

УДК 551.351:551.73+551.351:551.77

ПАЛЕОЗОЙСКОЕ И КАЙНОЗОЙСКОЕ РИФООБРАЗОВАНИЯ. ОПЫТ СРАВНИТЕЛЬНОГО АНАЛИЗА

© 2024 г. В. Г. Кузнецов^{a, b, *}

^aРоссийский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина,
Ленинский просп., 65, Москва, 119991 Россия

^bИнститут проблем нефти и газа РАН,
ул. Губкина, 3, Москва, 119333 Россия

*e-mail: vgkuz@yandex.ru

Поступила в редакцию 04.03.2024 г.

После доработки 25.03.2024 г.

Принята к публикации 24.04.2024 г.

Проведен сравнительный анализ палеозойского и кайнозойского рифообразования, главным образом, с точки зрения положения рифов в бассейнах континентальных и океанических блоков. Показано, что в кайнозойское основное формирование рифов происходило непосредственно в океанах, в том числе на границах последних с континентами, и, в крайне ограниченных масштабах, в бассейнах континентального сегмента. В палеозойское, наряду с океаническим, рифообразование было интенсивно развито в обширных бассейнах континентального блока. Это является одним из проявлений общей эволюции карбонатакопления, когда карбонатные отложения палеозоя формировались в подобных мелководных водоемах, покрывавших очень значительные поверхности континентов.

Ключевые слова: рифы, барьерные и краевые рифы, эпиконтинентальные бассейны, палеозой, кайнозой

DOI: 10.31857/S0024497X24050024 **EDN:** YPRMLW

Рифы – сложные геологические образования, созданные в результате жизнедеятельности организмов; каждый риф представляет собой холмовидный массив, мощность которого больше, нередко существенно больше мощности вмещающих его и синхронных ему отложений. Докембрийские массивные карбонатные тела, созданные микробиальными сообществами, как показала, в частности И.Т. Корольков [1960], не имели сколько-нибудь значимого синоптического рельефа, и рифами в общем значении этого термина не являются [Кузнецов, 2008].

Естественно, что в течение более 500 млн лет рифообразование, как особый и своеобразный геологический феномен, эволюционировало по целому ряду показателей и, прежде всего, по систематическому составу и набору рифостроящих и обитающих на рифах организмов, палеогеографическому и палеотектоническому положению и другим характеристикам, что в той или иной мере отражено в ряде публикаций, в том числе автора настоящей работы [Заварзин, Рожнов,

2011; Кузнецов, 1983, 2000, 2003; Рифогенные ..., 2011 и др.]. В русле подобных исследований настоящая статья посвящена сравнению рифов палеозоя и кайнозоя с точки зрения их палеотектонического и палеогеографического положения и в значительной степени их морфолого-генетического типа.

При этом подобный анализ встречает ряд очень существенных сложностей, связанных с неполнотой наших знаний и представлений, в первую очередь, о палеозойских океанах и осадочных процессах в них.

В частности, в свете тематики настоящей работы по имеющимся построениям и реконструкциям судить о палеогеографическом и палеотектоническом положении рифов в структуре палеозойских океанов весьма, и даже крайне затруднительно. Практически на всех реконструкциях эти области показаны просто как океаны (Панталасса, Палеотетис, Япетус и т.д.) без указания их внутренней структуры. Что касается непосредственно положения в них рифов, то все они

в имеющихся реконструкциях, в той или иной степени, расположены вблизи континентальных блоков, сами палеоокеаны в этом отношении “стерильны” (см. например [Kiessling et al., 1999]).

Еще пример. В обстоятельных сводках по геологии рифов силура и девона П. Купера [Cooper, 2002] все рифы на картах расположены вблизи континентов, и лишь рифы Казахстана показаны блоком среди океана без какой-либо привязки их к тем или иным океаническим структурам.

Поэтому в настоящей статье наличие рифов океанического сектора отмечается, но без какой-либо точной привязки к тем или океаническим структурам и, тем более, палеокоординатам.

РИФООБРАЗОВАНИЕ В ПАЛЕОЗОЕ

Рифообразование в палеозое происходило практически с его начала, то есть тогда, когда появилась скелетная фауна, и продолжалось вплоть до конца перми, когда последние рифы палеозоя формировались на фрагментах древней платформы Южного Китая.

Кембрийское рифообразование известно и, в той или иной степени, изучено в пределах Сибирской платформы, а также Алтае-Саянской области [Кузнецов, 1998]. Последние, что понятно, как области древнего океана, существенно переработаны с точки зрения их первоначального положения, фациальных соотношений и т.д. Что касается собственно платформенных образований, то, в общих чертах, они локализируются в двух зонах — Анабаро-Синской и Туруханско-Олекминской. Первая из них — относительно широкая отмельная полоса — протягивается в диагональном направлении от Алданского щита на юго-востоке к Анабарскому на северо-западе. Это граничная область между относительно глубоководными отложениями Юдомско-Оленекской зоны, связанной с океаническими бассейнами того времени, с одной стороны, и Туруханско-Иркутско-Олекминской, занимающей большую часть Сибирской платформы. Основное рифообразование кембрия платформы происходило именно в этой структурной области. Сами рифы относительно небольшой мощности и, главное, морфологической выраженности, подразделяются на два типа. Во-первых, это асимметричные постройки, примыкающие к крайне мелководным отложениям Непско-Ботуобинской и Байкитской антеклиз — Большетирская, Средне-Ботуобинская и др., и, во-вторых, более или менее симметричные постройки, расположенные между этими отмельными зонами, типа Марковского рифа.

В любом случае это относительно крупные по площади и достаточно скромные по мощности, а, главное, по высоте — превышению над дном моря — сооружения.

Существенно менее подробно изучены рифы океанического сектора, и, в частности, в современном их положении в горно-складчатых областях Алтае-Саянской и Заилийском Алатау, краткие сведения о которых были изложены ранее [Кузнецов, 1998, 2000], а также в Северном Тянь-Шане, Сакмарской зоне Урала и др.

После первого в фанерозое массового вымирания на границе раннего—среднего кембрия, рифообразование, в той или иной степени, возобновилось в среднем ордовике и относительно широко представлено в позднем ордовике. При этом в пределах континентального блока постройки в целом достаточно скромных размеров известны на западе Восточно-Европейской платформы, на северо-востоке Северной Америки, в Ордосском бассейне Китая, в Австралии.

Существенно более широко и активно шло формирование рифов в океаническом секторе — в пределах современного Урала, Казахстана, Северного Тянь-Шаня, Алтае-Саянской области, где они вместе с силурийскими описаны Н.В. Сенниковым [Сенников, 2011; Сенников и др., 2023].

Значительно более активно развивалось рифообразование в силуре. Очень ярким и характерным примером силурийских построек являются рифы области Великих озер США — в Иллиноиском и Мичиганском бассейнах, в Аппалачах. Стратиграфический интервал рифообразования венлок—лудлов, местами частично пржидолий. Сами рифы — это одиночные изолированные куполовидные, овальные, округлые, реже серповидные постройки.

Среди образований океанического сектора силурийские рифы известны в пределах Урала, Алтае-Саянской, Верхояно-Колымской областях и других районах.

Девонские рифы, начиная с нижнего девона, известны в ряде бывших океанических, а ныне в горноскладчатых областях. Мощное, часто продолжающее силурийское, девонское рифообразование отмечено в пределах современного Урала от Новой Земли через Печорский Урал до южного окончания самого Урала. Девонские рифы известны в Джунгаро-Балхашской складчатой области, в фундаменте Западно-Сибирской эпигерцинской платформы, Алтае-Саянской складчатой области, на Тянь-Шане.

Достаточно активно рифообразование происходило в краевых частях океанических бассейнов в пределах современной Европы — в Рейнском, Сакско-Тюрингском и других. Так, рифы среднего и верхнего девона известны в Кантабарийских горах в Испании, в Арденнах, Рено-Герцинской зоне, Сакско-Тюрингском бассейне. Во многих случаях они, как впоследствии и кайнозойские рифы, формировались на вершинах подводных стратовулканов [Fuchs, 1990; Krebs, 1974; Weller, 1991 и др.].

Интенсивное и достаточно разнообразное по типам построек рифообразование происходило в континентальном секторе, в частности, на всей восточной трети Восточно-Европейской платформы.

В пределах Печорской синеклизы выделяется по крайней мере три типа подобных образований. Дело в том, что сама эта область в девоне оказалась весьма дифференцирована по глубине покрывающих его морей. Западная часть синеклизы представляла собой достаточно обширный мелководный шельф, по восточному склону которого на границе с Уральским палеоокеаном формировались асимметричные рифовые системы. В самой синеклизе существовали обширные мелководные банки, обрамленные цепью асимметричных рифовых систем. Наконец, в разделяющих эти отмели впадинах, в той или иной глубокоководных, формировались одиночные рифы, которые нередко описываются как изолированные карбонатные платформы.

Девонское рифообразование в Прикаспийской впадине описано в ряде публикаций [Кузнецов, 2007; Кузнецов, Журавлева, 2018 и др.], поэтому здесь приводятся только краткие сведения. По западному обрамлению глубокоководной впадины развиты асимметричные рифы на бровке шельфов соответствующих временных интервалов, которые последовательно смещаются во впадину. Максимальное их развитие приходится на ворожежское время среднего франа.

