

## Строение и условия формирования разрезов валанжина — готерива района среднего течения реки Бодрак (Юго-Западный Крым)

С. Б. Шишлов<sup>1</sup>, К. А. Дубкова<sup>1</sup>, И. Ю. Бугрова<sup>1</sup>, Ф. А. Триколиди<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный университет,

Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

<sup>2</sup> Всероссийский научно-исследовательский геологический институт им. А. П. Карпинского, Российская Федерация, 199106, Санкт-Петербург, Средний пр., 74

**Для цитирования:** Шишлов, С. Б., Дубкова, К. А., Бугрова, И. Ю., Триколиди, Ф. А. (2019). Строение и условия формирования разрезов валанжина — готерива района среднего течения реки Бодрак (Юго-Западный Крым). *Вестник Санкт-Петербургского университета. Науки о Земле*, 64 (1), 114–135. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.107>

Выполнен анализ материалов, собранных при послойном исследовании 17 разрезов каратльхской свиты нижнего валанжина и карагачской свиты нижнего готерива в районе среднего течения р. Бодрак в Юго-Западном Крыму. Приведены результаты микроскопического описания шлифов, компьютерной микротомографии образцов, определения количества и гранулометрического состава нерастворимого остатка известняков, изучены остатки склерактиний и хрящевых рыб. Дана комплексная структурно-вещественная, текстурная и тафономическая характеристика восьми литолого-генетических типов слоев и их седиментологическая интерпретация. Показано, что в течение каратльхского времени и на регрессивных фазах в карагачское время доминировали обстановки терригенного осадконакопления. От берега к центру бассейна располагались: галечно-песчаный пляж; песчаные валы подводного прибрежного склона; крупнодетритовые валы, разделенные депрессиями, заполненными песчаным материалом; мелкодетритовые валы дальней части мелководного шельфа. При трансгрессиях в карагачское время возникал дефицит терригенного материала и доминировало карбонатное осадконакопление. У берега формировалась область, заселенная одиночными склерактиниями. От открытой акватории ее отделяла зона распространения коралловых патч-риффов, у внешнего склона которых накапливался крупный детрит и росли коралловые биогермы. Дальше располагались обстановки осадконакопления открытого мелководного шельфа: крупнодетритовые валы, разделенные песчаными накоплениями; среднетритовые валы с единичными биогермами; мелкодетритовые валы с редкими биостромами. По вертикальным последовательностям слоев установлены трансгрессивно-регрессивные циклы осадконакопления, которые стали основой детальной корреляции разрезов. Составлены палеогеографические схемы для узких интервалов времени, соответствующих трансгрессивным и регрессивным максимумам. Сделан вывод о том, что рассматриваемый район в раннем валанжине и раннем готериве был мелководной частью моря, омывавшего расположенную на юго-востоке сушу, которая была основным источником терригенного материала, поступающего в этот бассейн.

**Ключевые слова:** Юго-Западный Крым, валанжин, готерив, литолого-генетические типы слоев, обстановки осадконакопления, палеогеография.

## Введение

Реконструкция конфигурации палеобассейна, в котором формировались отложения валанжина и готерива Крымского п-ова, имеет значение для фундаментальных представлений об особенностях геологического развития региона в течение раннего мела.

С 1950-х гг. доминирует мнение о том, что в валанжине и готериве море открывалось на юг, а суша располагалась на севере (Эристави, 1957; Муратов, 1960). Е. Ю. Барабошкин считает, что южная суша, существовавшая в берриасе, в начале валанжина была эродирована, и основной снос терригенного материала осуществлялся с возвышенности Центрального Крыма (Барабошкин, 2005). Эту точку зрения подтверждают направления падения косых серий в песчаниках мазанской свиты (Горбенко, 2011).

По мнению А. М. Никишина с соавторами в валанжине — раннем готериве образовался рифтовый морской бассейн. Его южное плечо, образованное складчатыми сооружениями Горного Крыма, было крутым, северное — пологим, а ось проходила по линии Верхоречье — Мазанка — Белогорск (Никишин и др., 2006). Раннемеловые отложения среднего течения р. Бодрак формировались на пологом плече прогиба, к которому с севера примыкала аккумулятивная аллювиально-дельтовая равнина.

Другие исследователи (Пчелинцев, 1966; Лычагин, 1969) полагали, что породы, слагающие Первую гряду Крымских гор, в валанжине и готериве входили в состав киммерийского горного сооружения, являвшегося основным источником терригенного материала для расположенного к северо-западу бассейна осадконакопления. Последний представлял собой узкий пролив, ограниченный с севера низкой сушей.

В настоящей работе представлена детальная реконструкция обстановок осадконакопления и эволюции палеогеографической ситуации во время формирования разрезов валанжина — готерива в среднем течении р. Бодрак в Юго-Западном Крыму и выполнено сравнение полученных результатов с существующими представлениями о конфигурации палеобассейна.

## 1. Фактический материал и методика исследования

Работа основана на материалах, собранных в 2015–2017 гг. при послыйном описании 17 разрезов нижнего мела, представленных в обнажениях гор Длинная, Шелудивая, Плоская (Патиль), Большой и Малый Кермены, Кизил-Чигир и карьера «Первомайский» (рис. 1). Суммарная мощность изученных разрезов составляет около 115 м.

К валанжинскому и готеривскому ярусам эти обнажения отнес еще Н. И. Каракаш (Каракаш, 1907). Позднее В. В. Друщиц на основании находок аммонитов *Leopoldi leopoldi* и *Lyticoceras amblygonius* сделал вывод об отсутствии здесь валанжина (Друщиц, 1960). Е. Ю. Барабошкин, по существу, вернулся к варианту Н. И. Каракаша, детализировав его за счет выделения по аммонитам биостратиграфических зон *Kilianella otopeta* и *Thurmanneroceras pertransiens* в нижнем валанжине и *Leopoldia desmoceroides*, *Crioceratites loryi*, *Lyticoceras nodosoplicatum* в нижнем готериве (Бара-

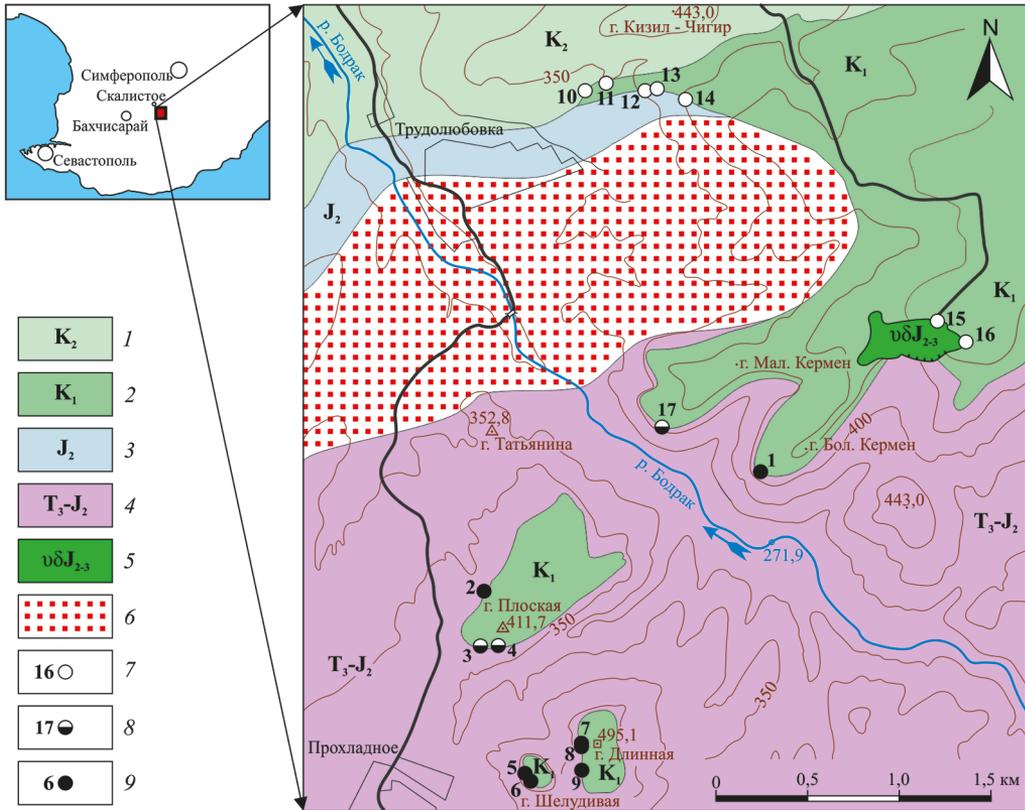


Рис. 1. Геологическая схема среднего течения р. Бодрак (по данным работы (Юдин, 2009) с изменениями) и расположение разрезов нижнего валанжина — нижнего готерива на этой территории:

1 — верхний мел, 2 — нижний мел, 3 — средняя юра, 4 — верхний триас — средняя юра, 5 — интрузия габбро-диоритов, 6 — тектонический меланж; 7–9 — обнажения и их номера (7 — карагачская свита нижнего готерива, 8 — каратльская свита и карагачская свиты, 9 — каратльская свита нижнего валанжина)

бошкин, 1997; Барабошкин и Янин, 1997; Varaboshkin and Mikhailova, 2000; Смирнова и Барабошкин, 2004), что создает основу для уверенной корреляции разрезов в пределах рассматриваемой территории.

Местная стратиграфическая схема была опубликована в 1984 году (Плотникова и др., 1984), позднее ее доработал Б. Т. Янин (Янин, 1997). В соответствии с ней в районе р. Бодрак обнажаются каратльская свита нижнего валанжина и карагачская свита нижнего готерива.

Для уточнения структурно-вещественных характеристик пород, составляющих изученные разрезы, выполнены микроскопические описания 61 шлифа. При этом установлено, что существенную роль здесь играют смешанные терригенно-карбонатные породы. В связи с этим для определения соотношений силикатной и карбонатной составляющих выполнены компьютерная микротомография 20 образцов на приборе ScyScan 1172 (Ресурсный Центр СПбГУ) и определены количество и гранулометрический состав нерастворимого остатка в 20 образцах.

Остатки склерактиний, собранные в разные годы И. Ю. Бугровой и другими исследователями, определены И. Ю. Бугровой. Остатки хрящевых рыб собраны и определены Ф. А. Триколиди (Триколиди, 2014; Триколиди и др., 2018).

