

УДК 551.762.33(510)+551.8(510)

DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-386-392

## Верхнепермские рифы Южного Китая – последние рифы палеозоя

© 2019 г. В. Г. Кузнецов, Л. М. Журавлева, Лю Шици

Российский государственный университет нефти и газа, 119991, Москва, Ленинский просп., 65,  
e-mails: vgzuz@yandex.ru, zhuravlewa.lilia@yandex.ru, liushiqi1990@gmail.com

Поступила в редакцию 31.05.2017 г., принята к печати 23.10.2018 г.

*Объект исследования.* Рассматриваются верхнепермские рифы блока Янцзы Южного Китая, среди которых выделяются два вида, различающиеся по местоположению в бассейне и характеру внутреннего строения. *Методы и результаты.* На основании геологических и литологических методов исследования показано, что главными рифостроителями были разнообразие губки, в меньшей степени мшанки при широком развитии некаркасных организмов. Наряду с относительно простыми постройками (биостромами) установлены и рифы в строгом значении этого термина. Начало рифообразования фиксируется накоплением детрита эхинодермат, сцементированного микрочернистым материалом. Закончилось рифообразование до конца перми, до массового вымирания биоты на границе перми и триаса, хотя потенциально рифостроящие организмы еще существовали. *Вывод.* События, приведшие к великому массовому вымиранию, предварялись некими изменениями, которые прежде всего разрушали систему рифового биоценоза, что и привело к прекращению формирования рифов при продолжающемся существовании отдельно взятых групп организмов.

**Ключевые слова:** верхняя пермь, биостромные массивы, иловые холмы, рифы, каркасообразующие организмы, биотический кризис, массовое вымирание

## The Upper Permian reefs of South China are last reefs of the Paleozoic

Vitalii G. Kuznetsov, Liliya M. Zhuravleva, Liu Shiqi

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University),  
65-1 Leninsky av., Moscow, 119991 Russia

Received 31.05.2017, accepted 23.10.2018

*Subject of research.* The upper Permian reefs of the Yangtze block of southern China are considered. Among them there are two species which differ in location in the basin and the nature of the internal structure. *Methods and results.* On the basis of geological and lithological methods of research it is shown that the main reef builders were a variety of sponges, with a lesser extent bryozoans and wide development of non-carcaass organisms. Along with relatively simple buildings (biostromes), the reefs in the strict sense of this term are also established. The beginning of reef formation is fixed by the accumulation of detritus of echinoderms with micro-grain cemented material. Reef formation ended until the end of Permian, before bulk biota extinction on the border of Permian and Triassic although potentially reef-building organisms still existed. *Conclusion.* The events that led to the great mass extinction were preceded by certain changes, which primarily destroyed the system of reef biocenosis, which led to the cessation of the formation of reefs with the continued existence of individual groups of organisms.

**Keywords:** Upper Permian, biostromal massif, mud mounds, reefs, frame-builder organisms, biotic crisis, mass extinction

### Acknowledgements

The authors consider it a pleasant duty to express gratitude to anonymous reviewers for useful advice, which greatly contributed to the improvement of the article.

### ВВЕДЕНИЕ

Примитивные органогенные постройки, созданные бактериальными сообществами, появились еще в протерозое, а четко морфологически выра-

женные, в строении которых участвовали скелетные остатки животных, – в кембрии. С тех пор в течение всего фанерозоя рифообразование развивалось практически постоянно, хотя ход его был неравномерным: периоды интенсификации сменя-

**Для цитирования:** Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М., Лю Шици (2019) Верхнепермские рифы Южного Китая – последние рифы палеозоя. *Литосфера*, 19(3), 386–392. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-386-392

**For citation:** Kuznetsov V.G., Zhuravleva L.M., Shiqi Liu (2019) The Upper Permian reefs of South China are last reefs of the Paleozoic. *Litosfera*, 19(3), 386–392. DOI: 10.24930/1681-9004-2019-19-3-386-392

лись угасанием и кратковременными (с геологической точки зрения) перерывами, нередко синхронизированными с биотическими кризисами и массовыми вымираниями организмов.