Непосредственно в самой впадине, в ее западной части, то есть палеогеографически уже в океаническом секторе, вскрыты бурением одиночные рифы на Котовской, Памятно-Сасовской, Демьяновской, Овражно-Петровской и других площадях.

На северном ограничении Прикаспийской впадины в Рубежинском и Перелюбском заливах глубокоководного котловинного Прикаспийского моря Уральского палеоокеана или, в более общей

форме, Палеоазиатского океана формировались одиночные куполовидные рифы верхнего франа.

В центральных и восточных частях впадины в связи с большими глубинами девонские отложения пока не вскрыты.

Между этими “краевыми” депрессиями — Печорской синеклизой и Прикаспийской впадиной — глубокоководном краевом море Уральского палеоокеана существовали рифы двух типов, развивавшиеся в составе принципиально разных формаций. Вначале это была терригенно-карбонатная, автохтонная по Н.С. Шатскому, формация Эйфель-живет-раннефранского возраста, где в песчано-глинистых породах с отдельными карбонатными горизонтами формировались относительно небольшие изолированные куполовидные рифы округлой, овальной или серповидной формы.

Уже в среднем фране—турне произошли существенные изменения в характере осадконакопления. Прежде всего, терригенно-карбонатное осадконакопление сменилось практически чисто карбонатным, которое продолжалось до турне включительно. При этом произошла значительная дифференциация рельефа дна морей, покрывающих эту область платформы, в которой сформировалась своеобразная по морфологии и относительно глубокоководная Камско-Кинельская впадина (система прогибов), разделяющая области мелководного бассейна с карбонатонакоплением. По бортам этой системы депрессий располагались рифы асимметричного профильного сечения, а также, местами, куполовидные относительно симметричные постройки внутри самих этих прогибов.

Одним из районов массового развития девонских рифов является Западно-Канадский бассейн, в отдельных зонах которого формировались рифы живета—франа. В целом Западно-Канадский бассейн с востока (в современных координатах) ограничен Канадским щитом и относительно узкой полосой мелководных шельфовых отложений, а с запада — системой Скалистых гор, которые надвинуты на этот бассейн. Рифы этого бассейна достаточно подробно описаны, в том числе, в отечественной литературе [Кузнецов, Журавлева, 2018], поэтому можно ограничиться их очень краткой характеристикой. В целом, несмотря на отдельные хотя и серьезные, но, в общем, не принципиальные изменения в рифах разного возраста (в пределах среднего—верхнего девона) и положения в бассейне, это одиночные куполовидные, плосковершинные и атоллвидные

сооружения, иногда образующие своего рода цепочки типа группы среднефранских рифов Рибби-Ледюк-Клайд, либо обрамляющих внутрибассейновые поднятия — отмели, каковыми являются рифы Уорслей и Нордманвилл на склонах поднятия Пис-Ривер, формация Слейв-Пойнт, слагающая риф Кларк-Лейк (рис. 1), замещающаяся на западе мелководными известняками Слейв-Пойнт и Уотт-Маунтин. И, наконец, имеются одиночные, как бы располагающиеся беспорядочно внутри относительно глубоководных отложений рифы суббассейна Рэйнбоу.

Принципиально важно для данной работы отметить верхнеживетско-франские рифы бассейна Кэннинг Западной Австралии, которые в виде асимметричных тел обрамляют мелководные шельфовые области [Playford, 1980; Playford et al., 1989].

Рифообразование карбона, а, точнее, визе-серпуховского этапа, достаточно ограниченное, рассмотрено в специальной статье [Кузнецов,

Антошкина, 2005], поэтому здесь о нем приводятся лишь очень краткие сведения.

На континентальном блоке рифы этого возрастного интервала известны на Восточно-Европейской платформе в обрамлении Днепровско-Донецкой впадины и Донбасса, в Восточной Канаде. Европейские рифы этого возраста формировались на границах мелководных зон Евразийского континента, в том числе с карбонатной седиментацией, а также в виде атоллов в прилегающих глубоководных областях.

Основное рифообразование этого временного интервала, по-видимому, происходило в океанических бассейнах, что в определенной степени является исключением из общей тенденции. Многочисленные и достаточно разнообразные сооружения известны на Урале, в Прикаспийском краевом котловинном море Уральского палеоокеана, Восточном Казахстане, Забайкалье, Памиро-Алае, Сихотэ-Алине. Рифовые образования этого возраста известны в пределах бассейнов

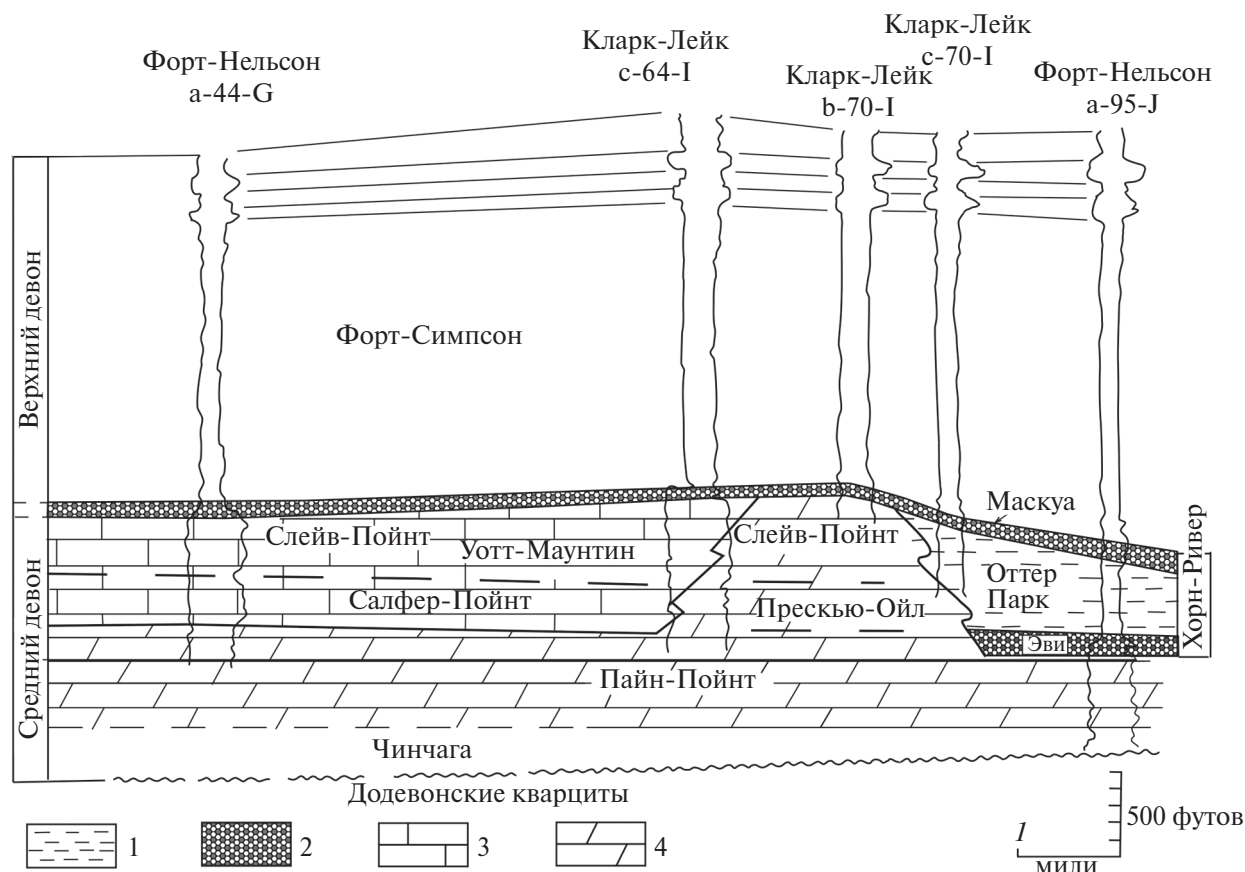


Рис. 1. Профильный разрез среднедевонских отложений краевого рифа Кларк-Лейк через лагунную зону, барьерный риф и сланцевый бассейн. Девон Западной Канады [Gray, Kassube, 1963].

1 — темно-серые сланцы; 2 — битуминозные сланцы; 3 — известняки; 4 — доломиты.

современной Западной Европы — Ирландии, Великобритании, Бельгии, Франции и других районах.

Пермское рифообразование развивалось на трех стратиграфических временных уровнях — в ранней перми на Восточно-Европейской платформе и ее обрамлении (рис. 2), в средней перми — на Северо-Американской платформе, в частности, в Пермском бассейне, а также в Европе (цехштейновый бассейн), а в поздней — в Южном Китае. Для целей настоящей работы важны рифы первого из упомянутых регионов, которые и рассмотрены ниже. Объекты второго и третьего этапов охарактеризованы в более ранних публикациях [Кузнецов и др., 1984, 2019].

Первые рифы ранней перми начали формироваться в бассейне Предуральского прогиба на бровке восточного ограничения Восточно-Европейской платформы в виде асимметричных, тесно связанных с платформой построек. Развитие Предуральского краевого прогиба, точнее, миграции его на запад с формированием нового уступа, привело, во-первых, к смещению сюда сакмаро-артинского рифообразования, где формировались асимметричные рифы и, во-вторых, своеобразному надстраиванию предшествующих ассельских построек и росту новых, уже изолированных куполовидных рифов, каковыми являются, например, известные шиханы района г. Стерлитамака, а также погребенные Ишимбаевский, Совхозный и другие массивы (рис. 3).

