

«Борозды» земной коры

Е. Д. Сулиди-Кондратьев, В. В. Козлов
Кандидаты геолого-минералогических наук



Евгений Дмитриевич Сулиди - Кондратьев — старший научный сотрудник Научно - исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран. Работает в области тектоники и региональной геологии Саяно-Алтайской области и Аравийского полуострова, а также изучает геологию и тектонику Луны. В настоящее время занимается проблемой бороздовых структур. Автор многих научных и научно - популярных работ по этим вопросам.



Владимир Викторович Козлов — старший научный сотрудник Научно - исследовательской лаборатории геологии зарубежных стран. Много лет работал в Средней Азии, на Северо-Востоке СССР и в Восточном Средиземноморье, где занимался вопросами неотектоники и региональной геологии. Опубликовал несколько научных и научно-популярных статей, в том числе по геологии Луны.

Если посмотреть на геологическую карту Европейской части Советского Союза, то можно обратить внимание, что среди обширной Восточно-Европейской платформы, где осадочные породы лежат почти горизонтально, резко выделяется Донецкий бассейн, в котором слои смяты в складки и разбиты крупными разломами.

Основатель советской тектонической школы акад. Н. С. Шатский в своем последнем докладе 21 мая 1960 г. ввел в геологическую науку новое понятие — авлакоген (или бороздой рожденный). Так им были названы крупные осложненные складками прогибы в теле платформ, генетически связанные с зонами региональных разломов, наиболее ярким примером которых является как раз Донецкий бассейн.

Платформы в отличие от складчатых поясов (геосинклинальных складчатых систем) — это области, в пределах которых древний кристаллический фундамент перекрыт мощным чехлом почти горизонтально залегающих осадочных пород. Поэтому они, как правило, представляют собой обширные равнины, где в обычном геологическом маршруте можно увидеть лишь самые верхние части платформенного чехла. Когда-то считалось, что платформы бедны полезными ископаемыми, однако в последние десятилетия на них были обнаружены огромные месторождения нефти, природного газа, фосфоритов, каменного угля и многих других видов минерального сырья.

Освоение природных богатств платформенных областей потребовало детального изучения их строения при помощи глубокого бурения и разнообразных геофизических методов. Оказалось, что платформенные области неоднородны. В их пределах геологи находят выступы фундамента, прогибы, отдельные складки и целые зоны сложного строения, которые раньше считались свойственными лишь складчатым областям. Длительные исследования выявили, что фундамент платформ представляет настоящую мозаику из крупных блоков, которые разделены разломами протяженностью во многие сотни километров.

Н. С. Шатский наметил новое направление в изучении платформ, которое успешно развивается многими представителями советской тектонической школы. Большой вклад в изучение авлакогенов был внесен советским тектонистом А. А. Богдановым, который выделил среди них несколько типов и выявил новые авлакогены в пределах Восточно-Европейской и Африканской платформ. Другой советский геолог М. В. Муратов впервые установил развитие авлакогенов на Индийской платформе. Значительный интерес представляют работы В. Е. Хаина, который особо выделил среди авлакогенов структуры, испытавшие вслед за прогибанием складчатые деформации. Сейчас уже можно говорить о своего рода «учении об авлакогенах» — настолько многочисленны исследования, посвященные этой проблеме.



Сложные складки в восточной части Памиро-Алайской зоны

Нельзя не отметить, однако, что некоторые исследователи до сих пор скептически относятся к идее об авлакогенах, поскольку под этим названием выделяются разнообразные по строению внутриплатформенные зоны, нередко простые грабены. Еще нет точного определения, что же считать авлакогеном, нет их подробной классификации, во многом неясно, какое место занимают эти структуры в тектонической эволюции Земли, можно ли наметить современные аналоги авлакогенам, возникшим в далеком геологическом прошлом. Последний вопрос, на наш взгляд, особенно интересен.

Какие же структуры могут быть признаны аналогами древних авлакогенов? Кроме авлакогенов, с региональными разломами на платформах связаны своеобразные структуры — рифты, которые давно уже привлекают внимание геологов. Это крупные провалы или системы грабенов на платформах, ограниченные разломами. Наиболее широко они распространены на Африканской платформе и связаны с грандиозной си-

стемой Великих Африканских разломов. На территории СССР рифтом является впадина оз. Байкал и соседние с ней Баргузинская, Верхне-Ангарская, Чарская и другие впадины. Хотя термин «рифт» можно встретить еще в трудах известного геолога прошлого века Э. Зюсса, с их изучением связано множество нерешенных проблем. Рифтам уделяется особо важное место в международном проекте по изучению верхней мантии Земли, разработанном под руководством советского ученого В. В. Белоусова.

Авлакогены и рифты сближает их происхождение. Они связаны с крупнейшими расколами в теле платформ, с теми бороздами, о которых говорил Н. С. Шатский, вводя понятие авлакоген.

В последние годы В. Е. Хайным была высказана идея о генетической близости авлакогенов и рифтов.