Исследование основано на методике структурно-генетического анализа (Шишлов, 2010). При этом выполнено следующее:

- 1) проведена литолого-генетическая типизация слоев по устойчивым сочетаниям структурно-вещественных, текстурных и тафономических признаков;
- 2) разработаны ландшафтные модели бассейна осадконакопления на основе седиментологической интерпретации вертикальных последовательностей слоев и комплекса их первичных признаков;
- 3) установлены трансгрессивно-регрессивные последовательности слоев, по которым проведена детальная корреляция разрезов;
- 4) составлены палеогеографические схемы для узких временных интервалов, соответствующих трансгрессивным и регрессивным максимумам.

## 2. Результаты

### 2.1. Литолого-генетические типы слоев

В изученных разрезах установлены слои восьми типов.

**1-й тип.** У неровного эрозионного основания слоев локализуются конгломераты и гравелиты, сложенные хорошо окатанными обломками кварца, кварцитов (последние доминируют), уплощенными гальками известняков, песчаников и аргиллитов. Выше залегают песчаники грубозернистые, сменяющиеся кверху среднезернистыми. Здесь изменения гранулометрического состава намечают неотчетливую пологую (угол наклона слойков до 10°) плоскопараллельную слойчатость. У кровли часто локализуется прослой (мощностью до 0,1 м) глинистых серых алевритов. Песчаники кварцевые и полевошпатово-кварцевые буровато-серые среднесортированные известковые (в них доля песчаных зерен 55–60%). Цемент карбонатный спаритовый поровый, на отдельных участках — базальный (здесь доля обломков сокращается до 43–52% объема породы). Присутствуют окатанный детрит двустворок, брахиопод, одиночных и колониальных склерактиний, иглы морских ежей, чехлы серпул, фораминиферы, водоросли; крупный углефицированный детрит наземных растений; железистые сферолиты. Галька, гравий и детрит морской фауны часто пропитаны окислами железа. Мощность слоев 1-го типа — до 1,5 м.

Гранулометрический состав отложений свидетельствует о высокой динамике среды осадконакопления. Средняя сортировка, отсутствие пелитовой примеси и карбонатный цемент характерны для накоплений, сформировавшихся в мелководной зоне интенсивных волнений. Здесь пелитовые частицы переходят во взвесь, которая оседала в областях с низкой гидродинамикой, а псефитовая и псаммитовая фракции образовали осадок, поры которого впоследствии заполнил карбонатный цемент (Reineck and Singh, 1975). Наличие детрита морской фауны и известковистость свидетельствуют о нормальной солености вод. Пропитанные окислами железа лито- и биокласты можно считать материалом, мобилизованным в результате размыва прибрежных латеритных кор выветривания. Такая ситуация характерна для современных пляжевых отложений тропиков (на Кубе и Мадагаскаре), куда

оксиды железа поступают из зоны континентального гипергенеза (Павлидис и Никифоров, 2007). В этом контексте крупный растительный детрит можно считать дополнительным индикатором близости суши. Пологая плоскопараллельная слойчатость «пляжевого типа» (Reineck and Singh, 1975, Павлидис и Никифоров, 2007) позволяет предполагать, что слои 1-го типа формировались в обстановке галечно-песчаного пляжа.

**2-й тип.** Песчаники мелкозернистые полевошпатово-кварцевые известковые (доля песчаных зерен 55–60 % объема породы), светло-серые и серовато-бурые. Зерна размером 0,005–0,05 мм составляют 3–18 %; доля зерен размером 0,05–0,5 мм — 72–97 %. Цемент поровый карбонатный микритовый, реже спаритовый. Часто проявляется мелкая тонкая косая разнонаправленная слойчатость, для которой характерны частые изменения угла наклона слоев, наличие участков линзовидных раздувов серий косых слоев и ундулирующая форма их подошвы. Присутствуют единичные тонкие (мощностью до 0,1 м) линзовидные прослои известняков детритовых (рудстоунов) песчаных. В их нерастворимом остатке (он составляет 30–47 % объема породы) доля зерен размером менее 0,005 мм — 4–15 %; размером 0,005–0,05 мм — 1–18 %; размером 0,05–0,50 мм — 75–95 %. Характерны единичные включения гравия и гальки кварца, кварцитов, микритовых известняков, пропитанные окислами железа; мелкий углефицированный детрит наземных растений; фрагменты двустворок, брахиопод, морских ежей, криноидей, серпул, мшанок, гастропод, одиночных и колониальных склерактиний, водоросли и фораминиферы; зубы хрящевых рыб *Asteracanthus* sp., *Heterodontus* sp., *Protolamna infracretacea* (Leriche), *Crassodontidanus* aff. *wiedenrothi* (Thies), *Pachyhexanchus pockrandti* (Ward et Thies). Мощность слоев 2-го типа — до 1,0 м.

Такие слои, вероятно, накапливались в условиях нормальной солености (остатки стеногалинной морской фауны) и пониженной, по сравнению с отложениями 1-го типа, гидродинамики (в которых доминирует мелкозернистая песчаная фракция). Отсутствие глинистой фракции и низкое содержание алевроитовой фракции в сочетании с поровым карбонатным цементом не позволяет связать их с суспензионными и плотностными потоками. На близость суши указывают гравий и галька, пропитанные окислами железа. Мелкую косую «рифельную» (Павлидис и Никифоров, 2007) слойчатость или «слоистость волновой ряби» (Johnson and Baldwin, 1990) обычно интерпретируют как результат интенсивного перемещения небольших песчаных валов, которые формируются в пределах подводного прибрежного склона за счет деформации и разрушения волн открытого моря на мелководье (Павлидис и Никифоров, 2007).

**3-й тип.** Тонкое (масштаб 3–40 см) линзовидно-полосчатое чередование песчаников тонкозернистых кварцевых известковых буровато-желтых, с поровым и базальным карбонатным спаритовым цементом (–40–45 % объема породы) и известняков (рудстоунов) среднетритовых песчаных (кварцевых зерен — 25–46 %), серовато-бурых. Гранулометрические характеристики терригенных частиц песчаников и известняков близкие: доля зерен размером менее 0,005 мм — до 7 %; размером 0,005–0,05 мм — 6–28 %; размером 0,05–0,5 мм — 73–94 %; размером более 0,5 мм — до 10 %. Слои известняков толщиной до 10 см имеют волнистую эрозионную нижнюю поверхность, систематические вариации мощности (выклинивание и раздувы), косую слойчатость, мягко ундулирующую поверхность

кровли. Повсеместно присутствуют редкий мелкий углефицированный детрит наземных растений; выделения оксидов железа; остатки морского бентоса (состав аналогичен описанному для слоя 2-го типа); ростры белемнитов, зубы морских хрящевых рыб *Heterodontus* sp.; разнонаправленные ходы илоедов. Мощность слоев 3-го типа — до 7 м.

Очевидно, такие слои накапливались в условиях, когда под действием волнений образовывались перемещающиеся детритовые валы, между которыми накапливался среднесортированный тонкозернистый песчаный материал. Описанную выше текстуру чередования часто именуют «бугорчатой косой слоистостью» и считают, что она формировалась в удаленных от берега мелководных морских обстановках под действием течений с высокой энергией и сильной колебательной (волновой) компонентой (Johnson and Baldwin, 1990). Подобными современными отложениями (состоящими из чередующихся слоев преимущественно кварцевого песка и ракушечного детрита) образованы очень пологие подводные склоны кос Азовского моря на глубине до 5–6 м в 1–2 км от берега (Павлидис и Никифоров, 2007).

**4-й тип.** Нижнюю большую часть слоев образуют известняки детритовые (рудстоуны) песчаные, имеющие буровато-розовый оттенок за счет примеси оксидов железа, с мелкой косой «рифельной» слойчатостью. Нерастворимый остаток (23–27% объема породы) представлен алевро-песчаными кварцевыми зернами (доля зерен размером 0,005–0,05 мм — 16,5%; размером 0,05–0,5 мм — 78%; размером более 0,5 мм — 5,5%). Присутствуют обломки мшанок и морских ежей, фрагменты крупных двустворок, раковины гастропод, чехлы серпул, обломки колониальных кораллов, зубы хрящевых рыб *Meristodonoides* sp.; небольшие (диаметр до 15 см) колониальные кораллы *Eugyra interrupta* From., *Heliocoenia turbinata* (Traut.), *Meandראה neocomiensis* (Sol.), как в прижизненном положении, так и перевернутые. Характерны многочисленные мелкие (диаметром 2,0–2,5 см) остатки одиночных уплощенных склерактиний *Montlivaltia intumescens* (Traut.), которые у кровли образуют «ковер» (своеобразный фреймстоун) толщиной до 5 см, состоящий из особей, расположенных в положении роста. Мощность слоев 4-го типа — 0,4 м.

Присутствие оксидов железа, «рифельная» слойчатость, небольшие разрозненные кораллы с компактным скелетом, перевернутые колонии и окатанные фрагменты склерактиний, детрит раковин толстостенных двустворок свидетельствуют о прибрежной крайне мелководной области, испытывающей высокое гидродинамическое воздействие (Бугрова, 2000). В этой ситуации плохо сортированный детрит морской фауны и среднесортированный терригенный материал, в котором доминирует мелкозернистая песчаная фракция и существенную долю составляют алевроитовые частицы, можно объяснить высокой скоростью осадконакопления. В волновой тени расположенных дальше от берега коралловых патч-риффов (см. 5-й тип), по видимому, располагались массовые поселения одиночных кораллов. Обнаружение здесь зуба *Meristodonoides* sp. — представителя типичных гиבודонтных акул, обитавших в солоновато-пресных водах (Несов, 1997) — указывает на существование опресненных участков акватории, например, приуроченных к устьям рек.

**5-й тип.** Органогенные постройки, одиночные или образующие группы, имеющие форму округлых или немного удлинённых в плане холмов диаметром до 20 м и высотой 3–6 м, сложенные фреймстоунами, которые состоят из лепешковидных,

реже дендроидных колоний склерактиний (*Actinastraea colliculosa* (Traut.), *Enallhelia* sp., *Latusastraea exiguis* From., *Actinastraeopsis* sp., *Pseudocoenia* sp., *Pentacoenia elegantula* d'Orb., *Stylina elegans* Eichw., *Heliocoenia turbinata* (Traut.), *Dimorphocoenia crassisepta* From., *Clausastraea bolzei* All., *Rhipidogyra* sp., *Latiastraea kaufmani* Koby, *Thamnoseris carpatica* Mor., *Diplocoeniella gerochi* Mor., *Ellipsocoenia hemispherica* (From.), *Dermosmilia trichotoma* Eguchi, *Meandrophyllia* sp.), опирающихся друг на друга и образующих каркас. Промежутки между колониями заполнены детритом морского бентоса (в составе которого одиночные и колониальные кораллы, гастроподы, двустворки, мшанки, морские ежи, фораминиферы, водоросли), песчаными зернами (до 20 % объема породы), представленными преимущественно обломками кварца размером от 0,10 до 0,25 мм, и кальцитовым микритом. Присутствуют железистые сферолиты, лито- и биокласты, пропитанные окислами железа; зубы хрящевых рыб *Asteracanthus* sp. В нижней части построек локализуются валуны и гальки подстилающих пород. Мощность слоев 5-го типа — до 6 м.

