

# THEORETICAL AND METHODOLOGICAL PREMISES OF THE GEOMORPHOLOGICAL PROGNOSIS

TROFIMOV A. M.

## Summary

A series of problems not yet settled exists in the geomorphological prognosis. Those are considered in the paper: problem of prognostic modelling; character and special features of the time factor; specific correlation of the development controlled by external and internal factors; assessment of importance and significance of conceptual approach; problem of integrated geographic approach and automation of the process (more precisely — construction of geographic information systems aimed at prognosis).

УДК 551.432.3

Г. Ф. УФИМЦЕВ

## ПОЯСА ВОЗРОЖДЕННЫХ ГОР КОНТИНЕНТОВ

Использование ставших традиционными терминов «возрожденные», или «эпиплатформенные» горы избавляет от многословных объяснений, но при этом мы стараемся не обращать внимание на существующие проблемы в выделении этого типа гор среди всего их разнообразия. Обычно к эпиплатформенным (возрожденным) горам относят горные сооружения, возникшие за счет тектонической активизации на месте цикловых денудационных равнин. Наличие последних, впрочем, нередко оспаривается, но это не влияет на само выделение возрожденных горных сооружений. Несомненно, в основе выделения их лежат более основательные геологические и геоморфологические признаки, еще должным образом не сформулированные. Это дело будущего. Обычно же к возрожденным горам относят таковые в пределах палеозойских и более древних складчатых и метаморфических поясов. Сложнее обстоит дело в поясах мезозой — здесь часто появляется сложная проблема отнесения гор либо к возрожденным, либо к эпигеосинклинальным. Не случайно было предложено понятие о подновленных горах [1] как промежуточном звене между эпиплатформенными и эпигеосинклинальными. Анализ тектонического рельефа внутриконтинентальных горных областей показывает, что подновленные горы являются разновидностью возрожденных [2]; иные решения сделают классификацию гор по их отношению к геологической структуре иллюзорной и неэффективной в решении проблемы горообразования.

В настоящей работе мы намереваемся охарактеризовать пояса возрожденных гор континентов.

Горные пояса представляют собой крупные организации рельефа земной поверхности. Обычно их протяженность в 2 раза и более превышает ширину. Составляющие их элементы (неотектонические формы) группируются в линейные цепи. Решающее свойство в структуре горных поясов, как показывает анализ некоторых из них [3], — это наличие упорядоченности в размещении форм, хорошо характеризующее по правилам учения о симметрии.

Размеры горных поясов следующие. Длина их изменяется в пределах 1600—3000 м, а ширина обычно от 600 до 1200 км. Есть горные пояса очень узкие (первые сотни километров), примером их служит Урал. Площадь горных поясов изменяется от 1,0 до 3,3 млн. км<sup>2</sup>, но для поясов возрожденных гор она не превышает 2,2 млн. км<sup>2</sup>.

Необходимо осветить вопрос о кратности деления форм горного рельефа континентов, о шаге изменения размеров форм между уровнями их организации.

Горные области состоят из горных поясов. Последние включают, как правило, три группы форм следующего уровня организации, представляющих собой их крылья, или фланги и осевые части. Эти в свою очередь состоят из трех и более неотектонических зон. При этом горные пояса и неотектонические зоны представляют собой элементы определенных уровней организации, а большие части горных поясов (их крылья и т. п.) есть формы промежуточных уровней организации (подуровней). Существует последовательный ряд уровней и подуровней организации горного рельефа со средним шагом деления на 3. Это соответствует среднему шагу деления форм рельефа вообще [4]. Поскольку уровни организации структуры горного рельефа разделяются подуровнями, то средний шаг деления их оказывается равным 9 (он изменяется от 7 и более). В силу этого мы обычно в классификациях рельефа приспособляемся к десятичной системе.

Возрожденные горы континентов группируются в следующие типы горных поясов: Монголо-Сибирский, Урало-Аппалачский и Восточно-Азиатский. К ним добавляются не имеющие аналогов Центральноазиатский и Восточно-Африканский пояса новейшего орогенеза. Ранее мы привели характеристику Центральноазиатского и Монголо-Сибирского горных поясов и аналогов последнего [3, 5]. Здесь их характеристика дается в объеме, необходимом для систематического изложения.

Горные пояса монголо-сибирского типа в качестве обязательных элементов новейшей структуры имеют большие сводовые поднятия, рифтовые зоны и зоны линейного коробления, представляющие собой сочетания цепей малых сводов с аркогенными надвигами и взбросами на крыльях межгорных впадин. В зависимости от пространственных отношений неотектонических зон горные пояса этого типа распадаются на две разновидности. К первой относятся Монголо-Сибирский и Верхояно-Колымский горные пояса, которым свойственно чередование структуроформирующих элементов вкрест их простирания в строгой последовательности: 1) рифтовая зона; 2) цепь зон линейного коробления; 3) цепь больших сводовых поднятий. Эти неотектонические формы располагаются на цокольном поднятии, охватывающем всю территорию горного пояса [3]. У хорошо изученного Монголо-Сибирского горного пояса общее цокольное поднятие и располагающиеся на нем цепи неотектонических зон имеют ясный парагенез с энергонасыщенными элементами глубинного строения. Общее цокольное поднятие горного пояса обусловлено изостатическим воздыманием над линзой аномальной мантий (астенолитом). Байкальская рифтовая зона является геоморфологическим следствием субвертикального выступа аномальной мантии от краевой части астенолита. Зоны линейного коробления в центральной части горного пояса представляют собой следствия горизонтального сжатия и скучивания литосферы и компенсируют растяжение литосферы в рифтовой зоне. Большие сводовые поднятия формируются в пределах геоблоков, сложенных породами с дефицитом плотности, и испытывают устойчивые во времени изостатические воздымания.