К авлакогенам относят прогибы, заполненные древними толщами, которые испытали складчатость осадочных

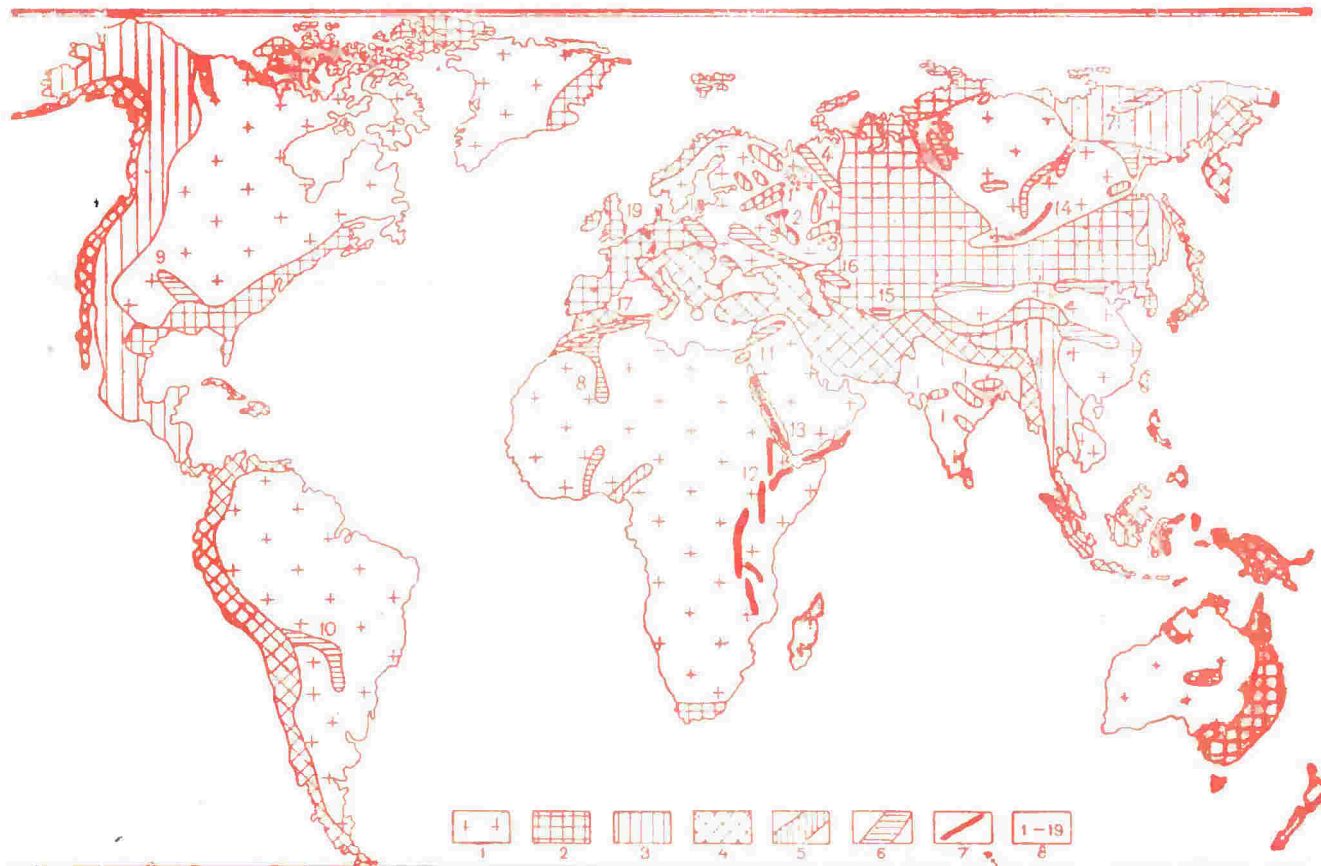


Схема размещения главнейших бороздовых структур. Платформенные области: 1 — докембрийские, 2 — эпикаледонские и эпигерцинские, 3 — эпимезозойские; 4 — области кайнозойской складчатости; бороздовые структуры: 5 — завершенные, 6 — незавершенные; 7 — рифты; 8 — номер структуры соответствует ее названию в таблице на стр. 60

пород. По своему строению и внешнему виду они непохожи на современные провалы в земной коре — грабены и рифты, ограниченные крутыми обрывами и часто заполненные глубокими озерами или даже морями.

Попытаемся все-таки поставить в один ряд древние и молодые бороздовые структуры, подойти с разных позиций к единой проблеме геотектоники — проблеме бороздовых структур.

Типы бороздовых структур

Среди разнообразных бороздовых структур на платформах можно наметить несколько основных типов, генетически связанных с крупнейшими разломами. Платформенные области Земли неодинаковы. Прежде всего их принято различать по возрасту. Обычно выделяют древние платформы, возникшие в докембри, и платформы более молодого возраста, которые называют по времени консолидации складчатого основания эпикаледонскими, эпигерцинскими и эпимезозойскими платформами. Они разделяются областями кайнозойской складчатости, в которых еще неполностью закончились сложные тектонические процессы, приводящие к резким изменениям лица Земли.

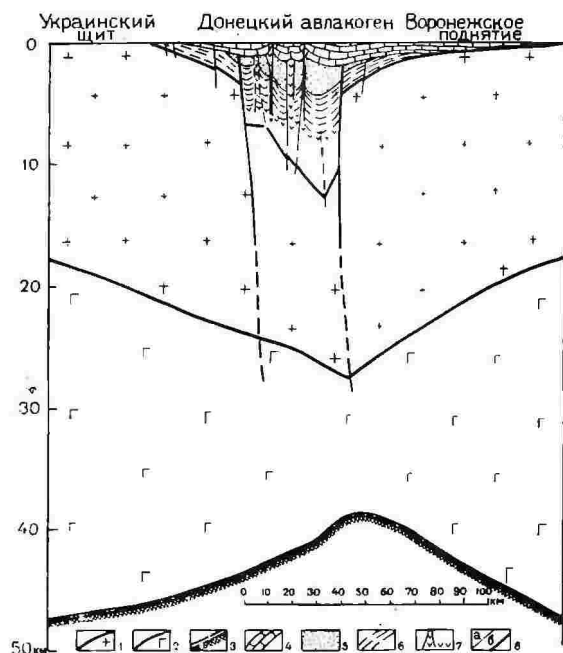
Бороздовые структуры могут занимать различное положение в строении платформ. Они располагаются в пределах внутренних частей платформ (внутриплатформенные структуры) и на границах платформ разного возраста (краевые структуры). Не исключено, что значи-