Присутствие каракасообразующих кораллов указывает на теплый морской бассейн с нормальной соленостью. Сформированные кораллами и водорослями постройки, по-видимому, не образовывали единый барьер, а представляли собой цепочку расположенных параллельно берегу небольших изолированных патч-риффов, которые были локальными волноломами (Бугрова, 2000). Подобные образования описаны в верхнемеловых отложениях Северного Ирака и юрских отложениях Северо-Восточной Англии (Tucker, 2003).

**6-й тип.** Известняки крупнодетритовые (руд-флаутстоуны) песчаные буровато-серые, с крупной неотчетливой косою разнонаправленной слойчатостью, и фреймстоуны. Гранулометрический состав нерастворимого остатка (доля которого — 25–55 % объема породы): частицы размером 0,005–0,05 мм — 7–9 %; размером 0,05–0,5 мм — 81–90 %; размером более 0,5 мм — 3–10 %. Характерны многочисленные остатки колониальных склерактиний (*Actinastraea colliculosa* (Trd.), *Pseudocoenia* sp., *Stylina elegans* Eichw., *Stylina* sp., *Heliocoenia sparsa* (Traut.), *H. turbinata* (Traut.), *Dimorphocoenia solomkoae* Bend., *D. crassisepta* From., *Clausastraea* sp., *Eugyra interrupta* From., *E. cotteai* From., *Fungiastraea sablensis* (Karak.), *F. crespoi* (Felix), *Dimorphastraea bellula* d'Orb., *Diplocoeniella gerochi* Mor., *Ellipsocoenia hemispherica* (From.), *E. taurica* (Karak.), *Mesomorpha punctata* (From.), *Microsolena crassisepta* Sikh., *M. guttata* Koby, *Microphyllia taurica* Kusm., *Meandrophyllia* sp., *Latiastraea kaufmani* Koby, *Thamnasteria aff. cotteai* From., *Meandראה meandroides* Koby), часто крупных (встречаются отдельные полипники диаметром до 1,2 м и высотой до 0,3–0,5 м), образующие небольшие холмообразные биогермы высотой до 1,5–2,0 м. В промежутках между биогермами присутствуют мелкие уплощенные колонии склерактиний и одиночные *Montlivaltia pumila* Traut. как в положении роста, так и опрокинутые, а также обильный крупный детрит кораллов, фрагменты морских ежей, брахиопод, двустворок, остатки мшанок и губок, чехлы серпул, раковины фораминифер, зубы морских акул *Asteracanthus* sp. У подошвы локализуются полуокатанные валуны и гальки подстилающих пород, гравий кварца. Мощность слоев 6-го типа — до 5 м.

Вероятно, эти отложения накапливались ниже зоны волнолома, у подножия обращенных в сторону моря фронтальных склонов патч-риффов, в результате разрушения которых образовывались крупные обломки колониальных кораллов. Здесь формировались небольшие коралловые биогермы. Их росту, по всей види-

мости, препятствовала высокая скорость накопления биогенных обломков, мобилизованных с рифовых построек, и значительная турбулентность придонных вод, достигавшая такой силы во время штормов, что колонии склерактиний переворачивались (Бугрова, 2000). Дополнительным отрицательным фактором, замедлявшим рост кораллов, могла быть силикатная алевритовая взвесь (в нерастворимом остатке ее доля — до 9%), которая ухудшала условия жизни фильтраторов.

**7-й тип.** Известняки среднетритовые (рудстоуны) песчаные желтовато-серые, с линзовидно-полосчатой текстурой, которая, очевидно, является вариацией «бугорчатой косой слоистости» (Johnson and Baldwin, 1990). Присутствуют единичные лепешковидные коралловые и водорослевые биогермы (длиной до 1,5 м, высотой до 0,7 м); песчаные, преимущественно кварцевые зерна размером 0,10–0,25 мм, образующие 15–45% объема породы; остатки гастропод, двустворок, серпул, мшанок, брахиопод, криноидей, морских ежей, колониальных и одиночных склерактиний, фораминифер, водорослей. Мощность слоев 7-го типа — до 0,6 м.

Такие отложения, по-видимому, формировались в обстановке мелководного открытого шельфа, на глубинах, которые были больше, чем глубина накопления слоев 5-го и 6-го типов. Относительно низкую долю хорошо сортированной мелкопесчаной терригенной примеси можно считать следствием увеличения расстояния до берега. Здесь, в условиях умеренной динамики придонных вод, из среднего детрита морского бентоса образовывались системы небольших подводных валов, результатом перемещения которых стала линзовидно-полосчатая текстура. Рыхлость и подвижность донных осадков в сочетании с более слабой освещенностью дна (по сравнению с освещенностью более мелководных зон), вероятно, были основными факторами, препятствовавшими образованию крупных коралловых и водорослевых построек.

**8-й тип.** Известняки мелкодетритовые (пакстоуны) песчаные буровато-серые, с крупной пологой косой разнонаправленной слойчатостью. Размер биокластов, представленных детритом двустворок, гастропод, морских ежей, криноидей, серпул, брахиопод, мшанок, колониальных и одиночных кораллов; фораминиферами и водорослями, уменьшается от подошвы к кровле. Гранулометрический состав нерастворимого остатка (40–48% объема породы): доля зерен размером менее 0,005 мм — до 1,5%; размером 0,005–0,05 мм — 5–11%; размером 0,05–0,5 мм — 86–91%; размером более 0,5 мм — 3–6%. Присутствуют единичные тонкие (мощностью до 0,1 м) линзы песчаников мелкозернистых кварцевых буровато-желтых; редкие водорослевые и коралловые биостромы (толщиной 0,1 м, длиной до 1,0 м); остатки белемнитов и зубы хрящевых рыб *Asteracanthus* sp., *Leptostyrax* sp. Мощность слоев 8-го типа — до 1,5 м.

Слои накоплений этого типа по сравнению со слоями вышеописанных типов, очевидно, наиболее удалены от берега. Преобладание мелкого детрита указывает на снижение динамики придонных вод, а крупная пологая косая слойчатость — на увеличение размеров перемещающихся подводных валов. Подобные изменения обычно связывают с увеличением глубины (Tucker, 2003). Присутствие линзовидных песчаных прослоев и повышение (до 12,5%) доли алевро-пелитовой силикатной примеси можно интерпретировать как результат осаждения насыщенных взвесей, которые образовывались во время штормов на мелководье и перемещались к центру бассейна течениями (Johnson and Baldwin, 1990).

## 2.2. Седиментологические модели формирования трансгрессивно-регрессивных последовательностей слоев

В разрезах нижнего валанжина выявлены повторяющиеся последовательности слоев. Обобщив эти наблюдения и обозначив цифрами описанные выше литолого-генетические типы, можно заключить, что полная идеальная последовательность при одном трансгрессивно-регрессивном цикле снизу вверх имеет следующий вид:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 8 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1.$$

Отметим, что, как правило, она реализуется не полностью. Например, в разрезе нижнего валанжина горы Длинной (рис. 2) слои 2–6 образуют вертикальный ряд типов:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 8 \rightarrow 2,$$

а слои 13–15 образуют следующую последовательность:

$$3 \rightarrow 8 \rightarrow 3.$$

Используя выполненные ранее реконструкции условий осадконакопления (см. п. 2.1) и фациальный закон Головкинского — Вальтера, гласящий, что обстановки накопления согласно залегающих слоев граничили на площади, можно предположить, что выявленные повторяющиеся последовательности слоев — результат миграции латерального ряда аккумулятивных донных ландшафтов (рис. 3) в течение трансгрессивно-регрессивных колебаний уровня моря. При этом слои каждого из установленных типов формировались в пределах особой обстановки осадконакопления, отличающейся от смежных специфическим комплексом условий седиментации. Вероятно, в ранневаланжинском море ландшафты располагались от берега к центру бассейна в следующем порядке (см. рис. 3):

- 1) галечно-песчаный пляж (слои 1-го типа);
- 2) песчаные валы подводного прибрежного склона (слои 2-го типа);
- 3) крупнодетритовые валы, разделенные депрессиями, заполненными тонким песчаным материалом (слои 3-го типа);
- 4) мелкодетритовые валы дальней части мелководного шельфа (слои 8-го типа).

Смещение этих ландшафтов в сторону суши при подъеме уровня моря формировало трансгрессивную последовательность слоев:

$$1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 8,$$

а их миграция к центру бассейна при падении уровня моря образовывала регрессивную последовательность:

$$8 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1.$$

Эта модель (см. рис. 3) позволила в каждом частном разрезе установить трансгрессивно-регрессивные циклы и детально сопоставить по ним разрезы каратльхской свиты (рис. 4). При этом наибольший корреляционный потенциал имеют трансгрессивные и регрессивные максимумы, которые маркируют изохронные уровни, поскольку очевидно, что на такой небольшой территории подъемы и падения уровня моря не могли происходить в разное время.

