

УДК 551.73+551.8

ЦИКЛИЧНОСТЬ ПАЛЕОЗОЙСКОГО РИФООБРАЗОВАНИЯ РАЗНЫХ ПОРЯДКОВ*

*В.Г. КУЗНЕЦОВ, Л.М. ЖУРАВЛЕВА**РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина
65, Ленинский проспект, Москва 119991, Россия
e-mail: vgkuz@yandex.ru, zhurawlewa.lilia@yandex.ru*

В палеозойском разрезе выделены пять крупных циклов рифообразования — раннекембрийский, средне—позднеордовикский, силурийско—девонский, поздневисейско—серпуховский и пермский, верхние границы которых определяются соответствующими периодами с биотическими кризисами и массовыми вымираниями на границах ранний—средний кембрий, ордовик—силур (или хирнант—рудданиан), фран—фамен, серпухов—башкир, и пермь—триас. Циклы различаются по распространенности рифов в пределах планеты, составу и групповому разнообразию рифостроящей биоты и длительности рифообразования. В наиболее длительных — силурийско—девонском и пермском циклах отчетливо наблюдаются периоды относительного снижения интенсивности рифостроения, подразделяющие первые на две части — циклы второго порядка. Их появление обусловлено глобальными палеогеографическими и палеоклиматическими причинами, а в начале девона, возможно, помимо названных причин важную роль сыграло и глобальное биотическое событие — появление наземной биоты и соответственно определенное перераспределение потока питательных компонентов — нутриентов — с водной оболочки на сушу. Во всех случаях установлены циклы третьего порядка, образование которых определяется сугубо регионально—геологическими причинами, такими как колебания уровня моря, осолонение водоёмов, что фиксируется перекрытием рифов терригенными, глинистыми или соленосными породами. Аналогично воздействие вулканизма, когда эксплозивная деятельность прекращает рост рифов.

Ключевые слова: каркасные рифы; цикличность рифообразования; биологические, глобальные и региональные геологические события.

DOI:10.32454/0016-7762-2019-4-26-36

DIFFERENT ORDER CYCLICITY OF THE PALEOZOIC REEF FORMATION

*V.G. KUZNETSOV, L.M. ZHURAVLEVA**Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University)
building 1, 65, Leninsky prosp., Moscow 119991, Russia
e-mail: zhurawlewa.lilia@yandex.ru*

There are five great cycles of reef formation in Paleozoic — Early Cambrian, Middle—Late Ordovician, Silurian—Devonian, Late Viséan—Serpukhovian and Permian. Their upper limits are determined by the corresponding periods of biotic crises and mass extinction events which have been at the borders of the Middle—Late Cambrian, Ordovician—Silurian, Frasnian—Famenian, Serpukhovian—Baskirian, Permian—Triassic. Cycles differ in the reef prevalence within the planet, in the composition and group diversity of reef-building biota and the duration of reef formation. The longest Silurian—Devonian and Permian cycles are divided with periods of relative decrease in the intensity of reef building into two parts and these periods are clearly observed. These are second order cycles. The bases of this division are global paleogeographic and paleoclimatic causes, and at the beginning of Devon, perhaps, in addition to these reasons, an important role was played by the global biotic event — the appearance of terrestrial biota and, accordingly, a certain redistribution of the flow of nutrients from the ocean to land. In all cases, third-order cycles have been established, the formation of which is determined by purely regional-geological reasons, such as sea level fluctuations, salinity of basins, which are fixed by the overlap of reefs with terrigenous, clay or saline rocks. Similar role is played by the volcanism, as explosive activity stops the growth of reefs.

Keywords: framework reefs; cyclicity of reef formation; biological; global and regional geological events.

Постановка проблемы и объект исследования

Определённая цикличность рифообразования с выделением и характеристикой отдельных этапов достаточно давно отмечена и с той или иной деталь-

ностью описана [5, 6, 8, 17, 22]. Более подробное исследование этой проблемы позволило установить наличие циклов разных масштабов как по длительности и интенсивности развития, так и по сообществам рифостроящих и обитавших на рифах организмов.

В статье рассматриваются в основном только рифы в узком смысле, определённом, в частности, в [18, с. 114–119], как холмовидные карбонатные образования, созданные в результате жизнедеятельности каркасных организмов, которые в период своего роста возвышались над дном моря, а в ископаемом состоянии представляющие собой карбонатные массивы, мощность которых больше мощности синхронных отложений. Более мелкие постройки типа биостромов и биогермов иногда упоминаются, но в анализ не включены.

В том же значении, как и в указанном справочнике, использован термин «иловые холмы», которые в настоящем сообщении упоминаются, но детально не анализируются.

Некоторым аспектам цикличности рифообразования разного уровня на примере палеозойской эры и посвящено настоящее сообщение.

Распределение рифов палеозоя и общая характеристика крупных циклов рифообразования

В самом общем виде в палеозое выделяется ряд крупных циклов, завершение которых обусловлено биотическими кризисами и массовыми вымираниями организмов. Графическое изображение циклов представлено на рис. 1, к которому необходимо сделать несколько предварительных замечаний. Во-первых, использованы представления отечественных геологов о нижней границе фанерозоя, когда кембрийская система начинается с томмотского яруса, а не с немакит-далдынского регионаруса, поэтому она датируется 535,0, а не 542,2 [19] млн лет, как это принято в международной стратиграфической шкале. Во-вторых, пенсильванская подсистема подразделена, опять-таки по российской шкале, на средний и верхний отделы карбона. Что касается перми, то использована международная шкала с подразделением на нижний (приуральский), средний (гваделупский) и верхний (лопийский) отделы.

С учётом сделанных замечаний в палеозойском разрезе выделены пять циклов рифообразования — раннекембрийский, средне—позднеордовикский, силурийско—девонский, поздневизейско—серпуховский и пермский, верхние границы которых определяются соответствующими периодами с биотическими кризисами и массовыми вымираниями на границах ранний—средний кембрий, ордовик—силур (или хирнант—рудданиан), фран—фамен, серпухов—башкир, и, наконец, пермь—триас.

Для палеонтологической характеристики рифов отдельных циклов использованы данные, опубликованные в [4–6, 10, 12].

Нижнекембрийские рифы широко развиты на Сибирской платформе, в Алтай-Саянской области, известны в Монголии, ряде районов Канады, в

бассейне Амадеус (Австралия), на о. Сардиния, в Южной Испании и Северном Марокко [7, 22].

Следует отметить специфический характер рифостроящей биоты кембрия и её функциональную роль. Среди организмов практически отсутствуют настоящие каркасостроители, «конструкторы» рифов. Таковыми являются, по сути дела, только археоциаты, которые появились в начале кембрия в томмотском веке на Сибирской платформе, откуда расселились практически по остальным регионам мира. Максимального развития они достигли во второй половине атдабанского века — раннем ботоме. Однако эти потенциальные каркасообразователи составляют весьма незначительную часть объёма рифа и тем самым не создают общего твёрдого каркаса. К тому же сами кубки обычно находятся не в вертикальном положении роста, часто они являются твёрдым субстратом, на котором селятся кальцибионты. Среди последних некоторое каркасообразующее значение могли иметь вертикально стоящие веточки эпифитонов. Хотя последние были тонкими и хрупкими, они создавали условия фиксации карбонатного материала, генерируемого разнообразными кальцибионтами — ренальцисами, марковеллами, гирванеллами и др.

