

МОРФОСТРУКТУРА ЭКВАДОРА

Проблемы формирования рельефа Андийского горного пояса и примыкающих к нему областей всегда представляли большой интерес для планетарной геоморфологии. Однако, будучи расположенным на территории разных государств, он оставался до настоящего времени изученным весьма неравномерно. Наименее исследованными оказались приэкваториальные области, и в частности территория Эквадора. "Если не считать проведенных еще в прошлом веке исследований А. Гумбольдта и других ученых, можно сказать, что систематическое геологическое изучение Эквадора по существу еще не начиналось" [1, с. 480]. Хотя преувеличение проблемы здесь очевидно и с 1975 г. в результате нефтепоисковых работ состояние изученности заметно улучшилось, тем не менее автору настоящей статьи во время полевых маршрутов 1994 г. пришлось столкнуться с противоречивыми представлениями о геологическом и геоморфологическом строении Анд, а также прибрежных гор и впадин, отраженными, с одной стороны, на изданных у нас тематических картах, а с другой – на соответствующих им эквадорских картах. Надо заметить, что результаты исследований ряда вопросов (современные вулканические и тектонические процессы, эрозия почв, гравитационные явления и др.) достаточно регулярно освещаются в изданиях Института военной географии, Эквадорского Центра географических исследований (Панамериканский институт географии и истории) и других изданиях. К настоящему времени вышло более 30 сборников "Revista Geografica" и более 15 выпусков журнала "Paisajes geograficos", материалы которых за последние 25 лет не освещались у нас в реферативном журнале ВИНИТИ. Исключение составляют редкие публикации о геоморфологии Эквадора в европейских журналах ("Geodinamica" и др.).

Не касаясь экзогенных геоморфологических процессов, хотелось бы более подробно остановиться в этой статье на проблемах становления и возраста морфоструктур Эквадора. Помимо восполнения информации по этой проблеме, имеются и другие причины необходимости такого обсуждения. Они заключаются в следующем.

Во-первых, Эквадор – это территория с минимальным количеством Кордильер (их всего две), и вся полоса Анд сужена здесь до 150–250 км, чем резко отличается от Перуанских Анд (370–450 км), Чилийско-Боливийских Анд (до 800 км) и других сегментов этого обширного горного пояса.

Во-вторых, на юге Эквадорских Анд (с продолжением в северном Перу) существует обширный район (200 × 400 км), известный, как пояс Амотапе-Чанчан. Часть этого пояса в геологической литературе называют еще Эквадорским порталом. Он не имеет строго очерченных субмеридиональных Кордильер (рис. 1, врезка), и морфоструктура его не "укладывается" в обычные представления о механизме возникновения Анд.

В-третьих, заметная асимметрия в строении поперечного профиля Эквадорских Анд с их более пологими восточными и весьма крутыми западными склонами напоминает как бы застывшую волну на поверхности земной коры, двигавшуюся с востока на запад.

В-четвертых, отсутствие выраженной единой наклонной фокальной зоны Беньофа – Заварицкого (или сближенных зон), а также расслоенность глубинных интервалов с концентрацией очагов землетрясений (рис. 2), отраженные на недавно изданной сеймотектонической карте Эквадора в масштабе 1:1000000 [2]; ранее это было известно лишь для Перуанских Анд [3]. Эта черта строения земной коры препятствует использованию механизмов, предусматриваемых моделью "тектоники плит", и заставляет искать иные объяснения становлению морфоструктур этого региона.

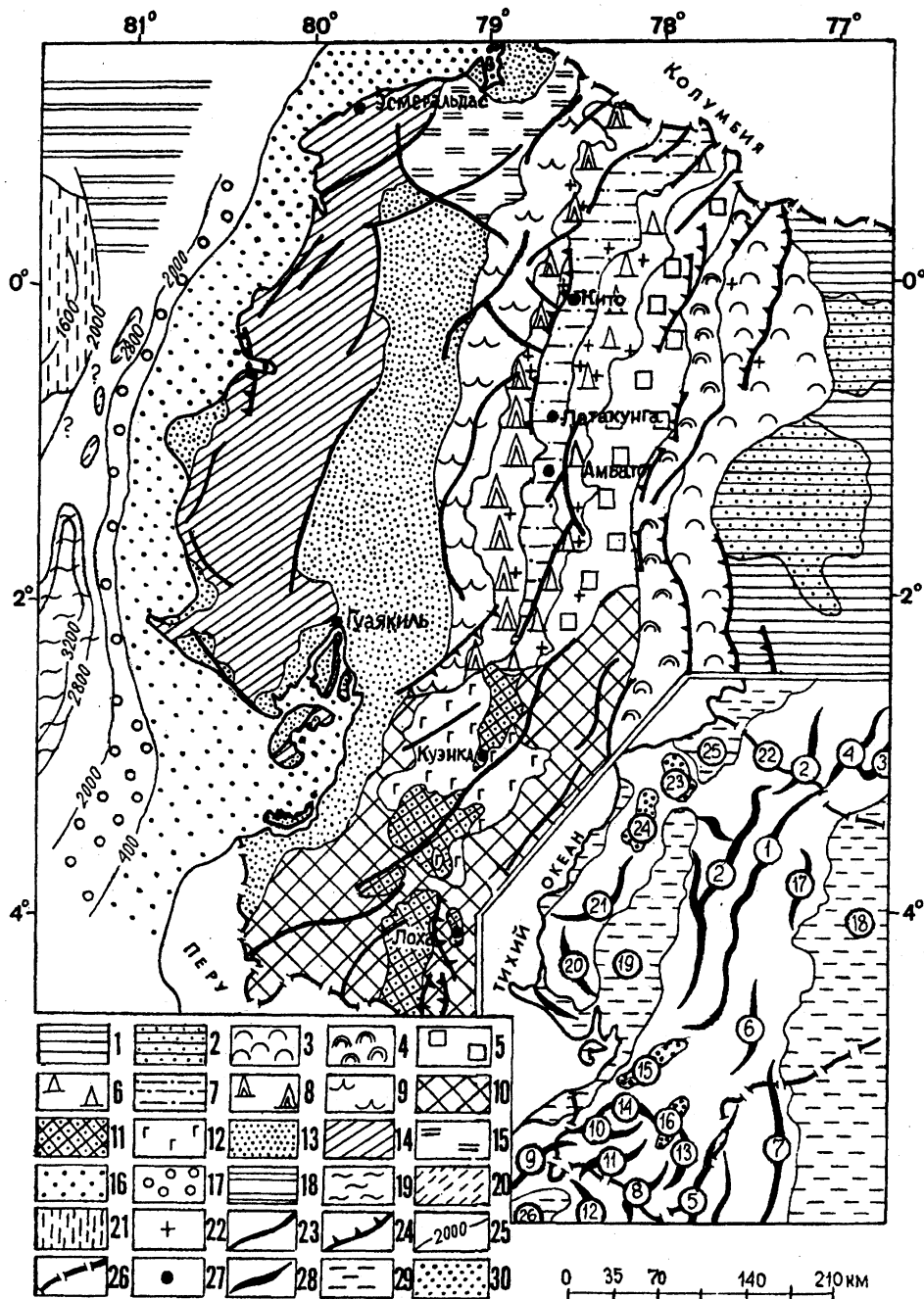


Рис. 1. Морфоструктура Эквадора

Суша. Морфоструктуры платформенных равнин (провинция Ориенте): 1 – пластово-денудационные и пластово-аккумулятивные равнины (150–200 м), сложенные четвертичными и неогеновыми песками, глинами и суглинками; 2 – наклонные равнины (300–500 м) неоген-четвертичных конусов выноса. Морфоструктуры области сочленения платформенных равнин и орогенных сооружений Эквадорских Анд: 3 – низкие (600–1000 м) хребты, ступенчатые плато, брахисинклинальные и брахисинклинальные возвышенности и впадины; 4 – чешуйчато-надвиговые низко- и средневысотные (600–3500 м) хребты и межгорные впадины. **Морфоструктуры Эквадорских Анд** (провинция Сьерра): 5 – глыбовые хребты Кордильеры Реаль (3700–4500 м) на протерозойских и раннепалеозойских метаморфических породах; 6 – вулканические горы,