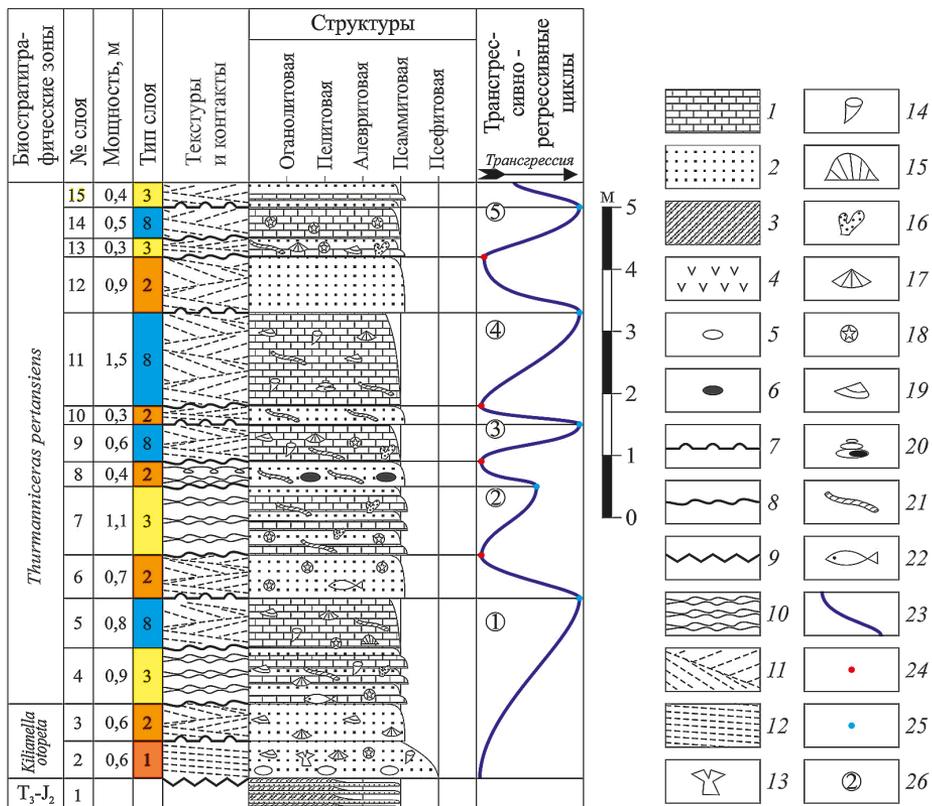


Рис. 2. Литологическая колонка каратлхской свиты нижнего валанжина горы Длинной (обнажение 8):

1–4 — горные породы (1 — известняки, 2 — песчаники, 3 — аргиллиты, 4 — габбро-диориты); 5–6 — включения гальки и гравия (5 — экстракластов, 6 — интракластов); 7–9 — межслоевые поверхности (7 — бугристая, 8 — волнистая, 9 — угловое несогласие); 10–12 текстуры (10 — линзовидно-полосчатое чередование слоев, 11 — косая разнонаправленная слойчатость, 12 — плоскопараллельная слойчатость); 13–22 — органические остатки (13 — водоросли, 14 — одиночные кораллы, 15 — колониальные кораллы, 16 — мшанки, 17 — брахиоподы, 18 — иглокожие, 19 — двусторчатые моллюски, 20 — гастроподы, 21 — чехлы серпул, 22 — остатки рыб); 23 — кривая колебания относительного уровня моря; 24 — трансгрессивный максимум; 25 — регрессивный максимум; 26 — порядковый номер трансгрессивно-регрессивного цикла

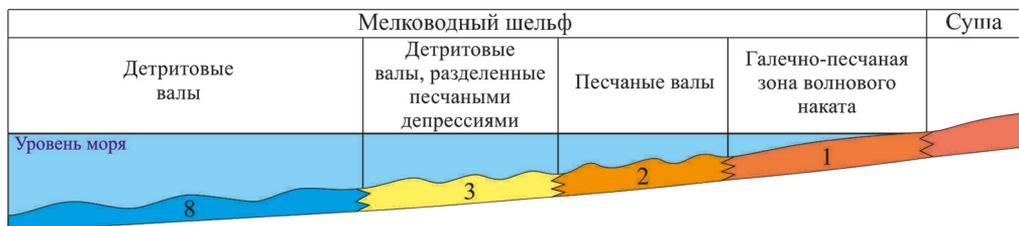


Рис. 3. Обстановки осадконакопления раннего валанжина:

1–8 — литолого-генетические типы слоев (см. п. 3.1 в тексте)

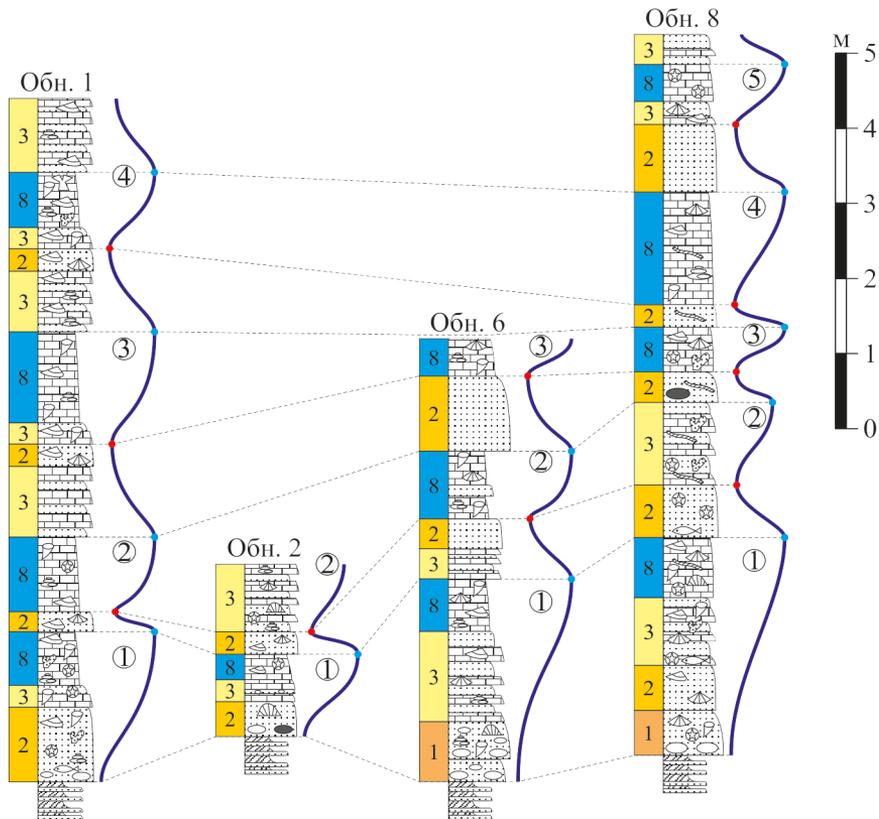


Рис. 4. Сопоставление наиболее представительных разрезов каратлхской свиты нижнего валанжина в среднем течении р. Бодрак.

Условные обозначения см. рис. 2

В результате установлено, что разрез нижнего валанжина, представленный в среднем течении р. Бодрак, сформировался в течение пяти трансгрессивно-регрессивных циклов седиментации, каждому из которых соответствует интервал мощностью от 0,7 до 3,5 м.

В нижнем готериве трансгрессивные фазы седиментации представлены преимущественно карбонатными отложениями, а регрессивные — терригенными. Так, в разрезе карьера «Первомайский» (рис. 5), во время первой трансгрессии (слой 2) образовались рифовые постройки (5-й тип), во время второй (слой 4) — в обстановке зарифового прибрежного мелководья накопились слои 4-го типа, а во время третьей (слои 6 и 7) — отложения зарифового мелководья (4-й тип) были перекрыты накоплениями открытого мелководного шельфа (3-й тип). Регрессивным фазам седиментации в этом разрезе соответствуют песчаники 2-го типа (слои 3, 5 и 8).

Обобщение всех материалов, собранных при описании обнажений нижнего готерива, позволяет констатировать следующую полную идеальную последовательность слоев:

$$4 \rightarrow 5 \rightarrow 6 \rightarrow 3 \rightarrow 7 \rightarrow 8 \rightarrow 3 \rightarrow 2 \rightarrow 1.$$

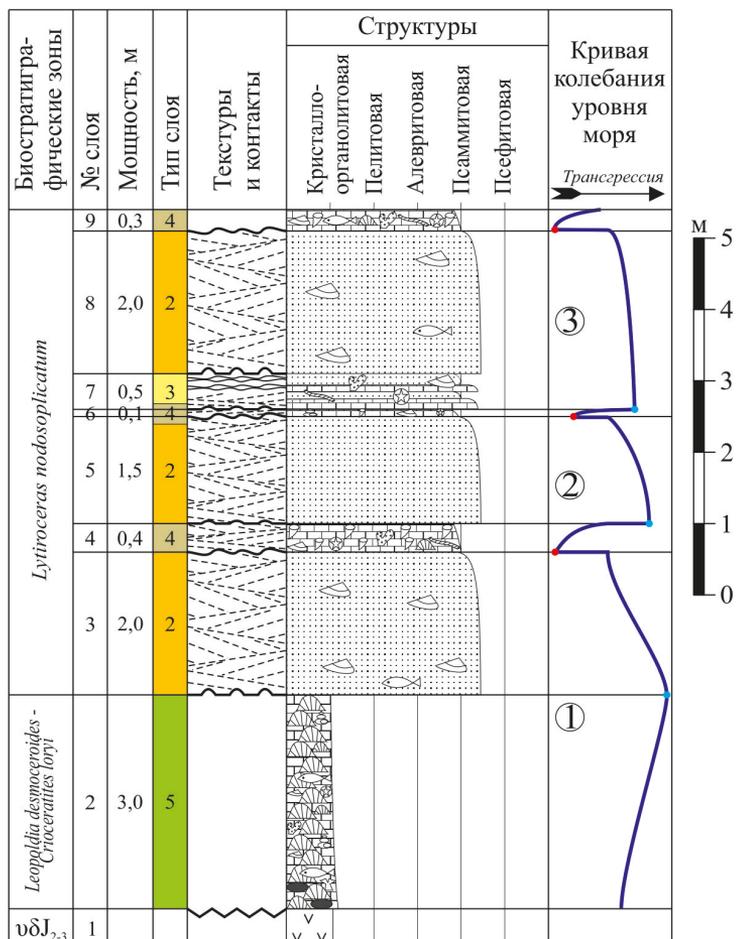


Рис. 5. Литологическая колонка карагачской свиты нижнего готевиана в карьере «Первомайский» (обнажение 16).

Условные обозначения см. рис. 2

Объяснить формирование ее регрессивной части (8 → 3 → 2 → ) может рассмотренная выше модель (см. рис. 3). Реконструкция ландшафтов трансгрессивных фаз раннего готевиана приведена на рис. 6. Вероятно, в это время при подъеме уровня моря сокращалось количество поступающего с суши терригенного материала, и у берега возникала область, заселенная в основном одиночными склерактиниями (слои 4-го типа). От открытой акватории ее слабо изолировала зона распространения коралловых патч-риффов (слои 5-го типа), у внешнего склона и между которыми накапливался крупный детрит, и росли коралловые биогермы (слои 6-го типа). Дальше от построек, по мере увеличения глубины, снижения освещенности и гидродинамического воздействия, последовательно сменялись ландшафты открытого мелководного шельфа: круподетритовые валы, разделенные песчаными накоплениями (слои 3-го типа); среднетритовые валы с единичными биогермами (слои 7-го типа); пологие мелкодетритовые валы с единичными биостромами (слои 8-го типа).