При этом, несмотря на незначительное количество, само появление вертикально растущих и ветвистых форм стало основным фактором в становлении и формировании морфологически выраженных в рельефе дна рифов [7].

После массового вымирания и исчезновения археоциат рифообразование за счёт каркасных организмов надолго прекратилось. Во временном интервале средний кембрий—средний ордовик существовали каркасные потенциально рифостроящие организмы, в том числе губки, но, как убедительно показал в обстоятельном обзоре Б. Уэбби [31], ранне—среднеордовикские постройки — это преимущественно микробиально-иловые холмы, а постройки, созданные метазойными организмами — кораллами и мшанками, в раннем ордовике крайне редки. Собственно каркасное рифообразование с мшанками, строматопороидеями, кораллами и губками, и, как всегда, водорослями, проявилось в конце среднего ордовика — с дарвиллиана, и с небольшими перерывами рифообразование продолжалось и в позднем ордовике [9, 21, 25, 31]. Рифы этого временного интервала развиты в пределах Северной и Восточной Канады, ряде областей США, регионе Балтоскандии и Британии, Северном (Ордос), Южном (платформа Янцзы) и Юго-Восточном (Сычуань) Китае, на Урале и прилегающих районах от самого севера до юга, в Казахстане, на северо-востоке Сибири — в Верхоянье, на Чукотке, Сетте-Дабане, Таймыре, в Австралии.

Каркасообразующие рифостроители этого этапа представлены строматопороидеями, табулятами, в меньшей степени — ругозами, мшанками, листи-

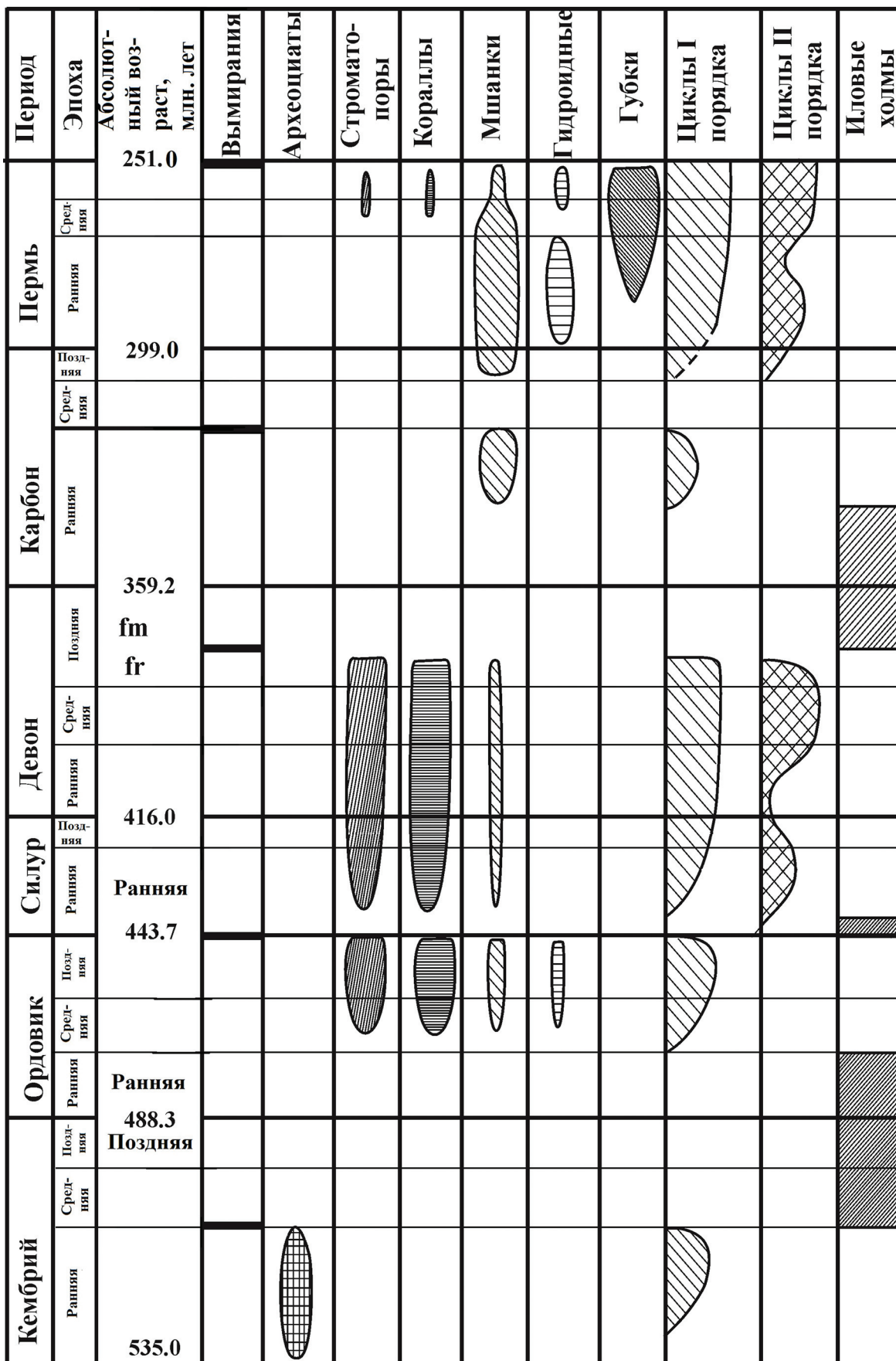


Рис. 1. Циклы рифообразования палеозоя и распределение рифостроящих организмов

ческими губками, с постоянным присутствием водорослей и микробиальных сообществ [9].

Практически сразу, точнее очень быстро, после биотического кризиса на границе ордовика—силура уже в раннем силуре рифообразование возобновилось. Последнее оказалось связано, видимо, с тем, что, несмотря на очень высокий уровень вымирания, отнесённого А.С. Алексеевым к великим массовым вымираниям [1], исчезла в основном не рифостроящая биота, а кораллы и строматопороидеи в целом не пострадали или деградировали относительно слабо. Начался самый длительный и самый интенсивный по распространённости рифов и их мощности силурийско-девонский этап рифообразования, который завершился на границе франа и фамена.

Силурийские рифы широко развиты в пределах древних платформ — Северо-Американской (Мичиганский и Иллинойский бассейны, орогенный комплекс Аппалачей), Восточно-Европейской (Волыно-Подолья), на Урале от о. Вайгач до Оренбуржья, на Южном Тяньшане, в Верхояно-Колымской складчатой зоне и других регионах.

Еще более широко развиты девонские рифы — это Северо-Американская, Восточно-Европейская и Австралийская платформы, Новая Земля и весь Урал, Казахстан, Южный Тянь-Шань, Салаир, Алтае-Саянская и Верхояно-Колымская складчатые зоны, такие рифы встречены в фундаменте Западно-Сибирской молодой платформы, в областях герцинской и альпийской складчатости Европы — Гарц, Альпы и др. [8].