Для другой разновидности горных поясов этого типа свойственно продольное чередование структуроформирующих элементов. Такова ситуация в горном поясе Восточного Китая и в горах Северной Америки, включающих рифт Рио-Гранде, Скалистые горы и горы Маккензи. Эти пояса возрожденных гор также имеют цокольные поднятия, которые обнаруживают тесную связь с более высокими цокольными поднятиями сопредельных эпигеосинклинальных горных поясов. Цокольное поднятие возрожденных гор Восточного Китая на юго-западе соединяется с высоким (3000 м и более) цокольным поднятием сложного горного сооружения Тибета — Гималаев. А цокольное поднятие возрожденных гор Северной Америки является восточным крылом общего поднятия цоколя эпигеосинклинального горного сооружения. Здесь также устанавливается тесный парагенез структуры возрожденных гор с энергонасыщенными элементами глубинного строения. Поднятие цоколя гор происходит

над астенолитом, а рифт Рио-Гранде связан с выступом аномальной мантии [6, 7].

Хорошо выраженный парагенез новейшей структуры горных поясов монголо-сибирского типа с элементами глубинного строения показывает, что они обладают существенными собственными источниками развития. Энергонасыщенные элементы глубинного строения обеспечивают общее сводоподобное воздымание цоколя этих горных поясов, развивающийся на его фоне рифтогенез, компенсирующее последний горизонтальное сжатие и линейное коробление верхних слоев литосферы. Над астенолитом происходит ускоренное изостатическое воздымание геоблоков с дефицитом плотности и формирование среднегорных больших сводовых поднятий. Внешние воздействия, в частности горизонтальные перемещения сопредельных литосферных блоков, являются дополнительным фактором структурообразования для горных поясов монголо-сибирского типа. Они обуславливают появление в их новейшей структуре или осложнений, или дополнительных черт, столь хорошо выраженных в Верхояно-Колымском горном поясе [3].

Горные пояса монголо-сибирского типа располагаются во внутренних частях континентов Северного полушария (Евразии и Северной Америки) и как бы обрамляют древние платформы со свойственными им денудационными и пластовыми равнинами. В одних случаях эти горные пояса хорошо структурно обособлены (вдоль краев Сибирской платформы), в других обнаруживают связь с эпигеосинклинальными горными сооружениями (Восточный Китай, Северная Америка).

Центральноазиатский горный пояс представляет собой комплекс зон линейного коробления (Алтай, Тянь-Шань, Джунгарский Алатау и др.), обрамляющих центральное Джунгарское равнинное междугорье. Линзовидно-ячеистый рисунок разломной сети, распространение надвигов и взбросов на крыльях сводов, рост гор за счет впадин — эти черты новейшей структуры горного пояса свидетельствуют об ее формировании в условиях сильнейшего горизонтального сжатия и раздавливания литосферы с продольным смещением составляющих ее линзовидных блоков. Горный пояс представляет собой часть полосы внутриконтинентальной коллизии литосферных геоблоков.

Новейшим структурам Центральноазиатского горного пояса свойственна билатеральная симметрия, обусловленная гомологическим подобием горных сооружений Алтая и Тянь-Шаня. Она хорошо отражена и в морфологии цокольной поверхности горного пояса: Алтай и Тянь-Шань приурочены к ее градиентным зонам (скатам) с небольшими поднятиями в Русском Алтае и Западном Тянь-Шане. Скаты цокольной поверхности обрамляют центральное понижение, расположенное большей частью в Джунгарском междугорье [5]. Сопоставление новейшей структуры с данными о глубинном строении позволяет предположить, что фланговые системы зон линейного коробления Алтая и Тянь-Шаня располагаются над участками с наклонным залеганием кровли астеносферы. В рельефе земной поверхности они отражаются региональными скатами базисной (цокольной) поверхности рельефа.

Особенности парагенеза новейшей структуры горного пояса с элементами глубинного строения показывают, что благоприятными участками для раздавливания литосферы, линейного коробления и продольного течения ее блоков в условиях внутриконтинентальной коллизии являются градиентные зоны кровли астеносферного слоя. Здесь происходит формирование контрастного горного рельефа. В противоположность горным поясам монголо-сибирского типа в Центральноазиатском горном поясе элементы его глубинного строения являются фактором, обуславливающим пространственную дифференциацию внешних структуроформирующих геодинамических воздействий, в первую очередь сближения (столкновения) литосферных геоблоков.

Центральноазиатский горный пояс не имеет аналогов среди горных сооружений этого ранга на континентах. Зоны линейного коробления распрост-

ранены в других горных поясах, особенно монголо-сибирского типа. Но в них степень дифференциации тектонического рельефа не достигает величин, свойственных горам Центральной Азии, и преобладают низкогорные и среднегорные хребты. Отдельные зоны линейного коробления, не входящие в группировки ранга горных поясов, распространены в северных материках, а в Южном полушарии к ним, видимо, относится только система хребтов и впадин в подножии восточного склона Анд около г. Кордобы в Аргентине. Только в Центральной Азии зоны линейного коробления группируются в единый горный пояс с контрастным горным рельефом, включающий пониженную «срединную массу» в виде Джунгарского междугорья.

Другая не повторяющаяся на материках орогеническая система — это Восточно-Африканский рифтовый пояс. Сведения о новейшей тектонике, извлеченные из работ [8—14 и др.], и представленная на рис. 1 схема тектонического рельефа Восточной Африки позволяют дать его обобщенную характеристику. Обращает внимание резкое различие морфологии тектонического рельефа побережья Красного моря и Аденского залива и Эфиопии, с одной стороны, и территории южнее широты оз. Туркана — с другой. В районе Красного моря мы видим классическую форму рифтовой системы: центральный Красноморский рифт пересекает по оси протяженное сводовое поднятие; на окончаниях этого рифта от него отходят по две рифтовых долины, осложняющих периклиналы свода. Генетический ряд рифтовых долин — рифтовые долины Центральной Эфиопии, Афар, рифты Суэцкий и Акаба, Красноморский и Аденский рифты — обозначает все стадии рифтогенеза с расколом континента, расхождением материковых массивов и заложением срединно-океанического хребта. На материке и в пределах акваторий распространены поперечные или кососекущие трансформные разломы, хорошо видимые в Эфиопии и Сомали даже на весьма обобщенной модели тектонического рельефа (см. рис. 1). В Эфиопско-Красноморском регионе мы видим целостную группировку неотектонических форм — гигантское сводовое поднятие и осложняющие его рифты — которая является результатом раскола континента и начальных стадий формирования океанической рифтовой системы. В силу этого Эфиопско-Красноморская рифтовая система не может быть отнесена к категории возрожденных материковых орогенических поясов. Она уже в значительной мере прошла эту стадию развития.