Глубоководная полоса Предуральского краевого прогиба открывалась на юге в глубоководное Прикаспийское море, в связи с чем полоса рифообразования бровки платформы поворачивает на запад, и здесь, в бортовой зоне также формировались асимметричные рифы Западно-Тепловский (рис. 4), Токаревский, Цыгановско-Ульяновский, Гремяченский, Федоровский и другие.

Важно отметить, что вся восточная часть Восточно-Европейской платформы от Предуральского прогиба на востоке до примерно долготы р. Волги, и от бортового уступа Прикаспийской впадины с ее рифовым обрамлением через Волго-Уральскую область и Печорскую синеклизу далее на север, в современную акваторию северных морей была в ранней перми областью мелководного карбоната накопления.

Рифообразование средней перми локализовано в двух бассейнах на севере палеозойского суперконтинента Пангея — Цехштейновом в Европе и Пермском в пределах современных США.

В современных координатах Цехштейновый бассейн простирался от восточного побережья Балтийского моря через Польшу и Германию до восточной Англии. Рифы этого бассейна описаны в специальной статье [Кузнецов и др., 1984, Kerkmann, 1969] и здесь не рассматриваются. С точки зрения истории изучения рифов интересно, что это были первые или одни из первых объектов, описанных как древние ископаемые рифы [Кузнецов, 1981].

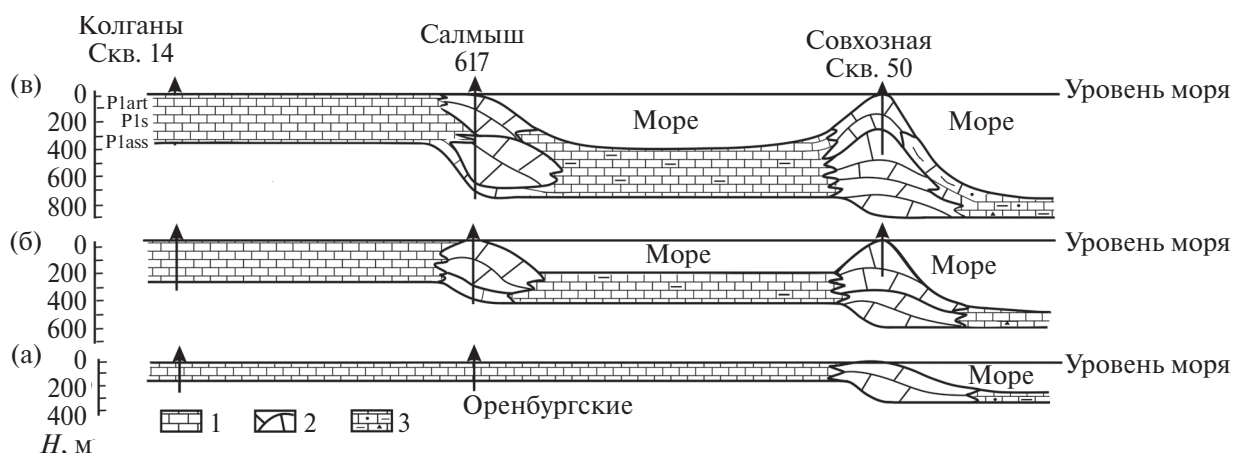


Рис. 2. Схематические литолого-фациальные и палеогеоморфологические профили подсолевых нижнепермских отложений юго-востока Оренбургской области.

а — к концу ассельского века; б — к концу сакмарского века; в — к концу артинского века.

1 — мелководные карбонатные отложения; 2 — рифовые образования; 3 — депрессионные относительно глубоководные глинисто-кремнисто-карбонатные отложения.

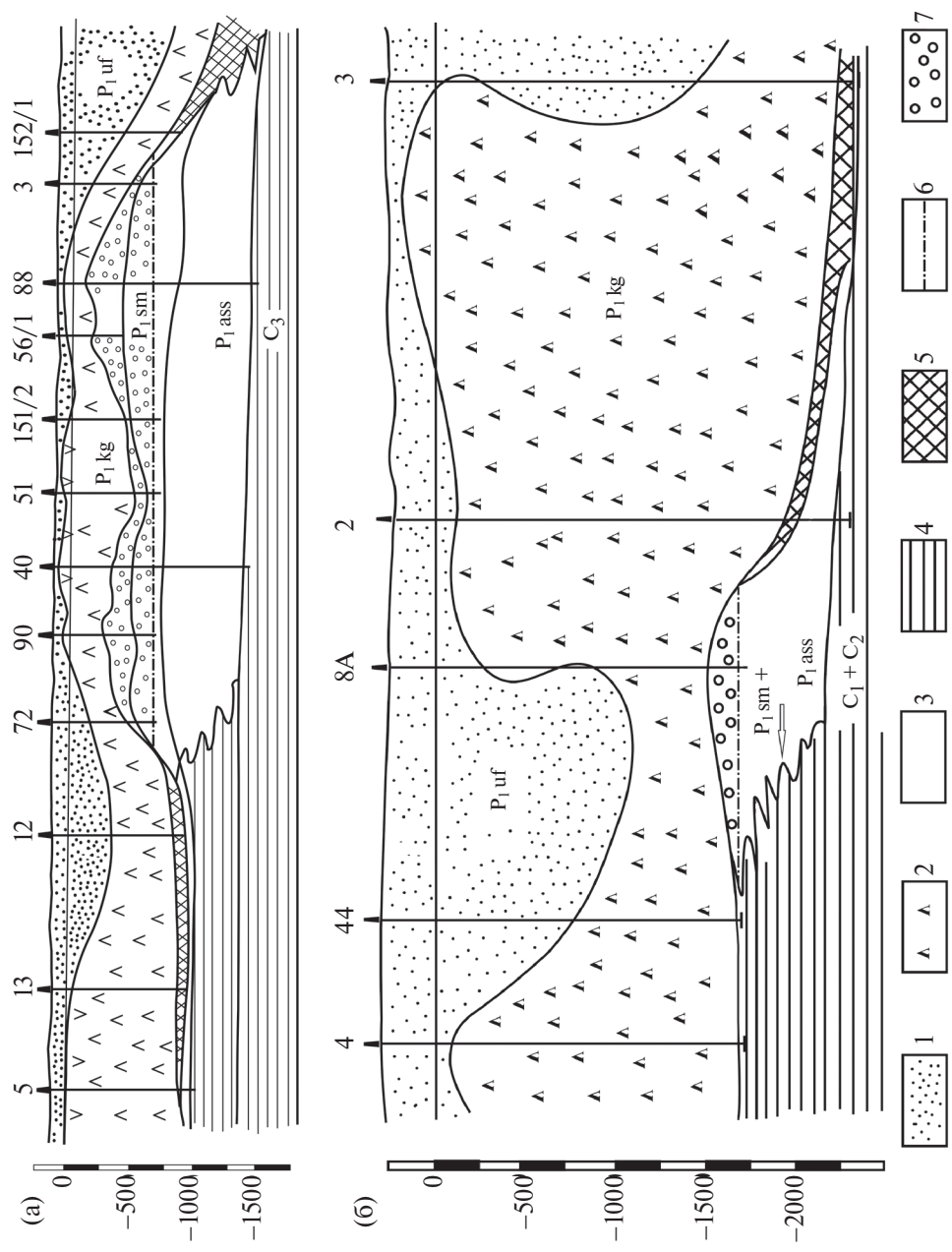


Рис. 3. Основные типы рифов Предуральяского краевого прогиба ([Габдрахманов, 1966] с изменениями).
а – Ишимбайский массив – пример куполовидного сакмаро-артинского рифа, б – Кунакбаевский массив – пример рифа асимметричной рифовой системы.
1 – пески, алевролиты, глины; 2 – типсы, ангидриты, соли, мергели; 3 – отложения рифовых фаций (известники органические, органогенно-обломочные, массивные); 4 – мелководно-морские отложения; 5 – отложения депрессионных фаций (известники и мергели слоистые); 6 – водонефтяной контакт (ВНК); 7 – возможное наиболее низкое положение ВНК.

