

УДК 551.4

ГОРЕЛОВ С. К.

ГЛОБАЛЬНЫЕ ТЕКТОНИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ ЭВОЛЮЦИИ РЕЛЬЕФА ЗЕМЛИ

Проблема эволюции рельефа Земли постоянно находится в поле зрения различных специалистов — геоморфологов, геологов, палеогеографов и др., поскольку формирование рельефа на протяжении всей истории развития Земли было тесно связано с изменениями тектонического режима, колебаниями климата, структурами земной коры. Общеизвестны большие трудности исследования данной проблемы, связанные с еще недостаточной разработкой методики палеогеоморфологических реконструкций, ограниченностью наших сведений о рельефе давно минувших геологических эпох. Тем не менее в послевоенный период, особенно в последние десятилетия, в процессе бурения, геофизических исследований, геолого-геоморфологических и других работ получен достаточно обширный материал о древнем рельефе отдельных районов и Земли в целом. Обобщения и анализ этого материала, произведенные различными исследователями как в СССР, так и за рубежом [1—7 и др.], позволили вскрыть многие закономерности эволюции рельефа: цикличность и этапность, поступательный ход его развития; роль древних геоморфологических процессов, в основном кайнозойских и мезозойских, в формировании современного рельефа Земли.

В настоящей статье мы рассмотрим основные глобальные этапы и закономерности эволюции рельефа Земли, используя комплекс палеогеоморфологических, геолого-геофизических, палеоклиматических и космологических данных о рельефе минувших эпох. Анализ этих данных позволяет сделать общий вывод о существовании не менее трех крупнейших этапов глобальной эволюции рельефа Земли, которые охватывали огромные промежутки времени. Они существенно отличались по общей направленности геоморфологических процессов, тектоническим и климатическим условиям. Эти особенности определили многие основные черты строения современного рельефа земной поверхности. Ниже дана краткая характеристика выделяемых этапов эволюции рельефа.

Дорифейский этап образования обвальнo-тектонических элементов рельефа под воздействием процессов первичного расслоения литосферы (до 1,6 млрд. лет назад). Это был наиболее продолжительный этап. О главных особенностях строения и развития рельефа земной поверхности в то время можно лишь догадываться в связи с давностью и последующими кардинальными преобразованиями структуры земной коры, атмосферы и рельефа. Особенно гипотетичны представления о характере рельефа, существовавшего в начале этапа. В соответствии с общими космогоническими концепциями можно предположить, что длительно устойчивые формы еще отсутствовали: шел процесс сложной первичной консолидации земной коры, неоднократно нарушавшийся крупными излияниями магмы на поверхность. На более поздних стадиях развития литосферы — в катархее и раннем протерозое, по-видимому, уже сложились достаточно устойчивые формы земной поверхности. Исходя из данных об удивительно однородном составе многих супракристалльных образований архея и раннего протерозоя (джеспилиты и др.) по существу на всех древних щитах Земли, преимущественно мелкой текстуре этих образований и практически полном отсутствии грубообломочных пред-

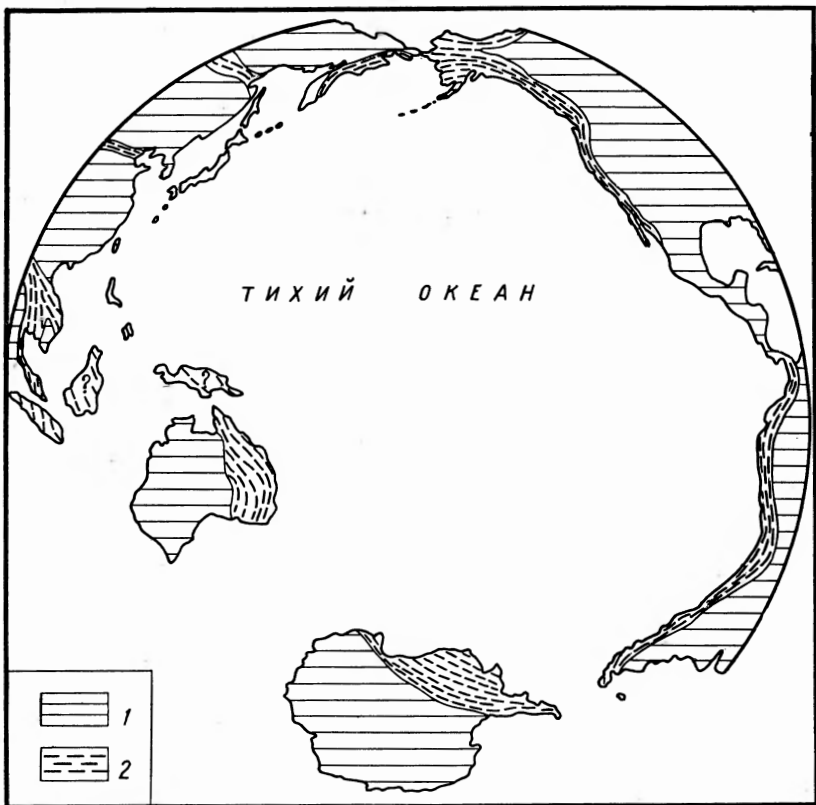


Рис. 1. Тихоокеанское кольцо рифейских геосинклиналей (по Л. И. Салопу [9])

1 — платформы, 2 — геосинклинали (складчатые пояса)

горных моласс в архейских и более древних отложениях, можно сделать общий вывод о слабом в целом расчленении рельефа земной поверхности; крупные горные сооружения, сходные с современными, по-видимому, отсутствовали. В формировании рельефа ведущая роль принадлежала скорее всего обширным пологим поднятиям и опусканиям высокопластичной земной коры (так называемым первичным «тектоническим пульсациям»). Под непосредственным воздействием процессов преимущественно вертикальной конвекции сильно разогретого вещества верхней мантии, сопровождавшейся процессами изостазии, одни крупные блоки земной коры «всплывали» и здесь возникали обширные поднятия земной поверхности; другие в процессе изостатического выравнивания «погружались» в верхние расплавленные слои астеносферы и здесь формировались обширнейшие понижения.