Морфоструктуры Эквадора по орографическим и структурно-тектоническим признакам разделяются (с востока на запад) на а) провинцию Ориенте (часть Верхне-амазонской равнины); б) провинцию Сьерра (собственно Анды); в) провинцию Коста (прибрежные хребты и впадины). Эти признаки требуют специального анализа, поскольку оказывают неодинаковое воздействие на формирование крупных черт рельефа в каждой из провинций.

В провинции платформенных равнин Ориенте подошва меловых осадков по результатам буровых работ располагается на глубине 3000–3500 м [4] и, вероятней всего, соприкасается как с юрскими осадками, так и с породами кристаллического фундамента. Комплекс меловых отложений представлен осадочными породами, в составе которых красно- и сероцветные песчаники, глины, конгломераты, углистые алевролиты, битуминозные известняки. Общая мощность разреза меловых отложений приближается к 2000 м [1, 5]. В их залегании обнаруживаются пологие и иногда асимметричные брахискладки. Оси складок ориентированы параллельно оси Анд и, возможно, отражают волнообразное коробление верхних горизонтов земной коры. Палеоген-неогеновые осадки залегают на меловых отложениях с размывом. Они представлены глинами, красноцветными песчаниками, алевролитами, глинистыми сланцами, фациально замещающимися в западной части равнины Ориенте конгломератами и грубозернистыми песчаниками. Их залегание также характеризуется наличием субмеридионально вытянутых брахискладок. Неоген-четвертичные отложения содержат пески, глины, рыхлые туфогенные породы; четвертичные – глины, илистые суглинки озерно-аллювиального, аллювиального и оползневого происхождения [6]. Они, как правило, подчиняются структурам палеогеновых толщ и в некоторых случаях надвинуты друг на друга (рис. 2).

сложенные четвертичными лавами, и высокие плоскогорья на докембрийских и раннепалеозойских метаморфических породах в пределах Кордильеры Реаль (3700–5800 м); 7 – высокие (2700–3800 м) ступенчатые равнины внутриандийских впадин-грабен (депрессия Кито-Куэнка) на смятых в пологие складки позднеплиоценовых–четвертичных пирокластических и лавовых комплексах пород; 8 – вулканические горы и плоскогорья Кордильеры Оксиденталь, преимущественно на меловых вулканитах; 9 – денудационно-тектонические горы (3000–4000 м) и нагорья Кордильеры Оксиденталь, преимущественно на меловых вулканитах. Пояс Амотапе-Чанчины; 10 – денудационно-тектонические средневысотные (1800–2500 м) горы на разнородных и разновозрастных комплексах пород, включая метаморфические, осадочные, вулканогенные и др.; 11 – грабен-синклинальные котловины, выполненные преимущественно миоценовыми вулканогенно-осадочными породами; 12 – вулканические плоскогорья и плато на четвертичных лавовых и пирокластических породах. *Морфоструктуры прибрежных хребтов и впадин* (провинция Коста): 13 – денудационные и аккумулятивные равнины в грабен-синклинальных депрессиях, выполненных неоген-четвертичными осадками; 14 – низкие (600–900 м) горст-антиклинальные и моноклинальные хребты и массивы; 15 – низкие (300–600 м) денудационные плато.

Дно океана. Морфоструктуры подводной окраины материка: 16 – цокольные и аккумулятивные равнины шельфа (0 – 400 м); 17 – наклонные равнины и плато континентального склона и его подножия. *Морфоструктуры переходной зоны:* 18 – абиссальная равнина (юго-восточная окраина Панамской котловины, –4200 – –2000 м); 19 – равнины и склоны северного окончания Перуано-Чилийского глубоководного желоба (–3175 – –2800 м); 20 – равнины на днищах отдельных замкнутых котловин (–3100 – –2800 м); 21 – глыбовые хребты и высокие равнины вала Карнеги (–730 – –1600 м).

Элементы морфоструктуры. 22 – конусы вулканов. Разрывные нарушения, подтвержденные полевыми исследованиями или бурением: 23 – сбросы; 24 – надвиги.

Другие обозначения. 25 – изобаты, м; 26 – границы Эквадора; 27 – города; на *орографической схеме* (врезка): 28 – оси горных хребтов; 29 – равнины; 30 – массивы и плоскогорья. *Кордильеры* (цифры в кружках): 1 – Реаль, 2 – Оксиденталь, 3 – Ориенталь, 4 – Централь, 5 – Дель-Кондор, 6 – Вьеха-де-Кутуку, 8 – Лос-Лахуньяс, 10 – Ларга, 11 – Де-Селиса, 12 – Хуамани, 13 – Де-Замора, 14 – Чина, 17 – Дель-Хуакра-Урсу, 20 – Де-Колонче, 21 – Де-Бальсар, 22 – Чилтасон. *Сьерры:* 7 – Кампанкис, 9 – Амотапе, 23 – Онсоле, 24 – Де-Чиндул. Низменности: 18 – Ориенте, 19 – Дауле-Бабаойо, 25 – Сан-Лоренсо, 26 – Хуаса. *Плосковершинные массивы:* 15 – Нудо-де-Партете, 16 – Парамос-де-Матанга. Названия кордильер и сьерр даны по их полным названиям на картах Эквадора

Между провинцией равнины Ориенте и Андийскими орогенными сооружениями располагается переходная зона морфоструктур – узкая полоса низких и средне-высотных хребтов и массивов. Высота последних увеличивается главным образом при наложении на них вулканических конусов (вулканы Ревентадор, Сумако и др.). Полоса хребтов вытянута в меридиональном направлении более чем на 650 км и в тектоническом отношении соответствует зоне сближенных надвигов (рис. 2). В ее пределах иногда обнаруживаются выходы на поверхность осадочных, вулканогенно-осадочных и интрузивных пород палеозойского, мезозойского и раннекайнозойского возраста.

Палеозойские (по [6] это карбон) породы представлены морскими известняками, алевролитами, кварцитовидными песчаниками [4, 6, 7]. С размывом на них залегают среднеюрские – нижнемеловые красно- и сероцветные песчаники, глины и конгломераты, переслаивающиеся с диабазами, долеритами, риолитами или прорванные (?) ими. Меловые осадки также содержат песчаники и алевролиты. На них с размывом залегают толщи палеоген-неогеновых отложений, сходные с одновозрастными породами равнины Ориенте (рис. 2). В крайней западной части этих структур на поверхность выходят граниты и триас-юрские гранодиориты (абс. возраст 156 ± 45 и 87–178 млн. лет). Здесь же вблизи экватора располагается действующий вулкан Ревентадор, 3562 м.

