

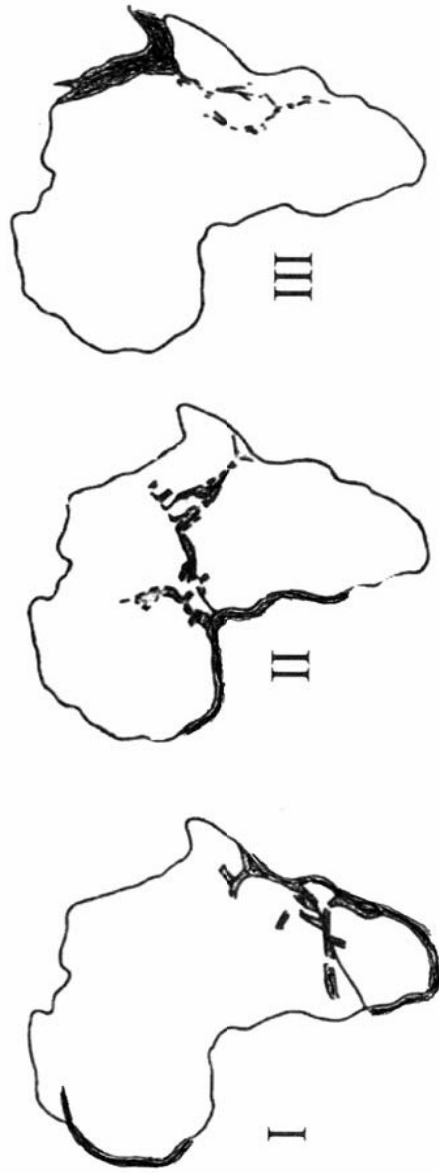
*Е.А. Долгинов,  
Ю.В. Башкин*

## **РИФТОВОЕ ОБОСОБЛЕНИЕ И РАЗРУШЕНИЕ АФРИКИ**

Рифты являются одними из наиболее важных тектонических структур Земли. Они представляют собой глубокие провалы земной коры как на материках, так и в океанах, где образуют самую крупную глобальную систему. Самые молодые, кайнозойские рифты выражены в рельефе материков и дна океанов в виде узких долин. На материках с ними часто совпадают озера, например в Африке – Малави, Руква, Танганьика, Альберта. В Сибири расположено самое глубокое «рифтовое» озеро Байкал. Докайнозойские рифты заполнены осадками и часто перекрыты покровами более молодых осадочных (платформенных) чехлов.

Рифты являются отражением глубинных процессов, с которыми связаны разрушение древнего материка Гондвана, образование современных и, вероятно, древних океанов, формирование многих, в том числе нефтегазовых осадочных бассейнов. Поэтому рифты находятся в области повышенного внимания со стороны исследователей, занимающихся изучением наиболее фундаментальных проблем развития тектонической структуры нашей планеты.

Африка с Аравией являются регионом, где рифтогенез проявился неоднократно и в разной степени. Главными эпохами рифтообразования за последние 300 млн лет (в течение позднего фанерозоя) являются поздний карбон – пермь (300–248 млн лет), ранний мел (144–97 млн лет), неоген-четвертичное время (<24 млн лет) (рис. 1). Самыми развитыми, т.е. достигшими высшей стадии эволюции, являются связанные между собой рифты Красного моря и Аденского



**Рис. 1. Схема размещения рифтовых систем трех генераций:**  
I – поздний карбон-триас, II – мел, III – миоцен-антропоген

залива, в которых процессы разрушения древней (докембрийской) материковой коры достигли максимума и в результате синрифтового отодвигания Аравии от Африки образовалась юная (не древнее 7–5 млн лет) базальтовая океаническая кора, т.е., по существу, миниокеаны. Аденский залив является единственным внутриконтинентальным океаническим рифтом, имеющим непосредственную связь с рифтом срединного хребта Индийского океана. Поэтому изучение рифтов Аденского залива и Красного моря можно считать ключевым для познания последовательности и характера структурных перестроек на этапе полного разрушения материков и начала образования океанов.