Южнее оз. Туркана мы сталкиваемся с другой ситуацией, хотя в новейшей структуре Восточной Африки на юг до долины Замбези главным структуроформирующим элементом также являются рифтовые долины. Обратим сначала внимание на характер отношений между рифтовыми системами Восточной Африки и юго-западным звеном Эфиопско-Красноморского рифтового пояса. Граница между ними контролируется крупным поперечным понижением северо-западного простирания, в некоторых работах называемым депрессией Туркана [15]. Эта поперечная депрессия во многом подобна трансформным разломам, секущим Эфиопско-Красноморскую межконтинентальную рифтовую систему (см. рис. 1). В сущности она представляет собой крупнейшую трансформную зону, ограничивающую с юго-запада этот рифтовый пояс. Она хорошо выражена как в тектоническом рельефе, так и в деформациях отдельных поверхностей выравнивания [16]. Обращает внимание и то, что расположенные в пределах этой поперечной депрессии рифтовые долины (Туркана и др.) лишены плечей-противоподнятий в виде наклонных блоков, сопровождающих другие рифты Восточной Африки.

Другая поперечная система линейментов располагается вдоль нижнего и среднего течения р. Замбези (см. рис. 1) и ограничивает с юга район распространения рифтовых долин, совокупность которых образует Восточно-Африканский рифтовый пояс. Он имеет сложную структуру. Это две рифтовые системы (Западная и Восточная), обрамляющие центральное высокоподнятое между-

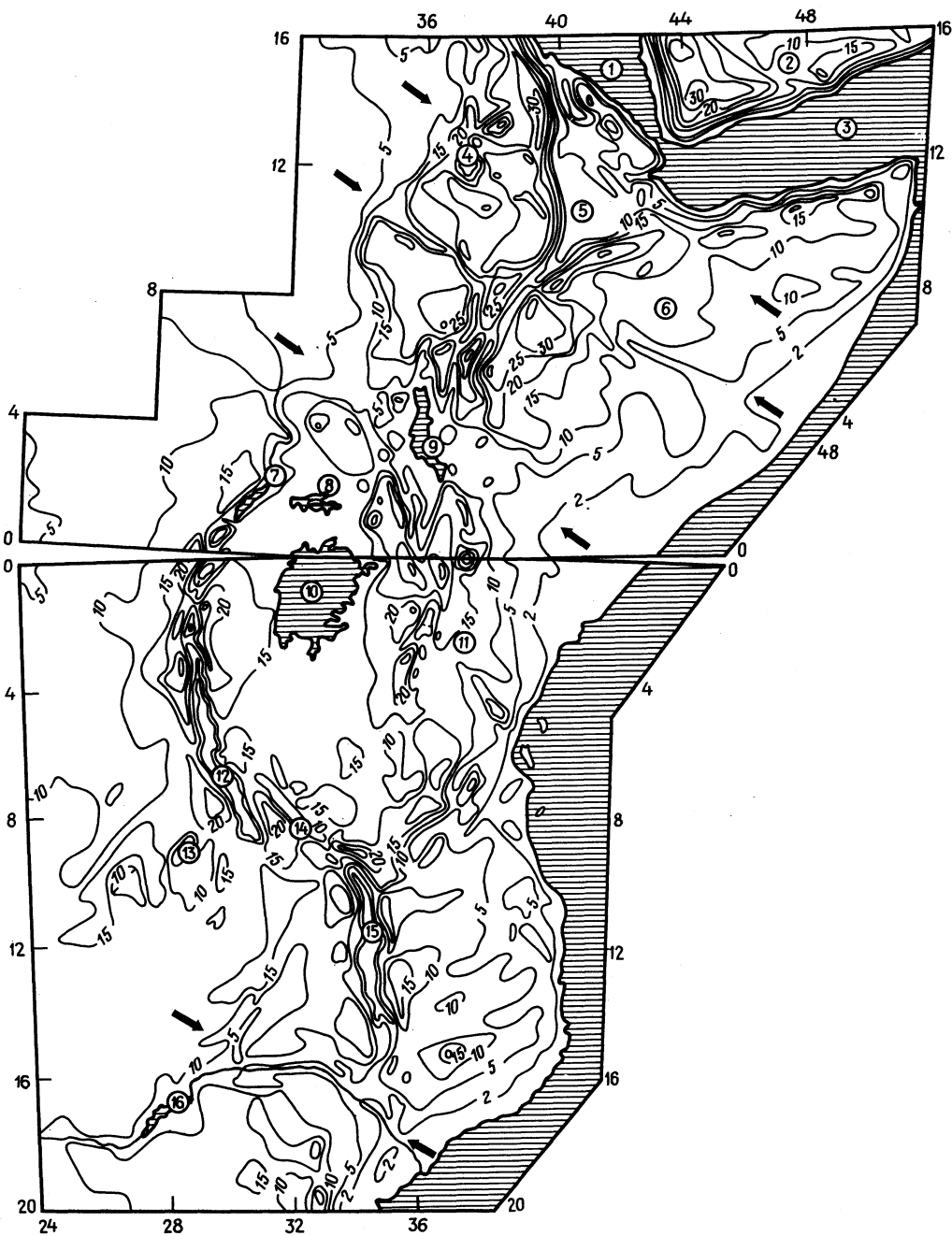


Рис. 1. Тектонический рельеф Восточной Африки. Проведены изогипсобазиты 100, 200, 300, 500, 700, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 м и выше через 1000 м (оцифрованы в сотнях метров). Цифрами в кружках обозначены: Красное Море (1), Аравийский полуостров (2), Аденский залив (3), оз. Тана (4), Афар (5), Огаден (6), оз. Мобуту-Сесе-Секо (7), Кьога (8), Туркана (9), Виктория (10), гора Килиманджаро (11), оз. Танганьика (12), Мверу (13), Руква (14), Малави (15) и водохранилище Кариба (16). Стрелками показаны крупнейшие системы поперечных (трансформных) разломов.