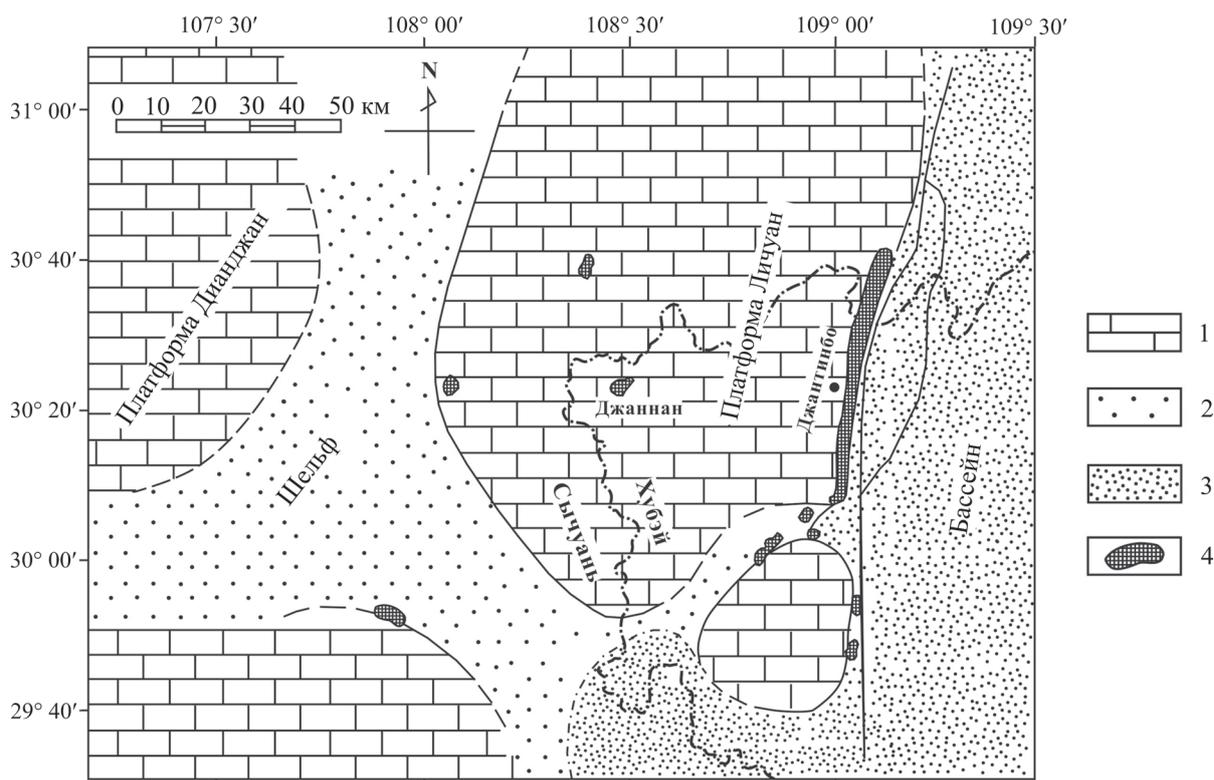
Одно из подобных событий приходится на конец перми, и рифы Южного Китая в этом отношении представляют особый интерес, поскольку являются, видимо, последними палеозойскими образованиями подобного рода. Материалы по геологии этих рифов достаточно широко освещены [Fan et al., 1982; Fan, Zhang, 1985; Li et al., 1985, 1991; Rigby et al., 1989], и они использованы в данной статье, задача которой – проанализировать особенности рифообразования в периоды биотических кризисов, в данном случае кризиса на границе перми и триаса.

### ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пермские рифы Китая локализируются в тектонической области, которая в российской геологической литературе называется Южно-Китайской плат-

формой на эпибайкальском складчатом фундаменте [Тектоника..., 1966] или Южно-Китайским платформенным мегаблоком [Хаин, 1979], а в Китае – блоком Янцзы. Административно это восточная часть провинции Сычуань и западная провинция Хубэй.

В средней и поздней перми этот блок покрывался эпиплатформенными морями. Нижнепермские отложения района представлены терригенными породами. Средняя пермь подразделяется на две формации – Цися и Маокоу, где, в частности, развиты и рифы. В настоящей работе рассмотрены рифы верхней перми ярусов вучапин и чансин с акцентом на чансинские рифы. На западе, в пределах провинции Сычуань, это континентальные, в том числе озерно-болотные образования, которые восточнее сменяются сначала литоральными, а затем мелководно-морскими с определенными, но не принципиальными колебаниями глубин. В последней области выделяются отложения относительно (подчеркнем, относительно) более глубоководного шельфа и более мелководной карбонатной платформы с разнообразной морской фауной (рис. 1).