тельная часть внутриплатформенных бороздовых структур на самом деле являются краевыми, разделяя крупные блоки платформ с разновозрастной консолидацией, однако установление их возраста в пределах древних платформ связано с большими трудностями. Некоторые бороздовые структуры обнаруживают свое продолжение в пределах обрамляющих платформы геосинклинальных областей, что связано со сквозным развитием глубинных разломов.

Платформенные бороздовые структуры разнообразны по морфологии, проявлению складчатости, магматизму, характеру развития и особенностям отложений. Полная и детальная классификация этих структур пока еще не разработана. Но уже сейчас среди них вполне определенно выделяются основные типы, различные по времени образования.

Авлакогены развиваются в течение длительного времени в пределах древних платформ. Большинство из них заложилось еще в протерозое, хотя часть авлакогенов возникла лишь в раннем палеозое. Крупные платформенные приразломные прогибы и складчатые зоны сформировались в пределах молодых платформ, что определило меньшую продолжительность их развития, а в связи с этим — ряд особенностей в их строении. Структуры этого типа пока не получили своего названия.

Бороздовые структуры платформ в целом имеют ряд общих черт: линейность формы при протяжении в несколько сотен, иногда более 1000 км при ширине в



Строение земной коры в районе Донецкого авлакогена: 1 — гранитный слой коры; 2 — базальтовый слой коры; 3 — кроваля верхней мантии; 4 — верхнепермские и мезозойские отложения; 5 — верхнекаменноугольные и нижнепермские отложения; 6 — девонские, нижне- и среднекаменноугольные отложения; 7 — вулканогенные образования; 8 — разломы (а — второстепенные, б — главные)

десятки или первые сотни километров; большая роль крупных разломов в структуре, приводящая к блоковому строению; длительность развития, часто на протяжении нескольких геологических периодов; характерный набор осадочных и вулканогенных формаций большой мощности; формирование складчатых структур приразломного характера при отсутствии полной складчатости; отсутствие или весьма слабое проявление интрузивного магматизма.

Рифты можно рассматривать в качестве молодых бороздовых структур, которые возникли в новейшее время в пределах платформ разного возраста.

Авлакогены

К числу авлакогенов принадлежат многие бороздовые структуры. Донецкий авлакоген с его богатыми месторождениями каменного угля, нефти, газа и многих других полезных ископаемых давно уже детально исследован. Он разделяет крупнейшие структуры Восточно-Европейской платформы — Украинский щит и Воронежскую антеклизу, представляя собой сложно построенный прогиб шириной около 250 км и протяженностью 1500 км. С севера и юга он резко ограничен краевыми глубинными разломами.

На разных участках Донецкий авлакоген имеет разное строение. В юго-восточной части его расположен собственно Донбасс. Это сложная система линейных складок протяженностью в десятки километров, осложненных крутыми разломами. Вдоль северного борта Донбасса прослеживаются надвиги. Мощность

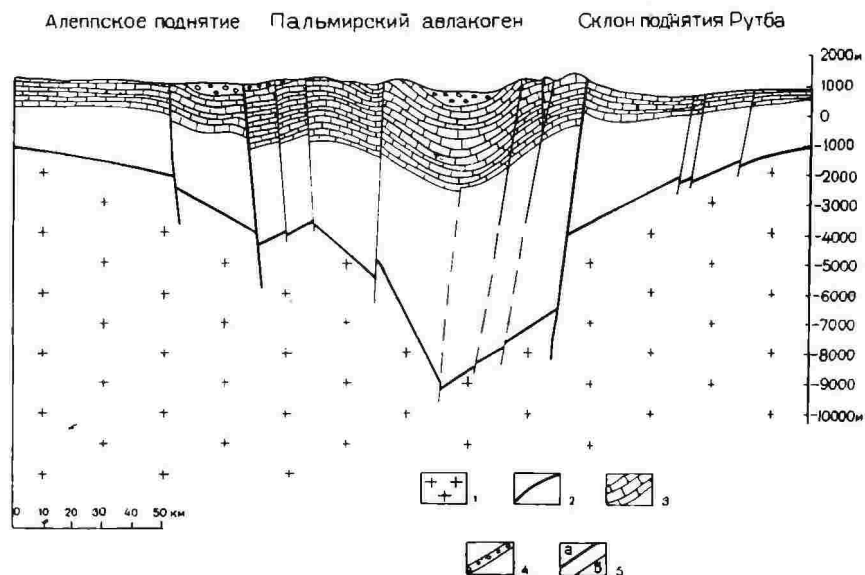
осадочного заполнения в этом прогибе возрастает с запада на восток от 10—12 до 20 км. Фундамент сильно раздроблен, и перемещение его отдельных блоков достигает 2—3 км.