горье вокруг оз. Виктория на юге, у северной оконечности оз. Малави, сходящиеся в единую рифтовую зону.

Западную и Восточную рифтовые системы Восточно-Африканского пояса Е. Е. Милановский [12] относит к различным типам. В новейшей структуре на востоке пояса существенно значение крупных аккумулятивных вулканических построек типа Килиманджаро. Поэтому тектогенные элементы рельефа лучше выражены в Западной рифтовой системе и служащей ее продолжением на юге рифтовой зоне Малави. От долины Нижней Замбези на юге и до оз. Мобуту-Сесе-Секо на севере мы видим единообразно и симметрично построенную систему неотектонических форм: центральная рифтовая долина, сопровождающаяся с обеих сторон наклонными от нее горстами (плечами-противоподнятиями). Осложняют эту систему форм вулканические массивы района Вирунга и глыбовое поднятие Рувензори, расположенное в центральной полосе рифтовой системы. Оно имеет ту же структурную позицию, что и глыбовое поднятие Баргузинского хребта в Байкальской рифтовой зоне. Продолжая сравнение, следует сказать, что наклонные плечи-противоподнятия в Западной рифтовой системе аналогичны таковым вдоль рифтовых долин Прибайкалья, с той, однако, структурной разницей, что в Байкальской рифтовой зоне системы наклонных горстов и асимметричных глыбовых поднятий составляют ее северо-западное крыло и отсутствуют на противоположном [17]. При весьма сходном строении рифтовых долин Восточной Африки и Прибайкалья это различие в структуре рифтовых зон является существенным.

Плечи-противоподнятия на противоположных бортах рифтовых долин Восточной Африки определяют билатеральную симметрию в новейшей структуре рифтовых зон и обычно интерпретируются как крылья сводового поднятия, вдоль осевой поверхности которого и располагаются впадины. Но вопрос о первичности рифтовых долин или, напротив, сводового поднятия сложен. Вряд ли на него можно получить однозначный непротиворечивый ответ. С одной стороны, мы видим зрелые рифтовые долины и морфологически молодые наклонные горсты на их бортах, причем характер перестроек долинной сети указывает на их «послерифовое» воздымание. Такова ситуация на восточном низком плече рифта Мобуту-Сесе-Секо [18]. Другая ситуация, видимо, существует, между рифтами Руква и Малави, где сводовое поднятие как бы пререзается узкой рифтовой долиной.

Структура Восточной рифтовой системы аналогична, с той лишь особенностью, что севернее экватора она включает две субпараллельные рифтовые долины, разделенные невысоким поднятием. У экватора они сменяются единым рифтом с высоко расположенным днищем. Здесь рифтовая система также напоминает свод с осевым грабеном (см. рис. 1).

Поперечные и косесекущие разломы типа трансформных, по-видимому, имеют значение в новейшей структуре Восточно-Африканского рифтового пояса. На крыльях рифтовых зон они выражены сквозными понижениями. Но нигде эти линейные элементы не достигают той выраженности в тектоническом рельефе и протяженности, какая существует в Эфиопско-Красноморской рифтовой системе (см. рис. 1). Это дополнительно подчеркивает структурную обособленность от последней Восточно-Африканского рифтового пояса. Если Эфиопско-Красноморская рифтовая система является межконтинентальной, то Восточно-Африканский пояс — часть новейшей структуры континента, специфический тип возрожденных орогенных поясов. Структурная обособленность этих образований отражена и в морфологии главной базисной поверхности, являющейся цоколем неотектонических форм (рис. 2).

Восточно-Африканскому рифтовому поясу свойственно общее сводоподобное поднятие цокольной поверхности, причем центральную его часть занимает междугорье (вернее, междурифтовый массив) района оз. Виктория. Рифтовые долины располагаются большей частью в верхних и средних частях краевых скатов этого цокольного поднятия. В этом прослеживается некоторая аналогия

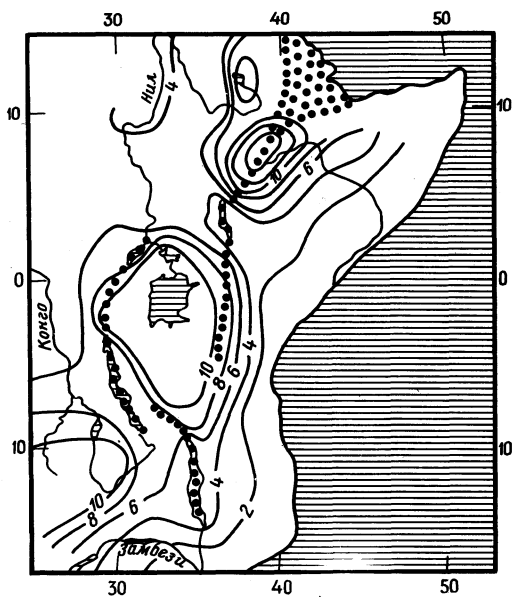


Рис. 2. Главная базисная поверхность (цокольная) рельефа Восточной Африки и позиция в ней крупнейших рифтовых долин (показаны залитыми кружками). Изобазиты проведены через 200 м

с позицией рифта Рио-Гранде относительно рифта цокольной поверхности гор запада Северной Америки.

Новейшей структуре Восточно-Африканского рифтового пояса свойственна билатеральная симметрия: V-образная комбинация рифтовых зон охватывает срединный высокоподнятый равнинный массив. Можно высказать предположение, что такое строение рифтового пояса определено следующей комбинацией элементов глубинного строения: общее поднятие кровли астеносферы, над краевыми погружениями которой располагаются субвертикальные выступы с крутопадающими боковыми ограничениями. Последнее обстоятельство придает, видимо, отдельным рифтовым зонам Восточно-Африканского рифта также черты билатеральной симметрии.

Восточно-Африканский рифтовый пояс является уникальным в двух отношениях: 1) это единственный рифтовый пояс на континентах Земли, занимающий общую площадь около 2,2 млн. км<sup>2</sup>; 2) он единственный же новейший внутриконтинентальный орогенный пояс в южных материках — фрагментах Гондваны. В пределах последней нет других возрожденных гор, образующих группировку размерности горного пояса.