В структуре рифта Красного моря выделяется Главный «континентальный» трог, соответствующий всей ширине впадины, включая береговые равнины, и Осевой «океанический» трог глубоководной депрессии.

Анализ материалов по строению кайнозойских разрезов Главного трога рифта Красного моря показал, что в своем развитии эта структура прошла несколько стадий. В течение палеоцена главные зоны прогибания совпадали с бортовыми рифтовыми разломами и были структурно выражены в виде систем горстов и грабенов. С начала миоцена Главный трог рифта разделяется продольным Центральным поднятием на две равновеликие впадины. В течение миоцена, особенно позднего, развитие Центрального поднятия, перманентно испытывавшего замедленное прогибание, сопровождается интенсивным синседиментационным вулканизмом, с которым были связаны крупные излияния лав толеитовых базальтов. В соответствии с данными глубокого бурения, главные зоны миоценового магматизма, имевшего трещинный характер, располагались вдоль наиболее приподнятой сводовой части Центрального поднятия, по которой в середине четвертичного времени (5–3 млн лет назад) заложился Осевой трог. Последний образовался в результате полной деструкции материковой коры и формирования коры океа-

нического типа. Таким образом, Осевой трог рифта Красного моря возник на сводово-вулканическом поднятии, длительное время осложнявшем внутреннюю структуру Главного трога и поэтому с полным основанием может относиться к сводово-вулканическому типу. По исключительно высокой интенсивности вулканизма Осевой трог также в полной мере соответствует внутриконтинентальным кайнозойским рифтам Восточной Африки этого типа.

На нескольких участках бортовых зон рифта Красного моря, в районах Кусейра Египта, Джиды Саудовской Аравии и на суданском побережье уже давно были обнаружены и описаны отложения верхнего мела. Они представлены морскими известняками и аргиллитами в первых двух из этих районов, морскими и континентальными псаммо-пелитами в третьем, более южном районе суданского сектора рифта. Отложения имеют мощность в несколько сотен метров и перекрыты с перерывом или без него отложениями палеогена. По данным бурения и сейсмостратиграфии, отложения мела увеличенной мощности залегают под кайнозойем от суданского побережья практически до Осевого океанического трога рифта. На широкое распространение во внутренних зонах рифта отложений верхнего мела указывает также их залегание на докембрийском фундаменте на о-ве Забалдар, расположенном в 15 км к западу от Осевого трога на широте Кусейра.

Исследователи, рассматривавшие меловые отложения зоны Красного моря, определяют их как «дорифтовые». Однако такое определение отражает лишь то обстоятельство, что их накопление происходило до начала формирования молодого рифта Красного моря, но не дает представления о характере тектонической структуры, в которой произошла их аккумуляция. О последнем можно судить по следующим фактам.

Морские отложения мела, залегающие в зоне рифта Красного моря, по составу резко отличаются от одновозраст-

ных отложений, распространенных в Судане, в бассейне р. Нил, и в Саудовской Аравии. В этих районах отложения мела представлены исключительно континентальными песками и глинами так называемой «нубийской фации», имеющими мощность до 100–150 м.

Таким образом, можно констатировать, что отложения мела зоны Красного моря накапливались в крупном линейном морском бассейне, соизмеримым с Главным трогом кайнозойского рифта, располагавшемся, подобно последнему, между Африкой и Аравией. Этот морской бассейн по морфологии кардинально отличается от типично платформенных изометричных прогибов и в полной мере соответствует рифтовым структурам того же направления, которые активно развивались в это время в Северо-Восточной и Центральной Африке (Южный Судан, Северная Кения, Восточный Нигер).

Отсутствие крупного перерыва и какой-либо ощутимой структурной перестройки между отложениями мела и палеогена вдоль западной бортовой зоны рифта Красного моря является также важным аргументом для отнесения меловых отложений к синрифтовым образованиям.

