УДК 551.762.33

# ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЙДАРСКОЙ КОТЛОВИНЫ И ЭВОЛЮЦИЯ КРЫМСКОЙ КАРБОНАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

© 2018 г. С. В. Рудько

Геологический институт РАН 119017 Москва, Пыжевский пер., 7 e-mail: svrudko@gmail.com Поступила в редакцию 11.02.2016 г.

В статье приволятся результаты литологического изучения верхнеюрских известняков, флишоилов и известняковых брекчий в южном борту Байдарской котловины Горного Крыма. На основании изучения микрофаций установлено, что известняки представлены отложениями лагун, отмелей края платформы, рифов и предрифовых шлейфов склона карбонатной платформы. Флишоиды включают отложения дистрибутивных турбидитовых каналов, а также гемипелагические осадки глубоководной части бассейна. Известняковые брекчии формировались в подножии и на склоне карбонатной платформы, в результате схода гравитационных потоков. Присутствие гравитационных отложений в составе верхнеюрских карбонатных комплексов Горного Крыма может свидетельствовать о первоначальном клиноформном строении этой осадочной толщи. В результате сопоставления полученных седиментологических данных реконструирована фациальная модель Крымской карбонатной платформы и рассмотрены главные эпизоды ее формирования. Развитие карбонатного шельфа было связано с двумя трансгрессивно-регрессивными циклами. На инициальной стадии, в оксфордское время, на удалении от берега сформировались куполовидные рифы. Становление карбонатной платформы произошло в раннем кимеридже, на стадии низкого стояния уровня моря, когда появились отложения внутренней части платформы, примыкавшей к суше. В позднем кимеридже и раннем титоне конфигурация профиля карбонатной платформы была близка к ступенчатому рампу, на фоне трансгрессии происходила активная ее проградация и расширение площади шельфа. В позднем титоне-раннем берриасе, в результате регрессии, рамп был преобразован в платформу с выровненным мелководным шельфом. Вблизи границы юры и мела происходили тектонические деформации, что привело к образованию мегабрекчий на фронтальном склоне карбонатной платформы. На тектонически переработанную толщу отложений "отмершей" карбонатной платформы трансгрессивно налегают верхнеберриаские или нижневаланжинские относительно глубоководные отложения мелового платформенного чехла.

DOI: 10.7868/S0024497X18040043

Верхнеюрские известняки слагают Первую гряду Крымских гор (яйлу), которая вдоль южного берега Крыма ограничена отвесными обрывами высотой до 600 м. Близкие по облику и времени формирования осадочные комплексы прослеживаются внутри альпийского пояса от Пиренеев до Гималаев и в совокупности характеризуют отложения карбонатных платформ, существовавших в пределах окраинных морей океана Тетис вдоль Евразийского континента. Так же как их современные аналоги (Багамская банка, шельф Флориды, Персидский залив, Большой барьерный риф и др.), эти карбонатные платформы представляли собой обширные области устойчивого биогенного карбонатного осадконакопления на континентальных окраинах и внутриокеанических поднятиях. Они характеризовались различной морфологией и фациальным

составом, которые, в свою очередь, определялись геодинамическим режимом, климатом и другими параметрами среды осадконакопления.

Имеющиеся данные о фациях и динамике формирования Крымской карбонатной платформы (КПП) (термин введен в работе [Кгајеwski, Olszewska, 2006]) основаны на результатах микрофациальных исследований пород из разрезов верхнеюрских карбонатных комплексов в центральной (Ай-Петри, Ялтинская яйла) и восточной (Демерджи-яйла) частях Крымских Гор (рис. 1). М. Краевский [Кгајеwski, 2010] изучил массивные известняки на южном склоне Ялтинской и Ай-Петринской яйл и показал, что большая часть рифовых комплексов ККП не является коралловыми постройками, как это считалось ранее [Пчелинцев, 1963; Успенская, 1969], а образована разнообразными



**Рис. 1.** Поле выходов верхнеюрских отложений на Крымском полуострове и расположение яйл. *1* – поле выходов преимущественно карбонатных мелководных верхнеюрских отложений; *2* – поле выходов преимущественно глинистых глубоководных верхнеюрских отложений.

Буквами обозначено положение обсуждаемых в статье карбонатных массивов и плато (яйлы) Горного Крыма: а – Байдарская яйла; б – Ай-Петринская яйла; в – Ялтинская яйла; г – Демерджи-яйла; д – Караби-яйла. Квадратом показан район исследований.

организмами - губками, кораллами, водорослево-бактериальными колониями, а также различными видами микроорганизмов инкрустаторов. М. Краевский [Krajewski, 2010] впервые указал на присутствие микробиальных построек – тромболитов в ассоциации с кораллами *Microsolena*, которые он интерпретировал как биостромы или биогермы нижней части фронтального склона платформы, формировавшиеся на глубинах в первые десятки метров. В сводном разрезе Ай-Петринской и Ялтинской яйл он выявил последовательность изменения фаций от пологого склона карбонатной платформы к фациям бровки и внутренней части шельфа, которая соответствует этапу проградации карбонатной платформы. Возраст этих отложений был установлен в интервале от оксфорда(?)-кимериджа по титон-берриас(?) на основании изучения бентосных фораминифер в шлифах [Krajewski, Olszewska, 2006].

Изучение слоистых известняков Демерджи-яйлы позволило получить подробную характеристику фаций внутренней части карбонатной платформы [Пискунов и др., 20126] в раннетитонское время [Рудько и др., 2014]. Микрофациальные ассоциации известняков Демерджи не имеют принципиальных отличий от известняков верхней части разреза района Ай-Петри, но их возраст был установлен более точно Sr-хемостратиграфическим методом, что позволило оценить скорость приращения мощности карбонатной платформы. Выявленные здесь микрофации и их различные сочетания характеризуют фациальные зоны супралиторали, литорали, ограниченной лагуны, открытой лагуны и сублиторали, а также ооидной отмели и лоскутных рифов края окаймленной карбонатной платформы.

В настоящей статье рассмотрены результаты изучения микрофаций известняков южного борта Байдарской котловины (БК), которая находится в западной оконечности Первой гряды Крымских гор, на удалении от ранее изученных районов. Верхнеюрские карбонатные отложения в этом районе включают не только широко развитые на яйле массивные и слоистые известняки, но и известняковые брекчии, а также мергелистые отложения флишоидного типа, что позволило предполагать присутствие здесь краевых и склоновых фаций карбонатной платформы. В свете новых данных обсуждаются вопросы фациальной зональности и морфологии ККП. Кроме того, представлена модель строения и эволюции ККП, основанная на сопоставлении удаленных разрезов, имеющих надежную стратиграфическую характеристику.

## МАТЕРИАЛЫ

Описание строения района, положение изученных разрезов и обоснование возраста отложений БК, получивших микрофациальную характеристику, рассмотрены в работе [Рудько и др., 2017]. Толща массивных известняков яйлы (I-b) изучена в трех разрезах суммарной мощностью около 300 м, микрофации изучались в петрографических шлифах (71 шлиф). Отбор образцов, как правило, проводился через 5 м. При возможности более детальных наблюдений, позволяющих выделить фациальные разности известняков, каждая из них отбиралась для микрофациального изучения. Характеристика толши флишоидных отложений (II-b) и известняковых брекчий (III-b) приведена на примере двух опорных разрезов, каждый из которых включает в нижней части флишоиды и нарашивается вверх слоями известняковых брекчий. Микрофации толщи II-b изучены в 17 шлифах, толщи III-b – в 88 шлифах. Отбор образцов для изучения микрофаций в известняковых брекчиях осуществлялся следующим образом: из отдельных слоев, равномерно распределенных по мощности в разрезе, были сделаны выборки, состоящие из 8-10 обломков брекчий и пробы матрикса породы. Это позволило определить степень смешения микрофаций карбонатных пород внутри слоев и оценить направленность изменения состава обломков в разрезах.

### ОПИСАНИЕ РАЗРЕЗОВ

Разрез 1 "Чертова Лестница" описан на юговосточном склоне г. Мердвен-Кая (рис. 2а). Пачки выделены на основании макроскопических и микрофациальных наблюдений в шлифах. В нижней части разреза (пачка 1, 33 м) (рис. 3) известняки имеют темно-серый оттенок, изредка в них отмечается присутствие прослоев мощностью в первые сантиметры. Здесь встречены (снизу-вверх): пелоидно-фораминиферовые пакстоуны<sup>1</sup>; пакстоуны с дазикладовыми водорослями, детритом моллюсков и иглокожих, онкоидами и редкими ооидами; слоистые ооидные и кортоидные грейнстоуны со следами размывов.

