

ГЕОГРАФИЯ

УДК 551.4.035.551.4.012 (239.9)

А. Н. Ласточкин

**МОРФОТЕКТОНИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ АНТАРКТИКИ.
I. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ¹**

Введение. История исследования подледно-подводной поверхности (ППП) и ее рельефа (ППР) подробно рассмотрена в специальной публикации [1]. В других работах были изложены результаты общегеоморфологических исследований ППР Антарктики на современном уровне изученности гипсобатиметрии ППП, обеспеченным главным образом созданием гипсобатиметрической основы в рамках международного проекта BEDMAP [2]. Они включают в себя адаптацию к ППР предложенной ранее морфодинамической концепции и ее системно-морфологического обеспечения [3], решение проблемы дискретизации ППП [4], картирование всех ее элементов [5] и состоящих из этих элементов геоморфосистем или орографических форм [6]. Осуществлены общее геоморфологическое районирование [7] и структурно-морфометрические построения, направленные на анализ строения ППП [8]. В настоящей статье содержатся материалы и выводы, которые относятся к интерпретационному этапу геоморфологических исследований Антарктики. Он включает в себя прежде всего морфотектоническое истолкование составленных на этой основе карт, характеризующих ППР – состав и строение ППП. В настоящее время намечаются, как минимум, три тенденции в познании геодинамики и строения земной коры.

Первая из них, характерная главным образом для западных и ряда следующих за ними наших исследователей, заключается в *эмпирическом подходе* к геолого-геофизическому материалу с отказом от поиска и использования каких-либо корреляций между пока еще ограниченными по площади изученными районами и обширными не обследованными территориями, а также между геолого-геофизическими и геоморфологическими данными. При составлении тектонической карты на ней предусматриваются фиксации только тех структур, которые уверенно выделяются по сейсмическим данным. На остальных пространствах предполагается отражение гипсобатиметрического положения ППП, которое неверно называется рельефом [3] и может быть не связано с дислокациями земной коры.

Но и при рассмотрении гипсобатиметрии этой ППП интерполяция значений высот и глубин между отдельными радиолокационными профилями (РЛП) и более или менее изученными участками (районами) осуществляется только на основе грида, вероятно в связи с его ошибочно понимаемой объективностью. Вообще в этом подходе объективность – единственная добродетель исследователя. Действительно, грид сугубо формально может считаться абсолютно объективной основой модели. Однако данное качество последней может

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 03-05-64198).

абсолютно не соответствовать природной реальности. К такому выводу приводят следующие аргументы: 1) она представляет собой «изотропную» прямоугольную матрицу, с помощью которой отражается ППП, главная структурная особенность которой (как и геофизических полей) заключается в ее неоднородной анизотропии [3]; 2) интерполяции и осреднению высот и глубин для получения их значений в узлах грида на неизученных территориях сопутствует неоправданное искажение наблюдаемых данных на отдельных РЛП и площадях с систематическим профилированием. В результате этих процедур гипсобатиметрическая информация неравномерно «размазывается» по всей территории, приводя ее потребителя к неверным представлениям о рельефе ППП даже там, где она изучена достаточно хорошо (и в том числе на самих РЛП).

Другая крайность проявляется в сугубо *теоретическом подходе* – конструировании, казалось бы, наиболее точных математических моделей, при котором модельер часто неоправданно сильно упрощает уже имеющиеся представления о природе, в частности о рельефе подледного ложа. Не случайно на таких моделях в гляциологии данный рельеф с превышениями в сотни и тысячи метров обозначается словом (принимается за) «шероховатость» ППП. Вместе с тем нельзя избежать теоретического обоснования новых методических направлений в геоморфологии вообще и субгляциальной геоморфологии в частности. Прежде всего это относится к использованию учения о симметрии. Для обычного рельефа суши и создавших его процессов данное учение и основанная на нем методика могут считаться неким «излишеством» исходя из обилия геологических материалов и как будто бы исчерпывающего познания механизмов рельефообразования. В условиях же слабой изученности и многочисленных неизвестных ранее в геоморфологии особенностей ППР (который таит в себе не меньше загадок, чем рельеф других планет) методический аппарат учения о симметрии никак не может быть признанным неким экстравагантным инструментом исследования. И не потому что «без рыбы и рак рыба», а в связи с тем, что у изучающих ППР имеется счастливая возможность использования методологии, эффективность которой установлена во многих естественных науках. От такой возможности отказываться нельзя, даже если она требует определенных теоретических усилий по адаптации данного учения и его аппарата к ППР и решению геоморфологических задач.