Все это дает основание для выделения на морфоструктурной карте специфической области, где происходит сочленение равнины Ориенте и Эквадорских Анд (рис. 1).

Морфоструктуры Эквадорских Анд разделяются на две области: северную и южную. Северная область включает Кордильеры Оксиденталь и Реаль, а также узкий пояс внутриандийских впадин; южная – систему коротких и по-разному ориентированных Кордильер (рис. 1, врезка), называемую поясом Амотапе-Чанчан [1, 5]. Прямого продолжения Кордильер Реаль и Оксиденталь в этом поясе не наблюдается.

Кордильеры Реаль и Оксиденталь характеризуются несколькими особенностями. Кордильера Реаль сложена в основном раннепалеозойскими мигматитами, гранито-гнейсами, кристаллическими сланцами, филлитами, амфиболитами и серпентинитами, т.е. комплексами метаморфических пород. На них с несогласием залегают неоген-четвертичные вулканы мощностью 200–600 м, на которые "насажены" конусы четвертичных вулканов (рис. 2). Кордильере Оксиденталь слагают меловые вулканогенно-осадочные породы, прорванные вдоль западной окраины интрузиями кислого состава, относящимися к олигоцену–миоцену (абс. возраст 19–31 млн. лет).

Следует заметить, что риолит-дацитовый вулканизм, прослеживаемый в Эквадорских и Колумбийских Андах в триасе, юре, мелу и кайнозое, как считает К. Оллиер, был связан с эволюцией континентального сиалического материала, а не с плавлением погружающейся океанической плиты. На относительно выровненную денудационную поверхность (средние ее отметки 3000–4000 м) здесь также "насажены" конусы четвертичных вулканов. Сравнительно молодой возраст интрузий в этой области указывает на значительный (1–1,5 км) денудационный срез обеих

Рис. 2. Геолого-геоморфологический разрез Эквадора по 2° ю.ш. (по [2, 4] с дополнениями)

Морфоструктурные зоны: I – платформенная равнина; II – область сочленения платформенной равнины и Анд; III – Анды; IV – прибрежные хребты и впадины; V – подводная окраина континента.

Геологическое строение (1–10): 1 – комплексы четвертичных и голоценовых вулканических пород (дациты, андезиты и др.); 2 – неоген-четвертичные вулканы; 3 – вулканогенно-осадочные и осадочные породы (Q₂ – Q₄); 4 – неоген-нижнечетвертичные осадочные породы; 5 – мезозой-кайнозойские осадочные породы; 6 – вулканогенные и вулканогенно-осадочные породы мелового возраста; 7 – палеозойские метаморфические породы; 8 – докембрийские породы кристаллического фундамента; 9 – гранодиориты, граниты, диориты (Mz – Kz); 10 – разрывные нарушения.

Другие обозначения (11–14): 11 – границы осадочных комплексов, установленные при бурении; 12 – гипоцентры землетрясений; 13 – зоны "сейсмического молчания"; 14 – вулканические конусы (в их числе на границе II и III морфоструктурных зон показано положение действующего вулкана Ревентадор, расположенного на экваторе, вне полосы профиля)

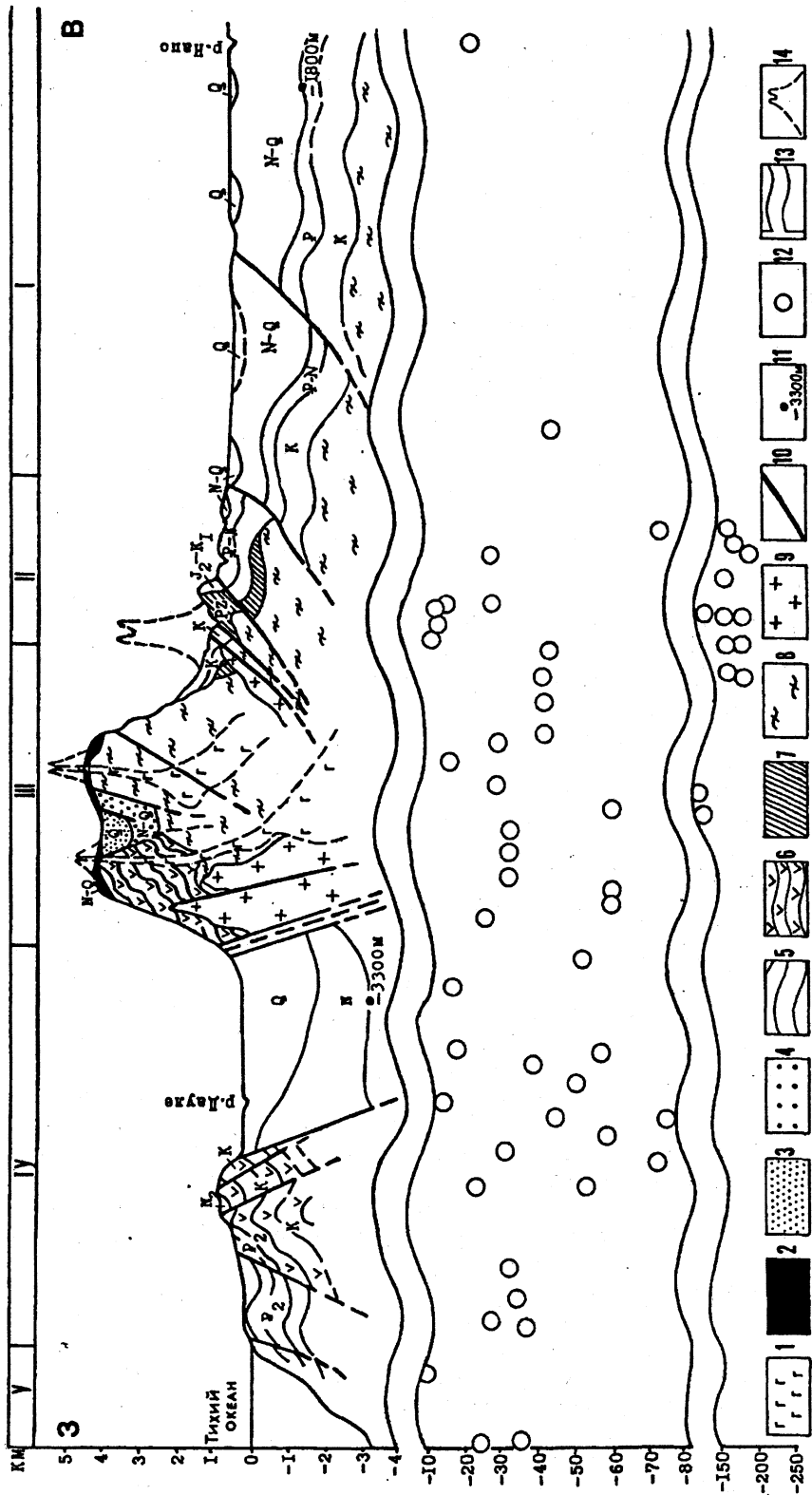


Рис. 2

Кордильер за последние 20 млн. лет. Вероятней всего, он предшествовал эпохе плиоцен-четвертичного вулканизма.