Основными каркасообразователями этого этапа были ругозы, табуляты, строматопороидеи, в существенно меньшей мере — мшанки и рецептакулиты. Как везде и всегда, важную роль играли водоросли, в меньшей степени, кальцибионты. На фоне этого длительного и мощного рифообразования отмечается некоторое его снижение в конце силура—начале девона, т. е. деление его на два подэтапа. В качестве возможной причины этого относительного снижения интенсивности можно предположить крупные планетарные события этого времени. Во-первых, это относительное понижение уровня Мирового океана, увеличение площади суши. Во-вторых, некоторое похолодание, в целом эпоха была теплой. В-третьих, произошло важное биотическое событие — начало колонизации суши, появление наземной биоты и соответственно определённое перераспределение потока питательных компонентов — нутриентов — с водной оболочки на сушу, практическое прекращение в связи с этим формирования в начале девона обогащённых органическим веществом морских кремнистых образований — фтанитов [20]. Однако подобный весьма незначительный кризис не оказал существенного влияния на рифообразование, которое достигло максимума во второй половине среднего девона — франском веке.

Массовое вымирание на границе франа—фамена, известное как событие Келльвассер, положило конец широко распространённому мощному рифообразованию. Наступил длительный период формирования иловых холмов, в том числе известных как уолторские фации, который продолжался в течение фамена, турне и первой половины визе [12].

Несколько обособленный и не очень мощный цикл приходится на поздневизейско-серпуховской этап палеозойской истории [10]. Рифы этого этапа развиты в пределах Восточно-Европейской платформы, в Прикаспийской впадине и её обрамлении, Донбассе, Урале. На Северо-Американской платформе известны рифы на сводах Озарк и Цинцинати, на Австралийской — в штате Квинсленд [8]. Вне платформенных областей достаточно широко рифы этого возраста представлены в Восточном Казахстане, Сихотэ-Алине и Алазейской складчатой области, на Восточной Урале и Восточной Алтае. Рифы начала этого этапа описаны в Западной Европе — Великобритании, Испании, Франции и Бельгии [8].

Основными рифостроителями были мшанки, водоросли и микробные сообщества, хотя на рифах обитали также кораллы, криноидеи, фораминиферы, но значение последних, как строителей, было минимально, и они лишь поставляли строительный материал [8, 12].

Как отметил А.С. Алексеев [2], на рубеже серпуховского и башкирского веков, среди прочих вымерли до 80 % кораллов, поэтому они, если и встречаются, то практически утратили свое рифообразующее значение в среднем—позднем карбоне и перми. По сути дела мезозойско-кайнозойское рифообразование происходило с совершенно другими, чем палеозойские, кораллами.

Средний и в значительной степени поздний карбон — время отсутствия или незначительного рифообразования [8].

Пермские рифы известны в Южной Америке (Венесуэла), в Пермском бассейне США, в арктических районах Канады и Норвегии, на Урале и Приуралье (начиная с Полярного Урала и до самого юга) на Восточно-Европейской платформе и Прикаспийской впадине, в Приморье, на Кавказе и Памире, в Пакистане и Иране, ряде районов Китая, Таиланда и др [26].

Пермский этап рифообразования достаточно отчётливо подразделяется на два подцикла.

Рифы нижней перми (приуральский отдел) подробно изучены на востоке Восточно-Европейской платформы. Рифостроителями служили мшанки, гидроидные (палеоаплезины), водоросли и организмы неясного систематического положения — тубифиты. Прекращение рифообразования связано с регрессией, резким осолонением водоёма и перекрытием их соленосными толщами.

Рифы средней перми (гваделупский отдел) подробно изучены в пределах Пермского бассейна США [24, 28]. Они созданы багряными и зелёными водорослями, известковыми губками, мшанками, в незначительном количестве встречены кораллы. Небольшие рифы начала средней перми в пределах баренцевоморского шельфа построены мшанками и губками. Аналогичные по возрасту рифы Вятского вала Урало-Поволжья преимущественно водорослево-мшанковые с присутствием криноидей [26]. В Германии, Польше, Литве рифы конца средней перми расположены в основании цехштейна, что, видимо, соответствует верхам гваделупского отдела [26]. Они построены мшанками и цианобактериальными образованиями, описанными как *Stromaria* [30].

Более разнообразна рифостроящая биота Тетической области, в частности, рифов Дальнего Востока [26]. Основными строителями были сфинктозои и другие известковые губки, водоросли, гидроидные, кораллы, мшанки. Аналогичен набор рифостроителей Южного Китая — мшанки, кораллы и главным образом более разнообразные, чем в Приморье, губки — кальциспонгии, сфинктозои, инозои, табулозои, гидроидные, частично, строматопоры; широко представлены водоросли и разнообразные бактериальные формы [26].

Таким образом, в северном полушарии — в пределах Северной Пангеи существовало два под-

цикла рифообразования — раннепермский и среднепермский, разделённые накоплениями некарбонатных отложений, в то время как в Южной Тетической области фиксируется только один — позднепермский цикл, рифостроители которого существенно разнообразнее [26].

Подобные значительные отличия обусловлены, видимо, главным образом, геологическими, точнее глобальными палеогеографическими, причинами. Северная Пангея находилась в зоне аридного и частично семиаридного климата, в то время как Тетическая область — в зоне гумидного, что определило существенно более разнообразный набор рифостроителей. При этом даже в этой палеогеографической и палеоклиматической зоне рифостроящая и обитающая на рифах биота в Китае более разнообразная, чем в расположенных в Тетической области, но севернее, рифах Северного Кавказа [26].

Примеры цикличности более низкого порядка

В каждом цикле первого и второго порядков устанавливается цикличность более низкого уровня. Она проявляется в том, что в одном регионе имеется несколько интервалов рифостроения, разделённых нерифовыми отложениями.

В ордовикском цикле она наглядно проявлена в Казахстане (рис. 2) [4, 13–16].