Скважиной Мачхерсум-1 у суданского побережья Красного моря под отложениями мела на глубину 400 м пройдены базальты толеитового типа и туфы. Истинная мощность этих базальтов неизвестна. Однако главное заключается в том, что между базальтами и верхнемеловыми отложениями серии Муковар отсутствуют структурные несогласия, что позволяет относить эти вулканиты также к мелу. За пределами рифта Красного моря в Красноморских горах Судана известны субвулканические интрузии сиенитов, щелочных гранитов, дайки диабазов позднего мела, прорывающие докембрийские кристаллические комплексы, а в районе Вади Наташ Восточной пустыни Египта распространены щелочные базальты того же возраста. Таким образом, мы имеем латеральную смену вулканических образований позднего мела от толеит-базальтового в депрессионной зоне Красного

моря до щелочного и щелочно-базальтоидного в западном бортовом поднятии докембрийского фундамента. Именно подобное пространственно-структурное соотношение вулканизма указанных выше типов характерно при переходе от кайнозойского рифта Красного моря (толеитовых базальтов Главного и Осевого трогов) к Аравийскому поднятию докембрийского фундамента (щелочные базальты и их дифференциаты). Таким образом, как конфигурация морской впадины, разделявшей в меловое время Северо-Восточную Африку и Аравию, так и характер латерального изменения позднемелового вулканизма, свидетельствуют о рифтовой природе этой депрессионной структуры. Исходя из этого, ранний, щелевой рифт Главного трога должен считаться унаследованным от более раннего, позднемелового рифта.

Сходное соотношение с более древними рифтами имеет кайнозойский рифт оз. Руква Юго-Западной Танзании. Выполняющие этот рифт миоцен-четвертичные отложения имеют мощность до 8 км и подстилаются континентальными отложениями мела-юры и триаса-перми значительной мощности. Эти отложения залегают структурно согласно с кайнозойскими осадками и, согласно имеющимся палеотектоническим реконструкциям, накапливались в рифтовых бассейнах того же, что и рифт Руква, сз-юв направления.

Таким образом, устанавливается, что Главный трог Красного моря и рифт оз. Руква образовались вдоль предшествующих рифтовых бассейнов и поэтому могут быть отнесены к подтипу «унаследованных».

С принципиально иной «стартовой» тектонической позиции начал развиваться доокеанический щелевой рифт Аденского залива. Почти полное стратиграфическое и литологическое тождество разрезов верхнего мела и особенно палеогена до среднего-верхнего эоцена на Сомалийском плато и в Хадрамауте Южного Йемена (соответственно формаций Каркар и Хабашия) являются неоспоримым свидетельством существования до начала развития в олигоцене рифта Аден-

ского залива единой Афро-Южно-Аравийской плиты. Развитие рифта началось без какой-либо ощутимой предварительной подготовки, непосредственно на осушенном перед этим шельфе эпиконтинентального моря. Таким образом, в отличие от унаследованных щелевых рифтов Красного моря и оз. Руква, ранняя депрессия рифта Аденского залива возникла на осадочном чехле Афро-Аравийской платформы.

За исключением рифта оз. Руква все остальные кайнозойские (озер Малави, Танганьика, Киву, Альберта) образовались на щитовых поднятиях докембрийского фундамента платформы. Трековый анализ по апатитам из бортовых зон этих рифтов показал, что их борта поднимались одновременно с прогибанием рифтовых долин.

Таким образом, по тектоническим условиям заложения кайнозойские рифты щелевого типа Африканско-Аравийского региона могут быть подразделены на три подтипа: 1) унаследованные, 2–3) эпиплатформенные – 2) эпичехольные, 3) эпищитовые.