В целом образование первичных форм рельефа было предопределено скорее всего процессом так называемой первичной зонной плавки и дифференциации вещества литосферы [8]. Влияние атмосферы на формирование (расчленение) рельефа было, вероятно, менее значительным по сравнению с более поздними этапами его развития, поскольку в составе дорифейской атмосферы, по мнению большинства исследователей, преобладали инертные газы, кислые дымы. Вода — основной агент эрозии и абразии — в большом количестве на поверхности Земли появилась позднее.

Сугубо предположительно можно судить о конкретных формах рельефа земной поверхности, существовавших на протяжении выделяемого этапа, точнее его второй половины. Это были скорее всего крупные формы типа обширных тектонических обвалов, блоковых поднятий и относительных понижений. Вероятно, уже на данном этапе развития рельефа сложились крупные черты общей асимметрии поверхности на-

шей планеты, выражающейся, как известно, в принадлежности Тихоокеанской впадины в основном к западному полушарию, а материков — к восточному, а также в явной диспропорции рельефа южной и северной полярных областей.

Заметим, что подобная асимметрия рельефа характерна для поверхности многих других небесных тел (Марса, Венеры и др.). Она весьма четко выражена у нашей ближайшей небесной соседки Луны, что подтвердилось уже после первого ее облета космическими аппаратами.

Когда возникли эти главные различия современного рельефа Земли? Весь комплекс геологических, геофизических, космогеологических и других данных определенно указывает на очень ранний, во всяком случае предрифейский этап их образования. Показательны в этом отношении данные о кольцеобразном распространении рифейских геосинклиналей (точнее, подвижных тектонических зон) вокруг впадины Тихого океана [9], в тылу которой располагаются участки более стабильных платформ (рис. 1). Эти факты свидетельствуют о весьма древнем заложении Тихоокеанской впадины. Косвенным подтверждением могут служить результаты сопоставления Тихоокеанской впадины с крупной впадиной Океана Бурь на Луне, которая по космогеологическим данным [10, 11 и др.] возникла скорее всего в начальный этап расслоения ее литосферы. Из рис. 2 видно, что обе сравниваемые впадины имеют близкую, в целом овальную форму, во внутренней части осложнены продолговатыми, в основном диагональными поперечными поднятиями. Подобные впадины характерны для других районов Луны [11].

Не исключено, что на завершающей стадии выделяемого мегаэтапа впервые наметились другие крупные овалы тектонические поднятия и впадины современной земной поверхности. На территории СССР к таким элементам рельефа могут быть отнесены, например, Прикаспийская, Западно-Сибирская впадины (последняя условно), а также Анабарский приподнятый кристаллический массив и некоторые другие, тесно связанные со структурами протерозойского комплекса.

В пользу этого предположения свидетельствуют результаты глубинного сейсмического зондирования (региональные профили ГСЗ) и особенности распределения региональных гравитационных аномалий, указывающие на вполне возможную закономерную связь отмеченных выше крупных элементов рельефа современной земной поверхности не только с крупными неоднородностями строения земной коры, но, возможно, с неоднородностями в верхней мантии [12—14 и др.]. Палеогеоморфологические материалы, в частности реконструкции палеорельефа областей сноса и накопления для вендской эпохи, показывают, что к

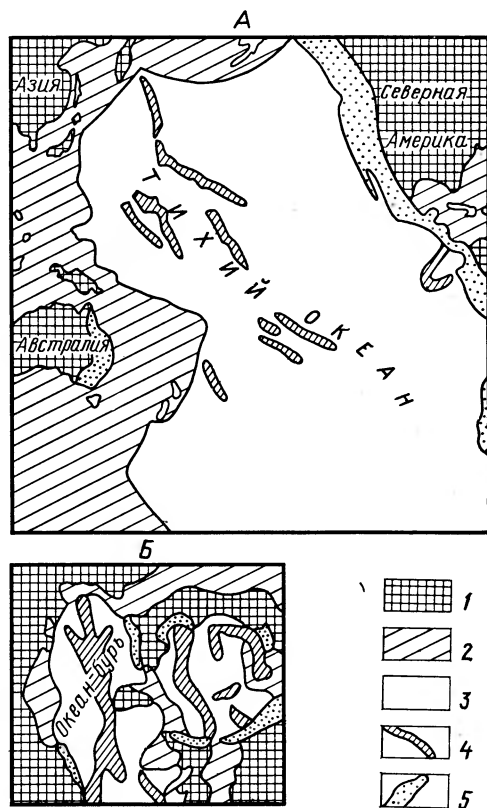


Рис. 2. Тихоокеанская впадина (А) и впадина «Океана» Бурь на Луне (Б)

Главнейшие особенности внутреннего строения впадин. 1 — поднятия материков (континентальный тип коры), 2 — склоны материков (субконтинентальный и субокеанический типы коры), 3 — днища впадин (океанический тип коры), 4 — внутриокеанические поднятия (валы, своды, блоки), 5 — кордильеры

началу палеозоя Прикаспийская впадина уже существовала как крупное региональное понижение земной поверхности [4].