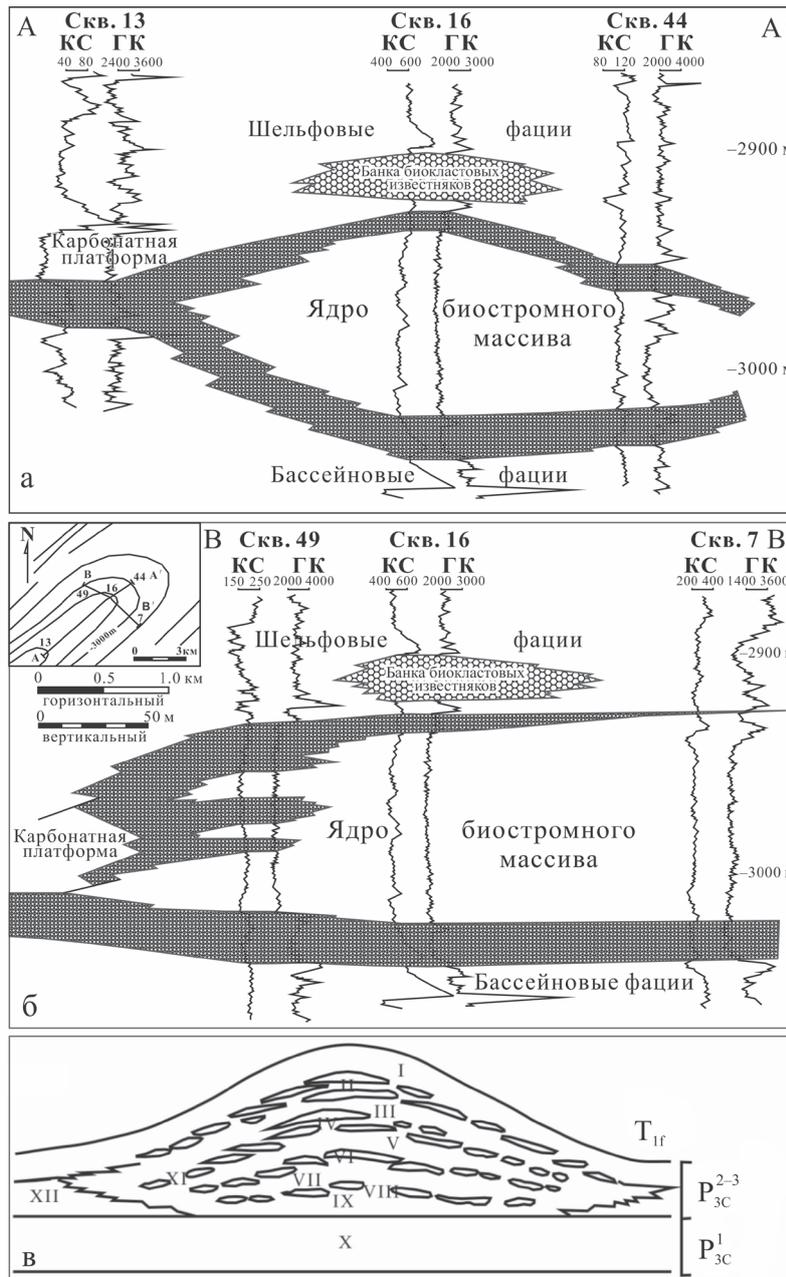


**Рис. 1.** Схематическая литолого-фациальная карта чансинского времени восточной части провинции Сычуань и западной – Хубэй [Liu et al., 1991].

1 – карбонатные мелководные отложения, 2 – глинисто-карбонатные отложения шельфа, 3 – относительно глубоководные кремнисто-карбонатные отложения, 4 – рифовые образования разного типа.

**Fig. 1.** Schematic lithofacies map of Changxing formation in the Eastern Sichuan and Western Hubei Provinces [Liu et al., 1991].