Пачка 2 (30 м) начинается с появления в разрезе светло-серых массивных известняков. Микрофации представлены: фенестральными баундстоунами с обломками дазикладовых водорослей, одиночными кораллами, детритом раковин моллюсков, скрепленных микроинкрустаторами; пакстоунами с раковинным детритом и немногочисленными онкоидами с поростроматовыми рубашками; фенестральными баундстоунами и микробрекчиями с обломками рифовой ассоциации. В обломках встречаются единичные кораллы, тромболиты, инкрустаторы *Bacinella irregularis*, *Crescentiella morronensis*, *Koskinobullina socialis*, а также редкие в изученных отложениях кубки губок.

Пачка 3 (80 м) выделена по изменению микрофаций в массивных трещиноватых известняках средней части разреза. В нижней части пачки установлены: пелоидальные вак-пакстоуны с обломками кораллов и инкрустаторов *Taumathoporella parvovesiculifera*; интракластовые флоатстоуны; биндстоуны, образованные *B. irregularis* и *T. parvovesiculifera* с единичными онкоидами. В верхней части пачки: пелоидальные пакстоуны и флоатстоуны с обломками дазикладовых водорослей, литуолидами, раковинным детритом и редкими крупными онкоидами, а также онкоидные флоатстоуны со следами палеокарста. Известняки имеют светло-серую окраску, массивный облик и нарушены системой крупных субвертикальных трещин.

Слоистые известняки пачки 4 (30 м) выполняют пологие впадины, образованные неровной поверхностью кровли массивных известняков пачки 3, граница между пачками хорошо заметна при дистанционных наблюдениях (см. рис. 2а). Мощность прослоев составляет около 30–40 см. Это плохо отсортированные пак-грейнстоуны с гастроподами, двустворками, мшанками, кораллами, иглокожими, пелоидами багамитного типа, микроинкрустаторами *Lithocodium aggregatum* и *С. morronensis*. Зерна могут быть цельными, абрадированными или поломанными до мелкого детрита.

<u>Разрез 2 "г. Мшатка".</u> Горой Мшатка (см. рис. 26) назван южный обрыв самой западной части Ай-Петринской яйлы. Пачки выделены на основании микро- и макроскопических наблюдений (см. рис. 3). В нижней части разреза (пачка 1, 17 м) отмечены выходы коричневатых слоистых известняков, местами видна троговая или табулярная косая слоистость. Микрофации включают среднесортированные рудстоуны и грейнстоуны с интракластами тромболитов (рис. 4а), реже губками, иглокожими, серпулидами, желваками тубифит *С. morronensis*, пелоидами и редким детритом моллюсков. Верхняя часть пачки состоит из баундстоунов с перечисленными компонентами, которые скреплены пелмикритом (тромболитом).

В основании пачки 2 (30 м) отмечаются брекчиевидные слои с троговой и табулярной слоистостью. Косослоистые горизонты разделены эрозионными поверхностями через 70–120 см. Эти известняки представлены пакстоунами, рудстоунами и микробрекчиями, в которых резко преобладают интракласты тромболитов.

Пачка 3 (12 м) представлена грубослоистыми интракластовыми известняками, скрепленными тромболитом, которые постепенно сменяются трещиноватыми известняками, состоящими из тромболитов с желваками тубифит, терребеллидами, серпулидами, детритом кораллов и иглокожих.

Пачка 4 (10 м) представлена слоистыми пелоидально-интракластовыми грейнстоунами и рудстоунами (см. рис. 4б), в которых иногда отмечается градационная слоистость. Зерна бывают слабоокатанными, но сортировка зерен всегда хорошая. В составе обломков часто встречаются тромболиты, детрит иглокожих, пелоиды, а зерна (ооиды, онкоиды) и биокласты (детрит кораллов, бентосных моллюсков и др.), типичные для мелководья — крайне редко. Первичное поровое пространство в грейн-рудстоунах выполнено корочковым зубчатым спаритом, а в центральной части пор — спаритом, реже алломикритом, что свидетельствует в пользу морского происхождения корочковых цементов.

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup> Здесь и далее текстура карбонатов определена по классификации [Embry, Klovan, 1971].

г. Мшатка Пачка 5 Пачка 3 Пачки 1-6 B Пачка ] -ODVH Пачка 2 г. Мердвен-Кая Пачка 4 Пачка 2

(a)



**Рис. 2.** Фотографии изученных разрезов и текстурных особенностей отложений. а – разрез 1 "Мердвен-Кая" с подразделением на пачки (видна субвертикальная трещиноватость и неровная кровля пачки 3); 6 – разрез 2 "Мшатка" с подразделением на пачки, поверхности склона карбонатной платформы показаны стрелками; в – косослоистые отложения пачки 3 разреза "Мшатка"; г – взаи-моотношения выделенных пачек в разрезе 3 "Донгуз-Орун".

(L)

## ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЙДАРСКОЙ КОТЛОВИНЫ 341



#### Рис. 2 (окончание).

д – куполовидная микробиальная постройка в отложениях пачки 1 разреза "Донгуз-Орун"; е – разрез 5 "Кутур-Кая" с подразделением на толщи; ж – верхняя часть разреза 4 на западном склоне г. Биюк-Синор, слоистые брекчии пачек 4–5 и брекчии с хаотичной текстурой пачки 6; з, и – текстурные особенности известняковых брекчий толщи III-b: з – переслаивание крупнозернистых известняков (грейн-рудстоунов) и известняковых брекчий, и – обратная градационная слоистость отложений дебрисных потоков.

Пачка 5 (27 м) вскрывается на поверхности яйлы. Известняки здесь грубослоистые или массивные, встречаются крупные колониальные формы кораллов. Известняки представлены переслаиванием коралловых фреймстоунов с тромболитом, выполняющим полости, и интракластовых микрофаций, в которых часто появляются обломки кораллов, а также раковин моллюсков. Встречаются прослои хорошо отсортированных пелоидальных пакстоунов с редкими теребеллидами и мелкими бентосными фораминиферами. Пространство между кораллами выполнено тромболитовым пелмикритом, на стенки кораллов нарастают инкрустаторы *C. morronensis* и *K. socialis*.

<u>Разрез 3 "Хребет Донгуз-Орун"</u> расположен в западной части Байдарской яйлы. Известняки здесь имеют сложный характер залегания, вероятно, связанный с первичной седиментационной



## ОБСТАНОВКИ НАКОПЛЕНИЯ ВЕРХНЕЮРСКИХ ОТЛОЖЕНИЙ БАЙДАРСКОЙ КОТЛОВИНЫ 343

Рис. 3. Строение изученных разрезов Крымской карбонатной платформы.

1-5 – состав пород: 1 – известняки, 2 – известняковые брекчии, 3 – известняковые брекчии с кварцевой и песчаной примесью ("пудинги"), 4 – переслаивание мергелей и известняков, 5 – переслаивание глин и кальцитурбидитов; 6-17 – текстуры, характер напластования: 6 – нормальная градационная слоистость, 7 – обратная градационная слоистость, 8 – бугорчатая косая слоистость (hummocky cross-stratification), 9 – косая троговая слоистость, 10 – горизонты с окатанными обломками брекчий, 11 – следы ихнофоссилий, 12 – поверхность карстования или размыва, 13 – поверхности параллельного напластования, 14 – линзовидная слоистость с эрозионными поверхностями, 15 – наклоненные серии пластов (масштабная проградационная слоистость), 16 – бугорчатая и линзовидная слоистость биогермов, 17 – субвертикальная трещиноватость (слоистость?); 18-23 – фациальные зоны карбонатной платформы: 18 – лагуна и сублитораль, 19 – ооидная отмель, 20 – риф, 21 – склон и подножие склона, 22 – дистрибутивные каналы в подножии склона, 23 – бассейн; 24 – структурное угловое несогласие; 25 – закрытый (необнаженный) интервал разреза; 26 – циклы обмеления.