Под влиянием восходящих горячих и нисходящих мантийных струй формировались, вероятно, более мелкие элементы рельефа типа куполовидных поднятий земной поверхности, разделенных обширными более плоскими понижениями. Такой процесс намечается для большинства древних щитов, кратонов по характерному кольцеобразному расположению гнейсовых овалов в поле развития вмещающих более древних пород катархейской серии. В качестве примеров таких тектонических «вздутий» былой земной поверхности, срезанных денудацией в эпоху формирования докембрийского пенеплена, можно назвать Украинский щит, Верхнеалданский складчатый овал, Либерийский, Родезийский кратоны и др. [9, 15, 16 и др.].

Данные космогеологических исследований и изучения основных форм рельефа поверхности ряда планет и их спутников подтверждают сделанный вывод. Показательны в этом отношении космогеологические и геоморфологические карты Марса, составленные в последнее время [17, 18 и др.]. На этих картах и схемах отчетливо выделяются обширные сводовые и блоковые поднятия его поверхности (Фарсида, Элизий и др.), которые рассматриваются в основном как вулканогенные формы рельефа, связанные с развитием под ними гигантских астеносферных «подушек» или овалов над мантийными струями. Время их образования не установлено. Исходя из данных о различной плотности кратерирования отдельных поверхностей Марса, поднятия рельефа являются древними.

Заключая наши представления о рассматриваемом этапе, необходимо еще раз упомянуть тектонические овалы (впадины, относительные поднятия) как господствовавшие в то время крупные формы рельефа земной поверхности. Их образование, как указывалось, логично связать в основном с процессами расслоения и преимущественно вертикальной дифференциации первичной земной коры. Вследствие недостаточной в целом консолидации коры, ее высокой пластичности разломная тектоника играла скорее всего подчиненную роль в формировании рельефа. Не исключено, что к выделяемому этапу относится образование кольцевых форм рельефа ударно-метеоритного происхождения. По мере увеличения мощности плотного слоя земной атмосферы (палеозой, мезозой и кайнозой — по мнению многих исследователей) в более поздние периоды большинство метеоритов не достигали земной поверхности. Лишь крупные метеориты (типа Аризонского) оказывали существенное воздействие на рельеф. Однако подавляющее большинство этих форм, некогда широко распространенных на поверхности нашей планеты, были размыты в палеозое и позднее в связи с прогрессирующим увеличением количества кислорода и водяных паров в атмосфере.

Рифейско-палеозойский этап образования рифтогенных и орогенных элементов рельефа, возникновения форм рельефа, близких к современным (около 1,6 млрд. лет назад)¹. В полной мере рельефообразующие процессы разрывного типа проявились на последующем выделяемом мегаэтапе эволюции рельефа, хотя начало их активного зарождения следует отнести еще к позднему протерозою. Лишь в отдельных тектонически наиболее ослабленных геосинклинальных зонах — поясах байкальской, каледонской и герцинской складчатости главную роль в формировании горного рельефа играли волнообразные движения земной коры. Именно поэтому выделяемый мегаэтап эволюции рельефа мы склонны определить в значительной степени как рифтогенный, в широком истолковании термина «рифтогенез» [19—21 и др.].

Основной причиной активных тектонических дроблений земной коры, сопровождавшихся гигантскими раздвигами литосферы, формированием обширных депрессионных «щелевидных» рифтовых зон с характерными для них комплексами вулканогенно-осадочных образований и линейными формами рельефа типа грабенообразных котловин и узких

¹ Здесь и далее по тексту цифры указывают нижний временной рубеж каждого рассматриваемого этапа.

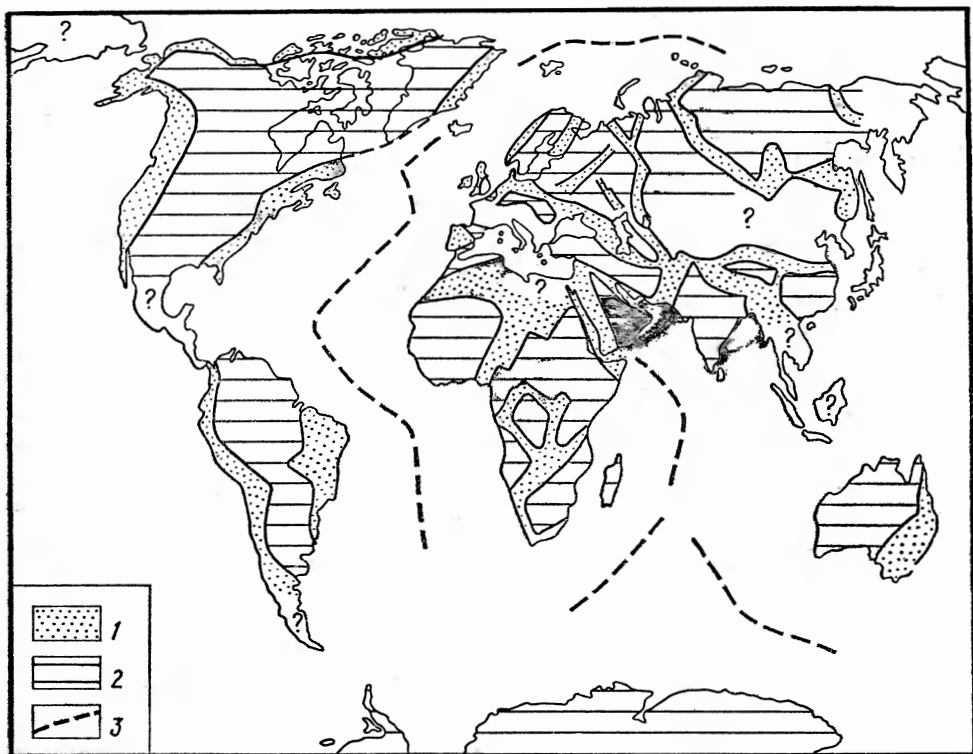


Рис. 3. Зоны активного рифтогенного рельефообразования, существовавшие в рифейско-палеозойский тектонический этап эволюции рельефа Земли (преимущественно предполагаемые)