1 – shallow-water carbonate deposits, 2 – clay-carbonate shelf deposits, 3 – relatively deep-water siliceous-carbonate deposits, 4 – different types of reefs.



**Рис. 2.** Биостромные массивы.

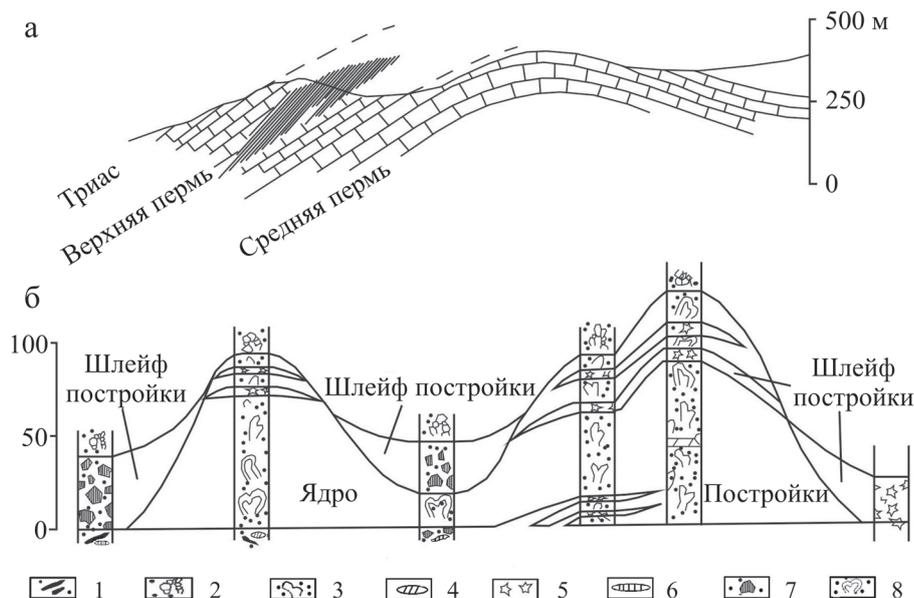
а, б – выделение биостромного массива в скважинах по материалам бурения [Liu et al., 1991], в – внутреннее строение биостромного массива формации чансин [Wu et al., 1990].  
На врезке рис. 2б – структурная карта кровли поверхности рифа и расположение профильных разрезов. Зоны, обозначенные римскими цифрами, пояснены в тексте.

**Fig. 2.** Biostrom massifs.

а, б – the allocation of the biostrom massif in wells with drilling materials [Liu et al., 1991], в – the internal structure of biostrom massif of Changxing formation [Wu et al., 1990].  
In the insert of Fig. 2б – structural map of the roof surface of the reef and the location of the profile sections. Areas marked in Roman numerals explained in the text.

Наконец, на востоке существовал глубоководный бассейн с накоплением темноцветных тонкослоистых кремнисто-карбонатных отложений с остатками радиолярий, кремневых губок и кальцисфер.

По положению в фациальной структуре бассейна выделяются два вида рифовых образований, которые одновременно различаются и по характеру внутреннего строения, и по соотношениям с вмещаемыми



**Рис. 3.** Риф Хуаннитанг на западе провинции Хубэй [Liu et al., 1991].

а – положение постройки в средней части формации чансин на склоне антиклинали (заштриховано), б – профильные разрезы; 1 – тонкий биокластовый вакстоун, 2 – пакстоун, 3 – вакстоун с неповрежденными скелетными формами, 4 – доломит, 5 – грейнстоун, 6 – рудстоун, 7 – кремнистые породы, 8 – баундстоун.

**Fig. 3.** Huangnitang Reef on Western Hubei Province [Liu et al., 1991].

а – the buildup position in the middle part of Changxing formation on the anticline slope (shaded), б – profile sections; 1 – fine bioclastic wackstone, 2 – packstone, 3 – intact skeleton wackstone, 4 – dolomite, 5 – grainstone, 6 – rudstone, 7 – siliceous rocks, 8 – boundstone.

щающими отложениями. Во-первых, это постройки в пределах шельфовой зоны, в том числе отмелей – ныне карбонатных платформ. Во-вторых, это рифы, обрамляющие глубоководный бассейн.

#### МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

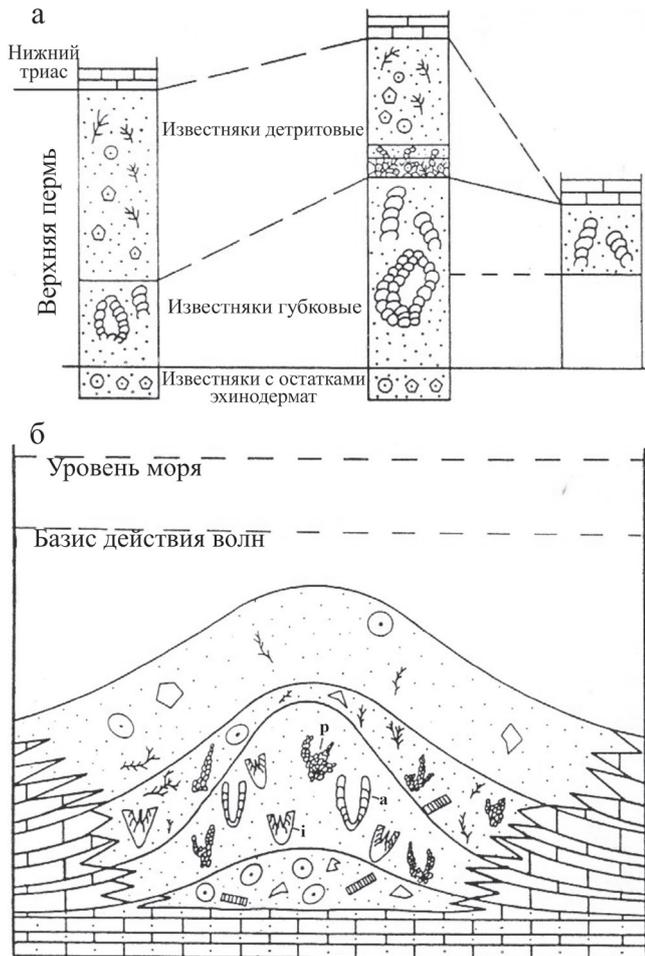
Отдельные постройки, включая рифы, располагаются, видимо, на антиклинальных структурах или их склонах. Скорее всего, в ранней перми это были небольшие конседиментационные поднятия, отмели, которые благодаря лучшей освещенности предпочтительно колонизировались водорослями, а затем и другими организмами, что в итоге и обеспечило развитие здесь более мощных и четче выраженных построек разного типа.

Среди шельфовых построек, изученных по материалам бурения, имеются линзовидные тела мощностью от 50 до 160 м, площадью до 6 км<sup>2</sup>, т. е. по сути это, согласно отечественной терминологии, протяженные биостромные массивы [Журавлева и др., 1990]. В их строении достаточно много биокластовых и каркасных известняков, организмов-улавливателей материала, а также цементаторов и, соответственно, образованных ими пород. Внутреннее строение подобных образований неоднородно, что характерно для массивов, или линзовидных тел, образованных совокупностью последова-

тельно нарастающих в разрезе (и времени) отдельных биостромов [Wu et al., 1990].

На карбонатном основании (X на рис. 2в) залегают серые известняки с остатками иглокожих, брахиопод и мшанок (IX на рис. 2в), а затем устанавливается переслаивание собственно биостромов и слоистых известняков. Первые, т. е. биостромы (зоны II, IV, VI и VIII), – это линзовидные массивные каркасные известняки с остатками губок, мшанок и известковых водорослей мощностью от 0.5 до 5.0 м и диаметром от 3 до 30 м. Вторые (зоны III, V, VII) – светло-серые массивные биокластовые известняки. Подобные образования развиты внутри формации чансин и перекрываются слоистыми, часто микрозернистыми и биокластовыми известняками, местами глинистыми, “шельфовых фаций” мощностью от 10 до 50 м.