Внутриандийские впадины-грабены, образующие так называемую депрессию Кито-Куэнка, на севере разделяют Кордильеры Реаль и Оксиденталь, а на юге трансформируются в изометричные аazonальные котловины, наблюдающиеся от западного до восточного подножия Анд.

В северном Эквадоре впадины-грабены представляют собой цепочку разновысотных уплощенных поверхностей, которые сложены палеогеновыми, неогеновыми и четвертичными осадками общей мощностью 1700–1900 м. Состав осадков изменяется по разрезу от флювиальных (в том числе селевых) до вулканогенно-осадочных отложений. Ширина поверхности внутриандийских впадин колеблется здесь от 10–12 до 20 км. В основании разреза выполняющих их осадков залегают конгломераты, песчаники, глинистые сланцы эоценового возраста. На них с размывом ложатся миоценовые алевролиты и конгломераты, а еще выше – плиоцен-четвертичные пеплы, конгломераты, лахаровые¹ галечники, глины, пески. Большое место занимают лавовые покровы (андезиты, дациты, редко базальты). Вероятней всего, впадины-грабены в осевой зоне Эквадорских Анд сформировались в конце палеоцена – начале эоцена, когда произошло резкое растяжение центральной части волнообразного поднятия Анд. Их развитие с перерывами продолжалось на протяжении 55 млн. лет и продолжается сейчас.

В южном Эквадоре, в области пояса Амотапе-Чанчан (рис. 1) рельеф внутригорных котловин шириной в 35–40 км характеризуется сильной расчлененностью. Глубина расчленения достигает здесь 400–600 м. По-видимому, это связано с наличием легко размываемых тонкодетритовых алевролитов, туфогенных и пирокластических песчаников, углистых сланцев позднеолигоценового-миоценового возраста. Суммарная мощность этих толщ составляет 1300 м, т.е. несколько меньше, чем во впадинах северных областей Эквадора.

Характерной особенностью морфоструктурного плана пояса Амотапе-Чанчан является наличие на одном поперечнике через Анды двух-трех таких котловин, разделенных плосковершинными денудационно-тектоническими хребтами, высота которых колеблется от 1800 до 2500 м. В пределах этого пояса гор находятся Кордильеры Ларга, Де-Селиса, Де-Замора и другие, ориентированные в разных направлениях (рис. 1, врезка). Эта территория имеет форму неправильного треугольника с шириной основания вблизи границы Перу ~200 км, сужающегося в районе низовьев р. Паутэ до 15–30 км (рис. 1). Здесь преобладают горы, сложенные в основном метаморфическими породами раннепалеозойского возраста [1, 4–6]. Местами последние перекрываются меловыми флишевыми толщами и вулканитами. Здесь же наблюдается довольно много интрузивных массивов. Например, большой гранитный массив в районе Кордильеры Де-Селиса имеет возраст 113–114 млн. лет; гранитные штоки восточнее г. Сарахуро² – 173 ± 4 млн. лет; массив гранодиоритов между городами Лоха и Сарахуро – 52–70 млн. лет; массив севернее г. Катамайо – 50 ± 3 млн. лет. Таким образом, здесь фиксируются следы магматической деятельности в средней юре, раннем мелу, в позднемеловое – палеоценовое время. Всеми этими чертами и морфологией рельефа денудационно-тектонические горы и впадины юга Эквадора заметно отличаются от его северных областей.

К западу от Эквадорских Анд расположены морфоструктуры **провинции Коста**, включающие прибрежные хребты и равнины (рис. 1). Вдоль побережья Тихого океана протягивается несколько низких горст-антиклинальных и моноклинальных хребтов (600–900 м), отделенных от Анд депрессией Дауле-Бабаойо. Ширина депрессии достигает на юге 100–110 км, а длина составляет почти 500 км.

¹ Лахар – грязевой или грязекаменный поток, возникающий, как правило, при таянии ледников, спусках озера, дождевых паводках, связанных с извержением вулкана.

² Здесь и далее по тексту: г. – город.

Горст-антиклинальные и моноклинальные хребты (Кордильеры Де-Колонче, Де-Бальсар и др.) в своей западной половине, обращенной к Тихому океану, сложены смятыми в складки морскими алевролитами, песчаниками, рифовыми известняками эоценового и эоцен-олигоценного возраста. Мощность их достигает почти 6000 м. В нижней части этой толщи залегают крупные глыбы пород (олистостромы), сформировавшиеся в результате подводных обвалов и оползней [1, 5]. Восточную половину кордильер составляют меловые и плиоценовые породы. Меловые толщи представлены алевролитами, известняками, туфами. Верхние части их разрезов напоминают типичный флиш. Тем не менее в составе меловых пород значительную роль играют вулканогенные порфириты, спилиты, их туфы и агломераты, общая мощность которых достигает 3000 м. Как верхнемезозойские, так и нижнекайнозойские толщи сильно дислоцированы складчатыми и разрывными нарушениями. Подошва этих осадков погружается значительно ниже дна Перуано-Чилийского желоба в районе п-ова Санта-Элена.

Денудационная и денудационно-аккумулятивная части озерно-аллювиальной равнины Дауле-Бабаойо сформировались на месте продольной грабен-синклинальной депрессии Костера. По данным бурения в районе р. Гуаякиль подошва неогеновых отложений залегает на отметке -3300 м, т.е. равна уровню дна глубоководного желоба западнее п-ова Санта-Элена. При этом мощность последних увеличивается с востока на запад, тогда как мощность четвертичных осадков, наоборот, возрастает с запада на восток (рис. 2). Неогеновая толща содержит переслаивающиеся морские и прибрежно-морские мелкозернистые песчаники, сланцы, вулканические пеплы, конгломераты миоценового возраста. В верхней части разреза они сменяются плиоценовыми ракушняками, сланцами, песчаниками. Внутри разреза неогеновых осадков обнаруживается три-четыре перерыва в осадконакоплении [1], что свидетельствует о значительных тектонических колебаниях поверхности. Четвертичные отложения в депрессии Дауле-Бабаойо представлены переслаиванием морских алевролитов и песков с континентальными галечниками и песками общей мощностью до 1800 м [4].

Различия в строении разновозрастных осадков, коррелятных рельефу равнин, низких гор, высоких гор, показывают, что морфоструктурные провинции развивались неодинаково, образуя ряд сегментов. Характерным примером служит строение самих Эквадорских Анд, где северные области отличны от южного пояса Амотапе-Чанчан.