1 — зоны рифтогенеза, 2 — поднятия древних щитов и кратонов, 3 — направления возможного первоначального (конец палеозоя) заложения глобальных раздвигов земной коры

прямолинейных хребтов, послужили, по-видимому, процессы прогрессивно нарастающей мощности коры и как следствие — увеличения ее упругих свойств. Логично предположить, что такая более консолидированная кора иначе реагировала на возникавшие в ней деформации — расколами и разрывами в отличие от предыдущего мегаэтапа, когда на развитие рельефа основное влияние оказывали пластические деформации более тонкой и разогретой коры.

Об этом можно предполагать прежде всего исходя из данных о широком распространении отложений рифтовой формации (или сходных с ней образований) в палеозойских комплексах. Из рис. 3 видно, что подобные образования, залегающие в виде протяженных полос, развиты в различных районах земного шара как на щитах, так и на плитах, вероятно, входивших тогда в единую сушу Пангею. Не менее существенны данные об ограничении указанных зон региональными глубинными разломами. Говоря иначе, авлакогены, возникшие в конце протерозоя, являются в значительной мере типичными структурами палеозойского комплекса. Некоторые из них, конечно, были сильно переработаны тектоническими процессами на более поздних стадиях развития Земли, например позднегерцинские горы Урала и Аппалачей, в восточных частях которых, по мнению некоторых исследователей [14, 21 и др.], под складчатым покровом развиты рифтогенные структуры.

Активное воздействие процессов рифтогенеза на формирование рельефа палеозойской эры сопровождалось коренной перестройкой древних структур и форм рельефа. Примером может служить территория обширного срединного региона нашей страны. Восточно-Уральский пояс предполагаемых рифтогенных структур вкрест пересекает протяженные дугообразные структурные линии типа глубинных разломов (по данным

ГСЗ), которые, возможно, отражают границы расположения первично-тектонических овалов допалеозойского мегаэтапа развития рельефа. Имеются предположения [12 и др.] о проникновении разломов к верхним горизонтам мантии.

Заметим, что не только Уральский тектонический пояс, но и указанные дугообразные разломы четко выражены в современном рельефе. Вдоль разломов прослеживаются региональные тектонические уступы или зоны линейментов. Дугообразный разлом вдоль северо-восточного края Центрально-Казахстанского щита и восточной окраины Тиманид служит региональной границей четвертичных аккумулятивных равнин и денудационных поверхностей выравнивания кайнозойского и более древнего возраста [1].

Рассматривая рифтогенез как один из ведущих процессов формирования тектонических элементов рельефа в палеозое, нельзя не обратиться к данным сравнительной планетарной геологии и геоморфологии, а некоторые из них в этом отношении весьма показательны. В частности, на фотоизображениях поверхности Марса, некоторых спутников Юпитера и других тел Солнечной системы, полученных космическими аппаратами, отчетливо прослеживаются обширные системы гигантских трещин. На снимках они выделяются черными, преимущественно прямолинейными или извилистыми линиями. Не исключено, что указанные трещины имеют рифтогенную структуру, т. е. возникли в результате громадных раздвигов литосферы. Такое мнение высказывают некоторые зарубежные исследователи [10]. Одна из трещин на поверхности Марса — долина Маринер, сопряженная с вулканогенным поднятием Фарсида, прослежена в его экваториальной зоне на протяжении нескольких сотен километров. Ее прямолинейные борта характеризуются глубоким эрозионным расчленением. Практически все исследователи Марса склонны рассматривать эту долину и другие подобные ей прямолинейные понижения как выраженные в рельефе раздвиговые рифтогенные структуры.

Таким образом, данные сравнительной планетарной геологии и геоморфологии подтверждают принципиальную возможность ведущей роли процессов рифтогенеза в формировании рельефа Земли на рифей-палеозойском этапе его развития. Необходимо вместе с тем указать и на существенное значение волнообразных деформаций земной коры. Как известно, подобными деформациями, которые можно сопоставить с антиклинальными складками большого радиуса в различных районах земного шара, были созданы горные сооружения каледонид и герцинид (Аппалачи в Северной Америке, Урал, Тянь-Шань, герцинские горные сооружения Западной Европы и др.). В некоторых районах горные сооружения возникли еще в предпалеозойское время (Тимано-Гиперборейский складчатый пояс вдоль восточной окраины Русской платформы и др.). В целом эти в сущности первозданные горно-складчатые сооружения Земли по своим высоте и размерам, вероятно, значительно уступали современным горам, созданным на более поздних этапах развития рельефа. Косвенно это подтверждается относительно быстрым размывом (до стадии пенеплена) герцинских и более древних гор. На Урале, Тянь-Шане, в пределах Алтае-Саянской горной области, в Аппалачах, Средней Европе этот процесс происходил на протяжении всего одного-двух периодов мезозойской эры (в основном юра — ранний мел).

