доктор геолого-минералогических наук, профессор, МГУ им. М. В. Ломоносова, barabosh@geol.msu.ru

Коптев Егор Витальевич

студент, МГУ им. М. В. Ломоносова, coptevegor@gmail.com

Mazko Evgeniy Olegovich

Student, Lomonosov Moscow State University, eomazko@gmail.com

Baraboshkin Evgeniy Yurievich

Doctor of Sciences (Geology & Mineralogy), Full Professor, Lomonosov Moscow State University, barabosh@geol.msu.ru

Koptev Egor Vitalievich

Student, Lomonosov Moscow State University, coptevegor@gmail.com

DOI: 10.25702/KSC.2307-5252.2019.6.025

УДК: 552.16 : 550.93 : 551.71 : 551.24(470.22)

Д. А. Машкин^{1,2}, П. Я. Азимов¹

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

**ДВА ЭТАПА ВЫСОКОГРАДНОГО МЕТАМОРФИЗМА
В МЕТАГАББРОНОРИТАХ ЧУПИНСКОГО ПОЯСА
(ВЕРХНЕ-ПУЛОНГСКОЕ ОЗЕРО, БЕЛОМОРСКИЙ ПОДВИЖНЫЙ ПОЯС,
СЕВЕРО-ВОСТОЧНАЯ ФЕННОСКАНДИЯ)**

Аннотация

Изучение метагабброноритов Беломорского подвижного пояса (БПП) северо-востока Фенноскандии методом мультиравновесной термобарометрии (TWEEQU) показывает существование в палеопротерозое БПП двух высокотемпературных гранулитовых метаморфических событий: низкобарического ($T \approx 800\text{--}960\text{ }^\circ\text{C}$, $P \approx 0,5\text{--}5$ кбар) и следующего за ним высокобарического (до $700\text{--}750\text{ }^\circ\text{C}$ и $20\text{--}25$ кбар).

Ключевые слова:

метаморфизм, метагаббронорит, Беломорский подвижный пояс, термобарометрия, TWEEQU, высокобарные гранулиты.