Асимметрия и соответствующие отличия наблюдаются и в сейсмических разрезах [2, 8]. На схеме сейсмотектонического районирования Эквадора в северной части Анд (от 1° с.ш. до 2° ю.ш.) прослеживается система сбросо-сдвигов с преобладанием неглубоких (до 33 км) гипоцентров землетрясений; к югу от 2° ю.ш. — система сбросо-сдвигов и очаги землетрясений на глубинах 33–70 км [2]. В распределении гипоцентров землетрясений по профилю вдоль 2° ю.ш. между 81 и 77° з.д., наблюдается их концентрация в интервале 10–60 км, т.е. в пределах верхней части земной коры (рис. 2). При этом характерны надвиговые дислокации [2]. В переходной зоне морфоструктур между равниной Ориенте и Андами отмечается резкое сгущение их на глубинах 145–200 км. Между первым и вторым интервалами наблюдается зона "сейсмического молчания" толщиной в 70–80 км, где очаги землетрясений почти не фиксируются. На этой же широте, но значительно восточнее (до 70°30') отмечены очаги сейсмических толчков на глубинах более 500–600 км [3]. В интервале глубин 500–200 км сейсмических очагов не отмечается. Эти же особенности характерны и для более южных регионов (между 10 и 8° ю.ш.). Таким образом, во-первых, предположения о связях гипоцентров землетрясений с некоторой единой фокальной зоной Беньофа-Заварицкого, погружающейся под континентальную кору Южной Америки, для этого региона не подтверждаются. Скорее можно предполагать существование нескольких пологих фокальных зон, фиксирующих границы верхних пластин земной коры. Во-вторых, абсолютное преобладание гипоцентров землетрясений в интервале малых глубин 4–40 км (64%) указывает на их основное влияние на рельеф. Напомним, что в Эквадорских Андах были зафиксированы 10–12-балльные землетрясения: в

1541, 1585, 1755, 1958 гг. — в районе г. Кито; в 1868 г. — в районе г. Ибарра; в 1698, 1857 гг. — в районах Амбато-Латакунга; в 1645, 1674 гг. — в районе Сан-Мигель — Риобамба. В XX в. довольно сильные землетрясения отмечались на восточных склонах Кордильеры Реаль и в переходной зоне между равниной Ориенте и Андами (таблица). Мелкофокусные землетрясения фиксировались в XX в. и в пределах морфоструктурной провинции Коста: а) в 1976 г. — в районе г. Эсмеральдес, где глубина гипоцентра была 19 км, а магнитуда — 6; б) в 1964 г. — в районе г. Тосахуас, на глубине 34 км, с магнитудой 6; в) в 1933 г. — на шельфе западнее бухты Аянге, на глубине 9 км при магнитуде 6,9; г) в 1932 г. — в районе г. Гуаякиль, на глубине 70 км, при магнитуде 5,8 [2].

Все это, включая данные о распределении гипоцентров и магнитуде землетрясений (таблица), больше свидетельствует о влиянии на рельефообразование перемещающихся приповерхностных пластин земной коры, чем о влиянии глубинных дислокаций.

Не задаваясь целью морфоструктурного анализа всего материала по Южной Америке, мы хотели бы обратить внимание на проблематичность механизма образования рельефа Эквадорских Анд по модели "тектоники плит", т.е. путем надвигания континентальной коры на океаническую [1, 2, 5, 8]. Неоднозначная интерпретация продолжения (?) морфоструктуры Перуано-Чилийского желоба к северу от залива Гуаякиль связана с тем, что наблюдаемая сейчас глубина этого желоба (рис. 1) равна глубине холмистой абиссальной равнины Панамской котловины или даже меньше ее. Следовательно, предполагаемое по модели "тектоники плит" погружение океанической коры под континентальную по фокальной зоне, якобы начинающейся от глубоководного желоба и следующей под континент, становится весьма проблематичным. Кроме того, доказательств океанического происхождения структур региона Коста (высокая сейсмичность, следы подводного вулканизма, наличие в осадках олистостром, значительные мощности неоген-четвертичных отложений) гораздо больше, чем у области северного окончания Перуано-Чилийского глубоководного желоба.

Один из аспектов этой проблемы упирается в механизм и направления перемещения северо-восточной части плиты Наска, реконструкция которой различными исследователями неоднозначна [1–3, 5, 8–10]. Спрединг по рифту, предполагаемому к северу от хр. Карнеги, со средней скоростью 59 мм/год [2, 8] не позволяет объяснить его воздействие на рельеф западного побережья Эквадора, так как направлен параллельно побережью. Кроме того, положение хребтов Кокос и Карнеги, сочленяющихся под углом в 45° и принадлежащих разным плитам по разные стороны рифта, делает неоднозначной как реконструкцию этого участка плиты Наска, так и вообще происхождение Панамской котловины. Из-за высокой сейсмичности, значительного теплового потока, линейных аномалий магнитного поля Панамскую котловину рассматривают [10] как "ветвь срединно-океанического мобильного пояса" (?). Следовательно, ни о какой субдукции в восточном направлении здесь говорить не приходится.

Крайне сложно использование постулатов "тектоники плит" и при объяснении механизмов образования брахискладок и чешуйчато-надвиговых морфоструктур, обнаруживаемых на равнине Ориенте и в Кордильерах Хуакра-Урсу, Вьеха-де-Кутуку и др. (рис. 1, врезка). Перемещение континентальной плиты Южной Америки между 5 и 10° ю.ш. с востока на запад ничего не объясняет в связях глубинных структур с приповерхностными пластинами земной коры. Обоснование фокальной зоны Беньофа-Заварицкого здесь так же проблематично, как и в регионе Коста (рис. 2), а следовательно, остаются под вопросом причины приповерхностных сейсмических деформаций. Кроме того, геологические материалы [1–11, 15], распределение морфоструктур показывают, что движения Южноамериканской плиты происходили по отдельным сегментам и в разное время [12], причем начало такой дифференциации относится к самым первым этапам становления Андийской геосинклинали (т.е. к раннему палеозою) [6, 7, 12].

Местоположение	Год	Глубина очага, км	Магнитуда
Кордильера Реаль			
р. Кофанес (правый приток р. Агуарико)	1987	15	5,5
	1987	10	6,5
В 12 км к ССЗ от влк. Ревентадор	1987	15	6,1
Бассейн р. Асуэла	1987	15	6,5
В 45 км восточнее г. Латакунга	1987	15	6,1
	1987	15	5,9
В 50 км к ЮВ от г. Латакунга	1949	15	5,9
Переходная зона			
В 25 км к северу от г. Пуйо	1988	>40	>6
В 30 км к ССВ от г. Пуйо	1988	>40	5–6
В 35 км к ЮВ от г. Пуйо	1971	173	5–6
В 70 км к ЮВ от г. Пуйо	1986	160	5–6
В 78 км к ЮВ от г. Пуйо	1965	191	5–6
В 20 км к ЮВ от влк. Сангай	1973	44	5,7
В 85 км к ВЮВ от влк. Сангай	1963	33	6,7
В 90 км к ВЮВ от влк. Сангай	1967	62	6,0
Междуречье Пастаса – Морона	1971	121	>6
р. Сантьяго (3°30' ю.ш.)	1963	33	6,7

К свидетельствам дифференцированной активизации тектонических режимов относится, по нашему мнению, дугообразный выпуклый выступ Южноамериканского континента на его северо-западной окраине (между 0 и 18° ю.ш.). Модель "тектоники плит" вообще не рассматривает причины появления такого выступа в этой части Южной Америки, хотя противоположному (восточному) выступу континента, укладывающемуся в контур Африки, посвящены сотни публикаций.