К северо-западу от Донбасса находится Днепровско-Донецкая впадина, в пределах которой фундамент опущен до 5—6 км в западной части и до 12 км — на востоке. Эта впадина имеет сложное глыбовое строение с многочисленными проявлениями соляной тектоники, обусловленной развитием мощных соленосных толщ девона и перми. В отличие от Донбасса здесь преобладают брахискладки и соляные купола.

Далее к западу продолжением Днепровско-Донецкой впадины можно считать Припятский прогиб, который отделен от нее поднятием в районе Чернигова, где кристаллические породы залегают неглубоко. Припятский прогиб также ограничен краевыми разломами. Глубина залегания фундамента составляет 4—5 км в наиболее погруженных блоках. В составе осадочных пород, заполняющих этот прогиб, выделяются девонские соленосные толщи, с которыми связано образование пологих куполовидных структур.

Хотя тектоническое развитие Донбасса, Днепровско-Донецкой впадины и Припятского прогиба было неодинаковым, а их строение во многом различно, эти структуры объединяются в крупный авлакоген, связанный с единой бороздой в теле Восточно-Европейской платформы.

Каковы начальные этапы формирования Донецкого



Геологический профиль, пересекающий Пальмирский авлакоген: 1 — кристаллические породы фундамента; 2 — кровля фундамента; 3 — карбонатные отложения; 4 — терригенные отложения; 5 — разломы (а — главные, б — второстепенные)

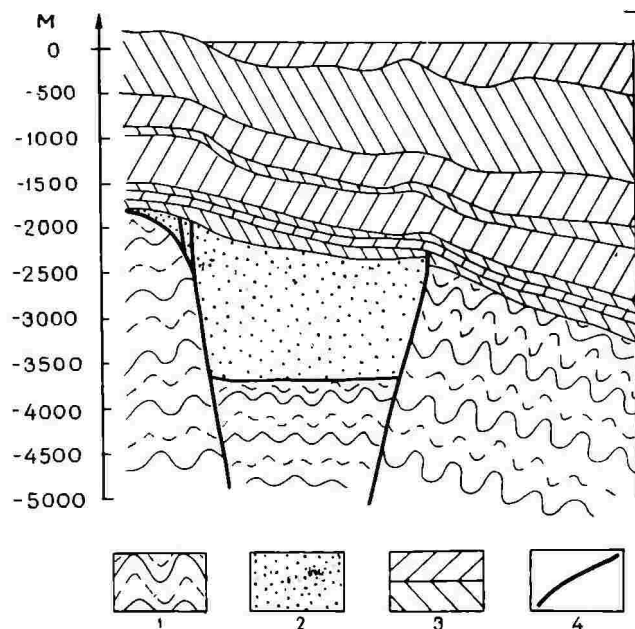
авлакогена? Большинство исследователей считает, что Донбасс, например, заложился в девоне, когда в прогибе накопилась мощная толща основных эффузивов. В конце палеозоя этот прогиб заполнился мощной толщей терригенных угленосных отложений. Накопление осадков завершилось складкообразовательными движениями. В мезозое Донецкий авлакоген завершил свое развитие и был частично перекрыт маломощными отложениями платформенного чехла. Глубинное сейсмическое зондирование показало, что мощность коры (гранитного и базальтового слоев) под этим авлакогеном сокращена до 35—40 км по сравнению с корой типично платформенного типа (мощностью 50—60 км), распространенной в смежных районах. В основании коры здесь установлен слой со скоростями сейсмических волн 7,3—7,7 км/сек, превышающих нормальные значения для коры базальтового состава. Этот слой был образно, хотя и не совсем удачно, назван К. Л. Куком (1962 г.) «смесью коры и мантии». В большинстве случаев подобный слой обнаруживается в тектонически активных областях, где или происходит в настоящее время, или происходило в прошлом внедрение мантийного вещества в основание коры. Интенсивные тектонические процессы в поверхностных частях коры (в осадочном слое) связываются с возникновением на границе раздела верхняя мантия—земная кора неустойчивости.

К авлакогенам другого типа следует отнести своеобразную структуру на крайнем северо-востоке Африкано-Аравийской платформы. А. А. Богданов (1961 г.) назвал ее Пальмирским авлакогеном. В современной структуре Пальмирский авлакоген выражен системой складок и разломов. Каждая крупная антиклиналь обычно представляет собой целый горный хребет или грядку.

Хребты Пальмирид резко контрастируют с ровным плато, занятым каменной Сирийской пустыней. Отдельные антиклинальные складки протягиваются в длину до 20—30 км при ширине всего лишь в 2—5 км. Протяженность всей сложной в геологическом отношении зоны Пальмирид достигает 500 км при ширине немногим более 100 км.

Пальмириды возникли на крупном тектоническом шве, заложившемся, вероятно, еще в позднем докембрии. В течение длительной геологической истории здесь существовал прогиб, заполнявшийся преимущественно морскими карбонатными, реже — гипсоносными лагунами и обломочными континентальными отложениями большой мощности (по геофизическим данным, в Пальмиридах фундамент платформы опущен на 9 км, тогда как в смежных участках платформы он залегает на глубине лишь 2—3 км). Неравномерное погружение отдельных блоков фундамента обусловило появление складок, образовывавшихся одновременно с накоплением осадков. В неогене произошла резкая смена тектонического режима: на месте прогиба возникла складчатая зона, а в дальнейшем — горная область, где тектонические движения до сих пор не прекратились. В настоящее время происходит рост горных хребтов, а крупно-обломочный материал с них поступает в межгорные впадины, сохранившие тенденцию к опусканию.