Для разрушения более грандиозных горных систем, напоминающих по своим размерам и высоте, например, современные Тянь-Шаньские или Кавказские горы, очевидно, потребовалось бы более продолжительное геологическое время. В этой связи обращают на себя внимание и менее значительные мощности палеозойских моласс по сравнению с отложениями типа рифтогенной формации палеозоя или мезозойско-кайнозойскими предгорными молассами. Все это можно рассматривать как косвенное подтверждение более значительной роли процессов рифтогенеза в формировании рифейских и палеозойских горных сооружений по сравнению с процессами складчатого орогенеза.

Процессы рифтогенного рельефообразования не менее, а может быть, более активно протекали на последующем мезозойско-кайнозойском этапе формирования рельефа. Однако на этом этапе в связи с расколом Пангеи и интенсивной глобальной латеральной миграцией литосферных плит одновременно усилились процессы складчатого или складчато-глыбового рельефообразования. Анализ материалов, относящихся к происхождению и генетической классификации основных современных горных сооружений территории СССР, как будто подтверждает этот вывод [4, 26].

Можно сделать предположение о закономерной латерально-генетической связи процессов орогенеза и рифтогенеза в рифейско-палеозойский мегаэтап эволюции рельефа. Возникновение гигантских расколов земной коры с последующими их раздвигами и преобразованиями в обширные депрессионные рифтовые зоны земной поверхности вряд ли произошло бесследно для других районов Земли, особенно мобильных ее зон. Поэтому можно предположить, что процессы рифтогенеза стимулировали одновременно региональные сжатия геосинклинальных прогибов и формирование горных систем в их пределах. В этом отношении представляют определенный интерес палеомагнитные данные о значительных домезозойских перемещениях полюсов Земли, вполне вероятных глобальных тектонических расколах в палеозое в зоне современных Атлантического и Индийского океанов [9, 13, 15 и др.]. Следовательно, процесс активной латеральной миграции плит, весьма характерный для последующего, третьего глобального тектонического этапа эволюции рельефа Земли, начался, по-видимому, еще в конце палеозоя, а не в позднем мезозое, как считают некоторые сторонники данной теории.

В палеозое, наиболее определено в раннем карбоне, в различных районах земного шара стали активно формироваться разнообразные денудационные и аккумулятивные формы, типичные для современной эпохи — речные долины, озерные и аллювиальные равнины и др. Предыдущие девонские, особенно рифейские элементы рельефа имели существенные иные морфологию и основные причины образования.

В работах, посвященных палеогеоморфологическому анализу территории СССР [4, 23], как отмечалось выше, мы специально рассмотрели данный вопрос. Здесь подчеркнем, что одной из главных причин резкого изменения процессов морфогенеза на рубеже девона и карбона наряду с указанной выше общей перестройкой явились также глобальные изменения палеоклимата — смена засушливых климатов девона на влажные тропические климаты карбона. Говоря иначе, анализ тектонических этапов эволюции рельефа нельзя отрывать от оценки роли климатического фактора.

Мезозойско-кайнозойский этап становления основных черт современного рельефа под воздействием процессов латеральной миграции литосферных плит и рифтогенеза в условиях неоднородной структуры земной коры (около 230 млн. лет назад). Большую роль в формировании основных черт рельефа земной поверхности на данном этапе сыграл глобальный процесс активной латеральной миграции литосферных плит.

Как известно, геотектоническая сущность данного процесса, основные закономерности его регионального проявления в структуре и рельефе поверхности Земли в последние годы получили весьма подробное освещение в работах очень многих геологов-тектонистов как за рубежом, так и в нашей стране. В настоящее время мало кто сомневается в справедливости гипотезы Вегенера о значительном горизонтальном дрейфе материков, особенно после удивительных геологических и геоморфологических открытий во впадинах Атлантического, Индийского океанов, в окраинных зонах Тихого океана, не только подтвердивших принципиальную возможность дрейфа, но и вскрывших основной механизм этого процесса. Достаточно весомые фактические доказательства получены из космоса в виде снимков обширных участков земной поверхности, на которых впечатляюще выражены процессы современ-

ного раздвига континентов, например в зоне Красного моря, или их столкновения в поясе Гималайских гор [10, 11, 24, 25 и др.].

В палеогеоморфологическом аспекте, т. е. с точки зрения истории формирования рельефа, латеральную миграцию литосферных плит можно рассматривать в качестве глобального процесса, определившего в основном наиболее крупные различия в строении рельефа земной поверхности — современное распределение континентов и океанических впадин, расположение обширных горных систем типа Гималаев, Альп, Анд Южной Америки или Кордильер Северной Америки и др., которые возникли либо на стыке двух плит (Гималаи, Альпы, Копетдаг и др.), либо в зонах регионального поддвига одной плиты под другую (горы в западном секторе Тихоокеанской впадины, Анды и др.).

Что же касается происхождения отдельных элементов рельефа, в том числе достаточно крупных горных сооружений, то, по данным палеогеоморфологического анализа, выявляется картина весьма сложного неоднородного процесса их формирования, необъяснимая только горизонтальным сжатием земной коры под воздействием мигрировавших плит.