Многочисленные несоответствия между морфоструктурными особенностями территории Эквадора и механизмами образования геологических структур по модели "тектоники плит" заставляют искать иные объяснения происхождению элементов планетарного рельефа в этой части Южноамериканского континента. На наш взгляд, более удовлетворительно объясняет его пульсационно-волновая гипотеза рельефообразования [13, 14]. Напомним, что в ее основе лежат данные: а) о блоково-слоистом строении литосферы, в том числе и верхних горизонтов земной коры; б) латеральном перемещении верхних пластин земной коры; в) влиянии ротационного эффекта Земли на деформации приповерхностных пластин; г) волновом характере таких деформаций; д) пульсационном режиме развития тектогенных структур Земли, связанном со сжатием и расширением земной поверхности, обусловленном прежде всего перераспределением вещества из-за изменений в угле наклона оси вращения планеты [13, 14]. К перечисленным условиям добавим, что Андийский горный пояс (в том числе и Эквадорские Анды) состоит из нескольких сегментов, развивавшихся неодинаково и разновременно [12]. В позднем девоне – раннем карбоне, например, на месте нынешних Центральных Анд уже существовали горные хребты, тогда как на месте Эквадорских Анд еще происходило накопление морских осадков. Различия в развитии отдельных сегментов Анд сохранялись на протяжении фанерозоя при субгоризонтальных движениях верхних пластин земной коры.

Согласно пульсационно-волновой гипотезе рельефообразования, мы исходим из того, что геологические структуры и соответствующие им морфоструктуры Анд заложены на месте одной из субмеридиональных планетарных зон разломов, возникших в докембрии в результате расширения поверхности Земли, связанного с изменением угла наклона оси вращения планеты [16]. Эта зона разломов в дальнейшем служила барьером для передачи горизонтальных напряжений в земной коре с востока на запад [13, 14], возникающих при вращении планеты. В свою очередь, наличие такого барьера в виде зоны глубоких разломов послужило причиной

накопления здесь энергии волновых деформаций и появления так называемых волн сжатия [14]. Последние были связаны как с деформациями гравитационных полей Земли, так и с разнопериодными волнами других видов [14].

В фанерозойской истории Земли предположительно существовали 11–12 периодов с заметными изменениями углов наклона оси ее вращения [16, 17]. Наибольшие отклонения отмечаются: а) для докембрия – более 10° ; б) конца триаса – начала юры – $2\text{--}3^\circ$; в) границы палеоцена и эоцена – 4° ; г) позднего плиоцена – плейстоцена – 3° ; д) конца плейстоцена – 5° [16]. Эти колебания вызывали перераспределение вещества внутри планеты и соответствующие изменения гравитационных полей. Иными словами, перераспределение напряжений в приповерхностных горизонтах земной коры происходило неоднократно, вызывая их накопление прежде всего у зон планетарных разломов.

Если попытаться проследить ход пульсационно-волнового развития Эквадорских Анд, то прежде всего надо согласиться с тем, что равнинная часть материка (в интервале глубин 0–60 км) перемещается с востока на запад, что подтверждается наблюдениями с искусственных спутников Земли. Однако это перемещение может быть связано не с движением всей массы Южноамериканской плиты, а лишь с перемещением приповерхностных пластин земной коры. Таким образом, как механизмы перемещения пластин, так и источники движущих сил оказываются принципиально иными, чем те, которыми объясняют движения литосферных плит. Вертикальные и субвертикальные движения земной коры в Эквадорских Андах и на смежных с ними территориях возникали как совокупный результат нескольких факторов: а) субгоризонтальных подвижек пластин земной коры и короблений их при сжатии; б) образования и деятельности магматических расплавов в областях разуплотнения земной коры; в) наличия циркуляционной ячейки с противоположными направлениями перемещения вещества в меланжево-катакластической среде [13, 14]. С последними обстоятельствами, в частности, могут быть связаны расположение и наклон надвигов на восточной окраине Анд.

Позициям пульсационно-волновой гипотезы удовлетворяет целый ряд признаков субгоризонтального перемещения вещества земной коры на фоне ее периодического расширения и сжатия и связанных с ними явлений. К этим признакам, фиксируемым на территории Эквадора, относятся следующие.

1. Перемещение поверхности равнинных областей Амазонии с востока на запад. Скорости движения при этом варьируют.

2. Расслоенность верхних горизонтов (4–40 км) земной коры, фиксируемая по расположению сейсмических очагов на расстоянии до 550 км от побережья Тихого океана [2].

3. Наличие субмеридиональных антиклинальных и синклинальных асимметричных складок в верхнемеловых и кайнозойских породах, слагающих западные области Амазонской равнины [4], т.е. на расстоянии 200–300 км восточнее Эквадорских Анд. Заметим, что такая же асимметрия с пологими восточными и крутыми западными крыльями прослеживается и в складках палеозойских пород. Это позволяет предполагать длительный унаследованный процесс субгоризонтального перемещения пластин земной коры.

4. Наличие чешуйчато-надвиговых морфоструктур, хорошо выраженных в современном рельефе восточного склона Эквадорских Анд и ориентированных параллельно Кордильере Реаль. Выполаживание надвигов фиксируется на глубинах 4–5 км, а их положение хорошо увязывается с моделью волны сжатия [14], где оно соответствует хрупкой зоне на ее пологом склоне.

5. Асимметричное строение поперечного профиля Эквадорских Анд с более пологим и ступенчатым восточным склоном, обрывистым и крутым – западным. Длина восточного и западного склонов составляет соответственно 245 и 87 км. Эта особенность морфоструктуры так же хорошо объясняется моделью волны сжатия [14] и возникает при перемещении последней в направлении крутого склона.

6. Глыбовое строение осевой зоны Эквадорских Анд, включающее рифтоподобные внутриандийские впадины-грабены. Этот комплекс морфоструктур соответствует на модели волны сжатия границе хрупкой зоны и зоны сжатия, где фиксируются области разуплотнения вещества в земной коре и вулканические аппараты на ее поверхности.

7. Наличие резкого опускания по системам диагональных сбросов и крутому надвигу (рис. 2) западного склона Кордильеры Оксиденталь, что явно подчеркивает перемещение последней в западном направлении. Кроме того, такой надвиг 10–15-километровой толщи пород на расположенную к западу систему прибрежных структур явился причиной заложения и развития депрессии Дауле-Бабаойо. Это удовлетворяет модели образования прогибов в эпохи сильного сжатия в складчатых поясах [18]. Согласно этой модели, при надвигании тектонического покрова в результате упругого изгибания литосферы под нагрузкой покрова перед его фронтом возникает асимметричный прогиб, что мы сейчас и наблюдаем в разрезе отложений депрессии Дауле-Бабаойо (рис. 2).

8. Наличие узкой полосы денудационно-тектонических гор на крутом склоне Кордильеры Оксиденталь, образовавшихся в результате гравитационно-блоковых и гравитационно-складчатых движений. В целом эти движения можно рассматривать как свидетельства разрушения западного склона Кордильеры Оксиденталь, о чем, кстати, свидетельствует и преобладание здесь катастрофических процессов.