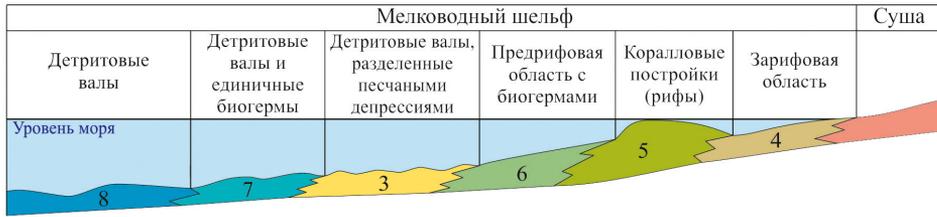


Рис. 6. Обстановки осадконакопления трансгрессивных фаз раннего готерива:  
3–8 — литолого-генетические типы слоев (см. п. 3.1 в тексте)

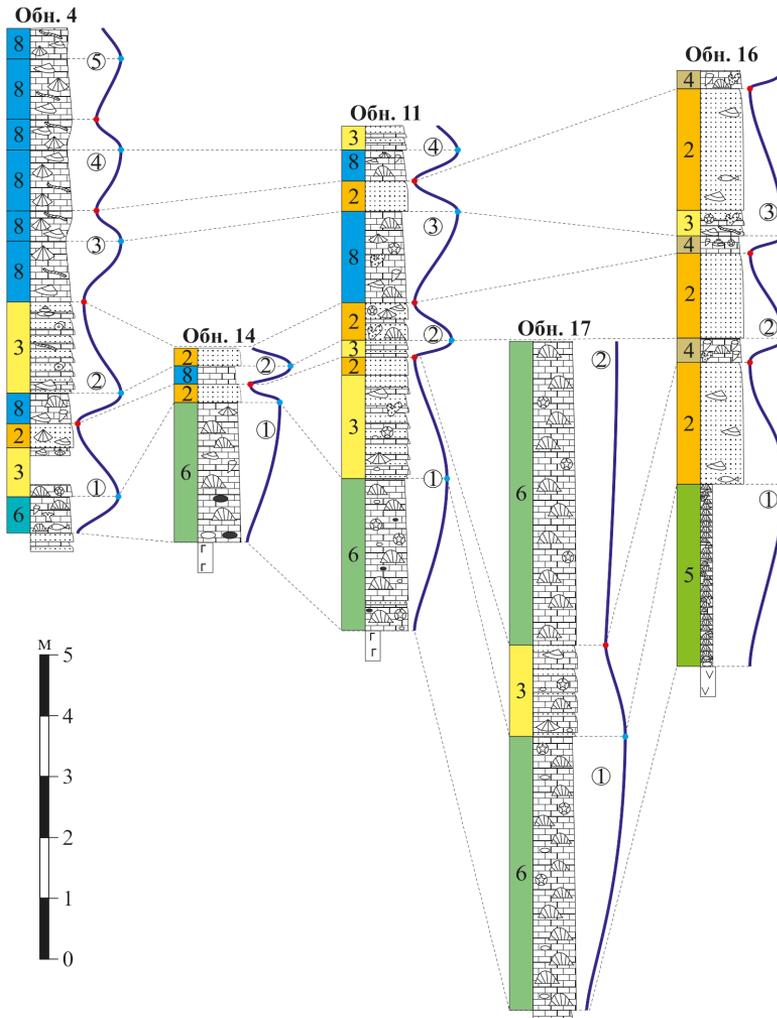


Рис. 7. Сопоставление наиболее представительных разрезов нижнего готерива в среднем течении р. Бодрак.

Условные обозначения см. рис. 2

Выполненные реконструкции (см. рис. 3 и 6) позволяют установить пять трансгрессивно-регрессивных последовательностей слоев мощностью от 1 до 6 м и провести по ним корреляцию частных разрезов нижнего готерива (рис. 7).

### *2.3. Эволюция палеогеографической ситуации*

До начала осадконакопления в валанжине рассматриваемая территория, очевидно, была сушей. Об этом свидетельствуют угловое несогласие в основании разреза каратыхской свиты и присутствие базальных галек аргиллитов и песчаников подстилающей таврической серии среднего триаса — средней юры (в обнажениях гор Длинная, Шелудивая, Плоская (Патиль), Большой Кермен).

Серия палеогеографических схем (рис. 8), составленная для трансгрессивных и регрессивных максимумов двух первых, наиболее полно охарактеризованных разрезами, циклов седиментации раннего валанжина отражает миграцию донных ландшафтов (см. рис. 3), смещавшихся к юго-востоку при трансгрессиях, а при регрессиях — к северо-западу. Береговая линия простиралась с юго-запада на северо-восток. С суши, расположенной на юго-востоке, по-видимому, поступало значительное количество обломочного материала, и в омывавшем ее морском бассейне доминировала терригенная седиментация. В крайне мелководной высокодинамичной прибрежной зоне накапливались песчаные слои 1-го и 2-го типов. Дальше от берега их сменяли сначала крупнодетритовые валы, разделенные песчаными депрессиями (слои 3-го типа), а за ними располагалась область преимущественного накопления мелкого карбонатного детрита (слои 8-го типа), максимально удаленная от питающей провинции.

Карагачская свита нижнего готерива в обнажениях гор Плоская (Патиль) и Малый Кермен перекрывает каратыхскую свиту нижнего валанжина с параллельным несогласием (прикровельная часть подстилающих пород обогащена окислами железа, отчетливый волнистый контакт, у основания разреза присутствуют базальные гальки подстилающих пород) или с угловым несогласием залегает на юрских эффузивах (обнажения горы Кизил-Чигир) и интрузивах (обнажения карьера «Первомайский»), поэтому можно считать, что в позднем валанжине район среднего течения р. Бодрак представлял собой размываемую сушу. Изменение «глубины» предготеривского эрозионного вреза указывает на то, что наиболее интенсивное поднятие испытала северная часть рассматриваемой территории. Здесь каратыхская свита полностью эродирована, верхняя часть первомайского интрузива представляет собой субаэральную кору выветривания (комковатая отдельность, обогащение гидроксидами железа), а в основании карагачской свиты присутствуют базальные гальки и валуны юрских пород. Все это позволяет предполагать, что до готерива ранневаланжинский прогиб испытал инверсию.

В начале готерива направление тектонических движений вновь изменилось — рассматриваемая территория стала погружаться и снова оказалась прибрежной мелководной частью теплого моря: на трансгрессивных фазах седиментации здесь доминировало его карбонатное осадконакопление (см. рис. 6), а на регрессивных — терригенное (см. рис. 3). Это можно объяснить существенным снижением количества обломочного материала, поступавшего в бассейн во время трансгрессий. В результате за счет увеличения прозрачности воды, возникали коралловые постройки,

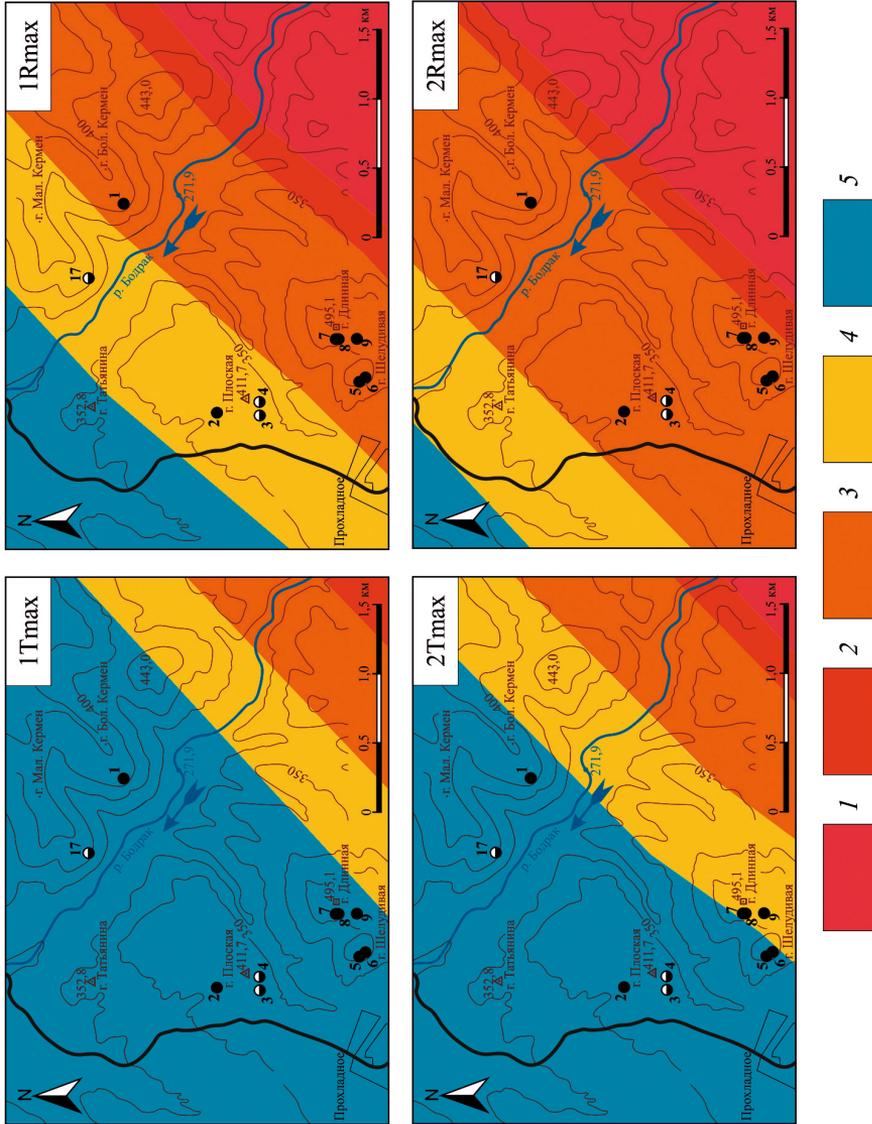


Рис. 8. Эволюция палеогеографической ситуации при формировании каратльских свиты нижнего валанжина района среднего течения р. Бодрак во время первого (1Tmax — максимум трансгрессии, 1Rmax — максимум регрессии) и второго (2Tmax — максимум трансгрессии, 2Rmax — максимум регрессии) циклов седиментации:

1 — суша, 2 — галечно-песчаный пляж, 3 — песчаные валы подводного прибрежного склона, 4 — детритовые валы, разделенные песчаными депрессиями, 5 — детритовые валы дальней части мелководного шельфа. Остальные условные обозначения см. рис. 1

повышалась общая биопродуктивность, т. е. более эффективная «работа фабрики карбонатов». Учитывая, что в раннем валанжине постоянно доминировало терригенное осадконакопление, можно предположить выполаживание рельефа раннеготеривской суши и удлинение путей транспортировки обломочного материала. При этом во время регрессий из-за снижения базиса эрозии количество поступавшего в палеобассейн обломочного материала существенно возрастало, что приводило к гибели коралловых построек, общему снижению биопродуктивности и смене карбонатного осадконакопления терригенным.