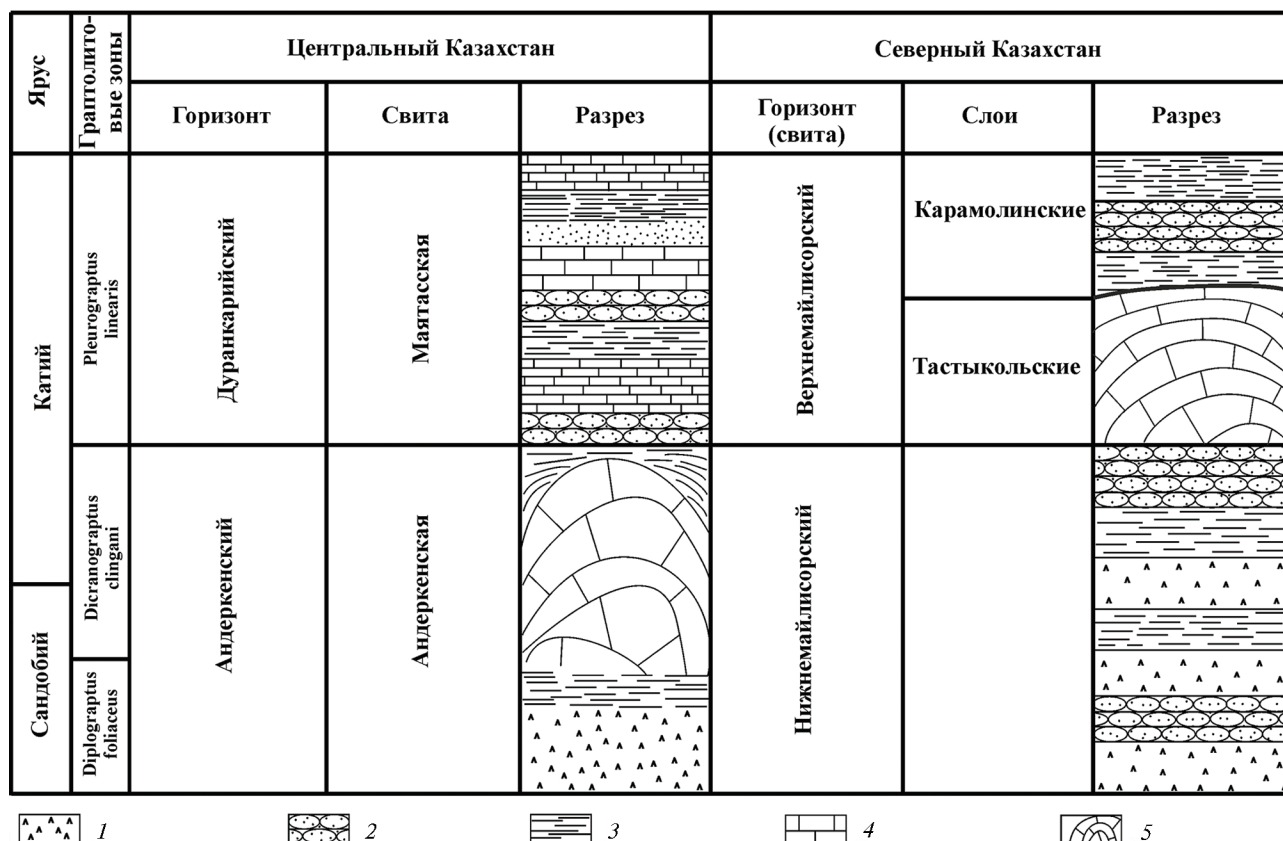


Рис. 2. Циклическое рифообразование третьего порядка ордовика Казахстана: 1 — вулканы, порфириды, туфы; 2 — пески и алевролиты; 3 — аргиллиты; 4 — известняки; 5 — рифы

Андеркентский горизонт датируется верхами сандбийского и низами катийского веков, залегает на подстилающих вулканитах и содержит в разрезах Центрального Казахстана рифовые образования, перекрытые глинистыми отложениями верхов этого горизонта. В дуранкаритское время на этой территории формировались терригенно-карбонатные отложения [15, 16].

Иная ситуация в пределах Северного Казахстана. Стратиграфический аналог андеркентского горизонта — нижнемайлисорский горизонт — представлен терригенно-карбонатными отложениями с прослоями туфов и вулканитов. Тастыкольские слои основания верхнемайлисорского горизонта включают крупный атолловидный Майлисорский риф. Само рифообразование закончилось во второй половине позднемайлисорского времени, перекрывающие рифы карамалинские слои представлены песчано-глинистыми отложениями [13].

Евразия		Северная Америка		
Серия	Ярус	Серия	Формация	
Готланд	Лохков			
	При-доль	Каюган	Кейсеран	
			Тополовей	
	Лудлов		Сэлайна	+++++
	Венлок	Ниагар	Локпорт	
			Клифтон	
			Клинтон	
	Ландовери	Мединан	Александрия	

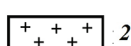


Рис. 3. Цикличность силурийского рифообразования третьего порядка Мичиганского, Иллинойского бассейнов и орогенного комплекса Аппалачей: 1 — рифы; 2 — соли

В разрезе силура в цикле второго порядка, который, как отмечено выше, начинается с основания яруса и завершается относительным сокращением в начале девона в пределах Северной Америки — Мичиганский и Иллинойский бассейны, орогенный комплекс Аппалачей — выделяются три цикла более низкого, третьего, порядка.

В основании силура местами развиты рифы формации Александрия, затем каркасное рифостроение сменяется формированием микробиально-водорослевых построек.

Второй, наиболее изученный цикл третьего порядка относится к венлоку—раннему лудлову по европейской стратиграфической шкале. Сами рифы развиты в серии Ниагара — формации Локпорт и перекрываются солями формации Сэлайна (верхи лудлова). Таким образом, рифообразование прекращается по геологическим причинам — смене карбонатной седиментации накоплением солей.

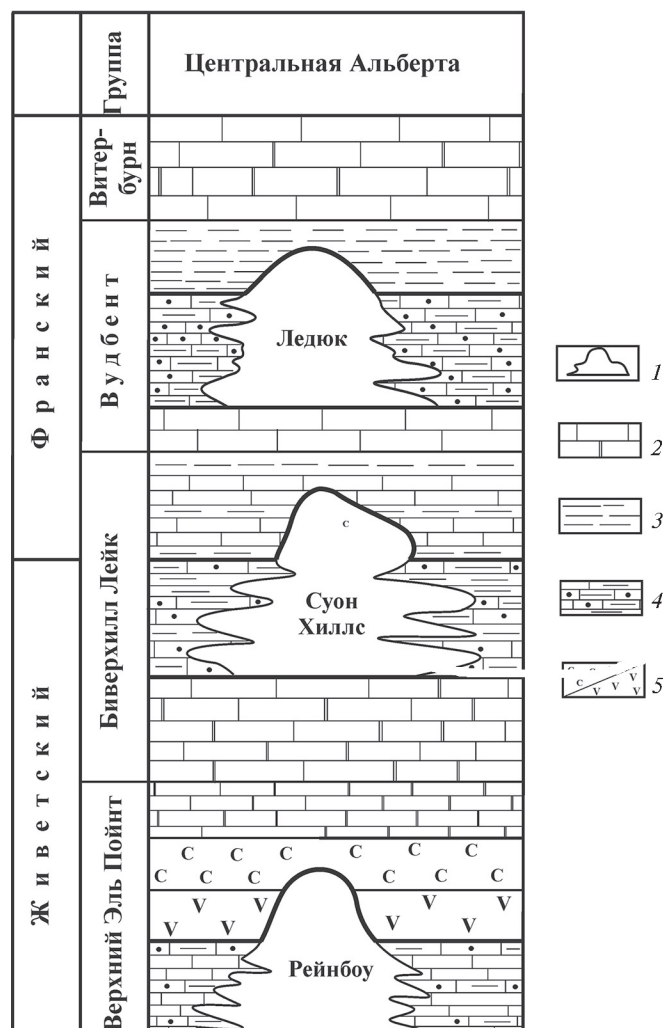


Рис. 4. Цикличность средне—позднедевонского рифообразования третьего порядка в пределах Западно-Канадского бассейна: 1 — рифы; 2 — мелководные известняки и доломиты; 3 — глины и глинистые сланцы; 4 — битуминозно-глинистые известняки; 5 — эвапориты (с — каменная соль, л — ангидрит)