9. Существование прибрежной полосы низких горст-антиклинальных и моноклинальных хребтов, сформировавшихся в конце миоцена, свидетельствует о длительном латеральном смещении эвгеосинклинальных образований с востока на запад еще до возникновения северного окончания Перуано-Чилийского глубоководного желоба. Возможно, что образование этих морфоструктур не было связано ни с развитием Анд (в неогене), ни с формированием депрессии Дауле-Бабаойо; скорее всего это реликтовые мезозойские, а частично даже домезозойские образования. В этом отношении полезно рассмотреть представления многих исследователей Чили, Эквадора, Перу о существовании к западу от нынешнего побережья Южной Америки участков суши, опустившихся на дно Тихого океана [12]. Некоторым основанием для этого служат данные о поступлении гранитного материала с запада в Перуано-Чилийский желоб. Эти представления не противоречат механизму спрединга по периферии Восточно-Тихоокеанского поднятия. К. Кэмпбелл предполагает, что дугообразный пояс поднятий Колонче, Чоньон и др. относится скорее к Центрально-Американскому орогеническому поясу, чем к Андам [1, с. 484].

В палеозойско-раннемезозойской истории становления морфоструктуры Эквадорских Анд отмечаются и другие события, которые трудно объяснить механизмами движения литосферных плит. Во-первых, северо-западная окраина Южноамериканского континента фиксируется в палеореконструкциях начиная с протерозоя [12]. Ее очертания здесь не объясняются пока ни одной из геотектонических гипотез. Геосинклинальные условия вдоль западной окраины этой части континента прослеживаются по разрезам осадочного и осадочно-метаморфического комплексов пород начиная со второй половины кембрия. Периодически они возникали в девоне и карбоне, до появления Перуано-Чилийского глубоководного желоба и до начала субдукции океанических и континентальных плит в этом регионе. Во-вторых, первые надводные миогеоантиклиналы на месте Анд к югу от Эквадора реконструируются для конца девона – начала карбона, когда к востоку от Анд располагались шельфовые области, а на месте Эквадорских Анд существовал прогиб ниже уровня океана. В эпоху позднегерцинского орогенеза (в поздней перми) в провинции Коста существовали складчато-вулканические структуры, и на месте Анд – низкотермальные впадины. Общее поднятие всей системы Анд произошло в середине триаса. К этому же времени относятся внедрение части интрузий в пределах Эквадорских Анд и проявления вулканизма [1, 4, 5, 9]. Фазы орогенеза, длившегося с перерывами почти 130 млн. лет [12], завершились в юре ослаблением тектонической активности, некоторым выравниванием рельефа, а также исчезновением моря в провинции Ориенте и фор-

мированием красноцветов. В-третьих, растянутость фаз герцинского орогенеза объяснима тем, что на границе девона и карбона, в позднем карбоне, в ранней перми, на рубеже поздней перми и раннего триаса и в поздне триасово-раннеюрское время (т.е. в интервале 350–190 млн. лет назад) произошло пять изменений в положении оси вращения Земли [16, 17]. Каждый раз это приводило к изменениям гравитационных полей планеты и направлений движения волн сжатия. Наиболее крупные изменения произошли в позднем триасе – ранней юре [16, 17]. Для интервала времени 350–190 млн. лет назад реконструируются четыре эпохи сжатия Земли [19], практически совпадающие с эпохами перестроек углов наклона ее оси вращения, и пять эпох расширения планеты [19]. Это совпадение позволяет предполагать существование между этими явлениями причинно-следственных связей.

Таким образом, на протяжении палеозоя – раннего мезозоя в рассматриваемом регионе отмечаются события, которые не объясняются в глобальных реконструкциях механизмами перемещения литосферных плит (спредингом, субдукцией, коллизией и др.) [20–22], хотя почти всеми признается, что эта часть Анд относилась к "поясу сжатия литосферы" [22]. Для поздне мезозойской – кайнозойской истории андийских морфоструктур в целом и Эквадорских Анд в частности, так же как и для ее более ранних этапов, характерно продолжающееся обособленное развитие отдельных сегментов горных стран. В поздне меловую эпоху в истории Земли наметилось изменение угла наклона оси вращения [16, 17] и максимальное расширение ее поверхности [19]. В эту эпоху на восточной окраине Эквадорских Анд существовали миогеосинклинальные условия, тогда как в их осевой части и на западном склоне – эвгеосинклинальные. В частности, в провинции Коста происходило подводное накопление мощных вулканогенных толщ с порфиритами, кремнистыми сланцами, лавами. Толщи пород, слагающих Кордильеры Реаль и Оксиденталь, на протяжении позднего мела – палеоцена были прорваны гранитными интрузиями.

На рубеже позднего палеоцена и раннего эоцена произошли значительное (на 4°) изменение угла наклона оси вращения планеты [16, 17] и соответствующая этому активизация тектонических движений [13, 14]. Главная фаза орогенеза и связанного с ним образования андийских морфоструктур наметилась в эоцен-раннемиоценовую эпоху, с которой был связан ряд событий. В прибрежной провинции Коста – формирование крупного прогиба в результате надвигания с востока андийской волны сжатия и опускания перед ее фронтом узкой (100–150 км) полосы континента. Следствием этого явилось образование подводных обвалов и оползней, среди осадков которых фиксируются прослой лав и туфов; в горной провинции Сьерра – преимущественно глыбовых морфоструктур Кордильер, а также внутриандийских впадин-грабен. Тем не менее южная область Эквадорских Анд (пояс Амотапе-Чанчан) оставалась менее активной и слабодифференцированной, в равнинной провинции Ориенте шло формирование обширной депрессии. На рубежах позднего олигоцена и раннего миоцена, позднего плиоцена – плейстоцена реконструируются новые изменения в углах наклона оси вращения Земли, причем в последнем случае они достигали 3° [16, 17]. В миоцене, с которым связывают главную фазу так называемого андийского орогенеза, в провинции Коста продолжалось накопление морских осадков, мощность которых превысила 3000 м. В Сьерре в результате расширения присводового грабена волны сжатия, с которым связана цепочка внутриандийских впадин, происходила аккумуляция вулканогенно-осадочных отложений, достигших мощности 1500–1700 м. К этому же времени в полосе Кордильеры Оксиденталь относится внедрение небольших интрузий гранитоидов. Характерно, что в течение позднего мезозоя – кайнозоя появление интрузивных тел смещалось с востока на запад, от триасово-юрских гранитов на склонах Кордильеры Реаль до среднемиоценовых гранодиоритов (10–13 млн. лет) на западном склоне Кордильеры Оксиденталь.

Таким образом, как мы видим, в Эквадоре эпохи смены углов наклона оси вращения Земли предшествуют фазам активизации тектонических движений или частично совпадают с ними.

Во второй половине плиоцена в результате довольно быстрой (2–3 млн. лет) смены угла наклона оси вращения планеты (с 36° и более в олигоцене – раннем миоцене до 10° в плейстоцене) и связанного с этим обстоятельством изменения угловой скорости вращения Земли с 13,2 до 17,9 град/ч [16] произошла резкая активизация тектонических движений, включая ускорение перемещения андийской волны сжатия с востока на запад. В это время в провинции Коста возникли основные морфоструктуры Кордильер Де-Колонче, Де-Бальсар и др. Одновременно продолжалось асимметричное опускание депрессии Дауле-Бабаойо. Последнее, как мы уже говорили выше, было связано с надвиганием на ее восточную окраину всего массива Эквадорских Анд. Волна сжатия Анд увеличила их высоту примерно на 1000–1300 м. С середины плиоцена на фоне значительных сейсмических дислокаций [1] начала образовываться "аллея вулканов", которая существует до настоящего времени. Равнина Ориенте испытала в плиоцене слабое коробление верхних пластин земной коры, в результате чего возникли брахискладки, едва выраженные в современном рельефе.