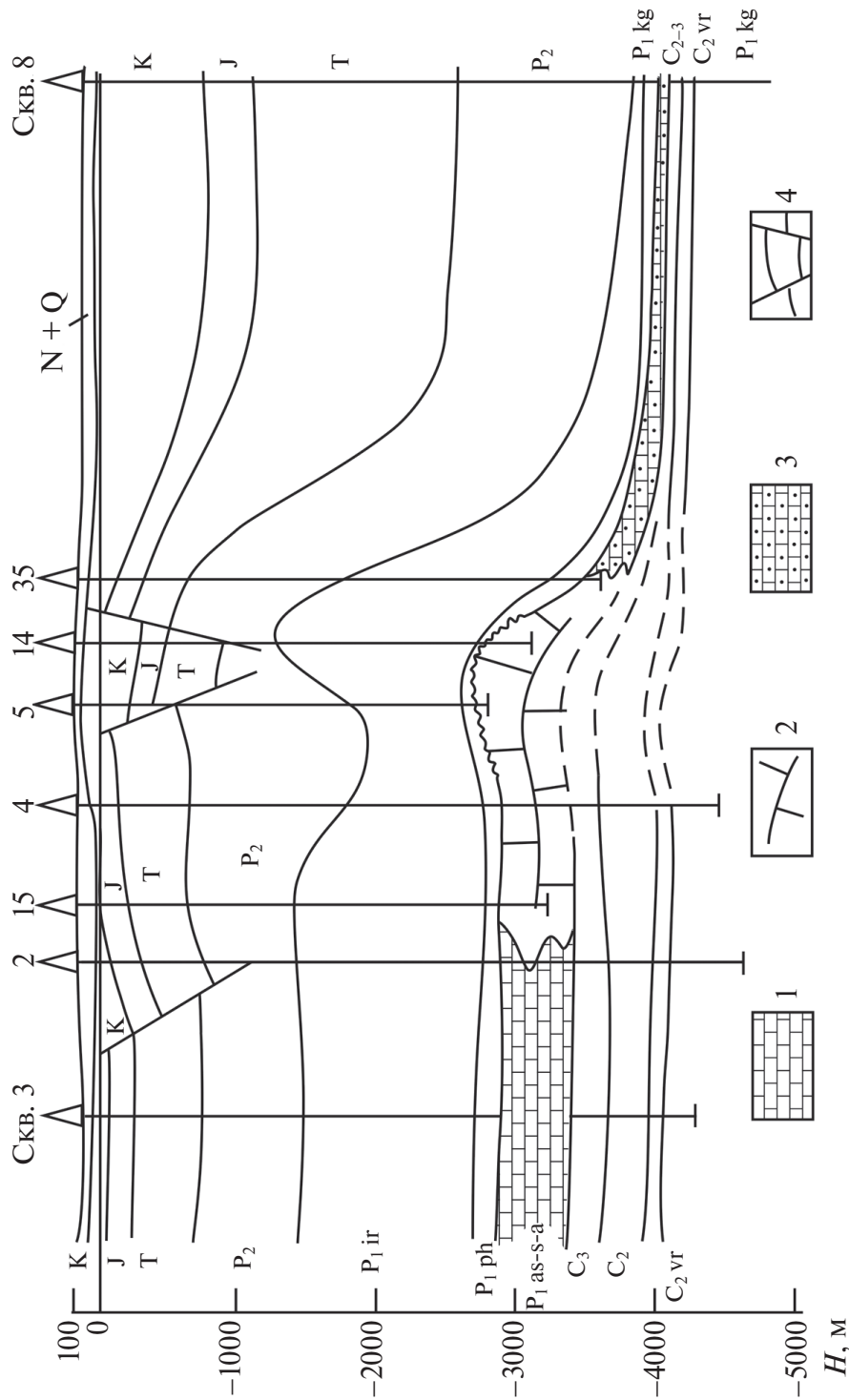


Рис. 4. Геологический профиль Западно-Тепловского рифа северной бортовой зоны Прикаспийской впадины ([Альжанов и др., 1975] с изменением).
1 – зарифовые мелководно-морские известняки и доломиты; 2 – рифовый комплекс; 3 – предрифовые относительно глубоководные карбонатно-глинистые отложения; 4 – зона грабенов.

Для целей настоящей работы интерес представляют рифовые образования Пермского бассейна США.

Впервые в сложных соотношениях стратиграфических подразделений — “формаций” — разобранся Ф. Кинг [King, 1942], схема которого приведена на рис. 5. Более поздние работы [Mazzullo, 1995; Newell et al., 1953 и др.] в чем-то детализировали и уточнили соответствующие соотношения отдельных формаций в разных частях бассейна, где отдельные толщи — формации — имеют разные названия, но принципиальная картина аналогична той, что дана Ф. Кингом еще в сороковых годах прошлого столетия.

Рифы отдельных стратиграфических подразделений обрамляют северный борт суббассейна Дэлавер, затем огибают с востока, юга и запада мелководную отмель Центральной платформы, разделяющей Пермский бассейн на два суббассейна — Дэлаверский на западе и Мидленд на востоке — и характеризуются отчетливо асимметричным строением с незначительным возвышением над мелководными “зарифовыми” областями этого бассейна и существенно большим — над глубоководными зонами собственно бассейнов — указанных выше Дэлавер и Мидленд.

Рифы поздней перми развиты весьма ограниченно и наиболее изучены в Южном Китае. Поскольку эти объекты в той или иной степени описаны в специальной статье [Кузнецов и др., 2019], здесь можно ограничиться краткой справкой.

В отечественной литературе тектоническая область их развития называется Южно-Китайской платформой, а в Китае — блоком Янцзы. Не касаясь всех типов построек, а это и биостромные, и биогермные массивы, отметим лишь собственно рифы в узком и строгом значении этого понятия. Эти сооружения сформированы на границах шельфов с карбонатной седиментацией и относительно глубоководного бассейна, с достаточно отчетливым смещением более молодых рифов в сторону бассейна. Ядра подобных сооружений мощностью до 150–160 м в значительной степени сложены каркасными известняками; главными рифостроителями являлись известковые губки, инозои, табулозои, мшанки, тубифиты, водоросли. В целом, биота этих рифов, как рифостроящая, так и обитающая на них, существенно более разнообразна по сравнению с биотой мелководного зарифового бассейна и, тем более, с биотой предрифового глубоководного (рис. 6).

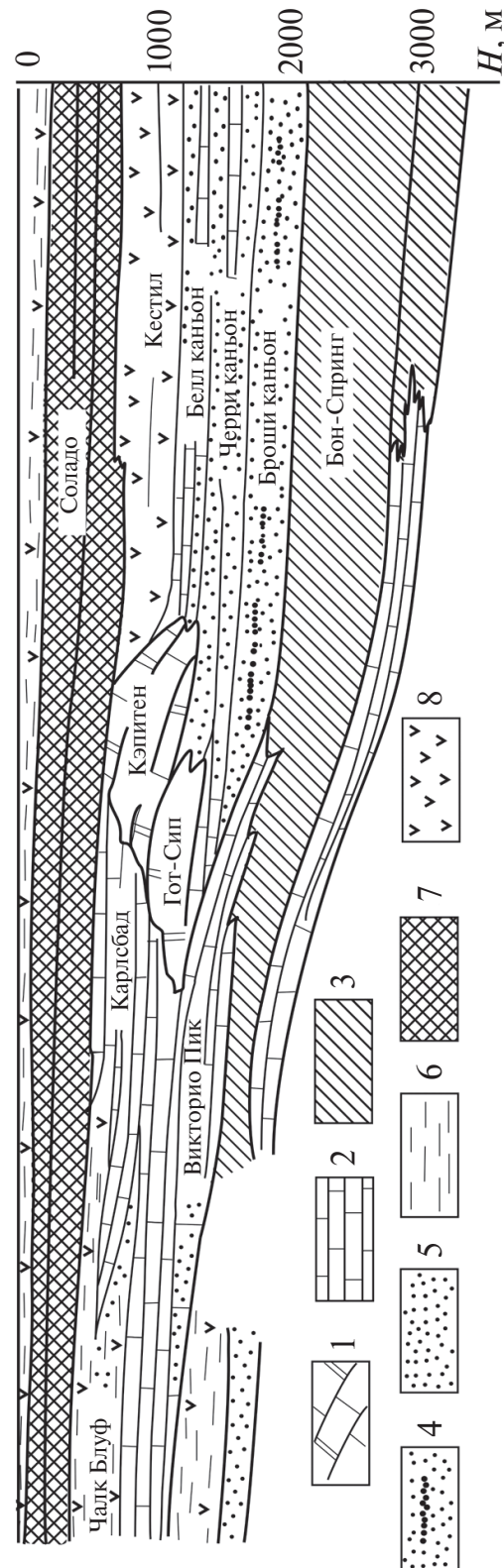


Рис. 5. Лито-стратиграфический разрез пермских отложений Пермского бассейна США [King, 1942].

1 — массивные рифовые известняки; 2 — слоистые известняки; 3 — черные тонкослоистые известняки и сланцы; 4 — песчаники средне- и крупнозернистые; 5 — песчаники тонкозернистые; 6 — красноцветы; 7 — соли с ангидридовыми пластинами; 8 — ангидриты с прослоями известняков, солей и красноцветов.