Согласно палеогеографическим схемам (рис. 9), в периоды трансгрессивных и регрессивных максимумов первого и второго циклов седиментации раннего готерива, как и в раннем валанжине, суша располагалась на юго-востоке изучаемой территории, а береговая линия и донные ландшафты простирались с юго-запада на северо-восток так, что наиболее «глубоководные» обстановки осадконакопления локализовались на северо-западе.

В течение первой трансгрессии произошел наиболее существенный подъем уровня моря, и береговая линия отступила на юго-восток, за пределы рассматриваемого района. При регрессиях береговая линия смещалась к северо-западу. На палеогеографической схеме, составленной для первого регрессивного максимума (см. рис. 9) видно, что область распространения песчаников мелководья образует выступ. Вероятно, это песчаная коса, расположение которой указывает на юго-западный вектор вдоль береговой транспортировки обломочного материала. Это можно связать с существованием дельты крупной реки на северо-востоке. Такое предположение косвенно подтверждает найденный в верхней части разреза в карьере «Первомайский» зуб акулы *Meristodonoides* sp., местообитание которой, как уже отмечено выше, связано с солоноватоводно-пресноводными обстановками (Несов, 1997).

Представленные выше заключения о конфигурации раннеготеривского бассейна осадконакопления иллюстрирует литолого-генетический профиль карагачской свиты (рис. 10), который практически перпендикулярен простирающему ландшафтным зонам и отражает существенную латеральную изменчивость разновозрастных отложений.

В конце раннего мела (до альбского века) район среднего течения р. Бодрак вновь стал размываемой сушей, и готеривские отложения здесь были частично или полностью эродированы. Увеличение глубины эрозионного вреза, фиксируемое по сокращению стратиграфического объема разрезов вплоть до полного выклинивания карагачской свиты к северо-западу от г. Кизил-Чигир, позволяет говорить о вновь проявившейся смене направления тектонических движений, в результате чего наиболее опустившаяся в раннем готериве часть рассматриваемой территории в период перед альбом оказалась наиболее поднятой.

## Заключение

Структурно-генетический анализ материалов, собранных при описании обнажений в районе среднего течения р. Бодрак, позволяет считать, что в течение каратлхского (ранний валанжин) и карагачского (ранний готерив) этапов осадконакопления рассматриваемая территория представляла собой прибрежную мелководную часть моря, омывавшего расположенную на юго-востоке сушу, которая

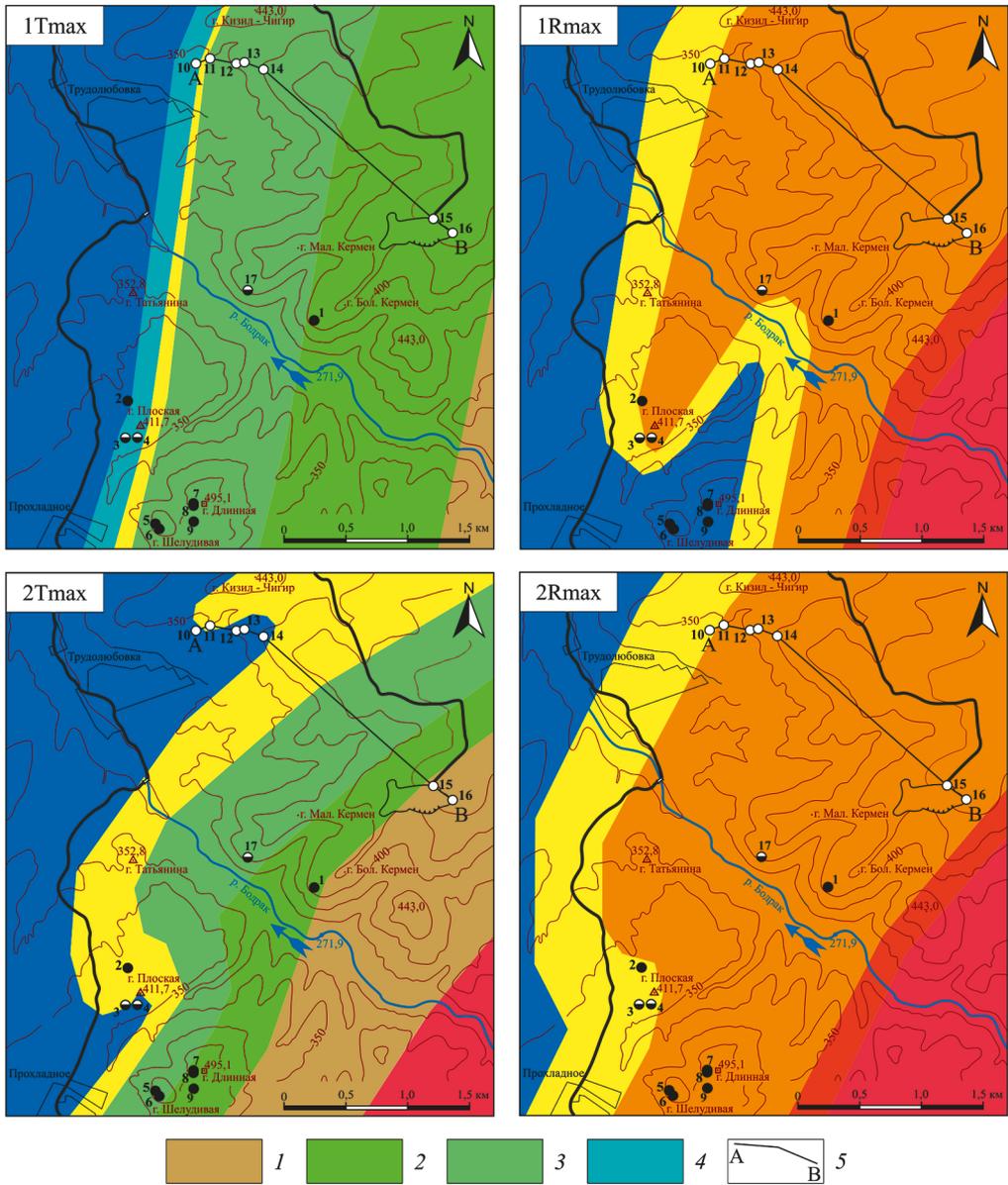


Рис. 9. Эволюция палеогеографической ситуации при формировании карагачской свиты нижнего течения среднего течения р. Бодрак во время первого (1Tmax — максимум трансгрессии, 1Rmax — максимум регрессии) и второго (2Tmax — максимум трансгрессии, 2Rmax — максимум регрессии) циклов седиментации:

1 — песчано-детритовые отложения зарифовой области, 2 — коралловые известняки патч-рифов, 3 — детритовые накопления и коралловые биогермы предрифовой области, 4 — детритовые валы и кораллово-водорослевые биогермы мелководного шельфа; 5 — линия литолого-генетического профиля. Остальные условные обозначения см. рис. 1 и 8

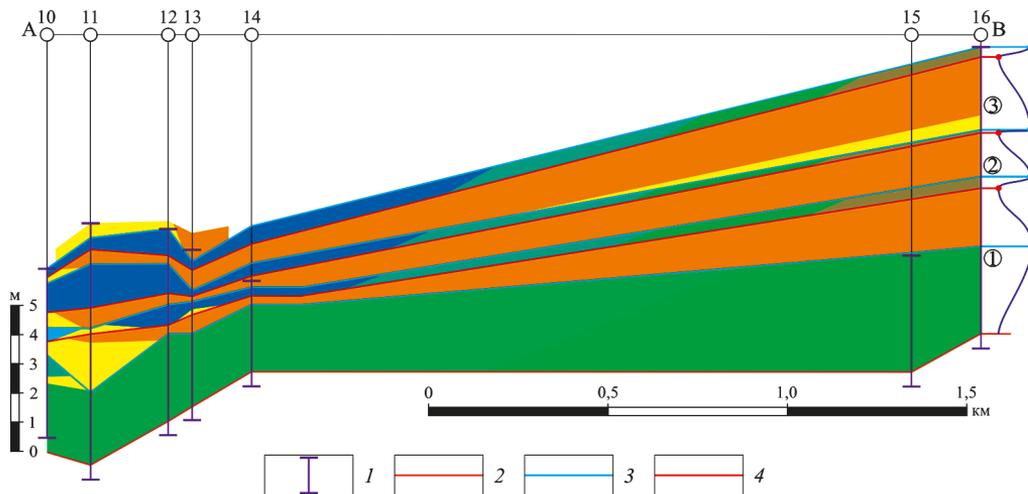


Рис. 10. Литолого-генетический профиль карагачской свиты нижнего готерива по линии А–В (см. рис. 9):

1 — интервал, представленный в обнажении, 2 — несогласие, 3 — трансгрессивный максимум, 4 — регрессивный максимум. Остальные условные обозначения см. рис. 1, 2, 8 и 9

была основным источником терригенного материала, поступавшего в бассейн седиментации.

В течение раннего валанжина здесь доминировало терригенное осадконакопление. В раннем готериве на трансгрессивных фазах седиментации накапливались преимущественно карбонатные отложения, а на регрессивных — терригенные. Это указывает на существенное снижение количества обломочного материала, поступавшего в бассейн во время трансгрессий. На регрессивных фазах за счет увеличения твердого стока с суши формировалась ландшафтная ситуация, близкая к существовавшей в раннем валанжине.