**Рис. 4.** Микрофотографии известняков фациальной зоны склона карбонатной платформы. а – рудстоун с интракластами тромболитов, инкрустированных *С. morronensis* (стрелка), проксимальной зоны предрифового шлейфа, МТ 8 (обр. F121–1); б – отсортированный грейнстоун с микритизированными обломками, окатышами тромболита и участками тромболитового цемента из слоев с градационной слоистостью зоны предрифового шлейфа, МТ 3 (обр. F122–5); в – тромболит, инкрустированный *С. morronensis* (стрелки) в нижней части куполовидного биогерма, МТ 5 (обр. T127–1); г – водорослево-микробиальный биндстоун, построенный *В. irregularis* и обломками кораллов (стрелка), в верхней части куполовидного биогерма, МТ 7 (обр. T128-2).

структурой осадочных тел и наложенными тектоническими деформациями. В основании залегают массивные известняки (пачка 1, 50 м), кровля которых неровная, волнистая и, возможно, связана с первичным рельефом карбонатной постройки (см. рис. 2в). Возвышенности в современном рельефе центральной части хребта могут быть приняты за куполовидные рифовые постройки (см. рис. 2г). Если это так, то соотношение микрофаций внутри постройки следующее: в основании и центральной части присутствуют тромболиты с мелкими тубифитами *C. Morronensis* (см. рис. 4в); во внешней и вершинной частях постройки встречаются баундстоуны с инкрустаторами *B. Irregularis, T. Parvovesiculifera* (см. рис. 4г) и, реже *L. Aggregatum*, с микрит-пелоидальными нодулями, мелкими бентосными фораминиферами, обломками губок и кораллов инкрустированными крупными тубифитами *C. morronensis*, алевро-песчаной примесью кварца.

В западной части хребта, на массивных известняках, с прислонением залегают слоистые известняки пачки 2 (30 м). Известняки представлены пакстоунами с обломками водорослевых корочек, литуолидами, детритом моллюсков и иглокожих. Многие зерна частично или полностью микритизированы. Выше по разрезу пакстоуны сменяются онкоидными флоатстоунами. Ядра онкоидов представлены кораллами, мшанками, серпулидами и, часто, интракластами с пелоидами и микритом, которые составляют матрикс породы. Рубашки онкоидов поростроматовые [Flügel, 2010], инкрустированные L. aggregatum и фораминиферами. Более мелкие зерна в матриксе представлены детритом моллюсков, иглокожих, пелоидами, цемент - алломикритом. Вверх по разрезу средний размер онкоидов увеличивается, встречаются микрофации со спонгиостроматовыми онкоидами [Flügel, 2010], для которых характерна плохая сортировка зерен, присутствие крупного разнообразного органогенного детрита, абрадированных и цельных литуолид. Вверх по разрезу онкоидные микрофации сменяются биндстоунами, скрепленными L. aggregatum, B. irregularis u T. parvovesiculifera.

К востоку пачка 2 выклинивается, и на массивных известняках пачки 1 с крутым падением (вероятно, со смещением) залегают красноватые слоистые известняки пачки 3 (10 м), которые представлены ооидными грейнстоунами и рудстоунами. Ооиды составляют значительную часть зерен (более 30%) или резко преобладают над другими компонентами (более 70%), встречаются также покрытые микритом обломки иглокожих, дазикладовых водорослей и пелоиды. Затравкой ооидов, помимо прочего, служат окатыши тромболитов, тубифиты С. morronensis. Размер ооидов обычно не превышает 1 мм, корочки ооидов имеют радиально-лучистую структуру. Крупнозернистые разности (1-3 мм) содержат больше непокрытых биокластов, в том числе: обломки кораллов, строматопор, мшанок, иглокожих, цельные раковины гастропод.

<u>Разрез 4 "Биюк-Синор"</u> описан на западном склоне г. Биюк-Синор (см рис. 2е) и по р. Арманка. Пачки выделены на основании макроскопических наблюдений в обнажении. Разрез начинается флишоидами (пачка 1, 9 м), представленными

переслаиванием мергелей и зернистых известняков различного гранулометрического состава, залегающих в виде отдельных прослоев с отчетливой эрозионной подошвой или образующих пачки подобных слоев. Мергели имеют текстуру мадстоунов или вакстоунов, со следами биотурбаций. Редко рассеянные аллохемы в них обычно представлены пелоидами, кальцисферами, планктонными фораминиферами, раковинами остракод. Зернистые известняки характеризуются текстурой отсортированных грейнстоунов, иногда демонстрирующих градационную слоистость, а также рудстоунов и карбонатных брекчий. Зерна различной окатанности в них представлены тромболитами. тубифитами C. morronensis и мелким неопределимым биодетритом, реже - ооидами, пелоидами и бентосными фораминиферами, обычно присутствует гравийно-песчаная примесь кварцитов и кварца.

На пачке флишоидов с угловым несогласием залегает линза известняков, по-видимому, слагающих олистолит (пачка 2, 9 м). Неотчетливо оконтуренная поверхность этого тела имеет характерную для биогермов сводчатую линзообразную форму, а порода представлена коралловым фреймстоуном с *L. aggregatum*.

Выше залегают линзовидно-слоистые рудстоуны, микробрекчии и известняковые брекчии пачки 3 (70 м). В средней части этой пачки, представленной частым (20-40 см) переслаиванием известняков и микробрекчий (размер обломков 0.5-2 см), встречаются отдельные прослои (до 1.5 м) известняковых брекчий и единичные горизонты с гальками кварца и песчаников. Брекчиевая структура в прослоях известняковых брекчий проявлена довольно отчетливо, а размерность обломков, как правило, возрастает одновременно с увеличением мощности подобных слоев. Так, маломощные (до 30 см) прослои брекчий обычно выклиниваются в пределах одного-двух метров по латерали, тогда как более мощные горизонты (0.3–1.5 м) прослеживаются на расстояние первых десятков метров. Для известняковых брекчий характерна изометричная форма обломков при средней окатанности, типичны плохая или средняя сортировка, а также высокая концентрация обломков, или достаточно плотная упаковка, в породе. В составе обломков встречены тромболиты, а также тромболитовые интракластовые флоатстоуны с органогенным детритом. Обломки обычно скреплены красноватым рыхлым пелитоморфным известковым материалом, который придает породам характерный красноцветный облик в обнажениях. Состав компонентов в переслаивающихся грейн-рудстоунах и микробрекчиях пачки 3 в основном такой же, как во флишоидах пачки 1.

В средней части разреза Биюк-Синор (пачка 4, 60 м) присутствуют прослои брекчий с неплотной упаковкой обломков в которых иногда наблюдается текстура обратной градационной слоистости (см. рис. 23); терригенная примесь постоянно присутствует в матриксе брекчий, в них встречаются маломощные (до 30 см) линзы песчаников. При движении вверх по разрезу (пачка 5, 8 м), содержание терригенной песчаной примеси в брекчиях заметно увеличивается, а рассеянная в них галька образует текстуру "пудинга". В верхней части пачки 5 известняковые брекчии высоко насыщены терригенной галькой, в них встречаются горизонты песчаников с косослоистой бугорчатой текстурой [Dumas, Arnott, 2006]. В составе обломков брекчий, слагающих пачку 5, преобладают коралловые баундстоуны с разнообразными инкрустаторами, встречаются тромболиты и флоатстоуны с интракластами тромболитов, оодные грейнстоуны с литуолидами и терригенной примесью, органогенно-детритовые вак-пакстоуны, иногда – флоатстоуны с онкоидами.

В верхней части разреза (пачка 6, 60 м) преобладают мощные горизонты грубообломочных и глыбовых брекчий, и реже встречаются прослои мелкообломочных известняков (см. рис. 2ж) и микробрекчий, как правило, содержащих песчаную примесь. В нижней части пачки 6 слои отчетливо стратифицированы, тогда как в верхней – брекчии приобретают неясно-слоистый, хаотичный облик, в них встречаются крупные красноватые и светло-серые валуны диаметром до 1 м. В южном направлении, у вершины горы Биюк-Синор, горизонты хаотичных брекчий сменяются отчетливо слоистыми брекчиями с примесью кварцевой и песчаной гальки. В составе обломков установлены баундстоуны с кораллами и разнообразными инкрустаторами, интракластовые тромболиты, реже присутствуют аллохтонные микрофации с органогенным детритом и онкоидами, а также вакстоуны с планктонными микрофоссилиями.