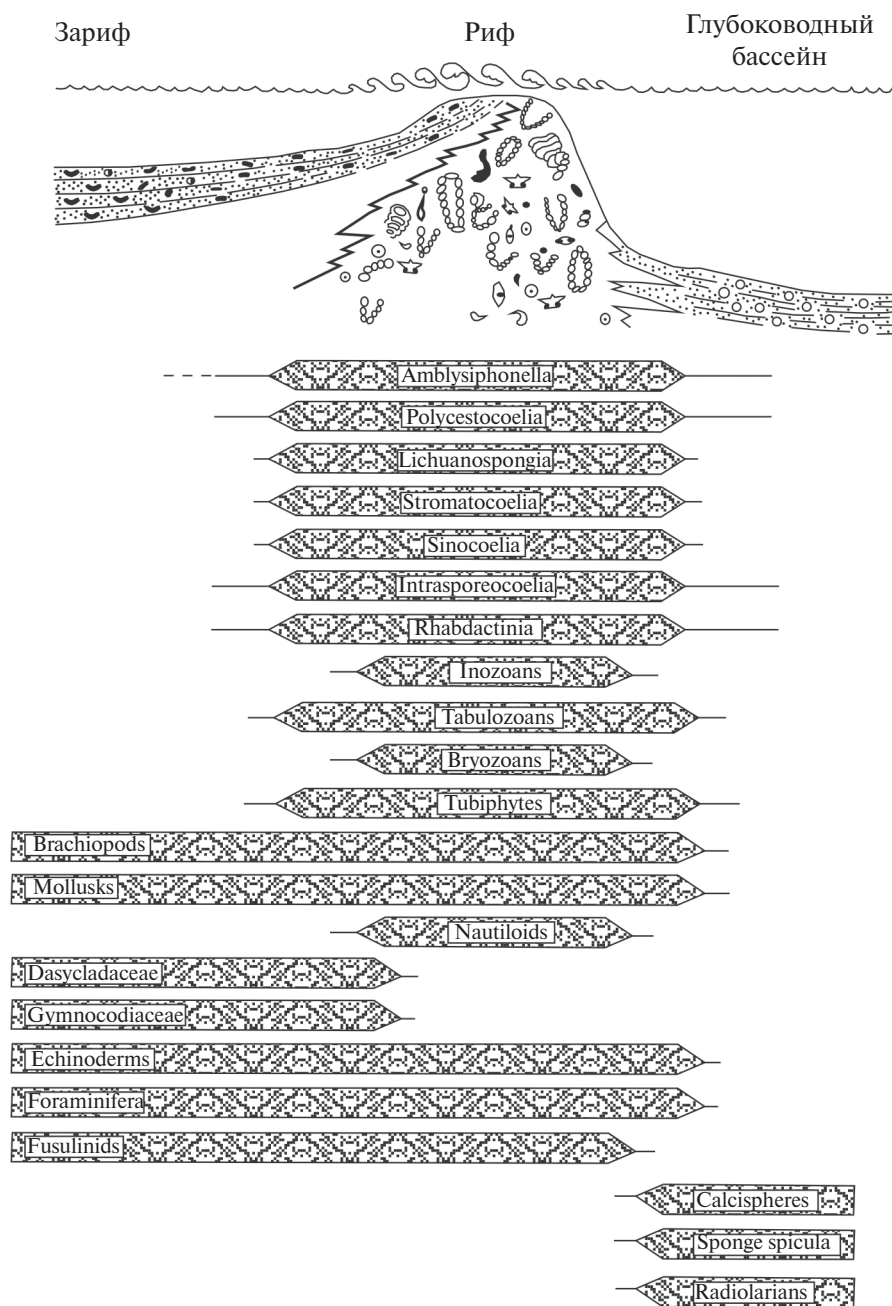


Рис. 6. Распределение биоты в верхнепермских рифовых комплексах западной части провинции Хубей [Fan et al., 1982].

КАЙНОЗОЙСКОЕ РИФООБРАЗОВАНИЕ

Кайнозойское рифообразование в какой-то степени менее разнообразно по сравнению с палеозойским. Еще со времен “великих географических открытий”, в том числе путешествий Дж. Кука, когда, в частности, был открыт Большой Барьерный риф Австралии, выделялось несколько видов подобных образований, главными из которых были береговые, барьерные, атоллы, подробно описанные Ч. Дарвином, который на их

примере показал переход одних видов в другие, сформулировал и обосновал механизмы и условия образования рифов. Он отмечал и другие формы, не имеющие, однако, принципиального значения в общей картине формирования рифов. Береговые рифы – небольшие коралловые поселения и соответственно постройки, практически примыкающие к берегу. Они известны и описаны в “классическом” районе рифообразования по восточному берегу Австралии, и по берегам

Красного моря. Значительно более широко развиты расположенные на том или ином расстоянии от берега барьерные рифы, классическим примером которых служит неоднократно упоминаемый Большой Барьерный риф Австралии (рис. 7) — это серия рифов, обрамляющих берега Флориды и Центральной Америки, в частности Белиза, рифы южной части Тихого океана вокруг крупных островов, например, Новой Гвинеи.

Для подтверждения и доказательства своих представлений о происхождении рифов, основанных на однозначных показателях — обитании кораллов только в определенном интервале глубин, а также косвенных — высоте современных образований над дном моря и крутизне его склонов, Ч. Дарвин считал необходимым получить и изучить разрез рифового тела. В письме Л. Агассицу 5 мая 1881 г. он писал: "...Мне хотелось бы, чтобы какому-нибудь архимиллионеру пришло в голову произвести бурение на некоторых атоллах Тихого и Индийского океанов и привезти оттуда колонки для срезов с глубины 500–600 футов..." (цит. по [Шатский, 1965, с. 174]).

Уже после кончины Ч. Дарвина на атолле Фунафути, выбранном адмиралом В. Уортоном, кстати, не разделявшим представлений Ч. Дарвина об образовании рифов, была пробурена скважина глубиной 1114 футов (371 м), которая вскрыла известняки, сложенные теми же мелководными кораллами, которые образуют и современные рифы, в том числе, и данный риф Фунафути.

Следующий этап изучения океанических рифов бурением был связан отнюдь не с мирными научными исследованиями. В начале 1950-х годов перед испытанием ядерного оружия по заданию Комиссии по атомной энергии было проведено бурение уже глубоких скважин на атоллах Энвекоток и Мидуэй [Ladd et al., 1953; Ladd et al., 1970]. Две скважины на атолле Энвекоток вскрыли базальтовое основание на глубине 1266 и 1385 м. Атолл начал формироваться с эоцена, причем, периодически выходил выше уровня моря, осушался, и здесь развивалась субаэральная флора, зафиксированная соответствующими комплексами пыльцы, а также остатками наземной

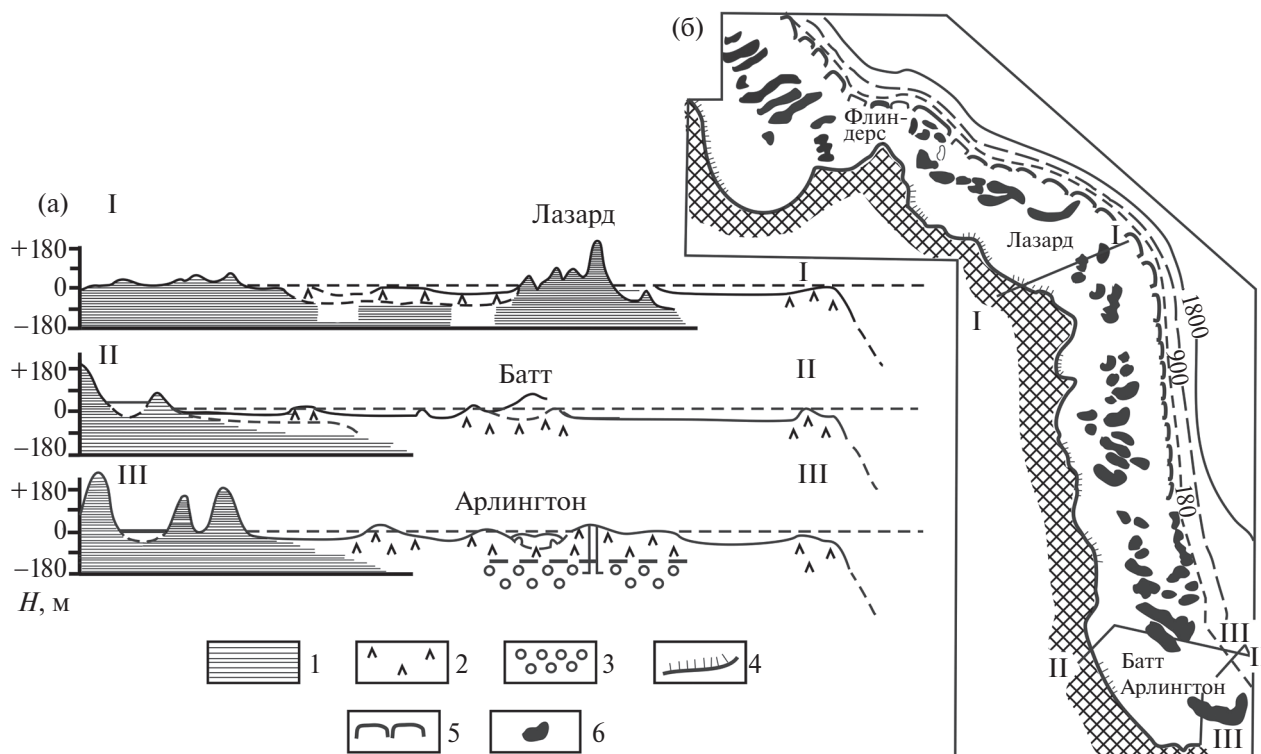


Рис. 7. Большой Барьерный риф Австралии. Северо-западная часть [Faidbridge, 1950].

а — геологический профиль; б — схема расположения рифов.

1 — породы основания — палеоцен; 2 — коралловые и фораминиферовые известняки; 3 — глауконитово-кварцевые пески; 4 — береговые рифы; 5 — барьерные рифы; 6 — внутренние рифы (низкие острова).

растительности. Аналогичные данные были получены на атолле Мидуэй.

Возвращаясь непосредственно к рифам и их типам, следует отметить, что в обстоятельной сводке по кайнозойским, а точнее, третичным рифам [Perrin, 2002] отчетливо показано, что в палеоцене рифообразование было локализовано практически только в Средиземноморской области.