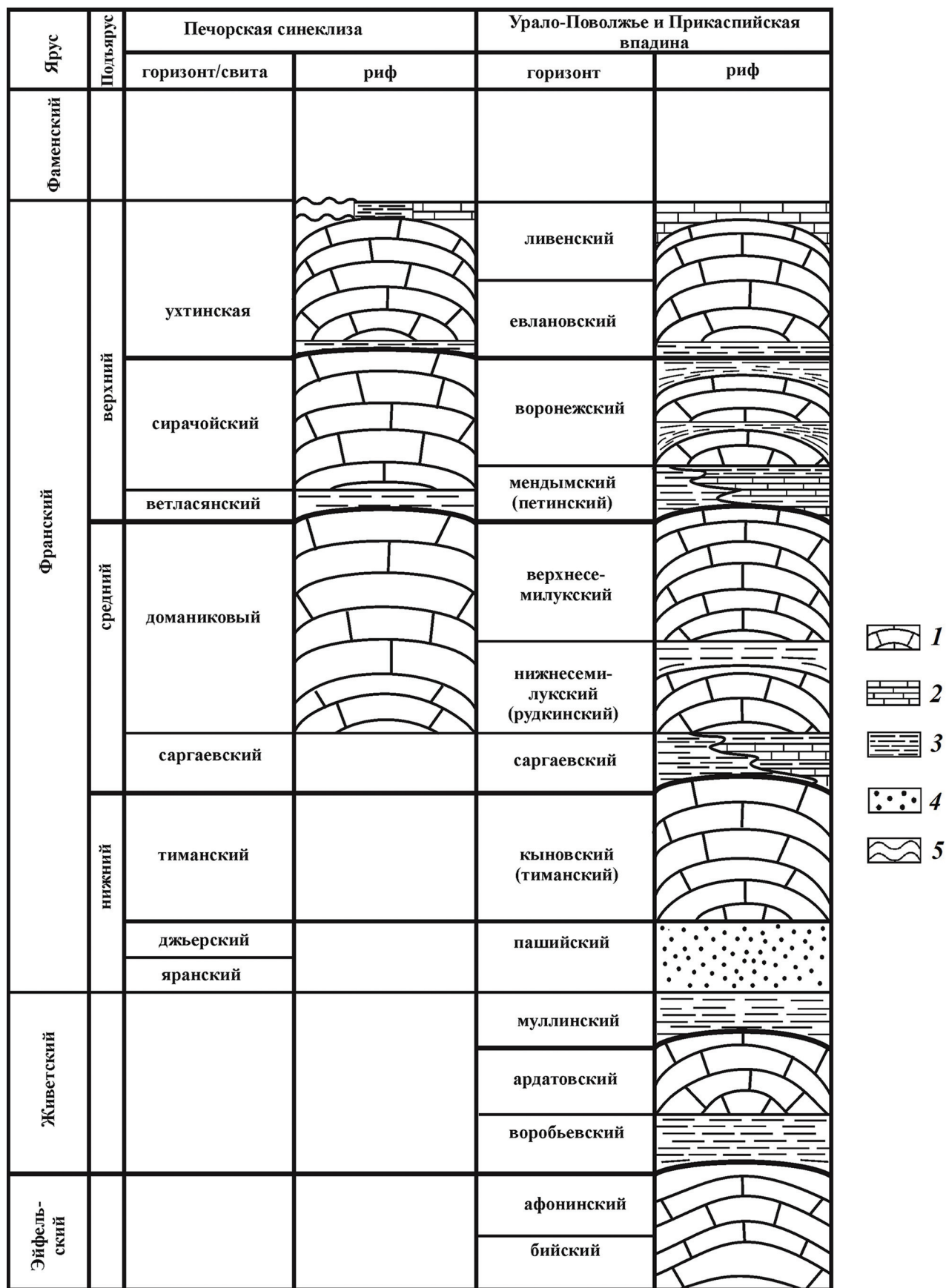


Рис. 5. Циклическое рифообразование средне—позднедевонского рифообразования третьего порядка юго-востока Восточно-Европейской платформы и Печорской синеклизы: 1 — каркасные рифы; 2 — нерифовые карбонатные отложения; 3 — глинистые толщи; 4 — песчаные отложения; 5 — стратиграфические перерывы

Третий цикл охватывает верхи силура — практически пражидолий европейской шкалы, лишь частично, местами — самые низы девона. Другими словами, его завершение обусловлено не только, возможно, и не столько региональными причинами, а более значимыми, отмеченными выше изменениями на границе силур—девон и в начале девона (рис. 3). Иначе говоря, этот позднесилурийский цикл рифообразования третьего порядка одновременно завершает цикл второго порядка, что обусловлено отмеченными выше глобальными событиями.

Во всех циклах набор рифостроителей типичен для цикла второго порядка — разнообразные кораллы, строматопоры, частично губки, при постоянном присутствии водорослей.

Еще более чётко цикличность третьего порядка проявляется в пределах девонского подцикла второго порядка.

Так, в Западно-Канадском бассейне раннеживетское рифообразование времени Рейнбоу сменяется накоплением соленосных отложений Маскет и Салфер Пойнт, а затем раннефранское и среднефранское (Суон Хиллс и Ледюк) — накоплением

глинистых пачек соответственно формаций Уоттервейс и Айртон [11] (рис. 4).

В эйфельско-живетско-франском интервале разреза юго-востока Восточно-Европейской платформы (рис. 5) рифы формировались в течение бийско-афонинского, ардамовского, кыновского, ранне-семилюкского (рудкинского), позднесемилюкского, ранне- и поздневоронежского и, наконец, евлановско-ливенского возраста; эти рифы разделены песчано-глинистыми, глинистыми и реже нерифовыми карбонатными отложениями [12].

В Печорской синеклизе (рис. 5) рифы доманикового возраста перекрываются ветласянской глинистой пачкой, сирачойские рифы — соответственно нижеухтинской. При этом более молодые, новообразованные после каждой регрессии рифы часто формировались на склонах предшествующих рифов, образуя проградационные смещения [3].

Аналогично смещение рифов формации Кэпитен относительно рифов Гот Сип гваделупского отдела Пермского бассейна США [24, 28]. В течение ранне—среднегваделупского времени на бровке шельфа формировался риф Гот Сип, а в депрессии —