<u>Разрез 5 "Кутур-Кая"</u> описан на юго-западном склоне г. Кутур-Кая (см. рис. 2д) у пос. Тыловое. Пачки выделены в разрезе на основании макроскопических наблюдений.

В нижней части разреза (пачка 1, 55 м) обнажаются деформированные в складки мергели с прослоями зернистых известняков. Мергели преобладают в разрезе, имеют светло- или темно-серую или желтоватую окраску, пласты характеризуются массивной текстурой. Горизонты мергелей с различным содержанием СаСО3 обычно связаны постепенными переходами, однако встречаются и резкие границы, приуроченные к кровле наиболее высококарбонатных слоев. В мергелях присутствуют аптихи, ростры белемнитов, встречаются следы ихнофоссилий. При наблюдении в петрографических шлифах в них устанавливается текстура мадстоуна-вакстоуна, в которой компоненты представлены микрофоссилиями, и только изредка встречаются единичные неокатанные обломки

тромболитов и пелоиды. Прослои зернистых известняков характеризуются эрозионной подошвой и образуют в толще мергелей редкие маломощные (до 15 см) прослои, иногда со знаками ряби течения в кровле. Известняки характеризуются текстурой отсортированного грейнстоуна и смешанным составом компонентов, среди которых пелоиды, ооиды, раковинный детрит моллюсков, скелетные фрагменты иглокожих, обломки тромболитов и кораллов.

Средняя часть разреза задернована (около 35 м), а у вершины горы обнажаются известняковые брекчии (пачка 2, 32 м). Толща брекчий характеризуется неясной слоистостью, текстура пород и набор микрофаций в них близки установленным в брекчиях верхней части разреза "Биюк-Синор". В составе брекчий разреза Кутур-Кая можно отметить присутствие горизонтов с крупными уплощенными, хорошо окатанными обломками, мощность прослоев — от 0,3 до 1.5 м.

### ИНТЕРПРЕТАЦИЯ МИКРОФАЦИЙ

В рамках подхода, использованного при изучении известняков Демерджи-Яйлы [Пискунов и др., 20126], микрофации с одинаковыми основными генетическими признаками, позволяющими относить их к определенным обстановкам осадконакопления, были объединены в микрофациальные типы (МТ), которые, в свою очередь, характеризуют различные фациальные зоны (ФЗ) карбонатной платформы (рис. 5). Приведенная ниже интерпретация состава МТ внутри ФЗ близка к модели распределения стандартных микрофациальных типов окаймленной платформы и ступенчатого рампа, предложенной Э. Флюгелем [Flügel, 2010].

Краткое описание и интерпретация обстановки формирования выделенных МТ приведены в таблице. Микрофотографии с изображением микрофаций (с указанием МТ) и особенностей диагенеза известняков, приводились в работе [Рудько и др., 2017]. Значительная часть микрофаций, выявленных в карбонатных отложениях южного борта БК, подробно обсуждалась и получила интерпретацию в предыдущих работах. Микрофации ФЗ подножия склона платформы и бассейна, объединенные в МТ 1, 2 и 3, ранее были описаны в составе отложений Двуякорной бухты в Восточном Крыму [Гужиков и др., 2012; Пискунов, 2013]. Микрофации  $\Phi$ 3 бровки и внутренней части платформы, названные в этой работе к МТ 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, были описаны в слоистых известняках массива Ай-Петри [Krajewski, 2010] и Демерджи-Яйлы [Пискунов и др., 2012б].

Микрофации, отнесенные в этой работе к ФЗ склона платформы, включают тромболиты, инкрустированные *С. Morronensis* и *Terebella lapilloides*, с подчиненным участием кораллов и губок (MT 5),

### РУДЬКО



**Рис. 5.** Распределение микрофациальных типов по фациальным зонам Крымской карбонатной платформы. МТ – микрофациальный тип отложений; ФЗ – фациальная зона, БОВ – базис обычных волн, ВШВ – базис штормовых волн. Пунктиром показано относительно редкое распространение МТ.

Название	Макроскопическое описание	Микроскопическое описание	Интерпретация обстановки осадконакопления
MT 1	Массивные мергели со следами ихнофоссилий, постепенными переходами в кровле и в подошве	Глинисто-карбонатные мадстоуны и вакстоуны с микрофоссилиями, пелоидами, компонентами глубоководных рифов. Содержание аллохем менее 10%. Переслаиваются с МТ 2, 3.	Гемипелагиты, формировав- шиеся на умеренном глубоко- водье бассейна, в подножии карбонатной платформы или на ее склоне.
MT 2	Массивные известняки со следами ихнофоссилий, с постепенными переходами в кровле и в подошве, или с отчетливыми границами	Вакстоуны и мад-вакстоуны с микрофоссилия- ми, пелоидами и компонентами глубоководных рифов. Содержание аллохем менее 20%. Переслаиваются с МТ 1, 3.	Гемипелагиты, осажденные на меньшей глубине или при более низкой скорости се- диментации, по сравнению с MT 1.
MT 3	Слоистые известняки, протяженные горизонты мощностью 5–20 см	Грейнстоуны и рудстоуны с разнообразными компонентами. В составе зерен пелоиды, ооиды, обломки раковин моллюсков, кораллов и иглоко- жих литокласты тромболитов. Сортировка зерен по размерности обуславливает компонентный состав. Переслаиваются с МТ 1, 2, 4.	Кальцитурбидиты в составе шлейфов склона и подножья карбонатной платформы.

Таблица. Описание и интерпретация микрофациальных типов (МТ)

## Таблица. Продолжение

Название	Макроскопическое описание	Микроскопическое описание	Интерпретация обстановки осадконакопления
MT 4	Выдержанные горизонты и линзы известняков со следами эрозии в основании	Брекчии, микробрекчии, био-литокластовые рудстоуны. В составе: обломки тромболитов, коралловые баундстоуны, органогенно-детритовые пакстоу- ны, мелководные аллохемы, желваки тубифит <i>Crescentiella</i> . Переслаиваются с МТ 2, 3, встречаются внутри обломков и в матриксе брекчий.	Предрифовые шлейфы склона и подножья склона карбонат- ной платформы.
MT 5	Массивные трещиноватые известняки	Тромболиты, инкрустированные <i>Crescentiella</i> <i>morronensis, Koskinobullina socialis, Thaumatoporella,</i> терребеллидами, иногда с кораллами и губ- ками, характерны фенестры с геопетальными текстурами. Переслаиваются с МТ 6, 7, 8.	Преимущественно микроби- альные биогермы и биостромы бровки ступенчатого рампа или передового склона окайм- ленной платформы.
MT 6	Массивные и грубослоистые светло-серые или коричневато-серые, трещиноватые известняки	Губково-кораллово-микробиальные баундстоу- ны. Полости внутри построек выполнены бак- териальным пел-спаритом и разнообразными инкрустаторами: <i>Bacinella irregularis, Thaumato- porella, Crescentiella morronensis, Koskinobullina</i> so- cialis. Микроинкрустаторы <i>Lithocodium aggregatum</i> сравнительно редки. Переслаиваются с МТ 5, 7, 8.	Рифы умеренных условий – на глубинах в первые десят- ки метров [Leinfelder et al., 2002; Bertling, Insalaco, 1998], при хорошей освещенности и умеренном содержании пи- тательных веществ. Бровка окаймленной платформы или средний рамп.
MT 7	Выдержанные прослои известняков, небольшие линзовидные постройки	Биндстоуны с преобладанием инкрустаторов Lithocodium — Bacinella. В составе зерен, фор- мирующих субстрат, дазикладовые водоросли, бентосные фораминиферы, онкоиды, обломки иглокожих, целые раковины гастропод, кораллы. Характерно наличие фенестр с геопетальными текстурами. Часто в ассоциации с МТ 6 и МТ 10.	Биостромы на отмелях, в от- крытой морской лагуне; био- гермы в зарифовом прост- ранстве или ниже базиса воздействия обычных волн. Олиготрофные условия, спо- койная или умеренная гидро- динамика [Rameil et al., 2010]. Внутренняя часть платформы, ее бровка или средний рамп.
MT 8	Обычно слоистые (5-30 см) известняки, иногда с косой табулярной или троговой слоистостью	Интракластовые рудстоуны и баундстоуны. В составе обломков кораллы, строматопоры, водоросли, мшанки, тромболиты. Интракласты скреплены инкрустаторами или микробиальным пел-спаритом, часто встречаются корочковые це- менты в первичном поровом пространстве. От МТ 3, 4 отличаются более однородным ком- понентным составом, значительно худшей сорти- ровкой, плохой окатанностью, тесным парагене- зом с МТ 5, 6, 7.	Межрифовое пространство, каналы и предрифовый шлейф в верхней части фронтального склона платформы или внеш- него рампа.
MT 9	Редкие маломощные прослои (до 20 см) в массивных и слоистых известняках	Пелоидные вак-пакстоуны с органогенным дет- ритом, целыми раковинками бентосных форами- нифер. Имеют массивную и редко градационную микротекстуру, нарушенную биотурбациями. Тонкозернистые вак-пакстоуны ассоциируют с MT 6, 7, переслаиваются с MT 10.	Теневые зоны донных течений вблизи рифовых построек, зарифовые отложения суб- литорали. Внутренняя часть окаймленной платформы или рампа.
MT 10	Слоистые и массивные трещиноватые известняки	Детритовые пак-флоатстоуны с кортоидами и пе- лоидами. Биокласты представлены обломками раковин моллюсков, раковинками форамини- фер, детритом иглокожих, фрагментами сине- зеленых и зеленых водорослей, реже кораллов, мшанок, серпулид. Ассоциируют с мелководными МТ 9, 11, 12, и связаны постепенными переходами с МТ 12.	Отложения мелководного кар- бонатного шельфа, ниже бази- са обычных волн, при умерен- ной и сильной гидродинамике. Частично штормовые отложе- ния сублиторали. Внутренняя часть окаймленной платфор- мы или рампа.