Сейсмическими исследованиями, расчетами данных гравиметрических и аэромагнитных съёмок, а затем глубоким бурением, направленным на обнаружение залежей углеводородов, в целом ряде районов Центральной и Северо-Восточной Африки под обширными, но маломощными покровами плиоцен-четвертичных осадков выявлены протяженные прогибы глубиной до 15–14 км (по зарубежной терминологии «осадочные бассейны»), выполненные главным образом отложениями мела-палеогена. Это бассейны: Муглад, Мелут, Белого, Голубого Нила, Атбара и Багарра на юге Судана, Анза на Севере Кении, Саламат, Досео вдоль границы ЦАР и Чада, Доба и Бонгор на юго-западе Чада, Термит, Тефедет, Тенере, Грейн и Кафра на востоке Нигера, Борну-Гонгола на востоке Нигерии. К этой же возрастной группе принадлежит инверсионный рифт Нижнего Бенуэ, расположенный на юго-востоке Нигерии.

Все бассейны сопровождаются системами крупных продольных разломов и характеризуются сокращенной мощностью консолидированной земной коры. По этим особенностям наряду с четко выраженной линейностью и большой глубиной данные структуры были отнесены изучавшими их геологами к рифтам. Однако расчеты скорости прогибания этих бассейнов показали, что к рифтовым могут быть отнесены только отложения мела.

Указанные выше рифты существенно отличаются от «классических» кайнозойских грабенообразных (или просто грабеновых) рифтов. Если грабеновые рифты четко ограничены от разделенных ими поднятий фундамента бортовыми разломами, то меловые рифты Центральной и Северо-Восточной Африки имеют постепенно выходящиеся борты. Кроме того, независимо от их возраста, если все грабены региона вскрываются на поверхности или находятся под водными покровами морей и озер, то мел-палеогеновые рифты являются почти исключительно погребенными. Все это показывает, что рифты данной генерации, несомненно, принадлежат особому типу, который может быть условно назван «бассейновым».

Исключение представляет рифт Нижнего Бенуэ Нигерии, который развивался в мелу по типу бассейнового рифта, а затем, в середине сантона, испытал инверсию, которая привела к образованию сложно-складчатого антиклинория Абакалики.

Меловые рифты Центральной и Северо-Восточной Африки образуют системы двух направлений: (з) юз-(в)св (рифты Багарра, Саламат, Добо, Доссо, Донгор, Бенуэ) и (с)сз-(ю)юв (Муджлад, Мелут Южного Судана, Анза Кении, Термит Нигера). Обе системы рифтов соединены с крупным разломом Богороп юз-св направления. Считается, что рифты развивались при крупномасштабных сдвиговых перемещениях по этому разлому.



Сопоставление разрезов рифтов данной возрастной группы показало, что эта геодинамическая модель является или сильно упрощенной, или ошибочной.

По имеющимся данным, ранее всего, в поздней юре, стали развиваться рифты суданско-кенийской системы (с)сз-(ю)юв направления, тогда как прогибание рифтов в зоне линеамента Богороп и, таким образом, признаки развития самого линеамента относятся лишь к неокому, т.е. гораздо более позднему времени. Рифт Нижнего Бенуэ, непосредственно сопряженный с атлантической окраиной Африки, начал прогибаться только с апта, что свидетельствует об отсутствии связи развития в неокоме рифтов зоны линеамента Богороп с трансформными разломами Атлантики.

Совокупность данных и основанные на их анализе палеотектонические реконструкции свидетельствуют о некоррелированном, автономном развитии разнонаправленных мезозойских рифтовых систем Центральной и Северо-Восточной Африки.

Сравнительный анализ строения рифтов (мезозоя и перми-триаса), расположенных в Африканско-Аравийском регионе, выявил следующие общие тенденции в его пределах в течение позднего фанерозоя. Рифты перми-триаса являются наименее крупными и расположены в самых разных направлениях: св-юз (Луангва, Мона, Пулз, Рухуху, Металунга, Огадена), сз-юв (до Руква), з-в (Кабора-Басса, Намибийско-Ангольский, Лимпопо), с-ю (Нижнего Замбези). Они сосредоточены главным образом в Юго-Восточной Африке и имеют пространственную структурную связь с одновозрастными погребенными рифтами индоокеанской окраины Африки.