В пределах Восточно-Европейской платформы установлено несколько своеобразных авлакогенов, которые в отличие от Донбасса и Пальмирид почти не выражены на поверхности. Это древние грабены, заполненные толщами верхнего протерозоя (рифей). К их числу Н. С. Шатский относил Пачелмский авлакоген. В рифее он представлял собой глубокий прогиб, заполнявшийся



Геологический профиль через Абдулинский авлакоген: 1 — породы кристаллического фундамента; 2 — рифейские осадочные породы; 3 — девонские, каменноугольные и пермские отложения; 4 — разломы

преимущественно терригенными осадками до 1—2 км мощности. Формирование авлакогена закончилось в начале палеозоя, когда в девоне он был перекрыт отложениями платформенного чехла. Подобное же строение имеют Абдулинский, Московский и Крестцовский авлакогены. В последние годы к ним привлечено особое внимание геологов в связи с поисками месторождений нефти и газа.

С региональными разломами в пределах молодых платформ связаны своеобразные приразломные прогибы и складчатые зоны. К их числу могут быть отнесены складчатая зона Мангышлака на Туранской плите, Поморско-Куявская зона вблизи западной границы Восточно-Европейской платформы, Бербериды, или прогиб Сахарского Атласа на севере Африканского континента и др. Все эти зоны начали формироваться главным образом после завершения герцинской складчатости на крупных тектонических швах, которые располагались на границах древних (докембрийских) и молодых (эпигерцинских) платформ или в их краевых частях. Эти структуры имеют ряд общих черт строения с древними авлакогенами.

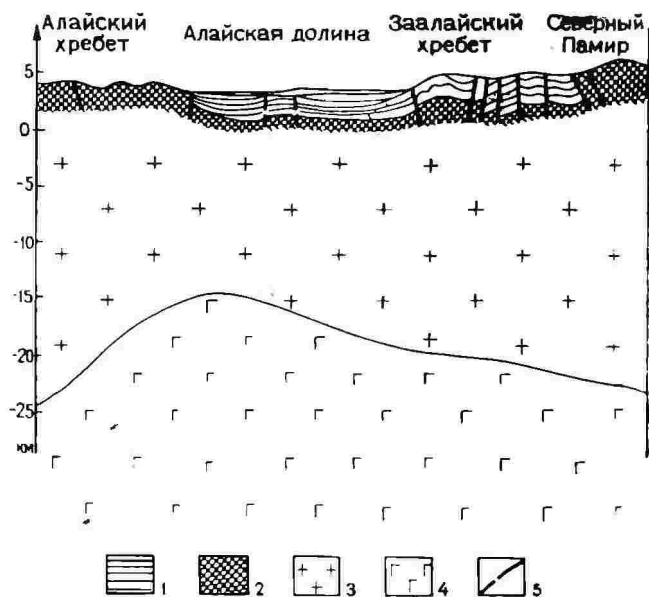
В тектоническом развитии бороздовых структур можно наметить ряд стадий. Отдельные бороздовые структуры проходят полное тектоническое развитие, и по аналогии со складчатыми областями их можно назвать завершенными, т. е. закончившими свое формирование, как например Донбасс. Некоторые авлакогены находятся в стадии горообразовательных движений, или являются орогенными (Пальмириды). Для ряда авлакогенов установлено, что они не испытали складкообразовательных движений, хотя давно закончили свое тектоническое развитие. Примерами таких незавершен-

ных по развитию бороздовых структур могут служить многие древние авлакогены Восточно-Европейской платформы (Пачелмский, Крестцовский и Абдулинский авлакогены).

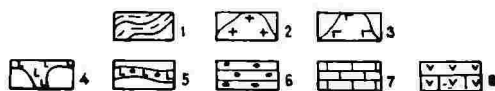
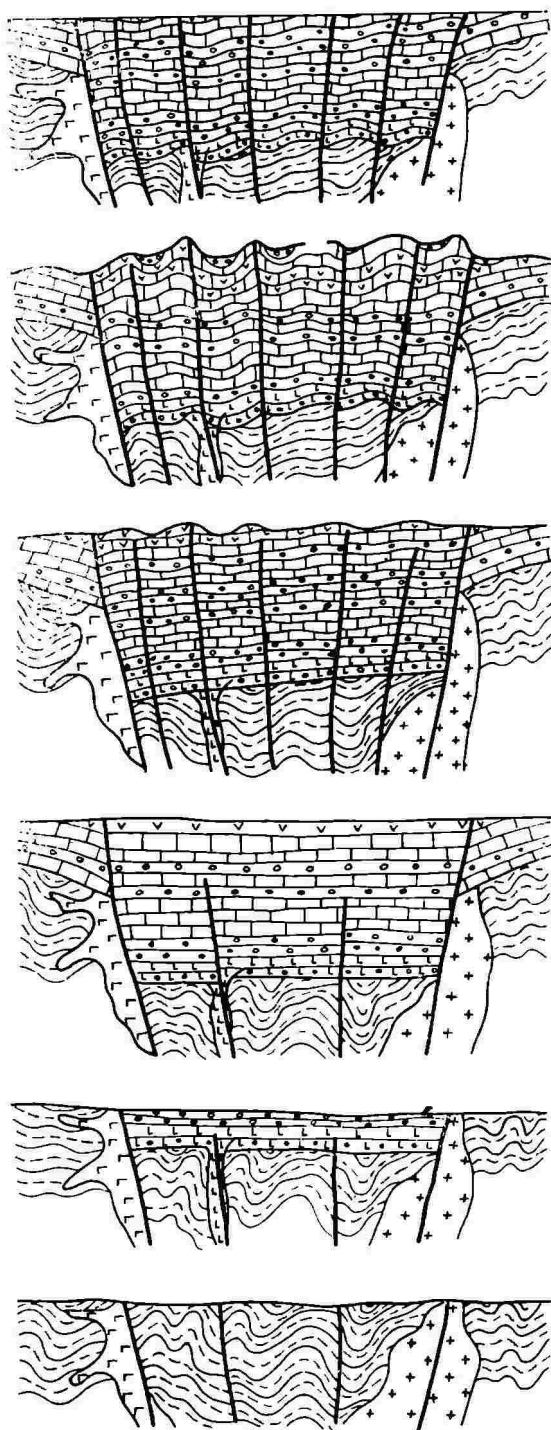
Рифты