Наряду с пластовыми, или, точнее, линзовидно-пластовыми биостромными, массивами имеются и изолированные куполовидные постройки, названные иловыми холмами [Liu et al., 1991]. Органогенные иловые холмы развиты по склонам подводных ложбин. Эти низкорельефные округлые в плане холмовидные образования располагались на пологих склонах, сложены микро-тонкозернистыми известняками с остатками губок, гидрозой, местами биокластовыми и криноидными. Мощность холмов колеблется в пределах 50–120 м (рис. 3). Раз-



**Рис. 4.** Схема строения одиночного рифа Лаолонгдон, восточный Сычуань [Rigby et al., 1989], в авторской версии.

а – обобщенный стратиграфический разрез, б – модель строения рифа. Латинские буквы на рисунке: i – инозои, а, р – сфинктозои.

**Fig. 4.** Fabric chart of single Laolongdong reef, Eastern Sichuan [Rigby et al., 1989], given in the author’s version.

а – generalized stratigraphic section, б – model of the reef complex. Latin letters in the figure: i – inozoans, a, p – sphinctozoans.

виты они в средней части формации чансин, мощность покрывающих нерифовых отложений не менее 90 м.

Примером другого, уже каркасного, холма является риф Лаолонгдон, сформированный на шельфе на востоке провинции Сычуань, мощность которого достигает 50 м [Rigby et al., 1989] (рис. 4).

Начало рифообразования фиксируется накоплением детрита эхинодермат, сцементированного микрозернистым материалом, что послужило основанием поселения и развития разнообразных губок – инозой, сфинктозой, сформировавших главный ре-

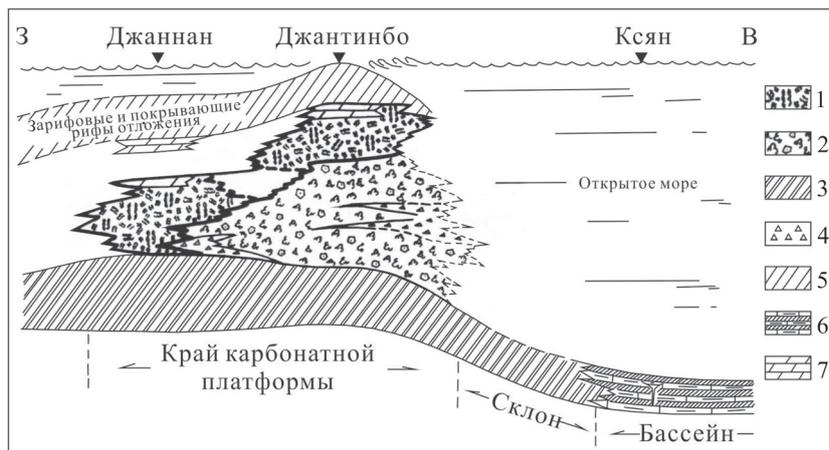
льефно выраженный холм. Следующая стадия развития, строго говоря, уже не рифовая, – это облекание данного холма мшанково-криноидными зернистыми известняками. Завершением пермского разреза явилось накопление и облекание постройки микрозернистыми известняками с остатками различных скелетных организмов. Карбонатные отложения триаса залегают на пермских образованиях согласно, без перерыва и размыва. Этот факт бесспорно свидетельствует о том, что само рифообразование закончилось раньше и, видимо, существенно раньше конца перми.

Наряду с относительно простыми постройками установлены и рифы в строгом значении этого термина. Рифы в геологическом понимании – это карбонатные массивы, сложенные разнообразными, в том числе каркасными, организмами, мощностью которых больше мощности синхронных им отложений, что обусловлено большей скоростью биогенного карбоната накопления по отношению к таковой вне рифа. Рифогенные постройки в процессе существования и развития возвышались над дном окружающего бассейна, нередко достигали уровня волнолома, поэтому отложения, вмещающие рифы, содержат значительное количество биокластовых известняков. Такие сооружения в данном регионе развиты по краям карбонатного шельфа на границе с относительно глубоководным бассейном. Они имеют линейно вытянутую в плане и асимметричную в сечении форму. Как установлено во многих других рифовых системах, в этом случае выявлена проградация – “регрессивное смещение” более молодых рифов в сторону бассейна (рис. 5). Ядра рифов мощностью до 160 м сложены в значительной степени каркасными известняками, главными рифостроителями которых являлись разнообразные известковые губки, инозои, табулозои, мшанки, гидрозои, тубифиты, водоросли, причем развитие этих организмов четко приурочено только к рифам, во внерифовых фациях они отсутствуют.