Рифты мела-палеогена достигают значительно больших размеров (Муджлад, Мелут, Термит, Анза) и образуют системы двух направлений (с)сз-(ю)юв и зюз-всв.

Кайнозойские рифты не только имеют наибольшие размеры (Красноморский, Аденский), но также образуют са-

мый крупный пояс, протягивающийся на несколько тысяч километров с юга Мозамбика до Синая и Западной Сирии. Кайнозойское рифтообразование оказалось связанным с рифтовыми структурами Индийского океана

Таким образом, процессы рифтообразования в течение позднего фанерозоя мигрировали с юго-востока Африки в ее центральные, а затем и северо-восточные районы.

Развитие рифтов трех главных генераций сопровождалось различной магматической активностью.

Осадочные комплексы рифтов трех главных генераций отличаются по содержанию в них продуктов магматизма, главным образом базальтоидного, мантийного. Рифты перми-триаса являются почти исключительно амагматическими. Разрезы меловых рифтов содержат продукты магматической деятельности в достаточно большом объеме в виде лав, силл, даек базальтов. Особенно большое количество вулканитов содержит разрез складчатого сооружения Абакалики (Нигерия), возникшего при деформации меловых отложений рифта Бенуэ. Большое количество вулканитов имеется в одиночном юрско-меловом рифте Нижнего Замбези.

Несопоставимо более крупные массы вулканитов находятся в кайнозойских рифтах Восточной Африки, Красного моря и Аденского залива. При этом в двух последних межконтинентальных рифтах распространены толеитовые базальты новообразованной океанической коры.

В целом мы имеем несомненное свидетельство увеличения в течение позднего фанерозоя масштабов синрифтового магматизма, что, наряду с акселерацией рифтообразования, отражает закономерное усиление процессов деструкции материковой коры. Эта эволюционная направленность внутриматерикового рифтообразования хорошо коррелируется с увеличением размеров Индийского и Атлантического океанов и, таким образом, является, по-видимому, одним из проявлений единого глобального процесса.

В течение позднего фанерозоя в Африканско-Аравийском регионе грабеновые рифты появились дважды – в пермо-триасе и кайнозое, а бассейновые рифты – в мелу-палеогене (миоцене). Обращает на себя внимание совпадение по времени образования грабеновых рифтов с варисской и альпийской фазами тектогенеза и общими поднятиями материков, а бассейновых рифтов с одним из наиболее крупных талассократических периодов.

Таким образом, эволюция рифтов позднего фанерозоя в Африканско-Аравийском регионе заключалась в увеличении их размеров, сосредоточении в более крупные системы и усилении синрифтового магматизма.

Анализ материалов показал, что кайнозойские Кенийский и Эфиопский рифты Восточной Африки не только ориентированы вдоль меридиональных структур Мозамбикского пояса, но, кроме того, совпадают с его осевой зоной, сложенной наиболее глубинными комплексами метаморфических пород. Кенийский рифт расположен на простирации крупной зоны гор Паре-Усомбана-Улугуру Восточной Танзании, в которой вскрываются породы фации метаморфизма. За пределами этой гранулированной зоны в Мозамбикском поясе распространены мигматито-гнейсы группы Масаи Степп. По наиболее распространенному мнению, протолит гранулитов имеет архейский возраст, а их юные, панафриканские датировки соответствуют времени последних структурно-температурных и изотопных преобразований древних пород.