### РУДЬКО

### Таблица. Окончание

Название	Макроскопическое описание	Микроскопическое описание	Интерпретация обстановки осадконакопления
MT 11	Слоистые известняки	Ооидные грейн-пакстоуны. Размеры ооидов не превышают 1 мм, в затравке участвуют различные карбонатные зерна, а также кварцевый песок. Сопутствующие зерна представлены кортоидами по обломкам дазикладовых водорослей, кораллов, детрита моллюсков, онкоидами, пелоидами, крупными бентосными фораминиферами, силикокластиче- ской примесью. Ассоциируют с МТ 6, МТ 9, 12.	Высокоэнергетические отло- жения литорали, отмели края платформы, находящейся в зоне постоянного волнового воздействия. Редко отложе- ния суспензионных потоков в пределах сублиторали. Бров- ка окаймленной платформы, внутренняя часть рампа.
MT 12	Массивные и слоистые известняки	Онкоидные флоатстоуны и пакстоуны с цельными раковинами моллюсков, дазикладо- выми, инкрустациями Lithocodium – Bacinella. Ядрами онкоидов служат обломки дазикладовых водорослей, раковин моллюсков, мшанки, ко- раллы, литуолиды и др. Переслаиваются с MT 10, также ассоциируют с MT 9, 11.	Мелководье, ограниченные лагуны и открыто-морские зоны во внутренней части кар- бонатной платформы. Внутренняя часть окаймлен- ной платформы или рампа.

интерпретированные как глубоководные преимущественно микробиальные биогермы [Krajewski, 2010], а также, впервые установленные в известняках яйлы, отложения предрифовых шлейфов, включающих отложения гравитационных потоков. К последним относятся микрофации МТ 8, представленные интракластовыми рудстоунами и флоатстоунами с обломками различных рифостроителей [Рудько и др., 2017], а также отсортированные грейнстоуны, рудстоуны и микробрекчии (МТ 3, 4) (см. таблицу) которые в ряде случаев имеют текстурные признаки отложений однонаправленных течений и гравитационных потоков.

## УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОТЛОЖЕНИЙ

<u>Толща I-b</u>. Массивные и слоистые известняки толщи I-b представлены типичными для тепловодных морских бассейнов с нормальной соленостью органогенно-детритовыми осадками, которые формировались в широком спектре фациальных зон карбонатной платформы: склона, бровки и внутренней части карбонатной платформы.

Фациальная зона склона карбонатной платформы представлена микробиальными постройками (MT 5), продуктами разрушения микробиальных и, реже, губково-микробиально-коралловых рифов (MT 8), с признаками седиментации внутри каналов, а также предрифовым шлейфом, состоящим из мелкообломочных сортированных осадков гравитационных потоков (MT 3). В составе отложений практически полностью отсутствуют аллохемы, типичные для внутренней части карбонатного шельфа (см. таблицу). Закрепление осадка на склоне происходило в результате развития цементации, под бактериальной биопленкой и образования корочковых цементов в условиях фреатического морского диагенеза [Рудько и др., 2017, рис. 4]. Возможно, с ранней морской цементацией связана массивная текстура многих известняков, вскрывающихся в обрывах яйлы. В первоначальной седиментационной структуре карбонатной платформы, не нарушенной тектоническими процессами, рифовые и гравитационные отложения склона слагали клиноформные тела.

Фациальная зона бровки карбонатного шельфа включает микробиальные (MT 5), губково-кораллово-микробиальные (МТ 6) и водорослево-микробиальные (MT 7) постройки, формирующие рифы, а также песчаные отмели (МТ 11). Рифовый пояс препятствовал выносу детритовых осадков внутренней части платформы на склон карбонатной платформы, поэтому сформированные здесь рифы вряд ли можно назвать лоскутными [Krajewski, 2010]. По морфологии (см. рис. 2г) и составу отдельные постройки, которые начинали формироваться в относительно глубоководных условиях (разрез 3 "Донгуз-Орун", пачка 1), имеют сходство с иловыми холмами. Тромболит, инкрустированный тубифитами C. Morronensis, составляющий центральную и нижнюю часть построек, формировался в условиях наибольшей глубины, возможно, в зоне кислородного минимума [Leinfelder et al., 1993]. По мере роста биогерма он был заселен сначала водорослево-бактериальными сообществами B. irregularis и T. parvovesiculifera, а затем ассоциацией проблематик Lithocodium – Bacinella (MT 7), с участием строматопор и кораллов (МТ 6) на флангах постройки. Развитие этих сообществ обычно происходит в условиях хорошей освещенности на относительном мелководье [Leinfelder et al., 1993]. Поскольку постройки не имеют выровненной поверхности в вершинной части куполов, можно предполагать, что даже на финальной стадии роста они не достигали базиса воздействия волн.

Формирование песчаных отмелей было связано с падением уровня моря, смещением области седиментации в зону постоянного волнового воздействия и выравниванием рельефа дна на мелководье. В условиях трансгрессии, на ооидных отмелях могли вновь формироваться мелководные ассоциации микробиально-водорослевых рифостроителей и каркасные постройки с участием губок, кораллов и бентоса (разрез 1 "Мердвен-Кая", пачка 2), в то время как на склоне шельфа, где рост этих организмов был подавлен, продолжалось формирование преимущественно тромболитовых рифов.

Фации внутренней части платформы включают биокластические осадки сублиторали (МТ 9, 10), пелоидально-онкоидные отложения открытых и ограниченных лагун (МТ 12), отложения бактериально-водорослевых маршей или лоскутных рифов (МТ 7). Они закономерно надстраивают отложения ФЗ рифов, что отражает выдвижение фаций внутренней части платформы в сторону бассейна по мере проградации карбонатной платформы.

В строении разрезов толщи I-b наблюдаются циклы обмеления, проявленные в виде последовательной смены относительно глубоководных отложений мелководными (см. рис. 3). Наиболее полные циклы имеют мощность от 20 до 40 м.

<u>Толща II-b</u>. Флишоиды толщи II-b состоят из двух компонентов — кальцитурбидитов и фоновых гемипелагических илов, которые осаждались из толщи воды. Накопление этих отложений происходило на удалении от берега, ниже уровня волнового воздействия и ниже фотической зоны. Присутствие наложенных горизонтов обломочных известняков в разрезе 4 указывает на частоту схождения турбидитовых потоков, что наиболее характерно для фаций турбидитовых каналов [Stow, Tabrez, 1998] склона и его подножия. Состав зерен в кальцитурбидитах указывает на присутствие микробиальных рифов и ооидных отмелей выше по склону.