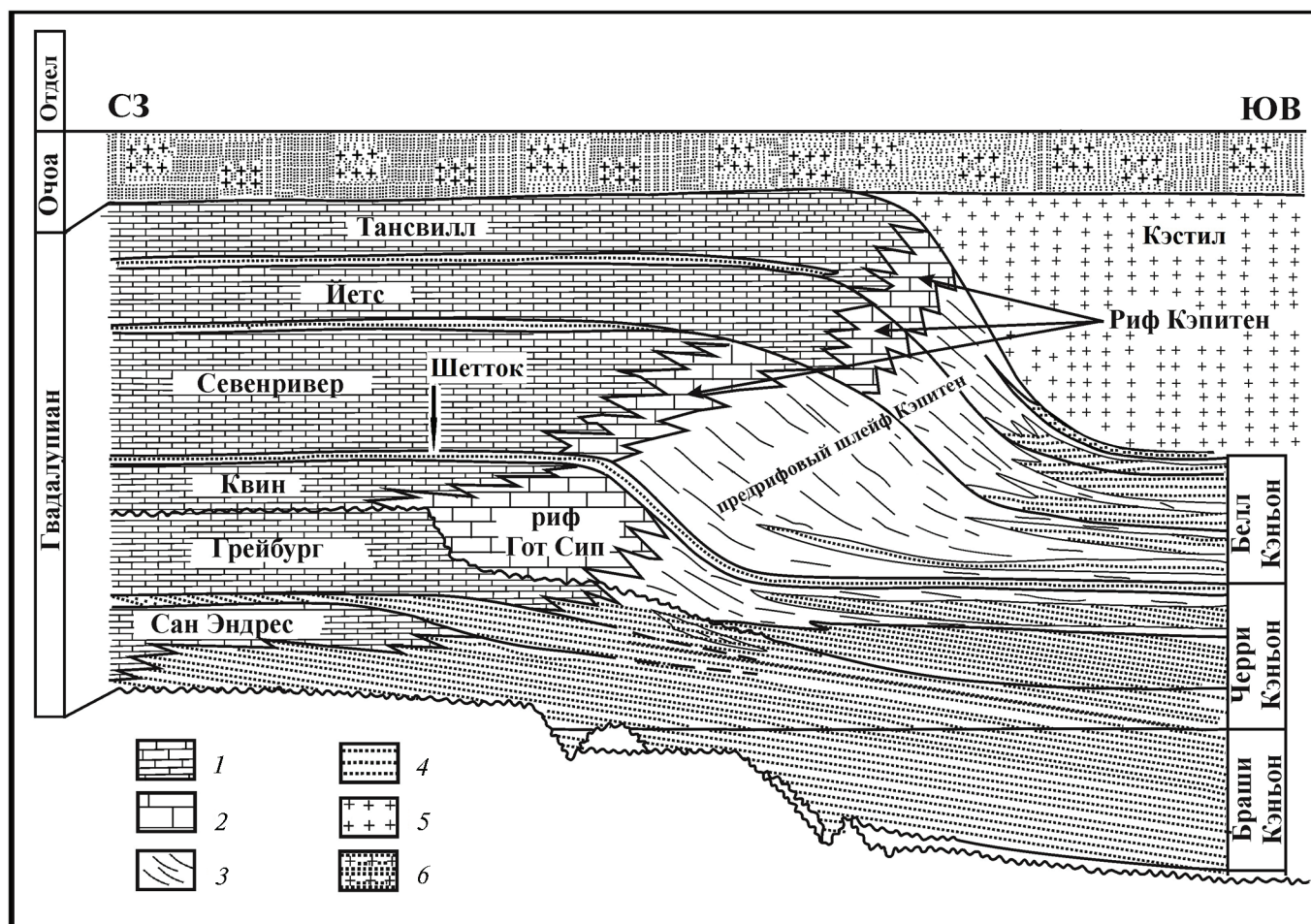


Рис. 6. Смещение рифов формации Кэпитен относительно рифов Гот Сип: цикличность третьего порядка, зафиксированная отложением песчаников [24, 28]: 1 — нерифовые известняки; 2 — рифы; 3 — аллохтонные карбонатные отложения; 4 — песчаники; 5 — ангидрит—галит; 6 — соленосные и терригенные отложения

серия синхронных ему глубоководных формаций. На границе средне- и позднегваделупского времен произошла регрессия, зафиксированная песчаниками Шетток, которые распространены в зарифовой области, над рифом, и протягиваются в депрессию, во время накопления которых рифообразование прекратилось [26, 28]. После очередной трансгрессии в позднегваделупское время на склоне депрессии образовался риф Кэпитен. Окончание рифообразования связано с накоплением эвапоритов Кэстил (рис. 6).

Цикличность третьего порядка чётко фиксируется в цехштейне Германии, возраст которого, по крайней мере нижней его части, датируется кемптенским веком МСШ [23, 26, 29]. Наиболее активное рифообразование отмечено в нижнем цикле Верра, где рифы, обрамляющие глубоководный бассейн и развитые в его пределах, залегают на карбонатных породах основания этого цикла и перекрываются гипсоносными-соленосными отложениями верхней его части. Второй, менее развитый цикл рифообразования связан со следующим циклом Штассфурт [26, 28], где рифы также перекрываются отложениями солей (рис. 7).

Таким образом, прекращение рифообразования связано со сменой карбонатной седиментации эвапоритовой.

Причины прекращения рифообразования, следовательно, подобной цикличности третьего порядка, сугубо регионально-геологические — колебания уровня моря и климат, когда при регрессии рифы перекрываются глинистыми породами или, в соответствующем климате, отложениями солей. Аналогично воздействие вулканизма, когда эксплозивная деятельность прекращает рост рифов, как это имеет место, например, в ордовике Казахстана [15].

Если принять весь палеозой за надпорядковый цикл, то намечается определённая последовательность по интенсивности рифостроения и развитию основных рифостроителей, учитывая очень крупные таксоны последних.

Первыми каркасными организмами-рифостроителями были археоциаты — своеобразная группа биологического типа губок. Затем они сменились ассоциацией строматопороидей и кораллов — табулят и ругоз ордовика—силура и девона, в свою очередь, в карбоне—ранней перми вытесненных мшанками, и наконец, в конце суперцикла — в средней—поздней перми, вновь губками, которые неизмеримо по сравнению с кембрием расширились в своем таксономическом разнообразии.

При этом постоянно на всех этапах важным компонентом рифового биоценоза были водоросли и микробиальные сообщества (кальцимикробы), которые играли роль генераторов карбонатного материала, улавливателей и цементаторов.

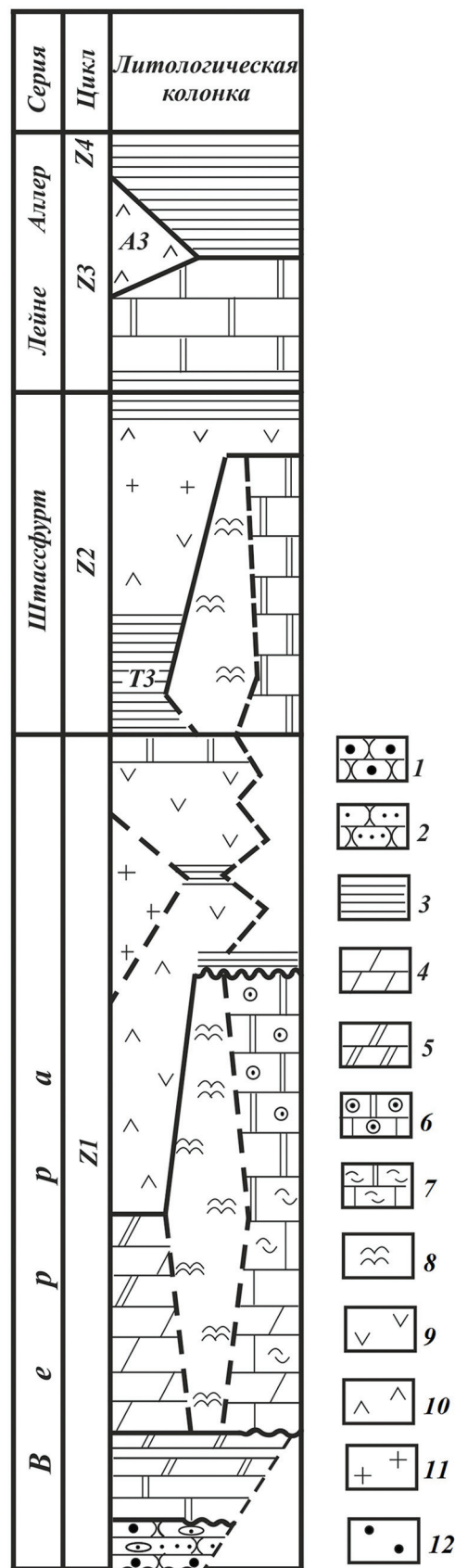


Рис. 7. Стратиграфическая колонка цехштейна Германии и положение в ней рифов [23]: 1 — конгломераты, гравелиты, 2 — песчаники, 3 — глины, 4 — мергели известковые, 5 — мергели доломитовые, 6 — известняки и доломиты пизолитовые, 7 — известняки и доломиты органогенные, 8 — рифовые образования, 9 — гипсы, 10 — ангидриты, 11 — каменная соль, 12 — битуминозность

Заклучение

Завершая краткое рассмотрение цикличности рифообразования палеозоя, следует повторить, что она имеет по крайней мере три порядка. Наиболее крупные циклы, точнее их границы, определяются уровнями массовых вымираний, т. е. глобальными биологическими циклами. Обсуждение причин подобных событий — вымираний — выходит за рамки настоящего сообщения.