Приступая непосредственно к динамическому этапу геоморфологических исследований Антарктики, целесообразнее следовать, в соответствии с морфодинамической концепцией [3, 9, 10], предусматривающей решение прямой и обратной задач, направленности от уже известного к неизвестному, т. е. от изученной морфологии к познанию создавших ее или зависимых от нее процессов. Принимая во внимание отсутствие геологических материалов на 96% территории Антарктиды, нужно признать практически полное бессилие традиционных историко-генетических подходов в геоморфологических изысканиях и единственную возможность познания ее морфотектоники при помощи морфодинамической концепции в предлагаемом [3, 9] понимании. При ее реализации *гармонично сочетаются эмпирический и теоретический подходы*. Первый преобладает на статическом уровне, а второй – на динамическом. В качестве эмпирического выступает собственный материал геоморфологии о составе и структуре ППП. Следуя данному направлению, надо решительно противостоять совершенно неоправданным претензиям геофизиков, требующих от геоморфологии «всего и сразу» – незамедлительного истолкования полученной ими гипсобатиметрии ППП без какого-либо анализа состава и строения этой поверхности. Данные требования исходят из ошибочного рассмотрения гипсобатиметрической основы в качестве не ППП, а уже изученного, «готового», рельефа, не предусматривающего каких-либо дополнительных камеральных исследований. А последние, особенно в период становления субгляциальной геоморфологии, как, впрочем, и функционирование ее в дальнейшем, не осуществимы без долго-

срочных усилий и большого объема работ, которые по своим затратам все равно не соизмеримы с затратами на получение гипсобатиметрической информации в поле.

При морфотектоническом истолковании гипсобатиметрических материалов и рассмотренных в предыдущих публикациях общих геоморфологических построений следует иметь дело с исходными данными, в наименьшей степени искаженными различными принятыми в геофизике и картографии преобразованиями, а для решения прямой задачи морфодинамических исследований [3] необходимо широко привлекать опыт субаэральной и субаквальной (морской) геоморфологии. В рамках последних установлены и давно используются многие связи между морфологией земной поверхности (ЗП) и геологическими процессами, выявлены многочисленные признаки их проявления в рельефе и разработаны методические направления их определения и оценки. Речь идет об общепризнанных или уверенно и повсеместно установленных представлениях, таких как, например, об унаследованности простираний, господстве в доновойшей и неотектонической структуре земной коры (и ЗП) вытянутых форм над изометричными, частой субпараллельности и согласованности в их ориентировке и даже их конгруэнтности, о составленности из них решетчатых систем взаимно перпендикулярных зон поднятий и опусканий и другие широко известные закономерности пространственного проявления тектонических движений как на древних и молодых платформах, так и в пределах эпиплатформенных и эпигеосинклинальных орогенов (см. [3, 9]).

В целом, если мы не ограничимся только анализом гипсометрии и орографии ППП, как до сих пор делается в Антарктике, а будем широко применять известные построения, новые методы и их модификации, составляющие структурно-геоморфологический анализ, то это кардинально изменит саму модальность морфотектонических прогнозов. А модальная и многозначная логика, в отличие от классической, оперирует уже не двумя («истина», «ложь»), а многими (например, тремя: «истина», «ложь», «возможность») гнесеологическими категориями, что существенно увеличивает потенциал познания Южного континента. Вместе с тем при литодинамической и связанной с ней тектонической интерпретации ППП следует избегать прямого использования предвзятых историко-генетических представлений, в частности, касающихся развития или отсутствия, распространения и возраста плейстоценовых ледниковых покровов (с их отдельными стадиями и межледниковьями), а также их рельефо- и осадкообразующей роли. В связи со спорностью многих концепций и их отдельных слагаемых вряд ли можно опираться на материалы по четвертичной геологии и палеогеографии областей предполагаемого развития плейстоценовых ледниковых щитов.