Уникальные на Земле Центральноазиатский горный пояс и Восточно-Африканский рифтовый пояс обнаруживают между собой удивительную аналогию, вернее, антианалогию. В обоих случаях орогенные формы образуют V-образную в плане группировку с билатеральной симметрией и как бы охватывают центральное междугорье. Но в Восточной Африке рифтовые долины обрамляют регион равнин, а в Центральной Азии высокие горные сооружения охватывают пониженное Джунгарское междугорье. Однако рифтовые зоны в первом случае и зоны линейного коробления во втором приурочены к скатам (градиентным зонам) цокольной поверхности. Последняя в Восточно-Африканском рифтовом поясе имеет сводоподобное поднятие, а в Центральноазиатском горном поясе наблюдается противоположная картина [5]. И снова добавим, что эту антианалогию имеют единственные на Земле орогены на уровне горных поясов: рифтовый пояс в Гондване и пояс линейного коробления и скупивания литосферы в Лавразии.

Морфологическое сходство Урала и Аппалачей и одинаковая позиция их в рельефе континентов неоднократно отмечались в литературе [2, 19 и др.]. Эти горные сооружения располагаются между разновозрастными платформами и имеют значительную протяженность при малой ширине. Урал вместе с продол-

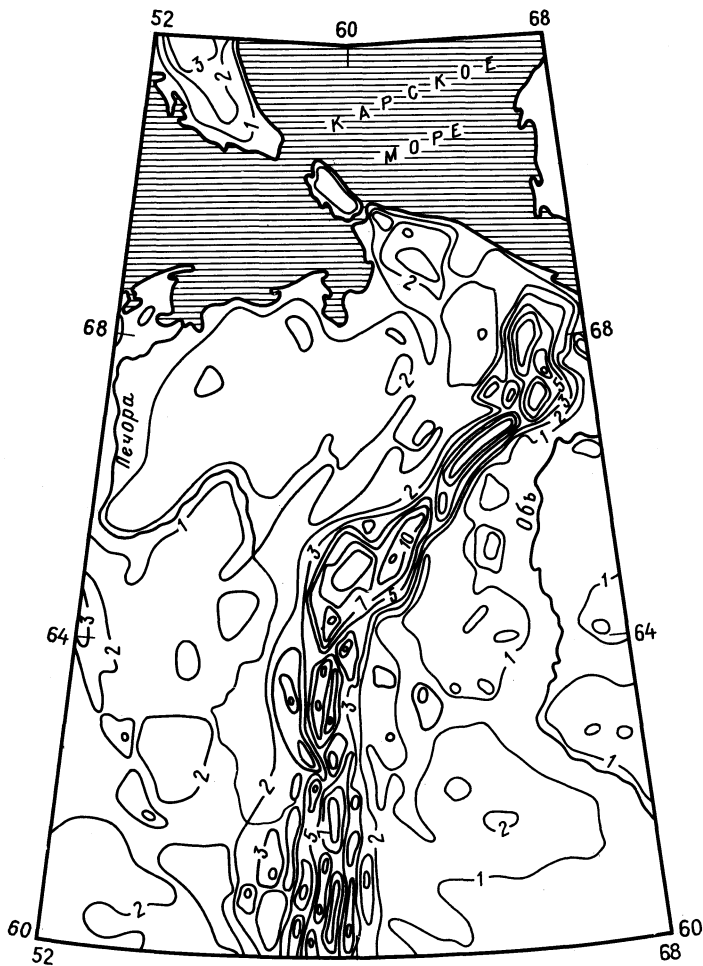


Рис. 3. Тектонический рельеф <sup>60</sup>Северного и Полярного Урала и сопредельных территорий. Объяснение. см. на рис. 1

жающими его горными сооружениями Новой Земли протягивается более чем на 3000 км, а ширина его редко превышает 250 км. В северной части его ширина местами менее 100 км (рис. 3). Линейная форма этого горного пояса и расположение на границе разновозрастных платформ указывают на его шовную природу. В равной мере это относится и к Аппалачам.

Морфология тектонического рельефа Урала показывает решительное преобладание в нем глыбовых форм, хотя в его расширенных частях, понижениях и на замыканиях возможно наличие и весьма пологих сводовых изгибов [2]. В Северном, Приполярном и Полярном Урале, где горный пояс обладает малой шириной, господствуют глыбовые поднятия, разделенные по простиранию поперечными и косесекущими разломами, выраженными обычно узкими сквозными понижениями тектонического рельефа (см. рис. 3). Эти разломы редко выходят за пределы горного пояса, что указывает на наличие протяженных пограничных разломов. На восточном склоне Северного Урала они образуют довольно высокие тектонические уступы, которые практически не имеют базальных фасет; краевые разломы чаще имеют падение под горный пояс. Известны также крутые надвиги и взбросы, по которым породы фундамента надвинуты на мезозойско-кайнозойские отложения краевой части Западно-Сибирской молодой плиты. В осевой части горного пояса выдавленные массивы ультраба-



зитов часто слагают высокие горсты. Это указывает на формирование новейшей структуры Урала благодаря горизонтальному сжатию литосферы [21].

На Южном Урале новейшая структура характеризуется наличием ряда субпараллельных узких горстов, располагающихся на общем поднятом основании. Преобладают глыбовые формы. Новейшая структура этой части горного пояса обнаруживает аналогию с глыбовым поднятием Сетте-Дабан у юго-восточного края Сибирской платформы. Что касается Северного и Полярного Урала, то он по своей структуре подобен Тукурингра-Джигдинскому поднятию в Приамурье [22]. Последнее, как и Сетте-Дабан, представляет собой неотектоническую форму шовного типа. Если учесть другие особенности Уральского горного пояса — линейную форму и положение на границе разновозрастных платформ, обособленность от других горных сооружений — то мы приходим к выводу, что он тоже представляет собой гигантскую неотектоническую форму шовного типа, возникшую благодаря сближению двух крупных геоблоков и торошению литосферы на их границе с воздыманием составляющих ее блоков по разломам, имеющим падение под горный пояс. Особенности тектонического рельефа горного пояса свидетельствуют о преимущественном смещении Русской платформы на восток.