При этом, как отмечено в [27], собственно рифообразование прекращается до момента вымирания.

Циклы второго порядка, когда происходит относительное ослабление формирования рифов — конец силура—начало девона, граница средней и поздней перми, обусловлены крупными, по сути дела, глобальными событиями — палеогеографическими и палеоклиматическими перестройками. Наконец, цикличность третьего уровня определяется сугубо геологическими причинами регионального масштаба.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев А.С. Глобальные биогенные кризисы и массовые вымирания в фанерозойской истории Земли // Биотические события на основных рубежах фанерозоя. М.: Изд-во МГУ, 1989. С. 22–47.
2. Алексеев А.С. Типизация фанерозойских событий массового вымирания организмов // Вестник МГУ. Серия 4. Геология, 2000. № 4. С. 6–14.
3. Журавлева Л.М. Влияние биотического кризиса на границе франа—фамена на рифообразование в пределах Печорской синеклизы // Известия вузов. Геология и разведка. 2017. № 1. С. 30–37.
4. Королева М.Н. Ордовикские отложения Пристепняково-Сталинского района Северного Казахстана // Советская геология. 1959. № 9. С. 136–141.
5. Корольюк И.К., Михайлова М.В. Этапность процессов рифообразования и ритмичность осадконакопления рифовых фаций // Фанерозойские рифы и кораллы СССР. М.: Наука, 1986. С. 134–142.
6. Кузнецов В.Г. Некоторые черты эволюции рифообразования в истории Земли // Эволюция осадочного процесса в океанах и на континентах. М.: Наука, 1983. С. 162–173.
7. Кузнецов В.Г. Кембрийское рифообразование в пределах России // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 1998. № 6. С. 82–91.
8. Кузнецов В.Г. Эволюция карбонатонакопления в истории Земли. М.: ГЕОС, 2003. 262 с.
9. Кузнецов В.Г. Рифы позднего ордовика и биологический кризис на границе ордовик—силур // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2018. Т. 26. № 3. С. 24–30. DOI: 10.1134/S0869593818030085.
10. Кузнецов В.Г., Антошкина А.И. Поздневизейско-серпуховской этап палеозойского рифообразования // Стратиграфия. Геологическая корреляция. 2005. Т. 13. № 4. С. 61–77.
11. Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Рифовые образования Западно-Канадского бассейна и их нефтегазоносность // Литология и полезные ископаемые. 2018а. № 3. С. 257–273. DOI: 10.7868/S0024497X18030047.
12. Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Девонское рифообразование в обрамлении Прикаспийской впадины // Литология и полезные ископаемые. 2018б. № 5. С. 432–443. DOI: 10.1134/S0024497X18050063.
13. Левина С.Д., Львова Т.Н. О происхождении карбонатных пород в карадоговских отложениях Тастыколь-Коксорского района Северного Казахстана // Бюлл. МОИП. Отд. геол. 1959. № 5. С. 81–93.
14. Львова Т.Н., Деметьев П.К., Иванов Д.Н., Кисляков Я.М. Строение рифогенных отложений в нижнем палеозое Северного Казахстана // Материалы по региональной тектонике СССР. М.: Недра, 1964. С. 44–54.
15. Никитин И.Ф. Ордовик Казахстана. Ч. II. Палеогеография и палеотектоника. Алма-Ата: Наука, 1973. 99 с.
16. Никитин И.Ф., Гниловская М.Б., Журавлева И.Т., Лучинина В.А., Мякова Е.И. Андеркентская биогермная гряда и история ее образования // Среда и жизнь в геологическом прошлом. Палеоэкологические проблемы. Новосибирск: Наука, 1974. С. 122–159.
17. Равикович А.И., Журавлева И.Т. Эволюция органо-генных построек в истории Земли // Древние Cnidaria. Труды ИГиГ СО АН СССР. Вып. 202. Новосибирск: Наука, 1975. Т. 2. С. 11–19.
18. Современные и ископаемые рифы. Термины и определения. Справочник. М.: Недра, 1990. 184 с.
19. Стратиграфический кодекс России. Изд-е третье. СПб.: ВСЕГЕИ, 2006. 96 с.
20. Хворова И.В. Основные черты эволюции кремненакопления в фанерозое // Эволюция осадочного процесса в океанах и на континентах. М.: Наука, 1983. С. 11–120.
21. Cooper P. Evolution, Radiation, and Extinctions in Proterozoic to Mid-Paleozoic Reefs // The History and Sedimentology of Ancient Reef Systems Ed. G.D. Stanley Kluwer Academic, New York, 2001. P. 89–119.
22. Flügel E., Kissling W. Patterns of Phanerozoic Reef Crisis // Phanerozoic Reef Patterns. SEPM. Sp. Publ. N 72, 2002. P. 691–733.
23. Kerkmann K. Riffe und Algenbaenke im Zechstein von Thueringen // Freiburger Forschungshefte. 1969. N 252. 85 p.
24. Kerans Ch., Zahm Ch., Garcia-Freska B., Harris P.M. Guadalupe Mountains, West Texas and New Mexico: Key excursions // AAPG Bulletin, 2017. V. 101. N 4. P. 465–474.
25. Krueger B., Hints L., Lehnert O. Ordovician reef and mound evolution: the Baltoscandian picture // Geol. Mag., 2016. DOI: 10.1017/S0016756816000303.
26. Kuznetsov V.G. Reef Construction in the Second Half of the Permian and Biotic Crisis at the Permian—Triassic Boundary // Stratigraphy and the Geological Correlation. 2018. V. 26. N 7. P. 743–758. DOI: 10.1134/S086959381807002X.
27. Kuznetsov V.G., Zhuravleva L.M. Geological and Biological Reasons for the Cessation of Reef Formation: Evidence from the Paleozoic // Lithology and Mineral Resources. 2019. Vol. 54, No. 2, P. 93–102. DOI: 10.1134/S0024490219020056.
28. Mazzullo S.J. Permian Stratigraphy and Facies, Permian Basin (Texas—New Mexico) and Adjoining Areas in the Midcontinent United States / The Permian of Northern Pangea / Ed. P.A. Scholle < Peryt T.M., Ulmer-Scholle D.S. Springer, 1995. V.2. P. 41–60.
29. Stemmerik L. Permian history of the Norwegian—Greenland sea area / The Permian of Northern Pangea / Scholle P.A., Peryt T.M., Ulmer-Scholle D.S. Editors. Springer, 1995. V.2. P. 98–118.
30. Walter I. Geologisches Heimatskunde von Thueringen. 3. Aufl., Jena, 1906. S. 205.
31. Webby B.D. Patterns Ordovician Reef Development // Phanerozoic Reef Patterns. SEPM. Sp. Publ. 2002. N 72. P. 129–179.