В качестве примера кайнозойских рифов континентального блока можно указать постройки Керченского и Таманского полуостровов. Их рифовая природа была впервые отмечена Г. Абигом в 1864–1866 гг. явно под впечатлением и влиянием опубликованного незадолго до этого в 1842 г. труда Ч. Дарвина. Позднее, в 1909–1919 гг., они специально и подробно были изучены и описаны Н.И. Андрусовым, а в русском переводе появились в 1961 г. [Андрусов, 1961]. Результаты детальных исследований этих объектов на современном уровне опубликованы А.И. Антошкиной [Антошкина и др., 2020, 2022]. Данные постройки — это серия изолированных карбонатных тел разного размера и положения среди глинистых отложений конца миоцена. Другой пример — сарматские карбонатные постройки Молдавии и Подолии, но значение их в общем балансе кайнозойского рифообразования ничтожно, и поэтому здесь не рассматривается.

Что касается океанических пространств, то по данным Кр. Перрин [Perrin, 2002], со второй половины эоцена появились рифы в районе Индийского океана, в том числе в приграничной с Тихим океаном зоне, и более активно рифы стали формироваться в миоцене, когда существенно активизировалось рифообразование в западной Атлантике, в частности в районе Карибского моря и Мексиканского залива, а также в граничных зонах Индийского и Тихого океанов между Австралией и юго-восточной окраиной Евро-Азиатского континента.

Говоря о рифах и их типах океанического сегмента, важно отметить наличие рифов в окружении достаточно обширных карбонатных отмелей и субаэральных образований, какими являются, например, группы внутриокеанических отмелей — “банки”. Таковы рифы Багамских островов, Сейшел, Мальдивов и др. Судя по материалам бурения, на самом изученном рифе Андрос Багамской группы скважина глубиной 4862 м вскрыла отложения нижнего мела, и разрез представлен рифовыми известняками и вторичными доломитами [Goodell, Garman, 1963].

Интересные материалы по распространению живых кораллов, а, следовательно, и наличию современных коралловых рифов приведены в статье П. Мьюир с соавторами [Muir et al., 2015]. Как и следовало ожидать, это в целом приэкваториальная область, но есть некоторые интересные особенности (рис. 8). Во-первых, живые кораллы обитают и, как только что отмечено, формируют рифы в собственно экваториальной области на больших глубинах, чем на удалении от экватора. Во-вторых, существует отчетливый сдвиг рифообразования от экватора в южное полушарие, где оно весьма активно в пределах до 25° ю.ш., в то время как в северной полусфере оно резко снижается после 15° с.ш. В значительной степени, последнее отражается в распределении видов, обитающих на разных глубинах. Распределение мелководных видов практически не зависит от широты, а вот распространение глубоководных отчетливо сдвинуто в южное полушарие, в то время как в северном последние практически исчезают выше 12°–15°.

Завершая краткий обзор кайнозойского рифообразования в океанах, интересно отметить некоторые различия в типах сооружений в разных океанах.

В Тихом океане широко представлены барьерные рифы, а также одиночные, в том числе атоллы, практически по всей его площади в пределах соответствующего благоприятного для рифообразования климата. Спецификой рифообразования Индийского океана является наличие обширных обрамленных рифами отмелей — упоминавшиеся выше Сейшелы и Мальдивы — при более скромном формировании других типов. Атлантический океан в этом плане практически не содержит рифов. Рифы Флориды, Белиза и вообще Центральной Америки — это образования континентального сегмента окраин океана, и, по сути дела, упоминавшийся выше Багамский блок — это самая западная краевая часть океана, непосредственно примыкающая к центральному сегменту Американского континента, в то время как большая часть океана, включая и центральные области, рифов не содержала.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАЛЕОЗОЙСКОГО И КАЙНОЗОЙСКОГО РИФООБРАЗОВАНИЯ

Обобщая изложенные выше материалы по рифам палеозоя и кайнозоя, в том числе по их размещению на поверхности планеты, следует

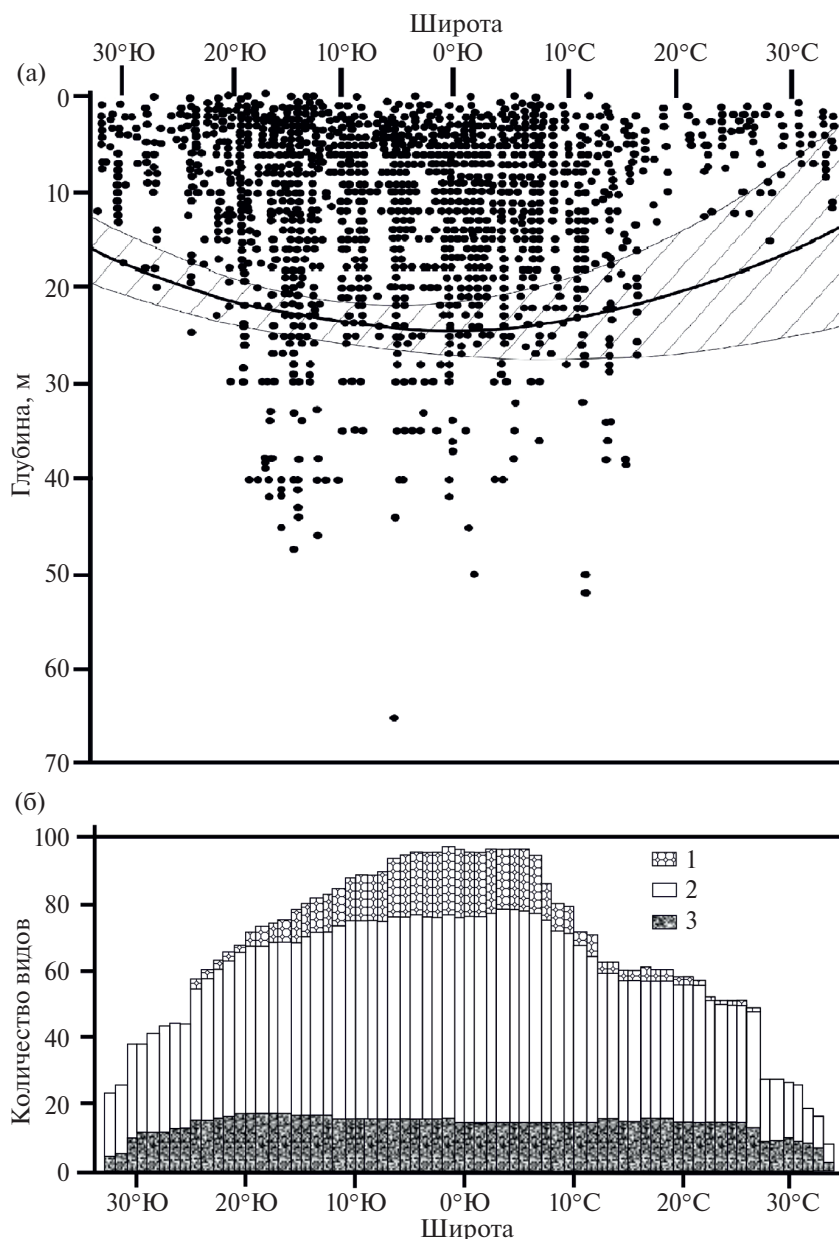


Рис. 8. Широтное распространение рифов в современных океанах [Muir et al., 2015].

а — общее распределение рифов; б — широтное распределение видов на разных глубинах: 1 — больших, 2 — средних, 3 — малых; наиболее распространены виды на малых глубинах.

сформулировать принципиальные различия рифообразования в пределах континентальных и океанических блоков в эти периоды развития планеты. Но предварительно полезно отметить существенные различия в составе главных рифообразующих организмов и в рифообразовании в целом.

Как правило, набор биоты, как рифостроящей, так и обитающей на рифах, в обоих случаях достаточно разнообразен, но если говорить об основных, собственно рифообразующих группах,

то в палеозое в разное время это были археоциаты, строматопороидеи, разнообразные кораллы (табуляты, ругозы), сфинктозои, мшанки, водоросли, тубифитесы, в то время как в кайнозое абсолютно преобладали склератиниевые кораллы и зеленые водоросли. Сказанное не исключает развития в кайнозое и других рифостроящих организмов, например, мшанок в упомянутых выше неогеновых постройках Таманского и Керченского полуостровов, но, следует повторить, речь идет именно об абсолютном преобладании и ведущем значении тех или иных таксонов. Правда,

при этом следует учесть существенно разную длительность палеозойского (535–351 млн лет, т.е. 184 млн лет) и кайнозойского (менее 60 млн лет) рифообразования.

Более важно другое.

Суммируя материалы по распределению рифов палеозоя и кайнозоя по двум основным тектоническим структурам нашей планеты, можно констатировать, что рифообразование в океаническом секторе происходило в обеих эрах, но строгое тектоническое, да и палеогеографическое положение палеозойских сооружений в океанах далеко не столь определенно по сравнению с таковым в кайнозое и, как отмечалось выше, здесь не рассматривается.

Что касается рифообразования континентального блока, то в палеозое оно было развито неизмеримо более активно, широко и разнообразно, чем в кайнозое. В схематическом виде характер рифов и их положение в структурах континентального и океанического блоков показаны на рис. 9.

Прежде всего, в континентальном блоке можно выделить две группы рифов. Первая группа – это сооружения на краях платформ, граничащих с океанами с образованием краевых морей

(примером является море Прикаспийской впадины), или, на завершающих этапах закрытия океанов, с образованием краевых прогибов. Здесь формировались рифы двух морфологических типов.