Детальные исследования последних лет позволили выдвинуть концепцию о том, что рифты образуют мировую рифтовую систему. Эти структуры протягиваются вдоль осевых частей срединноокеанических хребтов и проникают в пределы континентов, рассекая древние платформы¹. Эти рифты представляют особый интерес для выяснения закономерностей в эволюции земной коры. Одной из наиболее примечательных структур этого типа является рифт Красного моря — крупнейший грабен в земной коре. Он отделяет от Африканского континента обособленный тектонический блок Аравийского полуострова. Рифт Красного моря сформировался вдоль древнего глубинного шва, проявившегося, вероятно, еще в позднем докембрии. Так как эта структура образовалась недавно, рельеф ее четко отражает тектонику, основные особенности которой устанавливаются даже при анализе гипсометрической и батиметрической карт. Рельеф впадины показывает, что она обрамлена тектоническими уступами, прямолинейные отрезки которых отделяют приморские равнины от гор Абиссинии, Судана, Восточной пустыни ОАР, Аравии и Йемена. Вдоль этих разломов в Тихаме (приморской равнине Аравии) известны многочисленные вулканы, извержения которых происходили в четвертичное время. В пределах Тихамы развиты плиоценовые отложения, которые образовались

¹ В этой статье мы не будем касаться рифтов срединноокеанических хребтов.



Строение земной коры в восточной части Памиро-Алайской зоны: 1 — мезозойские и кайнозойские породы; 2 — палеозойские породы; 3 — гранитный слой коры; 4 — базальтовый слой коры; 5 — разломы



на дне ранее сформировавшегося грабена. Приморские равнины вместе с прибрежной отмелью образуют единую тектоническую ступень, ограниченную сбросами от главной впадины моря (шириной 200—250 км) с глубинами 500—800 м. В центральной части Красного моря выделяется осевой грабен с глубинами до 2,5 км. Ширина его составляет 30—60 км. В акватории Красного моря проведены геофизические исследования, которые показали наличие в его осевой части крупных положительных гравитационных и геомагнитных аномалий. Скорее всего, эти аномалии вызваны внедрением магм основного состава, залегающих на глубине порядка 1,5 км ниже дна моря. В этой зоне наблюдается повышенный тепловой поток и гидротермальная деятельность, приводящая к отложению на дне соединений железа. Вдоль осевого грабена и краевых сбросов располагаются эпицентры землетрясений с очагами на небольшой глубине. В противоположность осевому грабену в шельфовых зонах зафиксированы отрицательные аномалии силы тяжести, объясняемые недавним погружением и накоплением мощных толщ осадков (до 6 км).