Известный нам опыт региональных тектонических исследований нефтегазоносных областей Сибири свидетельствует о том, что наиболее эффективный путь их проведения заключается в составлении дежурных тектонических карт по мере пространственного нарастания и детализации геофизических материалов. При этом на исследованных (сейсмозондированием, площадной сейсморазведкой и бурением) участках (районах) выделяются в соответствии с их изученностью конкретные дислокации с присоединением на карте к таким районам более крупных картировочных единиц, прогнозируемых по данным анализа гравимагнитных полей и структурной геоморфологии. С увеличением объема сейсморазведки и детальности магнитометрических и гравиметрических работ контуры прогнозируемых дислокаций становятся более четкими и сложными, часто меняя свои очертания и даже ориентировку, осложняясь входящими в них более мелкими дислокациями. Прогноз становится более уверенным и обоснованным за счет экстраполяции обнаруженных простираний, интерполяций данных между изученными площадями, установления и использования корреляций между пликативами в осадочной толще и аномалиями полей ΔT_a и Δg_a , между пликативными и разрывными нарушениями в фундаменте и чехле и формами и элементами ЗП. Так или иначе тектонические исследования за счет комплексного анализа геолого-геофизических и геоморфологических материалов включали в себя существенный элемент

предсказания – прогноз простираний, контуров пликативных дислокаций и зон разрывных нарушений, проникающих из фундамента в осадочный чехол, секущих всю его толщу и проявляющихся в современном рельефе. Это существенно сократило затраты на изучение огромных территорий, позволило обоснованно планировать профильные и площадные работы – более дорогостоящую геофизику и бурение.

Отказываться от такого опыта в Антарктике и, в частности, от использования все более быстро увеличивающихся по объему радиолокационных материалов (по сравнению с другими данными региональной геофизики), подвергшихся всестороннему геоморфологическому исследованию, вряд ли целесообразно. К такому выводу нетрудно прийти, учитывая, что этот объем растет не только за счет километров радиолокационных и сейсмических профилей и сокращения межпрофильных расстояний, но и в результате использования опыта всей геоморфологии и установления на его основе прямых и косвенных связей между разрозненными собственно геоморфологическими данными (например, о водосборных бассейнах на континентах и неравномерном накоплении терригенного материала на континентальном подножье), а также между элементами геофизических полей и ППП для выделения линейных морфоструктур, секущих осадочную толщу и фундамент платформы. Думается, что недалеко то время, когда изучение ППП и земной коры Южного континента будет проводиться в том же режиме составления дежурных (тектонических, гипсобатиметрических, геофизических и др.) карт с основанным на знании структуры (анизотропии, основных простираний форм и аномалий) ППП и полей прогнозом строения и развития земной коры и обоснованным планированием последующих профильных геофизических работ с выбором наиболее информативных направлений и частоты профилей.

При этом автор настоящей статьи далек от преувеличения повсеместной эффективности геоморфологических методов изучения строения земной коры в Антарктике, что выражается в сформулированных им общих положениях об обоснованности прогнозирования дислокаций земной коры в зависимости от соотношения унаследованной и автономной составляющих в неотектогенезе [10] и ниже приведенном уточненном динамическом определении понятия «морфоструктура», которое не предусматривает обязательной связи между формами ППП и формами залегания геологических тел в земной коре. Однако не следует и умалять роль геоморфологических исследований, так как только в результате их проведения могут быть оценены новейшие тектонические движения (и неотектонические критерии нефтегазоносности в любых регионах [11], в том числе в Антарктике), выявлены литодинамические процессы и потоки в доледниковое время (с выходом на прогнозы гипергенных месторождений) и особенности динамики в «свободной» гляциосфере и нижнем структурном этаже (базальных горизонтах, по В. М. Котлякову [12]) ледникового покрова. Кроме этого, существует реальная возможность прогнозирования высот и глубин ППП по данным геоморфологической корреляции РЛП и геоморфологической интерполяции наблюдаемых на них значений, что является темой отдельной публикации. Таким образом, главное, что определяет *значение геоморфологических исследований на основе морфодинамической концепции, заключается в их направленности на познание тех геоявлений и их важных аспектов, которые другими методами и науками изучены быть не могут.*