Первый тип – это рифы, непосредственно прилегающие к мелководным зарифовым отложениям. Это объекты отчетливо асимметричного строения с небольшим, в течение своего формирования, превышением над дном зарифового бассейна, и значительным превышением над дном собственно глубоководного бассейна, что соответственно приводило к очень существенным различиям литолого-фациального облика отложений в зарифовой и предрифовой (бассейновой) частях водоемов. Таковы, например, отмеченные выше девонские рифы обрамления Прикаспийского краевого моря Палеоазиатского океана, Кунакбаевский риф нижней перми на границе Восточно-Европейской платформы и Предуральского краевого прогиба, среднепермские рифы Гот-Сип и Кэпитен Пермского бассейна США (см. рис. 5) и др.

Второй морфологический тип рифов края платформ – относительно симметричные куполовидные постройки непосредственно в пределах краевых прогибов и прилегающих

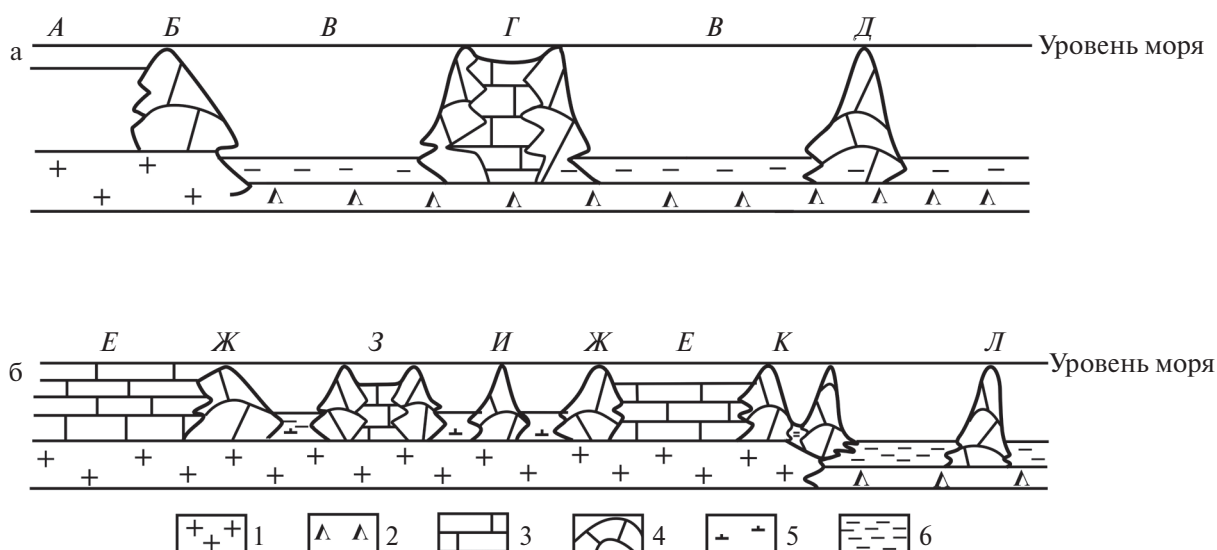


Рис. 9. Схема палеогеографического положения рифов кайнозоя (а) и палеозоя (б).

1 – фундамент платформ; 2 – фундамент океанов; 3 – мелководные карбонатные отложения; 4 – рифы; 5 – относительно глубоководные отложения платформ; 6 – глубоководные отложения океанов.

А – континентальная окраина с береговыми рифами; Б – барьерные океанические рифы; В – глубоководная зона океанов; Г – изолированные отмели с рифовым обрамлением; Д – одиночные внутриокеанические рифы, в том числе, атоллы; Е – мелководные карбонатные отложения шельфов и платформенных морей; Ж – краевые рифовые системы; З – отмели среди внутриплатформенных относительно глубоководных впадин с рифовым обрамлением; И – одиночные рифы внутриплатформенных впадин; К – краевые рифы на границах платформ; Л – внутриокеанические рифы.

к континентальным блокам участках глубоко-водных бассейнов. К этому типу относятся упоминавшиеся выше шиханы района г. Стерлитамак и погребенный риф Совхозной площади в Предуральском краевом прогибе. По-видимому, близок этому типу мощный риф Карачаганак Прикаспийского краевого моря, который в девоне формировался на карбонатном основании края платформы, в течение визейско-серпуховского времени — как атолловидное сооружение, а в ранней перми, скорее, как изолированный куполовидный риф.

Существенно больше отличий в характере рифообразования, происходившего в собственно платформенных — внеокеанических — бассейнах.

Важной и очень характерной чертой палеозойского осадочного процесса на древних платформах в целом, было мощное накопление карбонатных пород, которое охватывало практически всю, или по крайней мере большую часть платформ. Таковы, например, карбонатные толщи силура, покрывающие Северно-Американскую платформу от арктических островов Канады до северной Мексики; верхнедевонские карбонатные отложения Восточно-Европейской платформы и другие. Важно при этом, что на фоне столь широкого пространственного распространения мелководных обстановок с бентогенным карбонатонакоплением, существовали внутриплатформенные в той или иной степени глубоководные участки — впадины, с накоплением не чисто карбонатных, а карбонатно-глинистых, нередко битуминозно-кремнисто-глинисто-карбонатных отложений, и с этими впадинами, в свою очередь, было связано образование рифов разного типа.

Если следовать стратиграфическому принципу, то, прежде всего, следует указать описанные выше нижнекембрийские образования Сибирской платформы, где на обрамлении этих мелководных зон формировались достаточно крупные по площади, но относительно слабо возвышающиеся над дном асимметричные рифы — Средне-Ботубинский, Верхнечонский, Большетирский и др.

Существенно более дифференцированы по глубине более молодые бассейны и, соответственно, рифы здесь проявлены морфологически более четко. Таковы, например, силурийские рифы бассейнов Иллинойс и Мичиган США.

На Восточно-Европейской платформе на общем фоне мелководного карбонатонакопления подобным образом обособляется франко-турнейская Камско-Кинельская система прогибов, обрамленных рифами асимметричного

строения, с присутствием и отдельных относительно симметричных рифов в ее пределах. Подобная же дифференциация глубин отмечается в девоне в пределах Печорской синеклизы. Здесь также имеются рифы как по бортам отдельных морфологически выраженных прогибов, так и в виде изолированных построек внутри этих прогибов.

Подобные структуры с рифами широко развиты в девоне Западной Канады, где формировались изолированные или образующие цепочки рифы живетского и франского возраста.

В палеозое зарифовые, преимущественно карбонатные отложения, иногда включающие сульфатные, глинисто-карбонатные и другие породы — распространены на громадных площадях, и особенно часто накапливались на краях платформ. Таковы, например, карбонатные “зарифовые” отложения нижнепермских рифовых построек Приуралья, простирающиеся практически от Урала до современной Волги и от рифов северного бортового уступа Прикаспийского котловинного моря до Печорской синеклизы и далее под арктические моря. Подобные рифы края шельфов с карбонатонакоплением были названы в свое время “краевыми” в случае обширного зарифового водоема с преобладанием карбонатной седиментации, при отсутствии относительно узкой зарифовой лагуны. В определенной степени, рифы этого типа — элемент общей эволюции карбонатонакопления в истории Земли, когда последнее, как было отмечено выше, в палеозое происходило в громадных по площади и в целом мелководных бассейнах, покрывающих большую, или, по крайней мере значительную часть и платформ. При этом следует подчеркнуть, что сами рифы и в том, и в другом случае имеют асимметричное профильное сечение — крутой значительный склон в глубоководный бассейн и незначительное превышение над зарифовым водоемом. Различие, как отмечено выше, — в типах и характеристиках водоемов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Рифообразование широко представлено как в кайнозойской, так и в палеозойской истории Земли и развивалось в бассейнах как континентального, так и океанического секторов. При этом в палеозое рифообразование в бассейнах континентального блока было развито более широко и массово, чем это имеет место в кайнозое, когда последнее абсолютно преобладало именно в океанах.

2. Разнообразие рифостроящей и рифолюбивой биоты в палеозойских сооружениях существенно шире, чем в рифах кайнозоя, что, возможно, является следствием более длительного интервала палеозоя по сравнению с кайнозоем.