Судя по расчетам геотермических аномалий [23], Уральский горный пояс представляет собой геоморфологическое выражение границы двух геоблоков в различной мощности литосферы. К полосе наклонного залегания подошвы литосферы приурочено это горное сооружение. Здесь мы опять встречаемся с характерной ситуацией — градиентная зона в рельефе кровли астеносферы способствует раздавливанию и торошению литосферы под воздействием горизонтального сжатия.

Во взаимоотношениях Уральского горного пояса с окружающими равнинно-платформенными областями есть одна любопытная особенность, входящая в известное противоречие с его шовной природой. В районах выступов Русской платформы на восток в районе Воркуты и западнее Свердловска горный пояс теряет высоту и морфологическую целостность. Он как бы прерывается широкими сквозными проходами. Между тем, исходя из шовной природы горного пояса, здесь должно было бы ожидать усиления интенсивности новейших тектонических процессов. Этот феномен требует своего объяснения.

На восточной окраине Евразии, где возрожденные и подновленные горы соседствуют с впадинами окраинных морей Тихого океана, располагаются горные пояса еще одного типа. Их основу составляют асимметричные глыбовые поднятия: Колымское (Гыданское), Джугджурское, Сихотэ-Алинское и др. Окраинно-материковые горные пояса восточно-азиатского типа включают и другие формы: зоны поднятий и впадин, сложные комплексы глыбовых неотектонических форм, большие впадины и своеобразные рифтовые зоны.

На восточной окраине Азии выделяются два таких пояса возрожденных и подновленных гор. Первый включает Колымское и Джугджурское глыбовые поднятия, Прихотскую рифтовую зону в районе Магадана и сочетания глыбовых форм (зоны горстов, глыбовых поднятий и долин-грабенов). Второй горный пояс включает Сихотэ-Алинское и Корейское глыбовые асимметричные поднятия, зону поднятий и впадин Восточной Манчжурии, Восточного Дунбэя, комплексы глыбовых форм Приморья и Нижнего Приамурья. Возможно, что южнее есть еще один горный пояс восточно-азиатского типа, включающий глыбовые поднятия Юго-Восточного Китая и Вьетнама.

Обратим внимание на одну особенность новейшей структуры горных поясов восточно-азиатского типа — между составляющими их основу большими глыбовыми поднятиями существуют большие разрывы, либо заполненные системами горстов и долин-грабенов, либо представляющие собой широкие сквозные понижения тектонического рельефа. Примером служит разрыв между Сихотэ-Алинским и Корейским поднятиями. Наиболее цельным из горных поясов этого типа является Прихотский (Джугджур, Колымское поднятие

и сопровождающие их горные сооружения), который может рассматриваться в качестве тектонотипа. Основу его составляют большие асимметричные глыбовые поднятия, парагенетически связанные с Охотско-Чукотским окраинно-материковым вулканическим поясом [22]. Они имеют широкие северо-западные крылья, пологонаклоненные в сторону материка. Противоположные их части, обращенные к впадинам окраинного моря и сопровождающим их формам, представляют собой крутые тектонические уступы и сопутствующие им небольшие впадины и глыбовые поднятия. Протяженные линейные комплексы этих форм являются геоморфологическим выражением зон глубинных разломов вулканического пояса. Здесь в новейшей структуре господствуют продольные разломы, на противоположных «материковых» крыльях поднятий заметную роль играют поперечные разломы северо-западного простирания.

У юго-западной части Колымского поднятия располагается система больших грабенов и разделяющих их глыбовых поднятий, имеющая структуру типа битой тарелки, обусловленную характером сети молодых разломов. Эта зона ранее [22, 24] была отнесена к разряду рифтовых. Она формируется в специфических условиях и представляет собой геоморфологическое выражение полосы утонения земной коры в процессе ее растяжения вдоль границы впадины окраинного моря. В пределах последней геолого-геофизическими исследованиями выявлены аналогичные рифтовые зоны, прекратившие развитие и перекрытые отложениями плитного комплекса. В Северном Приохотье мы видим в рельефе раннюю стадию процесса формирования чехла молодой платформы. В самой начальной стадии процесс растяжения и утонения земной коры, по-видимому, проявляется в районе между Джугджурским и Колымским поднятиями, где крупная ступень среднегорья расчленена ромбической системой долин-грабенов и малых впадин, открывающихся на юг, в сторону Охотоморского шельфа [22].

На противоположном (материковом) крыле горного пояса большие глыбовые поднятия часто сопровождаются системами глыбовых поднятий и долин-грабенов. Дифференциация тектонического рельефа здесь обусловлена активными автономными воздыманиями геологических тел, преимущественно массивами молодых гранитоидов пониженной плотности.

При оценке формирования горных поясов восточно-азиатского типа важно учитывать следующие обстоятельства. Эти горные пояса сопряжены с обширными областями погружения шельфовых частей окраинных морей или зонами растяжения и утонения земной коры по их периферии. Следовательно, эти горные пояса так или иначе взаимодействуют с областями преобладающей рифтовой или квазирифтовой геодинамической обстановки. Структуроформирующим элементом горных поясов восточно-азиатского типа являются асимметричные глыбовые поднятия, обрывающиеся в сторону окраинных морей высокими и протяженными тектоническими уступами. В главных своих характеристиках эти поднятия джугджурского типа [22] обнаруживают аналогию с поднятыми краями гондванских материков и субконтинентов — с поднятым в виде наклонного горста западным краем Аравийского полуострова (см. рис. 1), с Западными Гатами Индостана или Большим Водораздельным хребтом на востоке Австралии [25], которые сопровождают либо межконтинентальные рифты, либо области растяжения и интенсивного погружения океанической земной коры. Формирование окраинно-материковых горных поясов восточно-азиатского типа мы рассматриваем как своеобразную реакцию краев «устойчивого» континента на интенсивные погружения в областях окраинных морей Тихого океана.