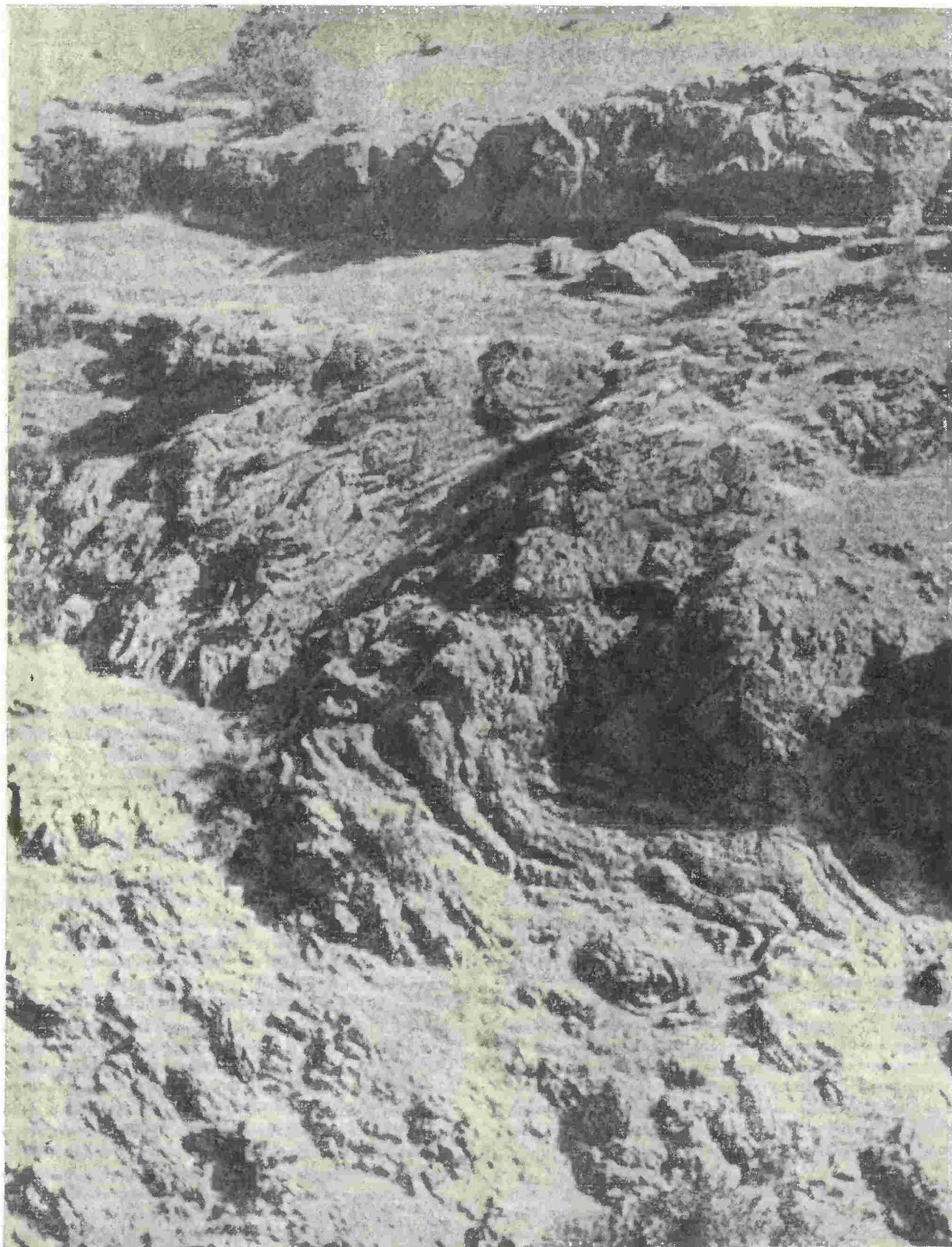
Мощность земной коры в пределах Красного моря намного меньше, чем в смежных районах Африки и Аравии. По геофизическим данным она составляет около 24 км. Вдоль разломов местами выжаты блоки ультраосновных пород, приближающихся по своим свойствам к мантийному веществу. В основании коры в Красном море выделяется слой со скоростями 7,3—7,7 км/сек. По строению коры рифт Красного моря можно сопоставить с Донецким авлакогеном.

Своеобразная рифтовая структура на территории СССР — это впадина озера Байкал. Начиная с исследований акад. В. А. Обручева, установившего его тектоническую природу и обратившего внимание на многие признаки молодых тектонических движений, этот район дает богатый материал для новых идей в геотектонике. Рифт Байкала является обособленной структурой, которая не имеет отчетливых связей с мировой рифтовой системой, а принадлежит к своеобразным внутриконтинентальным рифтам. Изучение Байкала послужило основой для ряда интересных выводов о происхождении подобных впадин (Н. А. Флоренсов)¹, о периодичности землетрясений и современных тектонических движений (В. В. Ламакин)², о возможном механизме рифтообразования в условиях сложных тектонических перемещений блоков земной коры.

¹ «Природа», 1967, № 8, стр. 107.

² «Природа», 1966, № 9, стр. 23.

Развитие бороздовых структур (снизу вверх). Породы фундамента: 1 — осадочные и метаморфические, 2 — интрузивные; 3 — вулканогенные. Породы платформенного чехла: 4 — вулканогенные; 5 — вулканогенно-осадочные; 6 — терригенные; 7 — карбонатные; 8 — гипсоносно-соленосные. Профили на схеме соответствуют стадиям развития таких бороздовых структур в земной коре, которые после длительной эволюции в течение сотен миллионов лет завершили свое формирование



Сложные приразломные складки в протерозойских отложениях Юдомского авлакогена

Возраст и характер развития бороздовых структур

Платформа	Типы бороздовых структур	Название (номер в скобках соответствует номеру структуры на карте)	Время заложения	Характер развития	Время окончания развития	Продолжительность развития в млн лет
Древние	Авлакогены	Крестцовский (1)	Pt ₃	Незавершенный	D ₂	600
		Пачелмский (2)	»	»	»	600
		Абдулинский (3)	»	»	»	600
		Тиманский (4)	См	Завершенный	P	300
		Донецкий (5)	D, Pt ₃ ?	»	T	150 или 700
		Енисейский (6)	Pt ₃	»	P	700
		Юдомский (7)	Pt ₂	»	Cr	1700
		Угарта (8)	Pt ₃	»	P	700
		Вичита (9)	»	»	»	700
		Чикитос (10)	»	»	»	700
		Пальмирский (11)	»	Орогенный	—	1000
	Рифты	Система Великих Африканских разломов (12)	N	Тафрогенный	—	30
		Красного моря (13)	»	»	—	30
		Озера Байкал (14)	»	»	—	30
Молодые	Приразломные прогибы и складчатые зоны	Памиро-Алайский (15)	T	Орогенный	—	250
		Мангышлакский (16)	P	»	—	250
		Берберидский (17)	T	»	—	250
		Поморо-Куявский (18)	C	Завершенный	Pg	300
	Рифты	Рейнский грабен (19)	N	Тафрогенный	—	30

И. В. Лучицкий и П. М. Бондаренко (1967 г.) провели в лабораторных условиях моделирование тех грандиозных тектонических процессов, которые создали Байкал и другие впадины такого же типа. Советские геологи и геофизики наметили широкий план изучения Байкала, который, несомненно, будет во многом способствовать расшифровке сложного процесса рифтообразования.