REFERENCES

1. Alekseev A.S. Global biogenic crises and mass extinctions in the Phanerozoic Earth history. *Biotic events at the main frontiers of Phanerozoic*, Moscow, Moscow State University Publ., 1989, pp. 22–47. (In Russian)
2. Alekseev A.S. Typification of Phanerozoic events of mass extinction of organisms. *Moscow University Geology Bulletin* 2000, no. 4, pp. 6–14. (In Russian)
3. Zhuravleva L.M. Influence of the Frasnian — Famennian extinction events on the reef development within the Pechora syncline. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Geologiya i razvedka* — [Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration], 2017, no 1, pp. 30–37. (In Russian)
4. Koroleva M.N. Ordovician sediments of Prystepnyakovo-Stalin district of Northern Kazakhstan. *Soviet Geology*, 1959, no. 9, pp. 136–141. (In Russian)

5. Korolyuk I.K., Mikhaylova M.V. The stages of the processes of reef formation and rhythm of the reef depositional facies. *Phanerozoic reefs and corals of the USSR*, M.: Nauka Publ., 1986, pp. 134–142. (In Russian)
6. Kuznetsov V.G. Some features of the evolution of reef formation in the Earth's history. *Evolution of sedimentary processes in oceans and continents*, M, Nauka Publ., 1983, pp. 162–173. (In Russian)
7. Kuznetsov V.G. Cambrian reef formation within Russia. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 1998, no 6, pp. 82–91. (In Russian)
8. Kuznetsov V.G. *Evolution of the carbonate formation in the Earth's history*. M., GEOS Publ., 2003, 262 p. (In Russian)
9. Kuznetsov V.G. Late Ordovician reefs and the biological crisis at the Ordovician–Silurian Boundary. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2018, v. 26, no. 3, pp. 24–30. (In Russian), DOI: 10.1134/S0869593818030085.
10. Kuznetsov V.G., Antoshkina A.I. The late Visean — Serpu-khovian stage in Paleozoic reef formation. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2005, v. 13, no 4, pp. 61–77. (In Russian)
11. Kuznetsov V.G., Zhuravleva L.M. Reef Formations in the West Canada Basin and Their Oil and Gas Potential. *Lithology and Mineral Resources*, 2018a, no. 3, pp. 257–273. (In Russian). DOI:10.7868/S0024497X18030047
12. Kuznetsov V.G., Zhuravleva L.M. Devonian Reef Formation in the Caspian Basin Framing. *Lithology and Mineral Resources*, 2018b, vol. 53, no. 5, pp. 432–443. (In Russian). DOI: 10.1134/S0024497X18050063.
13. Levina S.D., L'vova T.N. The origin of carbonate rocks in the Tastykol'-Kohksor region of Northern Kazakhstan, *Bulletin of Moscow society of naturalists. Section Geology*, 1959, no 5, pp.81–93. (In Russian)
14. L'vova T.N., Dement'ev P.K., Ivanov D.N., Kislyakov Ya.M. Structure of reef deposits in the Lower Paleozoic of Northern Kazakhstan, *Materials on regional tectonics of the USSR*. M., Nedra Publ., 1964, pp. 44–54. (In Russian)
15. Nikitin I.F. Ordovician of Kazakhstan. Part 2. *Paleogeography and tectonics*. Alma-Ata. Nauka Publ., 1973, 99 p. (In Russian)
16. Nikitin I.F., Gnilovskaya M.B., Zhuravleva I.T., Luchinina V.A., Myakova E.I. Anderkent bioherm ridge and the history of its formation. *Environment and life in the geological past. Paleogeological problems*. Novosibirsk, Nauka publ, 1974, pp. 122–159. (In Russian)
17. Ravikovich A.I., Zhuravleva I.T. Evolution of organogenic buildings in the of the Earth's history. *Proc. IPGG SB RAS «Fossil Cnidaria»*, issue 202. Novosibirsk, Nauka Publ., 1975, v. 2, pp.11–19. (In Russian)
18. *Modern and fossil reefs. Terms and definitions. Handbook*. M., Nedra Publ., 1990, 184 p. (In Russian)
19. *Stratigraphic Code of Russia. Third edition*. St. Petersburg, VSEGEI Press, 2006, 96 p. (In Russian)
20. Hovorova I.V. The main features of of silica accumulation evolution in the Phanerozoic. *Evolution of sedimentary processes in oceans and continents*. M., Nauka Publ., 1983, pp. 11–120. (In Russian)
21. Cooper P. Evolution, Radiation, and Extinctions in Proterozoic to Mid-Paleozoic Reefs. *The History and Sedimentology of Ancient Reef Systems*, Ed. G.D. Stanly Kluwer Academic, New York, 2001, pp. 89–119.
22. Fluegel E. Kissling W. Patterns of Phanerozoic Reef Crisis. *Phanerozoic Reef Patterns*. SEPM. Sp. Publ., no 72, 2002, pp. 691–733.
23. Kerkmann K. Riffe und Algenbaenke im Zechstein von Thuer-ingen. *Freiberger Forschungshefte*, 1969, no 252, 85 p.
24. Kerans Ch., Zahm Ch., Garcia-Freska B., Harris P.M. Guada-lupe Mountains, West Texas and New Mexico: Key excursions. *AAPG Bulletin*, 2017, v. 101, no 4, pp. 465–474.
25. Krueger B., Hints L., Lehnert O. Ordovician reef and mound evolution: the Baltoscandian picture. *Geol. Mag.*, 2016. DOI: 10.1017/50016756816000303.
26. Kuznetsov V.G. Reef Construction in the Second Half of the Permian and Biotic Crisis at the Permian – Triassic Boundary. *Stratigraphy and the Geological Correlation*, 2018, v. 26, no 7, pp.743–758. DOI: 10.1134/S086959381807002X
27. Kuznetsov V.G., Zhuravleva L.M. Geological and Biological Reasons for the Cessation of Reef Formation: Evidence from the Paleozoic. *Lithology and Mineral Resources*, 2019, vol. 54, no. 2, pp. 93–102. DOI: 10.1134/S0024490219020056/
28. Mazzullo S.J. Permian Stratigraphy and Facies, Permian Basin (Texas–New Mexico) and Adjoining Areas in the Midcontinent United States, *The Permian of Northern Pangea*. Ed. P.A. Scholle, T.M. Peryt, D.S. Ulmer-Scholle. Springer, 1995, v. 2, pp. 41–60.
29. Stemmerik L. Permian history of the Norwegian–Greenland sea area. *The Permian of Northern Pangea*. P.A. Scholle, T.M. Peryt, D.S. Ulmer-Scholle. Springer, 1995, v. 2, pp. 98–118.
30. Walter I. *Geologisches Heimatskunde vjn Thueringen*. 3. Aufg., Iena, 1906, s. 205.
31. Webby B.D. *Patterns Ordovician Reef Development. Phanerozoic Reef Paterns*. SEPM Sp. Publ, 2002, no 72, pp. 129–179.