Практически лишенные турбидитовых осадков мергелистые отложения в разрезе 5 г. Кутур-Кая можно интерпретировать как межрусловые или удаленные от склона фации с гемипелагической седиментацией [Stow, Tabrez, 1998]. От типичных контуритовых фаций их отличает редкость поверхностей размыва, плавные переходы между слоями как в кровле, так и в подошве. Развитие различных по морфологии следов ихнофоссилий, высокая карбонатность илов, редкость турбидитовых прослоев сближает их с относительно мелководными, но удаленными от берега берриасскими гемипелагитами в Восточном Крыму [Гужиков и др., 2012].

<u>Толща III-b.</u> Известняковые брекчии могут иметь диагенетическое, тектоническое или осадочное происхождение [Flügel, 2010]. Характер слоистости известняковых брекчий и крупнозернистых известняков в составе изученных разрезов, прямая зависимость мощности, протяженности брекчиевых слоев от размера обломков, резко различные характеристики окатанности, упаковки и сортировки обломков — все это позволяет заключить, что толща известняковых брекчий образовалась в результате разнообразных осадочных процессов.

Большая часть отложений имеет текстурные признаки высокоплотностных гравитационных потоков (см. рис. 2ж). Среди них наиболее мелкозернистые, маломощные горизонты (МТ 3) отнесены к турбидитам, а большая часть брекчий – к несвязным дебрисным потокам. Отдельные пачки с хаотичной текстурой и плохой сортировкой обломков, размерность которых может достигать 2 м, наиболее вероятно представляют собой сейсмиты (см. рис. 2е). Большая часть обломков брекчий не несет признаков волновой обработки, что вместе с плохой сортировкой обломков внутри слоя свидетельствует об осаждении гравитационных потоков на глубинах ниже базиса обычных волн. Окатанность некоторых крупных валунов связана с волновой обработкой, происходившей до их переотложения под действием гравитационного потока. Горизонты с текстурными признаками штормовых отложений свидетельствуют об обстановке формирования выше базиса штормовых волн (~150 м) [Peters, Loss, 2012]. О происхождении известняковых брекчий толщи III-b и о возможном источнике материала может свидетельствовать состав обломков (рис. 6). В обломках брекчий были встречены практически все МТ, установленные в толще I-b, однако основным источником материала служили



**Рис. 6.** Соотношение микрофациальных типов (МТ) в обломках известняковых брекчий толщи III-b.

отложения ФЗ склона и бровки карбонатной платформы (МТ 5, 6, 8). Микрофации внутренних частей карбонатной платформы (МТ 7, 9, 10, 11, 12) в обломках брекчий относительно редки, ассоциируют с терригенной примесью, их доля в целом увеличивается вверх по разрезу. Мощность отложений, текстурные признаки гравитационных потоков и состав обломков изученной толщи являются типичными характеристиками мегабрекчий склона карбонатных платформ [Spence, Tucker, 1997]. Увеличение количества терригенного материала и переотложенных осадков внутреннего шельфа в составе мегабрекчий связано с тем, что они формировались на фоне регрессии.

Обогащенные терригенным материалом слои интерпретированы как фации подводных каньонов. Они развивались в зонах действия отливных или отбойных течений, на продолжении флювиальных русел, что обеспечивало поступление крупнозернистого терригенного материала. Брекчии, лишенные терригенной примеси, характерны для фации относительно глубоководных конусов выноса, которые располагались в подножии склона карбонатной платформы.

Среди главных факторов, контролирующих формирование мегабрекчий, обычно называют раннюю литификацию карбонатов, повышенное давление поровых вод во время падения уровня моря, сейсмичность и увеличение крутизны склона карбонатной платформы [Spence, Tucker, 1997; Haas, 1999; Graziano, 2001; Aubrecht, Szulc, 2006]. Однако увеличение крутизны склона само по себе не приводит к формированию мегабрекчий, так как предрифовые шлейфы карбонатных платформ с крутым склоном часто представлены мелкообломочными отложениями – грейн-рудстоунами и пак-флоатстоунами [Kenter, 1990]. Примером именно таких отложений служат известняки г. Мшатка (разрез 2). Поэтому, в качестве факторов, повлиявших на формирование верхнеюрских мегабрекчий толщи III-b, на первый план выходят сейсмическая активность и падение уровня моря. По-видимому, известняковые брекчии, в составе верхнеюрских отложений ККП, документируют активную фазу позднекиммерийских тектонических движений.

## ОСОБЕННОСТИ СТРОЕНИЯ И ЭВОЛЮЦИИ КАРБОНАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Микрофациальные и хемостратиграфические [Рудько и др., 2017] данные, полученные для отложений южного борта БК, дополняют представленные в последнее время результаты комплексных биостратиграфических, хемостратиграфических и микрофациальных исследований отложений ККП в районе Ай-Петринской яйлы [Krajewski, Olszewska, 2006, 2007; Krajewski, 2010] и Демерджи-яйлы [Пискунов и др., 2012а, б; Пискунов, 2013; Рудько и др., 2014], а также глубоководных отложений в районе Феодосии [Гужиков и др., 2012]. Кроме того, информация о возрасте и составе некоторых других слоев верхнеюрских отложений может быть получена из более ранних публикаций [Михайлова, 1959; Успенская, 1969; Швидкий, 1998; Федорова, 2000, 2004]. Все эти данные позволяют рассмотреть пространственное соотношение и изменение во времени фаций ККП и предложить модель ее эволюции.

Модель представлена в виде схематического изображения краевой части бассейна (рис. 7), на котором показаны латеральные и вертикальные взаимоотношения фаций, выявленные при корреляции разрезов, с учетом мощностей. Согласно представленной корреляции, вертикальная мощность мелководных отложений ККП, которая близка к глубине прогибания бассейна в позднеюрское время, составила около 2 км. Такая оценка в 2 раза превышает величину, предполагаемую ранее [Кгајеwski, 2010; Висиг et al., 2014], и согласуется с представлением о том, что мощность верхнеюрских отложений в современной структуре Горного Крыма умножена по надвигам [Милеев и др., 2009].

В истории развития ККП выделено 4 этапа (см. рис. 7), которые образуют два осадочных цикла в интервале с оксфорда по берриас. Каждый цикл связан с эпизодом масштабного тектонического прогибания бассейна и начинается в эпоху низкого стояния, а заканчивается в эпоху высокого стояния уровня моря. Рассмотрим эти этапы.

Этап 1. Оксфорд-ранний кимеридж. Наиболее древние карбонатные постройки, отнесенные к оксфорду-раннему кимериджу [Успенская, 1969], сформировались по периферии глубоководного прогиба Восточного Крыма. Они представляли собой крупные отдельно стоящие рифовые холмы, формировавшиеся на удалении от берега [Михайлова, 1959]. В центральной и западной частях Горного Крыма карбонатные постройки образовались не позднее раннего кимериджа [Рудько и др., 2017]. Они включают массивные, преимущественно глубоководные, микробиальные рифы, а также наиболее древние слоистые отложения внутренней части платформы. С этого момента платформа примыкала к берегу, о чем свидетельствуют горизонты с грубозернистой терригенной примесью внутри фаций склона платформы [Krajewski, 2010]. В составе отложений склона ККП развиты низкоэнергетические вакстоуны-пакстоуны с глубоководными микрофоссилиями и переотложенными биокластами внутренней части шельфа [Krajewski, 2010].