Это не является единственной причиной формирования поднятий Джугджура, Сихотэ-Алиня и Колымского нагорья. Оно накладывается на другие не менее важные факторы. В районах этих поднятий отмечается увеличение мощностей земной коры, и они испытывают устойчивые изостатические воздымания. Приуроченность этих поднятий к окраинно-материковым вулка-

ническим поясам определяет появление других процессов. В эпоху активного формирования вулканических поясов произошла существенная тектономагматическая переработка земной коры и особенно осадочного и гранитного ее слоев. Наличие многочисленных интрузий и вулканотектонических структур, сложенных породами пониженной плотности, обусловило массовое проявление автономных воздыманий геологических тел [22]. Это обеспечило во многом значительную дифференциацию тектонического рельефа в пределах глыбовых поднятий, составляющих основу окраинно-материковых горных поясов востока Азии. При одинаковых или даже местами меньших высотах эти глыбовые поднятия отличаются от поднятых краев гондванских континентов именно высокой степенью сложности тектонического рельефа.

Возрожденные горные пояса суши обнаруживают большое разнообразие в строении и в геодинамике. В структуре каждого горного пояса имеются основные (структуроформирующие) и дополнительные элементы и элементы-включения. К числу последних относятся чуждые горам неотектонические формы. Таковы равнинно-платформенные включения-междугорья в Центральноазиатском горном поясе и в Восточно-Африканском рифтовом поясе. Основные элементы определяют структурные особенности горных поясов того или иного типа и без них последние теряют свои качественные особенности. Дополнительные элементы новейшей структуры горных поясов, грубо говоря, увеличивают их размеры, не внося в них существенных качеств.

Наибольшим набором основных структурных элементов обладают горные пояса монголо-сибирского типа: рифтовые зоны, зоны линейного коробления и большие сводовые поднятия. Возрожденные горные пояса других типов, как правило, имеют один структуроформирующий элемент: рифтовые зоны в Восточно-Африканском поясе; линейные шовные глыбовые поднятия горных поясов урало-аппалачского типа; асимметричные большие глыбовые поднятия в горных поясах восточно-азиатского типа. Новейшая структура Центральноазиатского горного пояса определяется зонами линейного коробления, но в его западной части структуроформирующее значение приобретают большие межгорные впадины типа Ферганской.

Факты формирования возрожденных горных поясов многообразны и не могут быть сведены к простой схеме, например к приданию ведущей роли горизонтальным перемещениям геоблоков (литосферных плит) или поднятиям кровли астеносферы, а также формированию астенолитов. Первый вариант — решающее влияние внешних факторов на орогенез определяет формирование Центральноазиатского горного пояса, Урала и Аппалачей. Существенное, хотя и во многом неясное влияние внешнего фактора существует в новейшей геодинамике возрожденных горных поясов восточной окраины Азии.

Доминирующее влияние собственных энергонасыщенных элементов глубинной структуры на новейший орогенез свойственно горным поясам монголо-сибирского типа и Восточно-Африканскому рифтовому поясу, хотя здесь нельзя недооценивать значение внешних геодинамических воздействий. Крупнообъемные поднятия кровли аномальной мантии определяют общее сводоподобное воздымание цоколя этих горных поясов, а дайкоподобные выступы аномальной мантии, достигающие поверхности Мохо, обуславливают заложение и развитие рифтовых зон.

Хочется обратить внимание на существенное значение в новейшем орогенезе таких элементов глубинного строения, как участки (полосы) наклонного залегания кровли астеносферы. Конечно, эти рассуждения имеют вероятностный характер ввиду фрагментарности данных о глубинном строении. В регионах господствующего горизонтального сжатия литосферы именно над градиентными зонами кровли астеносферы формируются зоны линейного коробления с большим размахом высот тектонического рельефа и контрастным сочетанием горных поднятий и впадин. Это зоны сгущивания вещества литосферы. В других случаях при относительно небольших перепадах глубин залегания кровли

астеносферы формируются невысокие глыбовые горные пояса шовного типа, примером которых является Урал.

Иная ситуация существует в горных поясах, не испытывающих существенного внешнего геодинамического воздействия. Здесь над скатами кровли астеносферы формируются ее выступы, в зависимости от формы которых меняются симметричные свойства новейшей структуры соответствующих рифтовых зон. Если выступ аномальной мантии приурочен к верхней части ската кровли астеносферы, то образуется рифтовая зона с билатеральной симметрией (Восточно-Африканский рифтовый пояс и Хубсугульское звено Байкальской рифтовой зоны). Если выступ аномальной мантии приурочен к основанию ската кровли астеносферы, как это имеет место в Байкальской рифтовой зоне, то появляются иные симметричные особенности новейшей структуры (наличие продольных осей антисимметрии 2-го порядка и др.).

В заключение затронем одну из актуальнейших проблем эпиплатформенного орогенеза — проблему образования впадин и роста гор. В пределах рифтовых зон, например Байкальской, этот вопрос решается просто. Заложение рифтовых долин определяет развитие сопряженных с ними горных поднятий (плечей рифтов). Такова сущность остаточного-горстового, или байкальского орогенеза [26], при котором появление и увеличение высоты горных сооружений сопровождается образованием впадин, будучи причинно с ним связанным. И судя по строению рифтовых зон, это процесс направленный, непрерывный, не нарушаемый структурными перестройками.

С иной ситуацией мы сталкиваемся при изучении зон линейного коробления. Их новейшая структура, особенно в Центральном азиатском горном поясе, — следствие сводово-глыбового, или гобийского орогенеза [26], при котором происходит рост гор и в высоту и по латерали за счет сопредельных межгорных впадин, вовлекаемых в сводовые воздымания. Нетрудно заметить, что при формулировке механизма гобийского орогенеза [26] проблема образования впадин не рассматривалась — межгорные впадины принимались как уже существующий элемент геологической структуры. Между тем анализ выполняющих их отложений, будь то позднемезозойские впадины Забайкалья и Северной Монголии или кайнозойские впадины Центральной Азии, показал их идентичность в формационном отношении осадкам кайнозойских рифтовых зон. Если принимать во внимание результаты формационного анализа, то в пределах Внутренней Азии можно выделить ряд разновозрастных рифтовых зон [27, 28 и др.]. Последнему противоречат, однако, геоморфологические данные и характер разломной тектоники в зонах линейного коробления, распространение на бортах впадин молодых взбросов и надвигов. Можно, конечно, отнести межгорные впадины зон линейного коробления к рамповым образованиям, хотя это потребует построения довольно сложной модели их развития. Более логично другое объяснение, если учесть что геоморфологические данные характеризуют геодинамику зон линейного коробления за время после образования впадин. Мы должны признать в геодинамике зон линейного коробления чередование стадий образования впадин, может быть, рифтогенеза с сопутствующим ростом гор и сводово-глыбовых воздыманий горных сооружений, захватывающих и впадины. По-видимому, в развитии зон линейного коробления велика роль тектонических пульсаций [29], а сам механизм формирования их структуры значительно более сложный, чем это представлялось ранее.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Хаин В. Е. Возрожденные (эпиплатформенные) орогенные пояса и их тектоническая природа // Сов. геология. 1965. № 7. С. 3—17.
2. Флоренсов Н. А., Уфимцев Г. Ф. Типы и динамика материкового горообразования // Геология и геофизика. 1984. № 1. С. 29—38.
3. Уфимцев Г. Ф. Монголо-Сибирский горный пояс и его аналоги // Геоморфология. 1988. № 1. С. 3—15.