Полученные результаты подтверждают представления о том, что во время формирования каратыхской свиты нижнего валанжина и карагачской свиты нижнего готерива основной питающей провинцией изучаемого бассейна была расположенная на юго-востоке киммерийская горная система (Пчелинцев, 1966; Лычагин, 1969). В это время она, по-видимому, представляла собой остров (или даже архипелаг, это остается под вопросом) в морском бассейне, ограниченном на севере низменной сушей. В пользу возможного существования киммерийского орогена как наиболее вероятного южного источника сноса материала для изучаемой территории в раннем мелу, свидетельствуют существовавшие в это время интенсивные тектонические движения в Крыму и Понтидах (Бискэ, 1997; Милеев и др., 2006; Akbayram et al., 2013; Okay and Nikishin, 2015).

\* \* \*

Авторы признательны Е. Ю. Барабошкину за обсуждения биостратиграфических аспектов работы; сотрудникам Ресурсного Центра СПбГУ за определение соотношений силикатной и карбонатной составляющей пород методом компьютерной микротомографии.

## Литература

- Барабоишкин, Е. Ю., 1997. Новые данные по стратиграфии готеривских отложений в междуречье Кача — Бодрак. Очерки геологии Крыма, Труды Крымского геологического научно-учебного центра им. проф. А. А. Богданова 1, 27–53.
- Барабоишкин, Е. Ю., 2005. Палеогеография Восточно-Европейской платформы и ее южного обрамления в раннем мелу, в: 400 миллионов лет геологической истории южной части Восточной Европы 1. Геос, Москва, 201–232.
- Барабоишкин, Е. Ю., Янин, Б. Т., 1997. Корреляция валанжинских отложений Юго-Западного и Центрального Крыма. Труды Крымского геологического научно-учебного центра им. профессора А. А. Богданова 1, 4–26.
- Бискэ, Ю. С., 1997. Надвиговая позднемезозойская тектоника юго-западной оконечности Горного Крыма. Вестник Санкт-Петербург. ун-та (Серия 7. Геология, география) 2(14), 3–11.
- Бугрова, И. Ю., 2000. Применение методов биофациального анализа для восстановления среды обитания древних Spidaria. Стратиграфические и фациальные методы изучения фанерозоя 1, 47–55.
- Горбенко, Е. С., 2011. Новые данные об условиях формирования пород мазанской свиты (валанжин, Центральный Крым), в: Современные вопросы геологии (материалы конференции 9–11 ноября 2011 г.), 30–33. URL: [http://cretaceous.ru/files/pub/tekt\\_p1-268.pdf](http://cretaceous.ru/files/pub/tekt_p1-268.pdf) (дата обращения: 24.01.2019).
- Друщиц, В. В., 1960. Нижнемеловые отложения Крыма в: Друщиц, В. В., Кудрявцев, М. П. (под ред.). Атлас нижнемеловой фауны Северного Кавказа и Крыма. Гостоптехиздат, Москва, 53–74.
- Каракаш, Н. И., 1907. Нижнемеловые отложения Крыма и их фауна. Типография М. Меркушева, Санкт-Петербург.
- Лычагин, Г. А., 1969. Меловая система. Нижний отдел, в: Муратов, М. В. (под ред.). Геология СССР 8(1). Недра, Москва, 155–178.
- Милеев, В. С., Барабоишкин, Е. Ю., Розанов, С. Б., Рогов, М. А., 2006. Киммерийская и альпийская тектоника Горного Крыма. Бюллетень Московского общества испытателей природы (Отдел геологический) 82(3), 22–33.
- Муратов, М. В., 1960. Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова, Государственное научно-техническое издательство литературы по геологии и охране недр, Москва.
- Несов, Л. А., 1997. Неморские позвоночные мелового периода Северной Евразии. Изд-во БИН РАН, Санкт-Петербург.
- Никишин, А. М., Алексеев, А. С., Барабоишкин, Е. Ю., Болотов, С. Н., Копеевич, Л. Ф., Никитин, М. Ю., Панов, Д. И., Фокин, П. А., Габдуллин, Р. Р., Гаврилов, Ю. О., 2006. Геологическая история Бахчисарайского района Крыма, учебное пособие. Изд-во Моск. ун-та, Москва.
- Павлидис, Ю. А., Никифоров, С. Л., 2007. Обстановки морфолитогенеза в прибрежной зоне Мирового океана. Наука, Москва.
- Плотникова, Л. Ф., Богаец, А. Т., Бондаренко, В. Г., Воронова, М. А., Корбут, Е. Б., Нероденко, В. М., Плахотный, Л. Г., Романов, Л. Ф., 1984. Меловая система. Нижний отдел, в: Астахова, Т. В., Горак, С. В., Краева, Е. Я. Геология шельфа УССР. Стратиграфия (шельф и побережья Черного моря). Наукова думка, Киев, 59–74.
- Пчелинцев, В. Ф., 1966. Киммериды Крыма. Наука, Москва, Ленинград.
- Смирнова, Т. Н., Барабоишкин, Е. Ю., 2004. Валанжин-нижеготеривские комплексы брахиопод междуречья Кача — Бодрак (Юго-Западный Крым). Стратиграфия. Геологическая корреляция 12(2), 48–63.
- Триколиди, Ф. А., 2014. Гребнезубые акулы (Hexanchiformes) из меловых отложений Крыма, в: Труды Зоологического института РАН, 318(1), 76–97.
- Триколиди, Ф. А., Голубев, В. К., Тищенко, А. И., 2018. Нижнемеловой комплекс эласмобранхий (Chondrichthyes, Elasmobranchii) Крыма. Фундаментальная и прикладная палеонтология, в: Материалы LXIV сессии Палеонтологического общества при РАН. ВСЕГЕИ, Санкт-Петербург, 237–238.
- Шишилов, С. Б., 2010. Структурно-генетический анализ осадочных формаций. Лема, Санкт-Петербург.
- Эристави, М. С., 1957. Сопоставление нижнемеловых отложений Грузии и Крыма. Изд-во АН СССР, Москва.
- Юдин, В. В., 2009. Геологическая карта и разрезы Горного, Предгорного Крыма. Масштаб 1 : 200 000. Союзкарта, Симферополь.

- Янин, Б. Т., 1997. О соотношении общих и местных стратиграфических подразделений нижнего мела Юго-Западного Крыма (междуречье Кача — Бодрак). Вестник Моск. ун-та. Серия Геология. 4(3), 29–36.
- Акбаурам К., Окай, А. I., Сатир, М., 2013. Early Cretaceous closure of the Intra-Pontide Ocean in western Pontides (northwestern Turkey). Journal of Geodynamics 65, 38–55. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.05.003>
- Baraboshkin, E. J., Mikhailova, I. A., 2000. New and poorly known Valanginian ammonites from South-West Crimea. Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la terre 70, 89–120.
- Johnson, H. D., Baldwin, C. T., 1990. Shallow clastic seas, in: Reading, H. G. (Eds.), Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy. Blackwell Science, Oxford, 232–280.
- Окай, А., Nikishin, A. M., 2015. Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. International Geology Review 57(5–8), 1051–1076. URL: <https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1010609>
- Reineck, H. E., Singh, I. B., 1975. Depositional sedimentary environments, Springer, Berlin.
- Tucker, M. E., 2003. Sedimentary Rocks in the Field, Wiley, Chichester.

Статья поступила в редакцию 18 мая 2018 г.  
Статья рекомендована в печать 7 декабря 2018 г.

#### Контактная информация:

Шишилов Сергей Борисович — s.shishlov@spbu.ru  
Дубкова Ксения Андреевна — ksenya-dubkova@mail.ru  
Бугрова Ирина Юрьевна — i.bugrova@spbu.ru  
Триколиди Филипп Анастасович — mtetradi@mail.ru

### Structure and depositional environment of the Valanginian-Hauterivian sections in the middle reaches of the Bodrak River (South-Western Crimea)

S. B. Shishlov<sup>1</sup>, K. A. Dubkova<sup>1</sup>, I. Yu. Bugrova<sup>1</sup>, F. A. Trikolidi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg State University,  
7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

<sup>2</sup> A. P. Karpinsky Russian Geological Research Institute,  
74, Sredniy prospect, St. Petersburg, 199106, Russian Federation

**For citation:** Shishlov, S. B., Dubkova, K. A., Bugrova, I. Yu., Trikolidi, F. A., 2019. Structure and depositional environment of the Valanginian-Hauterivian sections in the middle reaches of the Bodrak River (South-Western Crimea). *Vestnik of Saint Petersburg University. Earth Sciences*, 64 (1), 114–135. <https://doi.org/10.21638/spbu07.2019.107> (In Russian)

The materials, collected during the description of 17 outcrops of Karatlykh formation (Lower Valanginian) and Karaghach formation (Lower Hauterivian) in the Bodrak River middle course (South-Western Crimea), are analyzed. The results of microscopic descriptions of thin sections, computed micro-tomography of samples, carbonate content detection, and particle-size analysis of insoluble residue are presented, the remains of scleractinian corals and cartilaginous fish are studied. Descriptions and sedimentological interpretation of 8 lithological-genetic types of layers are also presented in this article. During Karatlykh time and regressive phases of Karaghach time, terrigenous sedimentation prevailed. From the coast to the center of the basin there were pebble-sandy beaches, sandy ripples, detrital ripples with sandy depressions, detrital ripples of the far part of the shallow-water shelf. During transgressive phases of the Karaghach time, there was a shortage of terrigenous sedimentary material and carbonate sedimentation dominated. The area with solitary corals was formed along the coast and separated from the sea by patch reefs zone, detritus and coral bioherms were located on the fore reef zone. Deeper there were detrital ripples with sandy depressions, detrital ripples

with single bioherms and detrital ripples with rare biostromes. According to bed's vertical sequences, transgressive-regressive sedimentation cycles are established. It became the basis for a detailed correlation of sections. Paleogeographic schemes for the short range of geological time corresponding to transgressive and regressive maxima are compiled. It is shown that in the paleobasin there were two types of lateral sequences of accumulative landscapes. As a result, we demonstrate that in Lower Valanginian and Lower Hauterivian the studied territory represented a shallow offshore part of the sea, washed the land southeastward. This land represented the main terrigenous provenance for the basin.

*Keywords:* South-West Crimea, Valanginian, Hauterivian, layer's lithological-genetic type, sedimentation environment, paleogeography.