Показательны в этом отношении основные результаты изучения горных систем СССР, которые изложены нами в другой работе [26]. Здесь подчеркнем, что в южном и восточном горных поясах нашей страны могут быть выделены существенно различные типы гор, с различным характером глубинного строения. Хотя многие из них имеют сходный внешний общий облик, исключая горы невулканических и вулканических областей. В частности, выделяются: 1) эпигеосинклинальные складчатые горные сооружения, в образовании которых ведущая роль принадлежала горизонтальным сжатиям геосинклинальных прогибов под воздействием активно мигрировавших плит (Копетдаг, Верхоянская горно-складчатая дуга и др.); 2) горы, возникшие в зонах крупных поддвигов океанической коры под континентальную, сопровождавшихся многочисленными разрывами, разломами земной коры и как следствие — активным вулканизмом и выносом разогретого глубинного материала к поверхности по образующимся тектоническим каналам (горы Камчатки, отдельные сооружения Монголо-Охотского горного пояса и др.); 3) возрожденные (эпиplatformенные) горы, которые возникли в основном под ведущим влиянием вертикальных движений земной коры — обширных сводовых, сводово-блоковых воздыманий земной поверхности на месте древних горных систем, срезанных денудацией в основном в мезозойское время (Урал, хребты и массивы Тянь-Шаня, Алтае-Саянской горной области и др.); 4) горы современных рифтовых зон, формирующиеся в областях сводового воздымания некогда обширных депрессионных тектонических зон (горы Прибайкалья и Забайкалья, подводный хребет Гаккеля и др.); 5) изолированные, как правило, средневысотные горные кряжи, наследующие крупные интрузивные тела, в том числе в районах щитов и плит, испытавшие тектоническую активизацию — поднятие по глубинным разломам — в основном после эпохи глобальной мезозойской пенепленизации рельефа (Хибинь и др.).

Крайняя неоднородность проявления горообразовательного процесса на территории СССР выявляется также при рассмотрении закономерностей строения и истории формирования рельефа отдельно взятых горных стран, т. е. в сугубо региональном плане. Примером могут служить Кавказские горы. В процессе сводового послеолигоценового воздымания земной коры в единую горную страну здесь были консолидированы существенно различные по строению отдельные горные сооружения — сводово-блоковые поднятия кристаллической части Большого Кавказа, складчатые горные хребты Юго-Восточного Кавказа, вулканические нагорья и невысокие горные хребты Малого Кавказа.

Все это наводит на мысль о том, что процесс латеральной миграции литосферных плит, столь характерный для выделяемого этапа эволюции рельефа Земли, не везде оказывал непосредственное влияние на

рельеф земной поверхности, был наиболее ощутим в геосинклинальных зонах, характеризующихся большими мощностями осадочного чехла и развитием складчатых гор. Существовали различные местные глубинные источники горообразования, по-видимому, тесно связанные с крупными неоднородностями земной коры, которые были активизированы процессом латеральной миграции литосферных плит [24, 25 и др.].

Особо следует сказать о роли рифтогенеза в формировании рельефа. Как указывалось, в мезозойскую и кайнозойскую эры рельефообразующая роль этих процессов значительно усилилась. К этому этапу относится образование гигантского Срединно-Атлантического подводного хребта, подводного хребта Гаккеля во впадине Северного Ледовитого океана, Восточно-Африканской системы грабенообразных впадин и горстовых поднятий рельефа и др. Поэтому рифтогенез в широком истолковании этого термина, очевидно, можно рассматривать в качестве второго, не менее важного (по сравнению с тектоникой плит), глобального процесса рельефообразования на выделяемом этапе эволюции рельефа Земли. Его соотношение с грандиозным рельефообразующим процессом латеральной миграции литосферных плит не совсем ясно. Можно лишь предполагать, что глобальные восходящие конвекции расплавленной магмы в тектонически ослабленных зонах дна океанов оказывали большое влияние не только на процессы формирования срединно-океанических хребтов, но и на общее разрастание океанических впадин в послемезозойское время.

Можно сделать и другое, пожалуй, более смелое предположение о существовании трех принципиально различных тектоно-геоморфологических стадий в формировании рельефа зон мезозойско-кайнозойского рифтогенеза.

Первая стадия — возникновение гигантских линейных тектонических депрессий, гигантских раздвигов земной поверхности в зонах преимущественно «тонкой» легко податливой тектоническим деформациям океанической коры. Причиной этого процесса могли послужить допускаемые некоторыми исследователями [22 и др.] кардинальные изменения ротационного режима Земли в геологическом прошлом или глобальный процесс неуклонного расширения Земли.

Вторая стадия — активизация восходящих потоков расплавленной магмы в зонах раздвигов, излияния потоков лавы на дне океанов и формирование линейных срединно-океанических подводных хребтов, унаследовавших общие очертания раздвиговых структур.

Третья стадия — переход океанических рифтовых зон в континентальные вследствие обширных поднятий океанского дна.

Возможные последовательные стадии развития рифтогенеза находят закономерное выражение в рельефе Земли. Особенно четко выражены геоморфологические процессы, протекавшие на второй стадии рифтогенеза (образование срединно-океанических хребтов). Не исключено, что третьей стадии рифтогенеза соответствуют современные континентальные рифтовые зоны с упомянутыми выше характерными особенностями их геологического строения и рельефа.

Таковы в общих чертах главные особенности формирования рельефа земной поверхности на протяжении выделенных выше глобальных тектонических этапов. Наиболее важным для познания основных закономерностей строения и развития рельефа Земли, оценки роли геоморфологического анализа в разработке ведущих современных геотектонических теорий и концепций является, пожалуй, вывод о закономерном, в целом необратимом изменении рельефа в дорифейский, рифейско-палеозойский и мезозойско-кайнозойский этапы. Это согласуется с представлениями о направленной эволюции тектоносферы Земли [24, 25, 28 и др.].