Кроме того, ранним кимериджем были датированы отложения тонкослоистых и мергелистых известняков хребта Иограф и г. Роман-Кош [Овечкин, 1956; Успенская, 1969] и Южной части Караби-Яйлы [Парышев и др., 1979]. Эти мощные мергелистые толщи





глины; 6–15 – фации карбонатной платформы и смежные фации (оксфорд–берриас): 6 – дельты гильбергова типа, 7 – авандельговые, прибрежно-морские герригенные, 8- краевые рифовые, 9- известняковые во внутренней части карбонатной платформы, 10- мергелистые во внутренней части карбонатной семипелагические глинистые с турбидитами, 14 – гемипелагические мергелистые, 15 – флювиальных конгломератов карбонатного шельфа; 16 – губковый горизонт; 17–20 – границы: 17 – перерывы, карст, размыв, 18 – листрические сбросы (оксфорд—титон), 19 – надвиги, сувертикальные разломы (поздний Вертикальные пунктирные линии показывают положение, мощность и стратиграфический объем упомянутых в этой работе разрезов на фациальной схеме ники в глубоком прогибе; 4, 5 – перекрывающие отложения: 4 – терригенно-карбонатные дельтовые, прибрежно-морские, 5 – морские эпиконтинетальные - подстилающие отложения: *I* – деформированный терригенный флиш (таврическая серия), 2 – туфопесчаники (судакская серия), 3 – глины и песчаплатформы, 11 – мегабрекчии в подножии берегового клифа и склона карбонатной платформы, 12 – конглобрекчии в подножии берегового клифа, 13 – титон-ранний берриас), 20 – изохроны.  $\frac{1}{\omega}$ 

Крымской карбонатной платформы. Белые цифры в черных кружках – разрезы, приведенные в этой работе, нумерация сохранена. Черные цифры в белых кружках – разрезы, описанные в других публикациях: 1 – [Аркальев и др., 2012], 2 – [Гужиков и др., 2012], 3 – [Аркальев, Рогов, 2006], 4 – [Михайлова, 959], 5 – [Кrajewski, 2010], 6 – [Фелорова, 2000, 2004; Швидкий, 1998], 7 – [Пискунов, 2013], 8 – [Пискунов и др., 20126; Рудько и др., 2014], 9 – [Пискунов 1 др., 2012a], 10 – [Rogov, 2014] представлены гемипелагическими фациями и, по-видимому, лишены кальцитурбидитов [Парышев и др., 1979]. Вероятно, в это время карбонатная платформа имела морфологию моноклинального рампа.

Этап 2. Поздний кимеридж-ранний титон. К началу раннего титона карбонатная платформа имела отчетливо выраженный склон, на котором формировались глубоководные микробиальные купола и отлагались мелкообломочные шлейфы, изученные в разрезе 2 "г. Мшатка". Следовательно, в течение кимериджа осадконакопление на склоне платформы и во фронтальной части карбонатного шельфа, приводило к проградации платформы ее выдвижению в сторону бассейна с увеличением крутизны фронтального склона.

В позднем кимеридже и раннем титоне, в пределах внутренней части платформы и на внешних отмелях, накапливались зернистые аллохтонные отложения со значительным содержанием микрита [Пискунов, 2012б; Рудько и др., 2014], а в составе рифовых фаций этого времени, широко развиты тромболиты. Это позволяет предположить, что тыловая часть платформы была наклонена в сторону бассейна, в связи с чем формирование осадков происходило преимущественно на сублиторали и ниже базиса воздействия обычных волн, а бровка платформы большую часть времени (или более широко по площади) имела приглубое положение. Поскольку небольшие регрессии могли приводить лишь к локальному осушению шельфа вблизи беpera [Wright, Burchette, 1998], на наклоненной поверхности внутренней части платформы, в условиях активного прогибания бассейна, осадконакопление практически не прерывалось. Это может служить объяснением значительной мощности отложений внутренней части платформы, которые описаны для Демерджи-яйлы [Рудько и др., 2014].

Глубоководные отложения позднего кимериджа и начала титона представлены гемипелагическими мергелями [Rogov, 2014]. Кальцитурбидиты в пелагических фациях известны с раннего титона [Аркадьев, Рогов, 2006], их появление, по-видимому, отражает увеличение крутизны склона платформы. Таким образом, в раннем титоне карбонатная платформа имела профиль ступенчатого рампа.

<u>Этап 3. Поздний титон-ранний берриас.</u> К позднему титону отнесены нижние части разрезов, датированных в интервале поздний титон — ранний берриас. Это отложения северного борта БК [Федорова, 2000], а также слоистые мергелистые известняки в верхней части хребта Иограф [Кгајеwski, 2010] и на плато Тирке [Пискунов, 2013]. Перечисленные разрезы характеризуют фации внутренней части карбонатной платформы. Они имеют сходное цикличное строение, которое обусловлено чередованием мергелистых известняков, коралловых и рудистовых биостромов, пелоидально-онкоидных и фораминиферовых отложений лагун с признаками субаэральных экспозиций. По данным [Швидкий, 1998; Федорова, 2000; Пискунов 2013], в раннем берриасе широкое распространение имели фации ооидных каналов литорали, с горизонтами терригенных песчаников и конгломератов.

Заметное изменение состава фаций во внутренней части карбонатной платформы, в частности, расширение площадей, занятых фациями литорали, было связано с выравниванием карбонатного шельфа на фоне регрессии. Несмотря на это, на склоне карбонатной платформы, продолжают формироваться микробиальные рифы, которые на пике регрессии были разрушены, и в виде обломков переотложены вниз по склону под действием гравитационных потоков (толща III-b). В пределах глубоководного бассейна в это время накапливаются кальцитурбидиты и глинисто-карбонатные гемипелагические осадки (толща II-b).

В глубоководных отложениях Восточного [Гужиков и др., 2012] и Западного Крыма (разрез 5 "Кутур-Кая"), вблизи границы юры и мела, на фоне повышения карбонатности гемипелагических илов, происходит быстрое увеличение количества прослоев кальцитурбидитов и грубеет их гранулометрический состав, после чего кальцитурбидиты практически исчезают из осадочной летописи. Можно предположить, что это седиментационное событие совпадает с формированием грубообломочных слоев известняковых брекчий (пачка 6, разрез 4 "Биюк-Синор"), отлагавшихся у подножия карбонатной платформы.

Появление грубых терригенно-карбонатных отложений, в том числе мегабрекчий с олистолитами, было обусловлено не только масштабной регрессией, но и сейсмической активностью на фоне тектонических движений. Признаки синседиментационной тектонической активности, установленные в отложениях ККП, подтверждают представления об акреционно-коллизионном событии вблизи границы и мела, которые ранее были обоснованы структурными наблюдениями [Бискэ, 1999; Милеев и др., 2009].

Этап 4. Поздний берриас. Более молодые отложения, условно отнесенные к позднему берриасу [Аркадьев и др., 2012], встречаются вдоль северной периферии яйлы. Это названные "губковым горизонтом" кораллово-губковые биостромы, мергелистые известняки и глины, которые с размывом налегают на мелководные отложения литорали ККП и характеризуют существенно более глубоководную обстановку. Эти отложения формировались в ходе трансгрессии моря, на этапе затопления тектонически переработанного карбонатного шельфа. К обсуждаемой нами Крымской карбонатной платформе отнести их можно лишь условно.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате литологического изучения верхнеюрских известняков, проведенного в последние годы, в составе верхнеюрских карбонатных комплексов Горного Крыма выявлены и охарактеризованы отложения различных фациальных зон Крымской карбонатной платформы: внутренней части, бровки и фронтального склона. Изучение известняков Байдарской котловины позволило уточнить литологические особенности рифовых и предрифовых фаций. Глубоководные микробиальные рифы формировались не только на этапе становления карбонатной платформы, но продолжали формироваться вплоть до экспозиции платформы на заключительной стадии ее эволюции. В то же время, гранулометрический состав предрифовых шлейфов менялся от вакстоунов к грейнстоунам, рудстоунам и мегабрекчиям, отражая переход от низкоэнергетических к высокоэнергетическим обстановкам. Появление грейнстоунов (кальцитурбидитов) связано с увеличением крутизны фронтального склона по мере проградации Крымской карбонатной платформы, а мегабрекчий – с тектоническими движениями, проявившимися вблизи границы юры и мела. По-видимому, начиная с позднего кимериджа, проградационная призма карбонатной платформы имела ярко выраженное клиноформное строение.

Анализ имеющихся данных о возрасте и составе верхнеюрских карбонатных отложений, позволил впервые наметить изменчивость фациальных зон Крымской карбонатной платформы во времени. Крымская карбонатная платформа трансформировалась из моноклинального рампа, через ступенчатый рамп, в окаймленную платформу. При этом ее вертикальная мощность составила приблизительно 2 км.

Состав карбонатных пород южного борта Байдарской котловины практически не отличается от представленных ранее для других массивов яйлы. Это говорит о том, что микрофации в известняках Крымской яйлы изучены достаточно подробно. В то же время, изучение пелагических глинисто-карбонатных отложений, которые слагают северные склоны Ай-Петринской яйлы и Гурзуфскую яйлу, по-видимому, может уточнить представления о фациях и эволюции Крымской карбонатной платформы.