3. В отличие от кайнозойских барьерных рифов, обычно отделенных от суши сравнительно узкой лагуной, в палеозое преобладали краевые рифы, формировавшиеся на границах обширных наплатформенных морей с карбонатной седиментацией — с глубоководными бассейнами океанического блока, а также в пределах внутриплатформенных более глубоководных участках шельфовых морей. Это является одним из следствий общей эволюции карбонатонакопления в геологической истории Земли.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Автор данной работы заявляет, что у него нет конфликта интересов.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках задания ГММЕ-2022-0004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Альжанов А.Л., Даумов С.Г., Ильин А.Ф. и др. Поиски и разведка залежей нефти и газа в ловушках неантиклинального и комбинированных типов в пределах Северного борта Прикаспийской впадины // Геология нефти и газа. 1975. № 6. С. 10–16.
- Андрусов Н.И. Ископаемые мшанковые рифы Керченского и Таманского полуостровов // Избранные труды. Т. I. М.: Изд-во АН СССР, 1961. С. 395–542.
- Антошкина А.И., Леонова Л.В., Симакова Ю.С. Новый взгляд на формирование миоценовых мшанковых биогермных известняков мыса Казантип. Крым // Доклады РАН. Науки о Земле. 2020. Т. 491. № 2. С. 1–5.
- Антошкина А.И., Леонова Л.В., Симакова Ю.С. Нижнемиоценовые мшанковые биогермы мыса Казантип, Крым: новая концепция палеоэкологической обстановки их формирования // Литология и полез. ископаемые. 2022. № 6. С. 597–624.
- Габдрахманов Р.М. Рифовые массивы Башкирского Приуралья и перспективы нефтегазоносности платформ // Тр. УфНИИ. 1966. Вып. XV. С. 251–259.
- Древние карбонатные толщи Восточной Сибири и их нефтегазоносность. М.: Научный мир, 2000. 104 с.
- Заварзин Г.А., Рожнов С.В. Рифы в эволюции геобиологических систем. Постановка проблемы // Рифогенные формации и рифы в эволюции биосферы / Ред. С.В. Рожнов М.: ПИН РАН, 2011. С. 4–25.
- Корольюк И.К. Строматолиты нижнего кембрия и протерозоя Иркутского амфитеатра // Геолого-геохимические исследования нефтегазоносных отложений СССР. М.: Изд-во АН СССР, 1960. С. 112–164. (Тр. ИГиРГИ. Т. 1.)
- Кузнецов В.Г. К истории открытия и изучения цехштейновых рифов Тюрингии (ГДР) // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1981. № 7. С. 145–147.
- Кузнецов В.Г. Некоторые черты эволюции рифообразования в истории Земли // Эволюция осадочного процесса в океанах и на континентах / Ред. П.П. Тимофеев. М.: Наука, 1983. С. 162–173.
- Кузнецов В.Г. Кембрийское рифообразование в пределах России // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1998. Т. 6. № 6. С. 82–91.
- Кузнецов В.Г. Палеозойское рифообразование на территории России и сопредельных стран. М.: ГЕОС, 2000. 228 с.
- Кузнецов В.Г. Эволюция карбонатонакопления в истории Земли. М.: ГЕОС, 2003. 262 с.
- Кузнецов В.Г. Палеозойские рифы Прикаспийской впадины и их нефтегазоносность. Статья 1. Геологическое развитие Прикаспийской впадины и распространение рифов // Геология и разведка. 2007. № 2. С. 6–14.
- Кузнецов В.Г. Существовали ли рифы в протерозое? // Литология и полез. ископаемые. 2008. № 2. С. 202–208.
- Кузнецов В.Г., Антошкина А.И. Поздневизейско-серпуховской этап палеозойского рифообразования // Стратиграфия. Геол. корреляция. 2005. № 4. С. 61–77.
- Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Рифовые образования Западно-Канадского бассейна и их нефтегазоносность // Литология и полез. ископаемые. 2018а. № 3. С. 257–273.
- Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Девонское рифообразование в обрамлении Прикаспийской впадины // Литология и полез. ископаемые. 2018б. № 5. С. 432–443.
- Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М. Палеозойское рифообразование и его соотношение с развитием биоты. М.: МАКС Пресс, 2022. 192 с.
- Кузнецов В.Г., Журавлева Л.М., Лю Шици. Верхнепермские рифы Южного Китая — последние рифы палеозоя // Литосфера. 2019. Т. 19. № 3. С. 386–392.
- Кузнецов В.Г., Курце М., Смильгис П.И. и др. Рифы нижнего цехштейна Восточной Европы // Изв. АН СССР. Сер. геол. 1984. № 1. С. 51–65.
- Рифогенные формации и рифы в эволюции биосферы. М.: ПИН РАН, 2011. 228 с.
- Сенников Н.В. Позднеордовикский и раннесилурийский этапы развития рифовых построек в Алтае-Салаирском бассейне // Рифогенные формации рифы в эволюции биосферы / Ред. С.В. Рожнов. М.: ПИН РАН, 2011. С. 38–70.
- Сенников Н.В., Обут О.Т., Хабибулина В.Л. и др. Рифовые комплексы Алтайского позднеордовикского-раннесилурийского бассейна — строение, классификация, палеобиоты и палеогеографическое положение // Геология и геофизика. 2023. Т. 64. № 3. С. 352–369.

- Шатский Н.С.* Дарвин как геолог // Избранные труды. Т. IV. М.: Наука, 1965. С. 161–168.
- Cooper P.* Silurian and Devonian reefs: 80 Million Years of Global Greenhouse between Two Ice Ages // *Phanerozoic Reef Patterns*. SEPM Special Publication. 2002. № 72. P. 181–238.
- Fairbridge R.W.* Recent and Pleistocene coral reefs of Australia // *J. Geology*. 1950. V. 58(4). P. 330–401.
- Fan J., Ma X., Zhang Y., Zhang W.* The Upper Permian Reefs in West Hubei, China // *Facies*. 1982. V. 6. P. 1–14.
- Fuchs A.* Charakter und Ende der devonischen Riffentwicklung im Elbingeroder Komplex (Harz) // *Facies*. 1990. V. 23. P. 97–108.
- Goodell H.G., Garman R.K.* Carbonate geochemistry of supper deep test well, Andros Island, Bahamas // *AAPG Bull.* 1963. V. 53(3). P. 513–536.
- Gray F.F., Kassube J.R.* Geology and Stratigraphy of Clark Lake gas field, British Columbia // *AAPG Bull.* 1963. V. 53(3). P. 467–483.
- Kerkmann K.* Riffe und Algenbaenke im Zechstein von Thueringen // *Freiberger Forschungshefte*. Leipzig. 1969. № 252. 85 s.
- Kiessling W., Flügel E., Golonka J.* Paleoreef Maps: Evaluation of a comprehensive Database on Phanerozoic Reefs // *AAPG Bull.* 1999. V. 83(10). P. 1552–1587.
- King Ph.B.* Permian of west Texas and southeastern New Mexico // *AAPG Bull.* 1942. V. 26(4). P. 535–763.
- Krebs W.* Devonian Carbonate complexes of Central Europe. Reefs in Time and Space // *SEPM Sp. Publ.* 1974. V. 18. P. 155–208.
- Ladd H.S., Tracey J.I., Gross M.G.* Deep Drilling on Midway Atoll // *Geol. Survey Prof. Paper*. N 680–A. Washington: USGPO, 1970. 22 p.
- Ladd H.S., Ingerson E., Townsend R.S. et al.* Drilling Operations in Eniwetok atoll, Marshall Islands // *AAPG Bull.* 1953. V. 37(10). P. 2257–2280.
- Muir P.R., Wallance C.C., Done T., Aquirre J.D.* Limited scope for latitudinal extension of reef corals // *Science*. 2015. V. 345. P. 1135–1138.
- Mazzullo S.J.* Permian stratigraphy and facies, Permian basin (Texas – New Mexico) and adjoining areas in the Midcontinent United States // *Permian of Northern Pangea*. V. 2: Sedimentary Basins and Economic Resources / Eds P.A. Sholle, T.M. Peryt, D.S. Ulmer-Sholle. Berlin: Springer-Verlag, 1995. P. 41–60.
- Newell N.D., Fisher A.G., Rigby J.K. et al.* The Permian Reef Complex of the Guadalupe Mountains Region, Texas and New Mexico. A Study in Paleontology. San Francisco: W.H. Freeman & Company, 1953. 236 p.
- Perrin Ch.* Tertiary: The emergence of modern reef ecosystems // *Phanerozoic Reef Patterns* // *SEPM Sp. Publ.* 2002. V. 72. P. 587–621.
- Playford Ph.E.* Devonian “Great Barrier Reef” of Canning Basin. Western Australia // *AAPG Bull.* 1980. V. 64(6). P. 814–840.
- Playford Ph.E., Hurley N.F., Kerans Ch., Middleton M.F.* Reefal Platform development, Devonian of Canning Basin, Western Australia // *Control on Carbonate Platform and Basin Development* // *SEPM Sp. Publ.* 1989. V. 44. P. 187–202.
- Weller H.* Facies and development of the Devonian (Givetian Frasnian) Elbingerode Reef Complex in the Harz Area (Germany) // *Facies*. 1991. V. 25. P. 1–50.

PALAEOZOIC AND CENOZOIC REEF FORMATION. AN ATTEMPT IN COMPARATIVE ANALYSIS

V. G. Kuznetsov^{1, 2, *}

¹Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Leninsky prosp., 65, Moscow, 119991 Russia

²Institute of Oil and Gas Problems, Russian Academy of Sciences,

Gubkin str., 3, Moscow, 119333 Russia

*e-mail: vgkuz@yandex.ru

An article contains a comparative analysis of the Palaeozoic and Cenozoic reef formation, mainly in terms of the position of reefs in the basins of continental and oceanic blocks. It is shown that in the Cenozoic the main formation of reefs took place directly in the oceans, including at the boundaries between oceans and continents, and, to an extremely limited extent, in the basins of the continental segment. In the Palaeozoic, along with oceanic reef formation, there was intensive development in extensive basins of the continental block. This is one of the manifestations of the general evolution of carbonate accumulation, when the Palaeozoic carbonate sediments were formed in similar shallow water bodies that covered very significant surfaces of the continents.

Keywords: reefs, barrier and marginal reefs, epicontinental basins, Palaeozoic, Cenozoic