Как указывалось, на дорифейском этапе главная роль в образовании рельефа Земли принадлежала скорее всего процессам первичного расслоения литосферы, активным, преимущественно вертикальным конвекциям ее разогретого вещества (процессы зонной плавки литосферы

ры). Увеличение мощности и упругих свойств литосферы, ее активное тектоническое дробление как бы подготовили главные закономерности эволюции рельефа на последующем рифейско-палеозойском этапе, что выразилось главным образом в широком развитии в то время процессов рифтогенного и орогенного рельефообразования.

В свою очередь, возникновение и формирование крупных раздвиговых структур (зон рифтогенеза) под влиянием ротационного режима Земли или каких-либо других причин привело к появлению нового глобального тектонического и геоморфологического процесса — латеральной миграции литосферных плит на заключительном, третьем, мезозойско-кайнозойском этапе эволюции земной поверхности.

Таким образом, в выделенных выше закономерно-последовательных глобальных тектонических этапах эволюции рельефа Земли мы склонны усматривать основные черты более общего процесса направленной, необратимой эволюции нашей планеты в целом. Его причины, в сущности, не известны. Из большого числа различных предположений и гипотез по данной проблеме хотелось бы выделить теорию расширяющейся пульсирующей Земли [27]. Она, пожалуй, лучше всего объясняет отмеченные выше кардинальные изменения ведущих рельефообразующих процессов при переходе от древних к более молодым тектоническим этапам. Можно предположить, что процесс неуклонного накопления внутренней энергии Земли вследствие прогрессирующего радиоактивного распада ядра не только увеличивал размеры нашей планеты, но одновременно усложнял рельеф ее поверхности, неуклонно повышал активность геоморфологических процессов. Главными причинами развития рельефа могли послужить процессы активного внедрения вещества разогретой мантии в более жесткие слои литосферы. Поскольку подобный процесс вряд ли протекал перманентно (расходу энергии предшествует период ее накопления), развитие рельефа земной поверхности протекало также неравномерно, скачкообразно.

В этой связи целесообразно хотя бы кратко остановиться на вопросе о более мелкой цикличности процессов рельефообразования, которая, как известно, установлена для различных эпох мезозоя и кайнозоя и для различных частей Земного шара. Например, на территории СССР достаточно достоверно установлены раннемезозойская, мел-палеогеновая, олигоцен-миоценовая и позднелигоценная эпохи преобладающего выравнивания рельефа и формирования коры выветривания, которые были разделены не менее продолжительными (миллионы, десятки миллионов лет) эпохами преобладающего эрозионного расчленения [1, 2, 4, 7 и др.]. Аналогичные или близкие по времени эпохи преобладающего выравнивания или эрозионного расчленения рельефа намечаются в других районах Земли [5, 29, 30 и др.].

Причины указанной цикличности эволюции рельефа определенно не установлены, хотя высказывались различные гипотезы, включая космогонические [7]. Если исходить из приведенной выше общей концепции существования трех мегаэтапов эволюции рельефа Земли, в основе которых лежали скорее всего крупные необратимые изменения тектонического режима, то и более мелкую цикличность ведущих процессов морфогенеза тоже, вероятно, следует признать как тектоническую. Общий характер этой цикличности — неоднократная смена во времени процессов преобладающего расчленения рельефа процессами его выравнивания (при существенных изменениях конкретного содержания этих процессов на новом этапе) позволяет связывать ее скорее всего с мелкими изменениями тектонического режима, которые как бы накладывались на указанные выше глобальные тектонические пульсации, предопределившие три принципиально разных мегаэтапа в истории развития рельефа Земли.

Конечно, механизм подобной причинно-следственной связи тектонических и геоморфологических процессов подлежит дальнейшему исследованию. Ясно одно: общее усиление процессов эрозионного расчленения, протекавших одновременно в различных районах земного шара,

нередко независимо от колебаний климата, было связано с нарастанием темпа тектонической активности Земли, тогда как процессы преобладающего общего сглаживания (выравнивания) рельефа, протекавшие, как известно, и во влажные и в засушливые климатические эпохи, отражают более спокойные тектонические условия развития Земли. Говоря иначе, рассматриваемая мелкая цикличность эволюции рельефа как бы отражает процесс «подготовки» указанных выше более крупных и неповторимых по сути своей тектоно-геоморфологических пульсаций Земли. Важно подчеркнуть, что процессы преобладающего расчленения или выравнивания рельефа в истории Земли (наиболее определены они установлены для второй половины фанерозоя) хотя и повторялись, но их конкретное содержание не было однозначным. Явно прослеживается общая тенденция к нарастанию темпа процессов эрозийного расчленения от древних к более молодым этапам рельефообразования, что позволило, в частности, выделить самостоятельный (весьма мобильный) так называемый неотектонический неоген-четвертичный этап в истории Земли.

Весьма показательны в этом отношении основные результаты изучения эволюции процессов выравнивания и корообразования на территории СССР. В итоге работ по указанной выше карте [1], составление которой осуществлялось на базе использования весьма разнообразных и достаточно представительных фактических материалов, широким кругом специалистов различного профиля была установлена явная общая изменчивость процессов выравнивания рельефа и корообразования от древних (мезозойских) к более молодым (позднекайнозойским) этапам. От этапа к этапу процессы выравнивания рельефа и мощного корообразования становились менее значительными. При этом существенно изменялись ведущие механизмы выравнивания и корообразования: региональная денудационная пенеplenизация рельефа и формирование наиболее мощной коры выветривания в мезозое; развитие преимущественно сопряженных денудационно-аккумулятивных (так называемых полигенетических) менее обширных по площади поверхностей выравнивания, как правило, с фрагментами мощной коры выветривания в раннем кайнозое; весьма ограниченное развитие процессов выравнивания и корообразования преимущественно в процессе образования речных террасовых комплексов в позднем кайнозое.