Севернее, в Кении, гранулиты вскрываются в обрамлении центральной части Кенийского рифта в районах Самбуру-Марсабит и Элгейо-Нгуруман. За пределами этих зон в Мозамбикском поясе распространены мигматито-гнейсы амфиболитовой фации. На южном окончании Эфиопского рифта из-под него выступают «омоложенные» архейские гранулиты серии Консо, тогда как к востоку и западу от рифта вскрываются мигматиты и гранито-гнейсы разного типа. Согласно сейсмическим данным, под Кенийским и Эфиопским

рифтами и рифтом Афара залегает высокоплотный фундамент, характеризующийся  $V_p = 6,1-6,5$  км/сек. Считается, что этот фундамент соответствует комплексам средней или нижней консолидированной коры, т.е. уровням распространения пород гранулитовой фации.

Кайнозойские рифты озер Руква, Танганьика и Альберта совпадают с протерозойскими гранулитовыми поясами – Убендийским, Транскибарским. Архейские гранулиты Ватиян обрамляют с двух сторон самый северный в Западной ветви рифт оз. Альберта. Гранулиты Мозамбикского пояса на значительном расстоянии прослеживаются по обе стороны молодого рифта оз. Малави.

Сейсмическими исследованиями уже давно был выявлен высокоплотный характер фундамента в западной половине Главного трога рифта Красного моря ( $V_p = 6,4-6,5$  км/сек.), который был определен египетскими геофизиками как «квазиокеанический» мелового возраста. Однако какие-либо реальные признаки меловой океанической коры в этом рифте отсутствуют. Вместе с тем на о-вах Забаргад и Три Брата, расположенных в 15 км к западу от Осевого, океанического трога рифта, на широте района Кусейра Египта, а также вдоль всего эритрейского побережья Красного моря, вскрываются панафриканские гранулиты. Последние характеризуются сходными значениями прохождения продольных сейсмических волн и образуют, по всей вероятности, так называемый «квазиокеанический» фундамент Красноморского рифта. В целом геологические и геофизические данные позволяют говорить о совпадении рифта Красного моря с крупным гранулитовым поясом, разделявшим до рифтинга панафриканские гранитно-зеленокаменные области Аравийско-Нубийского рифта.

Не менее четко выражено совпадение с панафриканскими гранулитовыми поясами наиболее крупных мел-палеогеновых рифтов Центральной и Северо-Восточной Африки. Так, рифт Муглад находится на простирации круп-

ного гранулитового пояса Карамойа-Иматсог, протягивающегося от северо-западного района Кении через Уганду на юг Судана. За пределами этого пояса в горах Нуба и Экватории Судана распространены мигматито-гнейсы панафриканского фундамента.

Рифты Добо и Саламат находятся непосредственно на простирании гранулитового пояса, пересекающего Камерун и его границы с Чадом на северо-востоке до атлантического побережья. Геологические и гравиметрические данные дают основание считать, что и рифт Бенуэ Восточной Нигерии также подстилается высокоплотными гранулитовыми комплексами пан-африканского фундамента.

С аналогичными структурами докембрийского фундамента сопряжены и наиболее древние из рассматриваемых так называемые карусские рифты перми-триаса. Так, в поднятиях, разделяющих карусские рифты Кабора Басса и Нижнего Замбези, расположенные соответственно вдоль границ Зимбабве и Мозамбика и Мозамбика и Малави, вскрываются меланократовые гранулиты, прорванные синметаморфогенными габброидами и анортозитами комплексов Тете и Чеворе.

Карусский рифт Луангве на востоке Замбии также находится на простирании Центральной гранулитовой зоны позднепротерозойского Ирумидского складчатого пояса.

Таким образом, практически все рифты трех генераций позднего фанерозоя в Африканско-Аравийском регионе совпадают с гранулитовыми зонами или поясами позднепротерозойского (600+100 млн лет) фундамента, что свидетельствует об их детерминированности древними латеральными неоднородностями консолидированной коры. По мнению профессора Е.А. Долгинова, эта закономерность обусловлена поднятием вместе с гранулитовыми комплексами нижней коры и всей древней литосферы и образованием на ее основании ловушек для астеносферы, продуцирующей при температурном возбуждении и диапиризме рифты.