Интерес к изучению отложений Крымской карбонатной платформы не ограничивается исключительно задачами фундаментальной литологии и региональной геологии. Данные о конфигурации и фациальной зональности верхнеюрских карбонатных отложений, могут быть использованы при поисках углеводородов в погруженных областях Черного моря и Каспия. Автор признателен Ю.О. Гаврилову, который стимулировал эти исследования, благодарит В.К. Пискунова, вместе с которым была собрана часть материала, Е.В. Щепетову, а также анонимного рецензента, чьи ценные замечания способствовали улучшению рукописи.

Работа выполнена в рамках темы госзадания № 0135-2016-0004 Геологического института РАН и частично поддержана РФФИ (проект № 15-05-08767).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Аркадьев В.В., Рогов М.А.* Новые данные по биостратиграфии и аммонитам верхнего кимериджа и титона Горного Крыма // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2006. Т. 14. № 2. С. 90–104.

Аркадьев В.В., Богданова Т.Н., Гужиков А.Ю. и др. Берриас Горного Крыма. СПб.: Лема, 2012. 472 с.

*Гужиков А.Ю., Аркадьев В.В., Барабошкин Е.Ю. и др.* Новые седиментологические, био- и магнитостратиграфические данные по пограничному юрскому-меловому интервалу Восточного Крыма // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2012. Т. 20. № 3. С. 35–71.

*Милеев В.С., Барабошкин Е.Ю., Розанов С.Б. и др.* Тектоника и геодинамическая эволюция Горного Крыма // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 2009. Т. 84. Вып. 3. С. 3–22.

*Михайлова М.В.* Строение и условия образования оксфордских биогермов в районе г. Судака // Изв. вузов. Геология и разведка. 1959. № 5. С. 53-61.

*Овечкин Н.К.* Стратиграфия и фауна аммонитов верхнеюрских отложений Юго-Западного Крыма // Вестник ЛГУ. Сер. Геология и география. 1956. № 6. С. 12–30.

Парышев А.В, Пермяков В.В., Борисенко Л.С. Новые данные по стратиграфии юрских отложений Караби-яйлы в Крыму // Геологический журнал. 1979. Т. 39. № 1. С. 108–111.

Пискунов В.К. Строение и история формирования верхнеюрских отложений района плато Демерджи и плато Тирке (Горный Крым) / Автореф. дисс. ... канд-та геол.-мин. наук (25.00.01). М.: Геологический факультет МГУ им. М.В. Ломоносова, 2013. 225 с.

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

Пискунов В.К., Рудько С.В, Барабошкин Е.Ю. Условия формирования средне-верхнетитонских известняков плато Демерджи (Горный Крым) // Вестник МГУ. Сер. 4. Геология. 20126. № 5. С. 3–11.

*Пчелинцев В.Ф.* Брюхоногие мезозоя Горного Крыма. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1963. 132 с.

Рудько С.В., Кузнецов А.Б., Пискунов В.К. Стронциевая изотопная хемостратиграфия верхнеюрских карбонатных отложений плато Демерджи (Горный Крым) // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2014. Т. 22. № 5. С. 52–65.

Рудько С.В., Кузнецов А.Б., Покровский Б.Г. Sr-хемостратиграфия,  $\delta^{13}$ С и  $\delta^{18}$ О отложений Крымской карбонатной платформы (поздняя юра, Северный Перитетис) // Литология и полез. ископаемые. 2017. № 6. С. 58–77.

Успенская Е.А. Юрская система, верхний отдел. Геология СССР. Т. 8. Крым. Ч. 1. М.: Недра, 1969. С. 114–154.

Федорова А.А. Опорные разрезы пограничных отложений юры и мела Крыма как основа для детализации расчленения и корреляции продуктивных толщ Каспийского шельфа // Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов России. СПб.: Недра, 2004. С. 61–80.

Федорова А.А. Стратиграфическое значение фораминифер из пограничных карбонатных отложений юры и мела Байдарской долины (Юго-Западный Крым) // Стратиграфические и фациальные методы изучения фанерозоя. СПб.: Геол. фак-т СПбГУ, 2000. С. 27–37.

Швидкий А.В. Литостратиграфия и цикличность карбонатных отложений северного борта Байдарской долины Крыма // Вестник СПбГУ. Сер. 7. Вып. 2. 1998. № 14. С. 68–75.

Aubrecht R., Szulc J. Deciphering of the complex depositional and diagenetic history of a scarp limestone breccia (Middle Jurassic Krasin Breccia, Pieniny Klippen Belt, Western Carpathians) // Sediment. Geol. 2006. V. 186.  $N_{\odot}$  3. P. 265–281.

*Bertling M., Insalaco E.* Late Jurassic coral/microbial reefs from the northern Paris Basin – facies, palaeoecology and palaeobiogeography // Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 1998. V. 139. P. 139–175.

Bucur I.I., Granier B., Krajewski M. Calcareous algae, microbial structures and microproblematica from Upper Jurassic-lowermost Cretaceous limestones of southern Crimea // Acta Palaeontol. Roman. 2014. V. 10.  $\mathbb{N}_{2}$  1–2. P. 61–86.

*Dumas S., Arnott R.W.C.* Origin of hummocky and swaley cross-stratification – The controlling influence of unidirectional current strength and aggradation rate // Geol. Soc. Amer. 2006. V. 34. № 12. P. 1073–1076.

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

*Graziano R*. The Cretaceous megabreccias of the Gargano Promontory (Apulia, southern Italy): their stratigraphic and genetic meaning in the evolutionary framework of the Apulia Carbonate Platform // Terra Nova. 2001. V. 13 No 2. P. 110–116.

*Haas J.* Genesis of Late Cretaceous toe-of-slope breccias in the Bakony Mts, Hungary // Sediment. Geol. 1999. V. 128. № 1. P. 51–66.

*Kenter J.A.M.* Carbonate platform flanks: slope angle and sediment fabric // Sedimentology. 1990. V. 37. P. 777–794.

*Krajewski M.* Facies, microfacies and development of the Upper Jurassic – Lower Cretaceous of the Crimean carbonate platform from the Yalta and Ay-Petri massifs (Crimea Mountains, Southern Ukraine) / Dissertation Monographs 217. Kraków: Wydawnictwa AGH, 2010. 253 p.

*Krajewski M., Olszewska B.* New data about microfacies and stratigraphy of the Late Jurassic Aj-Petri carbonate buildup (SW Crimea Mountains, S Ukraine) // Neues Jahrb. Geol. Paläontol. Mh. 2006. Heft 5. P. 298–312.

*Krajewski M., Olszewska B.* Foraminifera from the Late Jurassic and Early Cretaceous carbonate platform facies of the southern part of the Crimea Mountains, Southern Ukraine // Annales Societatis Geologorum Poloniae. 2007. V. 77. P. 291–311.

*Leinfelder R., Schmid D.U., Nose M.* Jurassic reef patterns – the expression of a changing globe // Phanerozoic Reef Patterns / Eds W. Kiessling, E. Flügel, J. Golonka // SEPM Spec. Publ. 2002. V. 72. P. 465–520.

*Leinfelder R., Nose M., Schmid D.U. et al.* Microbial crusts of the Late Jurassic: composition, paleoecological significance and importance in reef construction // Facies. 1993. V. 29. P. 195–230.

*Peters S.E., Loss D.P.* Storm and fair-weather wave base: A relevant distinction? // Geology. 2012. V 40. № 6. P. 511–514.

Rameil N., Immenhauser A., Warrlich G. et al. Morphological patterns of Aptian Lithocodium–Bacinella geobodies: relation to environment and scale // Sedimentology. 2010. V. 57. № 3. P. 883–911.

*Rogov M.A.* Preliminary report on the ammonite fauna and stratigraphy of the Beckeri Zone (Upper Kimmeridgian) of the southern Crimea (Ukraine) // Beringeria. 2014. Special issue 8. P. 169–170.

*Spence G., Tucker M.* Genesis of limestone megabreccias and their significance in carbonate sequence stratigraphic models: a review // Sediment. Geol. 1997. V. 112. P. 163–193.

Stow D.A.V., Tabrez A.R. Hemipelagites: processes, facies and model. London: Geological Society, Special Publications, 1998. V. 129.  $\mathbb{N}$  1. P. 317–337.

Wright V.P., Burchette Z.P. Carbonat ramps. London: Geological Society, Special Publications, 1998. V. 149. P. 1–5.