4. Табидзе Д. Д. Объемный анализ рельефа и проблема геоморфологической систематики. Тбилиси: Мецниереба, 1985. 107 с.
5. Уфимцев Г. Ф. Центральноеазиатский горный пояс // Геоморфология, 1989. № 1. С. 5—17.
6. Rio Grande Rift; Northern New Mexico / Ed. W. S. Baldrige, P. W. Dickerson, R. E. Ricker, J. Zidek. New Mexico Geol. Society, 1984. 380 p.
7. Милановский Е. Е. Рифтовая зона Рио-Гранде в Северной Америке и ее тектоническая позиция // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1982. Т. 57. Вып. 4. С. 3—17.
8. Логачев Н. А. Вулканогенные и осадочные формации рифтовых зон Восточной Африки. М.: Наука, 1977. 183 с.
9. Казьмин В. Г. Рифтовые структуры Восточной Африки — раскол континента и зарождение океана. М.: Наука, 1987. 205 с.
10. Казн Л. Геология Бельгийского Конго. М.: Изд-во иностр. лит., 1958. 537 с.
11. Милановский Е. Е. Строение и развитие Африкано-Аравийской рифтовой системы // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1969. № 3. С. 139—140.
12. Милановский Е. Е. Основные черты строения и формирования рифтовой системы Восточной Африки и Аравии // Вестн. МГУ. Геология. 1969. № 1. С. 26—42.
13. Милановский Е. Е. Рифтовые зоны континентов. М.: Недра, 1976. 279 с.
14. McConnel R. B. Geological development of rift system of Eastern Africa // Bull. Geol. Soc. Amer. 1972. V. 83. P. 2549—2572.
15. Almond D. C. Geological evolution of the Afro-Arabian Rift // Tectonophysics. 1986. V. 131. № 3/4. P. 301—332.
16. King L. C. Wandering continents and spreading sea floors on an expanding Earth. New York: John Wiley and Sons, 1983. 232 p.
17. Уфимцев Г. Ф. О структуре Байкальской рифтовой зоны // Геотектоника. 1987. № 1. С. 93—106.
18. Оливер К. Тектоника и рельеф. М.: Недра, 1984. 458 с.
19. Хаин В. Е., Милановский Е. Е. Основные черты современного рельефа земной поверхности и неотектоника. I. Типы мегарельефа материковых массивов // Бюл. МОИП. Отд. геол. 1956. Т. 31. Вып. 3. С. 3—36.
20. Рождественский А. П. Новейшая тектоника и развитие рельефа Южного Приуралья. М.: Наука, 1971. 303 с.
21. Трифионов В. П., Влох В. Н., Алейников А. Л. и др. Неотектоника Урала и ее соотношение с геофизическими аномалиями // Геотектоника. 1969. № 6. С. 100—103.
22. Уфимцев Г. Ф. Тектонический анализ рельефа. Новосибирск: Наука, 1984. 183 с.
23. Чермак В. Геотермическая модель литосферы и карта мощности литосферы на территории СССР // Физика Земли. 1982. № 1. С. 25—38.
24. Песков Е. Г., Мигович И. М. Крайне-континентальная рифтовая система на северо-востоке Азии // Геология и геофизика. 1980. № 2. С. 11—18.
25. Ollier C. D. Morphotectonics of continental margins with great escarpments // Tectonic Geomorphology. Proc. 15-th Annual Binghamten Geomorphology Symposium. Boston: Allen & Unwin. 1984. P. 3—25.
26. Флоренсов Н. А. К проблеме механизма горообразования во Внутренней Азии // Геотектоника. 1965. № 4. С. 3—14.
27. Попов В. И., Таль-Вирский Б. Б., Горянин А. Б. О трансазиятском неотектоническом поясе Навликина // Узбекский геол. журн. 1974. № 5. С. 8—16.
28. Боголепов К. В. Мезозойская тектоника Сибири. М.: Наука, 1967. 328 с.
29. Милановский Е. Е. Развитие и современное состояние проблем расширения и пульсаций Земли // Изв. вузов. Геология и разведка. 1982. № 7. С. 3—29.

Институт земной коры СО АН СССР

Поступила в редакцию  
19.I.1988

## BELTS OF REJUVENATED MOUNTAINS ON CONTINENTS

UFIMTSEV G. F.

S u m m a r y

Rejuvenated mountains form three types of mountain belts: Mongolian-Siberian type, where the tectonic relief is in close association with deep-seated structure; Uralian-Appalachian type (within zones of continental platforms approach); type of continental margins (or East-Asian), elements of which come into being as a response to active subsidence within marginal seas of the Pacific. On continents no analogues-exists of the Central Asian belt of rejuvenated mountains or of the East African rift system: the former is formed within an intra-continental collision zone and the latter is the only neotectonic rejuvenated orogen on southern continents. Causes and conditions of the formation of rejuvenated mountain belts are various. A great importance is attached to protrusions of anomalously mantle (asthenoliths) and to zones where the upper surface of the asthenosphere is tilted and linear warping or narrow sutural block uplifts take place. Tectonic pulsations seems to be essential for the development of linear warping zones.