Тектоническое строение и геоморфологический этап развития Антарктики. Различные виды смещений ППП, их направленность, амплитудность и дифференцированность в значительной мере определяются историей развития и связанным с ней строением земной коры. Учитывая существенные ее гетерогенность и разновозрастность, необходимо дать хотя бы краткую справку о геологических представлениях, полученных по отдельным и часто далеко отстоящим друг от друга выходам коренного ложа и ограниченными материалами региональной геофизики [13–16 и др.]. По многочисленным данным и одной из последних версий тектонического районирования [16], **в общих чертах структура земной коры**

Антарктиды складывается из следующих двух крупнейших тектонических провинций с континентальной корой: а) древней, преимущественно докембрийской, Восточно-Антарктической платформы; б) фанерозойского Западно-Антарктического подвижного пояса. Наряду с этим выделяются обширные осадочные бассейны и протяженные мезозой-кайнозойские вулканические провинции на континентальной окраине и вдоль границ тектонических блоков. Глубоководные зоны Южного моря характеризуются корой океанического типа.

Восточно-Антарктическая платформа представлена кратоном – областью добайкальской консолидации и периферическими складчатыми системами, обрамляющими ее с запада. Считается, что она в целом является фрагментом первоначально гораздо более обширной области карельской консолидации Гондваны. Обособление Восточно-Антарктической глыбы, которая в Гондване играла важную роль связующего звена между всеми другими ее составляющими – будущими самостоятельными материками, произошло, по-видимому, в течение позднего палеозоя со времени заложения по ее периферии геосинклинальных поясов, одним из которых является Западно-Антарктический. **Кристаллический фундамент** платформы сложен мигматизированным и гранитизированным комплексом гнейсов и кристаллических сланцев. По своему петрографическому составу, степени метаморфизма и общему характеру структуры он напоминает архейско-протерозойский фундамент других древних платформ Земли. Складчатые дислокации древних пород представлены преобладающими крупными шликативами северо-западного простирания с крутыми падениями на крыльях, относительно пологими деформациями субмеридионального простирания и еще более пологими широтноориентированными складками. Они осложнены древними по заложению и разновозрастными по активизации дизъюнктивными нарушениями, по плоскостям которых происходили резко дифференцированные движения, определившие положение и контуры современных выходов кристаллического фундамента, а также современный ППР, подчиненный в основном глыбово-разрывной тектонике геоморфологического этапа развития платформы. Самые древние отложения **осадочного чехла**, непосредственно залегающие на кристаллическом фундаменте, установлены в западной части Земли Королевы Мод. В целом осадочная толща Восточно-Антарктической платформы состоит из отложений от верхнепротерозойских до юрских включительно и расчленена на верхнепротерозойский (байкальский), среднепалеозойский (раннегерцинский) и верхнепалеозойский–нижнемезозойский (позднегерцинский) структурные комплексы. К наиболее молодым осадкам относятся неоген-четвертичные ледниковые отложения, фиксируемые в основном в прибрежной части Антарктиды.

Трансантарктическая область тектоно-магматической активизации – широкая пограничная зона между платформенной (Гондванской) и складчатой (Тихоокеанской) областями Восточной и Западной Антарктиды. Она включает в себя большую часть Трансантарктического хребта (до гор Шеклтона), горы Элсуэрт, систему депрессий, объединяющих моря Росса, Уэдделла, и равнину Бэрда. Рассматривается в качестве плиты с широким развитием в ее пределах осадков, наиболее древними из которых являются силурские отложения. На геоморфологическом или уже, по крайней мере, на неотектоническом этапе своего развития часть данной области претерпела постплатформенный орогенез с образованием гор высотой до 4500 м. Вдоль побережья моря Росса Трансантарктический хребет осложнен меридиональной системой разломов, с которой связано проявление молодого вулканизма (а также ныне действующий вулкан Эрбус), т. е. эффузивные породы (оливиновые базальты, трахибазальты и трахиты).