## References

- Akbayram K., Okay, A. I., and Satır, M., 2013. Early Cretaceous closure of the Intra-Pontide Ocean in western Pontides (northwestern Turkey). *Journal of Geodynamics* 65, 38–55. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jog.2012.05.003>
- Baraboshkin E. J., 1997. Novye dannye po stratigrafii goterivskikh otlozhenii v mezhdurech'e Kacha — Bodrak [New data on stratigraphy of the Hauterivian in the Kacha River — Bodrak interfluvium] *Trudy Krymskogo geologicheskogo nauchno-uchebnogo tsentra imeni professora A. A. Bogdanova*, [Proceedings of prof. A. A. Bogdanov Crimean geological scientific research centre] 1, 27–53. (In Russian)
- Baraboshkin E. J., 2005. Paleogeografiia Vostochno-Evropeiskoi platformy i ee iuzhnogo obramleniia v ran-nem melu. [Paleogeography of the East European Platform and its southern frame in the Early Cretaceous]. In: 400 millionov let geologicheskoi istorii iuzhnoi chasti Vostochnoi Evropy [400 million years of geological history of the southern part of Eastern Europe] 1. Geos, Moscow, 201–232. (In Russian)
- Baraboshkin E. J., Mikhailova I. A., 2000. New and poorly known Valanginian ammonites from South-West Crimea. *Bulletin de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Sciences de la terre* 70, 89–120.
- Baraboshkin, E. J., Yanin, B. T., 1997. Korreliatsiia valanzhinskikh otlozhenii Iugo-Zapadnogo i Tsentral'nogo Kryma [The correlation of the Valanginian of South-Western and Central Crimea]. In: Ocherki geologii Kryma, *Trudy Krymskogo geologicheskogo nauchno-uchebnogo tsentra imeni professora A. A. Bogdanova* [Essays on the geology of the Crimea, Proceedings of Crimean geological scientific research centre after prof. A. A. Bogdanov], 1, 4–26. (In Russian)
- Biske, Yu. S., 1997. Nadvigovaia pozdnemezozoiskaia tektonika iugo-zapadnoi okonechnosti Gornogo Kryma [Late Mesozoic thrust tectonics in the southwestern margin of the Crimean Mountains]. *Vestnik Sankt-Peterb. un-ta. Seriya 7. Geologiya, Geografiia* [Vestnik of St. Petersburg University. Series 7. Geology, Geography] 2(14), 3–11. (In Russian)
- Bugrova, I. Yu., 2000. Primenenie metodov biofatsial'nogo analiza dlia vosstanovleniia sredy obitaniia drevnikh Cnidaria [Application of methods of biofacial analysis to restore the habitat of the ancient Cnidaria]. *Stratigraficheskie i fatsial'nye metody izucheniia fanerozoia* [Stratigraphic and facial studies of the Phanerozoic] 1, 47–55. (In Russian)
- Drushchits, V. V., 1960. Nizhnemelovye otlozheniia Kryma [Lower Cretaceous deposits of Crimea]. In: Drushchits, V. V., Kudryavtsev, M. P. (Eds.). *Atlas nizhnemelovoi fauny Severnogo Kavkaza i Kryma* [Atlas of the Lower Cretaceous fauna of the North Caucasus and Crimea]. Gostoptekhizdat, Moscow, 53–74. (In Russian)
- Eristavi, M. S., 1957. Sopostavlenie nizhnemelovykh otlozhenii Gruzii i Kryma [Correlation of Lower Cretaceous deposits in Georgia and the Crimea], *Izd-vo AN SSSR, Moscow*. (In Russian)
- Gorbenko, E. S., 2011. Novye dannye ob usloviakh formirovaniia porod mazanskoi svity (valanzhin, Tsentral'nyi Krym) [A new data on the origin of Mazanskaya formation rocks (Valanginian stage, Central Crimea)]. In: *Sovremennye voprosy geologii (materialy konferentsii 9–11 noiabria 2011 g.)* [Modern questions of geology (conference materials, November 9–11, 2011)], 30–33. (In Russian)
- Johnson, H. D., Baldwin, C. T., 1990. Shallow clastic seas. In: Reading, H. G. (Eds.), *Sedimentary environments: processes, facies and stratigraphy*. Blackwell Science, Oxford, 232–280.
- Karakash, N. I., 1907. Nizhnemelovye otlozheniia Kryma i ikh fauna [The Lower Cretaceous deposits of the Crimean Peninsula and their fauna]. *Typography of M. Merkushev, St. Petersburg*. (In Russian)
- Lyichagin, G. A., 1969. Melovaia sistema. Nizhnii otdel [Cretaceous system. Lower series]. In: *Geologiya SSSR* [Geology of the USSR] 8(1). Nedra, Moscow, 155–178. (In Russian)

- Mileev, B. C., Baraboshkin, E. Yu., Rozanov, S. B., Rogov, M. A., 2006. Kimmeriiskaia i al'piiskaia tektonika Gornogo Kryma [Cimmerian and Alpine tectonics of the Crimean Mountains]. *Biulleten' Moskovskogo obshchestva ispytatelei prirody (Otdel geologicheskii)* [Bull. of Moscow Society of Naturalists. Department of Geology] 82(3), 22–33. (In Russian)
- Muratov, M. V., 1960. *Kratkii ocherk geologicheskogo stroeniia Krymskogo poluostrova* [A brief sketch of the geological structure of the Crimean peninsula]. State. scientific and engineering. publ. literature on geology and subsoil protection, Moscow. (In Russian)
- Nesov, L. A., 1997. Nemorskie pozvonochnye melovogo perioda Severnoi Evrazii [Non-marine vertebrates of the Cretaceous Period of Northern Eurasia], Izd-vo BIN RAN, St. Petersburg. (In Russian)
- Nikishin, A. M., Alekseev, A. S., Baraboshkin, E. Yu., Bolotov, S. N., Kopaevich, L. F., Nikitin, M. Yu., Panov, D. I., Fokin, P. A., Gabdullin, R. R., Gavrilov, Yu. O., 2006. Geologicheskaiia istoriia Bakhchisaraiskogo raiona Kryma: uchebnoe posobie [The geological history of the Bakhchisaray region of Crimea: tutorial for students]. Izd-vo Mosk. un-ta, Moscow. (In Russian)
- Okay, A., Nikishin, A. M., 2015. Tectonic evolution of the southern margin of Laurasia in the Black Sea region. *International Geology Review* 57(5–8), 1051–1076. URL: <https://doi.org/10.1080/00206814.2015.1010609>
- Pavlidis, Yu. A., Nikiphorov, S. L., 2007. *Obstanovki morfolitogeneza v pribrezhnoi zone Mirovogo okeana* [Morpholithogenesis environments of coastal zones in the World Ocean]. Nauka, Moscow. (In Russian)
- Pchelintsev, V. F., 1966. *Kimmeridy Kryma* [Cimmerids of Crimea]. Nauka, Moscow; Leningrad. (In Russian)
- Plotnikova, L. F., Bogaets, A. T., Bondarenko, V. G., Voronova, M. A., Korbut, E. B., Nerodenko, V. M., Plahotnyi, L. G., Romanov, L. F., 1984. Melovaia sistema. Nizhnii otdel [Cretaceous system. Lower series]. In: Astahova, T. V., Gorak, S. V., Kraeva, E. Ya. *Geologiiia shel'fa USSR. Stratigrafiia (shel'f i poberezh'ia Chernogo moria)* [Geology of shelf of the UkrSSR. Stratigraphy (shelf and Black Sea coast)]. Naukova dumka, Kiev, 59–74. (In Russian)
- Reineck, H. E., Singh, I. B., 1975. *Depositional sedimentary environments*. Springer, Berlin.
- Shishlov, S. B., 2010. *Strukturno-geneticheskii analiz osadochnykh formatsii* [Structural and genetic analysis of sedimentary formations]. Lema, St. Petersburg. (In Russian)
- Smirnova, T. N., Baraboshkin, E. Yu., 2004. Valanzhin-nizhnegoterivskie komplekсы brachiopod mezhdurech'ia Kacha-Bodrak (Iugo-Zapadniy Krym). [Valangian-Lower Hauterivian brachiopod assemblages from the Kacha-Bodrak interfluvium, southwestern Crimea]. In: *Stratigrafiia. Geologicheskaiia korreliatsiia* [Stratigraphy. Geological correlation] 12(2), 48–63. (In Russian)
- Trikolidi F. A., 2014. Grebnezubyie akuly (Hexanchiformes) iz melovykh otlozhenii Kryma [Cow sharks (Hexanchiformes) from the Cretaceous deposits of the Crimea]. In: *Trudy Zoologicheskogo instituta RAN* [Proceedings of the Zoological Institute RAS] 318(1), 76–97. (In Russian)
- Trikolidi F. A., Golubev V. K., Tischenko A. I., 2018. Nizhnemelovoi kompleks elasmobranchii (Chondrichthyes, Elasmobranchii) Kryma. *Fundamental'naia i prikladnaia paleontologiiia* [Lower Cretaceous Elasmobranchii complex (Chondrichthyes, Elasmobranchii) of Crimea]. In: *Fundamental'naia i prikladnaia paleontologiiia. Materialy LXIV sessii Paleontologicheskogo obshchestva pri RAN* [Fundamental and Applied Paleontology" (Materials of the LXIV Session of the Paleontological Society of the Russian Academy of Sciences)]. VSEGEI, St. Petersburg, 237–238. (In Russian)
- Tucker, M. E., 2003. *Sedimentary Rocks in the Field*, Wiley, Chichester.
- Yanin, B. T., 1997. O sootnoshenii obshchikh i mestnykh stratigraficheskikh podrazdelenii nizhnego mela Iugo-Zapadnogo Kryma (mezhdurech'e Kacha — Bodrak) [Correlation between the general and local stratigraphic units recognized in the Lower Cretaceous of the southwestern Crimea (Kacha-Bodrak interfluvium)]. *Vestnik Mosk. un-ta. Seriiia Geologiiia* [Vestnik of Moscow University. Series Geology] 3, 29–36. (In Russian)
- Yudin, V. V., 2009. *Geologicheskaiia karta i razrezy Gornogo, Predgornogo Kryma. Masshtab 1 : 200 000* [Geological map and sections of the Crimean Mountains, piedmont of Crimea. Scale 1 : 200 000]. Soyuzkarta, Simferopol. (In Russian)

Received: May 18, 2018

Accepted: December 7, 2018

Author's information:

Sergey B. Shishlov — s.shishlov@spbu.ru

Ksenia A. Dubkova — ksenya-dubkova@mail.ru

Irina Yu. Bugrova — i.bugrova@spbu.ru

Filipp A. Trikolidi — mtetradi@mail.ru