Подобный общий ход развития процессов выравнивания и корообразования в значительной мере дал основание И. П. Герасимову [31] выделить три неоднозначных главных цикла в истории формирования современного рельефа Земли, которые по времени и основному содержанию процессов морфогенеза в общих чертах соответствуют выделенным выше этапам выравнивания рельефа и корообразования. В сущности говоря, они могут рассматриваться как основные «временные подразделения» выделяемого нами последнего (третьего) тектонического мегаэтапа эволюции рельефа Земли.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поверхности выравнивания и коры выветривания на территории СССР. М.: Недра, 1974. 442 с.
2. История развития рельефа Сибири и Дальнего Востока: Основные этапы развития рельефа. М.: Наука, 1976. 256 с.
3. Проблемы палеогеоморфологии. М.: Наука, 1970. 322 с.
4. Палеогеоморфологический атлас СССР/Гл. ред. Сидоренко А. В.; Отв. ред. Горелов С. К. Л.: ВСЕГЕИ, 1983.
5. Кинг Л. С. Морфология Земли: Изучение и синтез сведений о рельефе Земли. М.: Прогресс, 1968. 559 с.
6. Мещеряков Ю. А. Энциклопедия геоморфологии (рецензия)//Геоморфология. 1970. № 1. С. 83—86.
7. Сваричевская З. А., Селиверстов Ю. П. Эволюция рельефа и время. Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. 240 с.
8. Виноградов А. П. Верхняя мантия Земли. М.: Мир, 1964. 250 с.
9. Салоп Л. И. Геологическое развитие Земли в докембрии. Л.: Недра, 1982. 343 с.
10. Кауфман У. Планеты и луны. М.: Мир, 1982. 217 с.

11. Маров М. Я. Планеты солнечной системы. М.: Наука, 1986. 318 с.
12. Деменицкая Р. М. Кора и мантия Земли. М.: Недра, 1975. 253 с.
13. Проблемы планетарной геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1963. 343 с.
14. Земная кора и структуры рудных полей Урала по геофизическим данным/Отв. ред. Бугайло В. А., Таврин И. Ф. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1981. 107 с.
15. Энциклопедия региональной геологии Мира. Л.: Недра, 1980. 486 с.
16. Феркуген Дж., Тернер Ф., Вейс Л. Земля. Т. I. М.: Мир, 1974. 490 с.
17. Бронштэн В. А. Планеты и их наблюдение. М.: Наука, 1979. 240 с.
18. Милановский Е. Е., Никишин А. М., Бурба Г. А. О вероятной природе поднятий, депрессий и гор Марса//Проблемы геоморфологии гор. М.: Наука, 1984. С. 198—207.
19. Яншин А. Л. Что же такое рифты?//Основные проблемы рифтогенеза. Новосибирск: Наука, 1977. С. 5—6.
20. Милановский Е. Е. Рифтогенез в истории Земли. М.: Недра, 1983. 280 с.
21. Грачев А. Ф. Рифтовые зоны Земли. Л.: Недра, 1977. 246 с.
22. Ротационный режим Земли. М.: Мир, 1982. 310 с.
23. Горелов С. К. О главных закономерностях развития рельефа земной поверхности в древние геологические эпохи//Геоморфология. 1986. № 1. С. 3—12.
24. Хаш В. Е. Региональная геотектоника. М.: Недра, 1971. 548 с.
25. Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Моралев В. М. Глобальная тектоника, магматизм и металлогения. М.: Недра, 1976. 230 с.
26. Горелов С. К. Главнейшие генетические типы горных сооружений СССР и проблема их происхождения//Проблемы геоморфологии гор. М.: Наука, 1984. С. 5—34.
27. Проблемы расширения и пульсаций Земли. М.: Наука, 1984. 268 с.
28. Белоусов В. В. Основы структурной геологии. М.: Недра, 1985. 207 с.
29. Борисевич Д. В., Тимофеев Д. А., Олейников И. Н. Поверхности выравнивания Европы, Азии, Африки//Итоги науки и техники. Геоморфология. Т. 2. М.: Наука, 1973. 231 с.
30. Тимофеев Д. А. Поверхности выравнивания суши. М.: Наука, 1979. 229 с.
31. Герасимов И. П. Три цикла в истории геоморфологического этапа развития Земли//Геоморфология. 1970. № 1. С. 3—16.

Институт географии АН СССР

Поступила в редакцию
26.I 1987

GLOBAL TECTONIC STAGES IN THE EVOLUTION OF THE EARTH'S TOPOGRAPHY

GORELOV S. K.

Summary

Main tectonic stages of the Earth's topography evolution are discussed, including Pre-Riphean, Riphean-Paleozoic and Meso-Cenozoic ones. The author concludes on the relief's evolution proceeding regularly and as a whole irreversibly during the stages under discussion. The present-day topography of the Earth's surface reflects the leading geomorphic processes of all the three stages.

УДК 551.435.04 : 551.8

ТИМОФЕЕВ Д. А.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ ЭРОЗИИ ПОЧВ

Отличительной чертой современной геоморфологии является растущий интерес к изучению механизмов и измерению различных параметров рельефообразующих процессов. В ходе становления и развития геоморфологической науки, проходивших с конца прошлого века и в течение текущего XX столетия, главными объектами исследования были генезис и история развития рельефа (генетическая геоморфология, историческая геоморфология, палеогеоморфология), соотношение и связи рельефа с геологической структурой (структурная геоморфология, морфо-