Имеются группы фауны, общие с зарифовыми мелководными отложениями, – брахиоподы, моллюски, иглокожие, фораминиферы, включая фузулинид. Тем не менее дазикладиевые и гимнокодиевые водоросли распространены только в зарифовых мелководных отложениях [Fan, Zhang, 1985].

Верхняя часть краевых рифов мощностью до 50–80 м и частично зарифовых отложений, а также одиночных рифов шельфа в той или иной степени доломитизирована, что влияет на ее коллекторский потенциал, поскольку меняет характер и структуру порового пространства. Последнее имеет значение, так как в ряде скважин из погребенных построек получены притоки газа.

Важно, что само рифообразование как настоящих рифов краев шельфа, так и построек шельфа закончилось до конца перми и постройки везде перекрываются нерифовыми детритовыми отло-



**Рис. 5.** Регрессивное смещение рифов формации чансин в районе Личуань на западе провинции Хубэй [Fan et al., 1982].

1 – ядро рифа – каркасные губковые известняки, 2 – детрит губок, 3 – кремнистые кальцисферо-спикуловые известняки, 4 – предрифовые брекчии, 5 – водорослевые известняки, 6 – кремнистые породы и микрозернистые доломиты, 7 – известняки со скелетными остатками организмов.

**Fig. 5.** Regressive shift of the reefs. Changxing formation in Lichuan region, West Hubei province [Fan et al., 1982].

1 – reef core – frame sponge limestones, 2 – sponge detritus, 3 – siliceous calcisphaerol-spicule limestones, 4 – reef talus breccias, 5 – algal limestones, 6 – siliceous rocks and micritic dolomites, 7 – skeletal residues limestones.

жениями, содержащими в том числе потенциально рифостроящую биоту. В этом плане интересно рассмотреть, почему рифообразование завершилось до массового вымирания на границе перми и триаса, когда рифостроящие организмы еще существовали.

## ВЫВОДЫ

Рифы как биологические объекты представляют собой крупные многокомпонентные биоценозы. Высокая степень группового разнообразия составляющих такие биоценозы организмов, их функциональная значимость, с одной стороны, и взаимозависимость, с другой, превращают риф в самодостаточную систему, эксплуатирующую собственные ресурсы, сбалансированную в условиях относительного постоянства окружающей среды. Вместе с тем любая подобная система является весьма чувствительной к любым, даже незначительным, изменениям окружающей среды. Возможно, поэтому любое отклонение от установившейся обстановки, не критическое для существования и жизнедеятельности каждой из групп организмов в отдельности, ведет к разрушению важных функциональных связей внутри самого биоценоза. Организмы, в частности каркасообразующие, как, впрочем, и другие, продолжают существовать, однако уже не в рамках единой рифовой системы.

По-видимому, события, приведшие к великому массовому вымиранию, не были внезапными и предварялись некими изменениями, которые пре-

жде всего разрушали систему рифового биоценоза, что и привело к прекращению формирования именно рифов при все еще благополучном существовании отдельно взятых групп организмов, в том числе каркасообразующих.

Подобное явление отмечено в разных регионах мира. Например, это установлено на границе ордовика и силура, которая фиксирует одно из мощнейших вымираний в геологической истории [Кузнецов, 2018]. Аналогичная картина наблюдается в позднем девоне, когда рифообразование прекратилось задолго до события Келльвассер на границе франского и фаменского веков. Это касается рифов Печорской и Прикаспийской синеклиз, Поволжья, Германии (Гарц), Западной Канады, Южного Китая и др.

Таким образом, прекращение рифообразования практически везде, по крайней мере в палеозое, происходит раньше биотического кризиса, и тогда “события”, которые считаются причиной вымираний, являются концом кризиса, а начинается он раньше – как минимум с исчезновения рифов.

Авторы считают приятной обязанностью выразить благодарность анонимным рецензентам за полезные советы, которые в немалой степени способствовали улучшению статьи.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Журавлева И.Т., Космынин В.Н., Кузнецов В.Г., Беляева Г.В., Волкова К.Н., Задорожная Н.М., Исаев Г.Д.