Выводы

Основными типами морфоструктур, существующих в настоящее время в Эквадоре, на суше являются: 1) пластово-денудационные и пластово-аккумулятивные равнины, строение которых в платформенных и орогенных условиях неодинаково; 2) глыбовые хребты; 3) вулканические горы и плоскогорья; 4) чешуйчато-надвиговые хребты и впадины; 5) денудационно-тектонические горы и котловины; 6) горст-антиклинальные и моноклиналильные хребты. В пределах дна океана здесь выделяются: 1) цокольные и аккумулятивные равнины шельфа; 2) равнины и плато континентального склона; 3) абиссальные равнины; 4) глубоководный желоб; 5) глыбовые хребты. Образование этих морфоструктур связано главным образом с фазой орогенеза в миоцене – раннем плиоцене, но не завершено и продолжается в настоящее время. Возникновению их предшествовало заложение в докембрии субмеридиональной зоны планетарных разломов и последующее развитие в ее пределах геосинклинальных, орогенных, рифтовых условий, а также магматической активизации на окраине материка. Эти режимы видоизменялись и сменяли друг друга на протяжении почти 600 млн. лет. Поэтому в определенной мере Эквадорские Анды обладают как возрожденной, так и инверсионной морфоструктурой. Вместе с тем северный отрезок Перуано-Чилийского желоба (в районе залива Гуаякиль и п-ова Санта-Элена), по-видимому, является реликтовым фрагментом более крупного эоценового прогиба, захватывавшего почти всю провинцию Коста. Поэтому его можно отнести к унаследованно развивающейся морфоструктуре. Развитие морфоструктур протекало на фоне явлений ротации и пульсации Земли и связанных с ними волновых деформаций земной коры. Основной, хотя и не единственной, моделью морфоструктур для Эквадорских Анд служат волны сжатия, ориентированные как в субмеридиональном, так и в субширотном направлениях [13, 14]. Напряжения в них накапливались и разряжались в течение сотен миллионов лет. Если с первыми связано само положение Анд у края континента, то со вторыми (полусобежными волнами) – их дифференциация на сегменты.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кэмпбелл К.Д. Эквадор // Энциклопедия региональной геологии Мира. Л.: Недра, 1980. С. 480–485.
2. Mapa sismotectonica del Ecuador (Mapa parcial del territorio nacional) esc. 1:1 000 000. Quito: Inst. Geograf. Militar., 1992.
3. Карта сейсмичности Тихоокеанского подвижного пояса и Тихого океана м-ба 1:10 000 000 (1896–1968). М.: НПО Аэрогеология, Мингео СССР, 1976.
4. Mapa Geologico de La Republica Ecuador 1:1 000 000 Quito, 1969.
5. Кэмпбелл К.Д. Эквадорские Анды // Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса. Т. 2. М.: Мир, 1977. С. 396–404.
6. Иванов Ю.А., Кравченко М.Ф., Самохин А.А. и др. Объяснительная записка к геологической карте Южной Америки м-ба 1:5 000 000. М.: ВНИИЗАРУБЕЖГЕОЛОГИЯ, 1979.
7. Герт Г. Геология Анд. М.: Изд-во иностр. лит., 1959. 291 с.

8. Castillo R., Delgado A., Oviedo V.-H. Mapa Sismotectonico del Ecuador. Memoria Explicativa. Cons. de Seg. Nac. Quito, 1991. 47 с.
9. Кротошкин П.Н., Шахварстова К.А. Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. Тр. ГИН. Вып. 134. М.: Наука, 1965. 366 с.
10. Удинцев Г.Б. Геоморфология и тектоника дна Тихого океана. М.: Наука, 1972. 394 с.
11. Clapperton Ch., Vera R. La Secuencia Glacial del Cuaternario en el Ecuador: una Interpretation al Modelo de Sauer // Paisajes Geograficos. Quito. 1986. № 16. P. 3–20.
12. Хаин В.Е. Региональная геотектоника. Северная и Южная Америка, Антарктида, Африка. М.: Недра, 1971. 548 с.
13. Ананьев Г.С. Пульсационно-волновая гипотеза рельефообразования Земли. Часть 1. Роль блоково-слоистой литосферы // Вестн. МГУ. Сер. геогр. 1994. № 1. С. 31–38.
14. Ананьев Г.С. Пульсационно-волновая гипотеза рельефообразования Земли. Ч. 2. Волновые деформации и пульсация поверхности // Вестн. МГУ. Сер. геогр. 1994. № 3. С. 10–18.
15. Рябой В.З., Старобинец Л.Н. Сейсмические исследования строения верхней мантии за рубежом. Обзор ВИЭМС. М., 1973. 66 с.
16. Орлова А.В. Пустыни как функция планетарного развития. М.: Наука, 1978. 160 с.
17. Орлова А.В. Изменения климата Земли как показатель неравномерной скорости ее вращения // Проблемы планетарной геологии. М.: Госгеолтехиздат, 1963. С. 50–121.
18. Артюшков Е.В. Физическая тектоника. М.: Наука, 1993. 456 с.
19. Милановский Е.Е. Пульсации и расширение Земли – возможный ключ к пониманию ее тектонического развития и вулканизма в фанерозое // Природа. 1978. № 7. С. 22–34.
20. Зонениайн Л.П., Савостин Л.А. Введение в геодинамику. М.: Недра, 1979. 311 с.
21. Зонениайн Л.П. Реконструкции палеозойских океанов // Дрейф континентов. М.: Наука, 1976. С. 28–71.
22. Ушаков С.А., Ясаманов Н.А. Дрейф материков и климаты Земли. М.: Мысль, 1984. 206 с.

Московский государственный университет
Географический факультет

Поступила в редакцию
15.10.94

MORPHOSTRUCTURE OF EQUADOR

G.S. ANANYEV

Summary

The paper discusses general outlines of morphostructures' evolution and transformation in the Equadorian Andes and adjacent regions. Several morphostructural zones are distinguished: platformian plain of Amazonia, the Andes, coastal ranges and depressions. The topographic units came into being due to the orogenesis phase in the Miocene – Early Pliocene, and were later reactivated during the Late Pliocene – Pleistocene. The mechanism of the Equador morphostructures formation is described most adequately by the model of pulsatory waves. The plate tectonic model cannot explain many geological characteristics of both the land and the Pacific floor. There are inherited, reactivated and inversed morphostructures in different regions of Equador.

УДК 551.435.38:551.312.4

© 1996 г. Э.Г. АНАНЬЕВА, Ю.В. ЕФРЕМОВ, О.Б. ПАРУНИН

ОСОБЕННОСТИ ОЗЕРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА БОЛЬШОМ КАВКАЗЕ

Условия и скорость седиментации в горных озерах Кавказа определяются геолого-геоморфологическим положением озер, степенью проточности, изменчивости стока. В проточных озерах с высоким водообменом скорость осадконакопления невелика, поскольку большая часть взвешенных наносов сбрасывается при русловом стоке. Например, в моренно-запрудном озере Кардывач площадью 0,13 км² и глубиной 18 м, расположенном в лесной зоне и дренируемом р. Мзымта, мощность донных осадков не