Почти все рифты сейчас находятся в стадии интенсивного прогибания и относятся к так называемым тафрогенным структурам. Они во многом напоминают авлакогены, но только не в их современном виде, а в той форме, в которой они находились (судя по палеогеографическим реконструкциям) в своей начальной стадии развития. Тогда авлакогены также были грабенами, глубокое погружение которых не успевало компенсироваться накоплением осадков и сопровождалось во многих случаях интенсивным вулканизмом. Такое сравнение представляется весьма заманчивым, так как позволяет, в случае его справедливости, изучить процесс образования бороздовых структур на примере современных рифтов. Эта проблема заслуживает серьезного изучения.

Между рифтами и авлакогенами в начальной стадии развития могут быть вполне объяснимые различия. Ведь в процессе геотектонической эволюции земной коры происходит закономерное изменение всех тектониче-

ских элементов: молодые платформы и геосинклинали далеко не тождественны их древним аналогам. Подобная закономерность, несомненно, должна быть характерна и для бороздовых структур.

Эволюция земной коры

В процессе длительного развития земной коры неоднократно возникали особые тектонические условия, когда вслед за замыканием геосинклиналей формировались платформенные области. Вначале они были неустойчивыми и раскалывались на крупные блоки. Часто в процессе развития древние, уже стабилизированные ядра платформ как бы обрастали «отмершими» геосинклиналями. В этом случае расколы обычно образовывались на границах древних и более молодых платформ. Гигантские тектонические швы «рождали» бороздовые структуры — авлакогены древних платформ, приразломные прогибы и складчатые зоны молодых платформ. В отличие от них возникновение рифтов, приуроченных также к региональным разломам, связано с этапом тектонической активизации платформ. Таким образом, авлакогены и близкие к ним структуры, с одной стороны, и рифты, с другой, являются «бороздой» рожденными структурами, но приурочены к разным эпохам тектонического развития платформ. Вместе с тем генетическая общность

этих структур в сочетании со сравнительной молодостью рифтов позволяет сравнивать их с ранними стадиями авлакогенов.

Наряду с общими чертами, бороздовые структуры разного типа обладают существенными различиями. Эти различия определены необратимым развитием земной коры, в разные этапы эволюции которой возникают структуры разного типа.

Большинство авлакогенов сформировалось в позднем докембрии, т. е. 1000—1600 млн лет назад (см. таблицу). Приразломные структуры и складчатые зоны молодых платформ возникли примерно 250 млн лет назад, после завершения герцинской складчатости, в начале мезозоя. Большинство рифтов образовалось на рубеже палеогенового и неогенового периодов, т. е. всего около 30 млн лет назад. Знаменательно, что отрезки времени, в которые происходило образование бороздовых структур, приурочены к переломным моментам в истории земной коры, когда резко менялось ее строение.

В позднем докембрии Г. Штилле выделил эпоху «великого обрушения», когда возникли гигантские расколы земной коры и образовались крупные впадины так называемых праокеанов (Тихого и частично Атлантического). Образование авлакогенов на платформах можно связывать с грандиозными процессами «океанизации» коры. Структурная перестройка этого времени не могла не затронуть даже наиболее устойчивые части коры — платформы, в пределах которых возникли грандиозные расколы, приведшие к образованию авлакогенов. Постепенно выясняется, что процесс становления древних платформ был сложным и происходил в несколько этапов, которым соответствуют отдельные эпохи возникновения авлакогенов (в среднем и позднем протерозое).

Крупные приразломные структуры на эпигерцинских платформах образовались в тот этап, когда возникла основная масса океанических впадин («неоокеаны, по Г. Штилле) и морфоструктура земной поверхности приблизилась к современной. Перестройка коры сопровождалась расколами на платформах, с которыми во многих регионах были связаны массовые излияния базальтов. Тогда же образовались вторичные геосинклинальные пояса. Все эти события позволили выделить заключительную мегастадию развития земной коры. С этого времени, по-видимому, следует выделить также крупнейший этап и в развитии земной поверхности, получивший название геоморфологического (И. П. Герасимов, Ю. А. Мещеряков). Таким образом, приразломные прогибы и складчатые зоны, подобно авлакогенам, также тесно связаны с важным этапом перестройки земной коры.

Возникновение рифтов закономерно приурочено к началу неогена, т. е. к началу новейшего (или неотектонического) этапа (Н. И. Николаев, 1964 г.), когда происходит резкая активизация тектонических движений на платформах и в больших масштабах отмечается наземный

базальтовый вулканизм. Новейший период тектонического развития — это новый крупный этап структурной перестройки коры, благоприятный для возникновения расколов на платформах с образованием бороздовых структур.

Бороздовые структуры разного типа (авлакогены древних платформ, приразломные прогибы и складчатые зоны молодых платформ и рифты) возникали в главнейшие эпохи структурной перестройки, когда нарушалось равновесие глубинных процессов в верхней мантии. Это приводило к расколам коры, к подъему глубинного материала и к интенсивному базальтовому вулканизму. Такой вывод может наметить новые перспективы для выявления развития разнородных, но взаимосвязанных структур в процессе направленной и необратимой эволюции земной коры. Такой вывод подтверждается данными о сложном строении земной коры под бороздовыми структурами, где отмечаются резкие изменения ее мощности, вплоть до полного исчезновения гранитного слоя. Думается, что международный проект по изучению верхней мантии во многом выиграет, если проблема рифтов будет тесно увязана с исследованиями их древних аналогов — авлакогенов и других бороздовых структур.