- и др. (1990) Современные и ископаемые рифы. Термины и определения. Справочник. М.: Недра, 184 с.
- Кузнецов В.Г. (2018) Рифы позднего ордовика и биотический кризис на границе ордовик–силур. *Стратигр. Геол. коррел.*, **26**(3), 24-30.
- Тектоника Европы. (1966) Объяснительная записка к тектонической карте Евразии. М-б 1 : 5 000 000. М.: Наука, 487 с.
- Хаин В.Е. (1979) Региональная тектоника. Внеальпийская Азия и Австралия. М.: Недра, 356 с.
- Fan J., Ma X., Zhang Y., Zhang W. (1982) The Upper Permian Reefs in West Hubei, China. *Facies*, **6**, 1-14.
- Fan J., Zhang W. (1985) Sphinctozoans from Late Permian Reefs of Lichuan, West Hubei, China. *Facies*, **13**, 1-44.
- Li S., Liu D., Gu S. (1985) Characteristics of the Honghua Reef in Kai Country of Sichuan and its Significance in Finding the New Types Hydrocarbon Reservoir. *Oil Gas Geol.*, **5**(2), 24-28. (in Chinese, Summary in English)
- Liu H., Rigby J.K., Li G., Xia K., Liu L. (1991) Upper Permian Carbonate Buildups and Associated Lithofacies, Western Hubei – Eastern Sichuan Provinces, China. *AAPG Bull.*, **75**(9), 1447-1467.
- Rigby J.K., Fan J., Zhang W. (1989) Inozoa calcareous Porifera from the Permian reefs in South China. *Paleontol.*, **63**(6), 778-800.
- Wu X., Lin X., Yang Z., Chen X. (1990) Formation of reef-bound reservoirs of Upper Permian Changxing formation in East Sichuan. *Oil Gas Geol.*, **11**(3), 283-299. (in Chinese, Summary in English)
- Fan J., Ma X., Zhang Y., Zhang W. (1982) The Upper Permian Reefs in West Hubei, China. *Facies*, **6**, 1-14.
- Fan J., Zhang W. (1985) Sphinctozoans from Late Permian Reefs of Lichuan, West Hubei, China. *Facies*, **13**, 1-44.
- Khain V.E. (1979) *Regional'naya tektonika. Vneal'piiskaya Aziya i Avstraliya* [Regional tectonics. Out of Alpides Asia and Australia]. Moscow, Nedra Publ., 356 p. (In Russian)
- Kuznetsov V.G. (2018) The reefs of Late Ordovician and Biotic crisis on the border of Ordovician–Silurian. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **26**(3), 24-30. (In Russian)
- Li S., Liu D., Gu S. (1985) Characteristics of the Honghua Reef in Kai Country of Sichuan and its Significance in Finding the New Types Hydrocarbon Reservoir. *Oil Gas Geol.*, **5**(2), 24-28. (in Chinese, Summary in English)
- Liu H., Rigby J.K., Li G., Xia K., Liu L. (1991) Upper Permian Carbonate Buildups and Associated Lithofacies, Western Hubei – Eastern Sichuan Provinces, China. *AAPG Bull.*, **75**(9), 1447-1467.
- Rigby J.K., Fan J., Zhang W. (1989) Inozoa calcareous Porifera from the Permian reefs in South China. *Paleontol.*, **63**(6), 778-800.
- Tektonika Evropy. Ob'yasnitel'naya zapiska k tektonicheskoi karte Evrazii. Masshtab 1 : 5 000 000* [Tectonics of the Europe. The explanatory notes to the Tectonic map of Eurasia. Sc. 1 : 5 000 000]. (1966) Moscow, Nauka Publ., 487 p. (In Russian)
- Wu X., Lin X., Yang Z., Chen X. (1990) Formation of reef-bound reservoirs of Upper Permian Changxing formation in East Sichuan. *Oil Gas Geol.*, **11**(3), 283-299. (in Chinese, Summary in English)
- Zhuravleva I.T., Kosmynin V.N., Kuznetsov V.G., Belyaeva G.V., Volkova K.N., Zadorozhnaya G.D., Isaev G.D. et al. (1990) *Sovremennye i iskopaemye rify. Terminy i opredeleniya. Spravochnik* [Modern and fossil reefs. Terms and definitions. Reference]. Moscow, Nedra Publ., 184 p. (In Russian)

## REFERENCES