Западно-Антарктическая складчатая область служит южнополярным звеном западной ветви Тихоокеанского подвижного пояса и представлена вытянутой и широкой зоной (от моря Скоша до восточного побережья моря Росса), включающей в себя хребты, впадины

и группы нунатаков Антарктического полуострова, Земли Мэри Бэрд, прилегающих к ней берегов Эйтса, Уолгринга, Бакутиса, Хобса, Рупперта, островов (Александра I и др.) и полуостровов (Эдуарда VII и др.). Она разделяется [16] на два геоблока. *Геоблок Земли Мэри Бэрд* отличается широким распространением мезозойских складчатых метаморфизованных вулканогенных и осадочных толщ, прерванных батолитами гранитоидов. В его пределах широко развиты кайнозойские вулканы, слагающие обширное вулканическое плато, надстроенное крупными стратовулканами. Суммарная мощность подводной и подледной плато-базальтовой формации миоцена и терригенных осадков плиоцена составляет первые тысячи метров. В строении *геоблока Антарктического полуострова, или Антарктанд*, выделяются три структурных комплекса. В целом для него характерны многочисленные разнообразные по размерам габбро-гранитные плутоны, мелкие субвулканические интрузии и дайки. Максимальная вулканическая активность здесь приходится на плиоцен–плейстоцен. Среди ее продуктов преобладают оливиновые базальты, андезитобазальты и туфы. Целый ряд вулканов действует до сих пор.

Форма Южного континента в целом и основные осложняющие его морфотектонические образования созданы и обособились друг от друга в *геоморфологический этап истории Земли*, охватывающий значительную часть мезозоя и весь кайнозой. С выделением данного этапа в развитии рельефа Земли [17] согласуются представления сибирских геологов о мезозойском тектогенезе (см. [18] и др.), которые использованы нами при морфотектонических исследованиях Антарктики. Идея о геоморфологическом этапе развития Земли позже дополнилась концепцией о трех главных циклах в развитии рельефа суши [19]. С *самым ранним циклом* связывается формирование базальной поверхности выравнивания или глобального пенеплена мезозойского возраста (триас–юра–мел?) в условиях относительной тектонической стабильности. Во *втором цикле* формирования современного рельефа происходит его дифференциация с чередованием этапов денудации и аккумуляции и постепенным возрастанием тектонической активности земной коры, достигшей своего максимума к концу палеогена–началу антропогена или в неотектонический этап развития Земли. И *третий цикл*, по И. П. Герасимову и др. [19], включает эпоху развития покровных плейстоценовых оледенений и крупных эвстатических колебаний уровня Мирового океана с последующей дегляциацией и эрозионно-аккумулятивной деятельностью рек в гумидных областях. Эти процессы в Арктике и Субарктике привели к усложнению ранее созданного субаквального и субазального рельефа. «В последние десятилетия представления о геоморфологическом этапе развития Земли и его макроциклах не только не утрачивают своего значения, но и приобретают более широкую теоретическую основу» [20, с. 39].

Как соотносится данная концепция с представлениями о геологическом развитии Антарктического континента? На Восточно-Антарктической платформе выделяется поздне-мезозойско-палеогеновый этап тектонической стабилизации (слабо дифференцированных и малоамплитудных поднятий), который как будто бы должен отвечать (со значительным опозданием) первому циклу в геоморфологическом этапе истории Земли. Ему же соответствует примерно в то же время завершающий период средне-мезозойского (среднеальпийского) этапа развития Западно-Антарктической складчатой области – ее общее выравнивание, сопровождаемое опусканиями и компенсирующим их осадконакоплением в смежной с ней зоне морей Росса и Уэдделла.

Второй цикл, или *неотектонический этап*, характеризуется образованием крупнейших деформаций исходного глобального пенеплена, в значительной степени унаследованных от более древних (доновейших) дислокаций. Эти деформации происходят в результате высокоамплитудных поднятий горных хребтов и стран относительно стабильных внутриконтинентальных равнин и опусканий континентальных окраин, включающих в себя внешние низкие равнины-шельфы. Они привели к образованию главных форм и элементов ППП –

геоморфологических районов Антарктического континента с их современными абсолютными высотами и превышениями относительно друг друга. На фоне данных различий в направленности движений повсеместно отмечается резкая дифференцированность движений более мелких блоков земной коры, вызвавших существенное усложнение деформированного пенеплена. Все указанные процессы проходили в условиях покровного оледенения, которое не позволило проявиться в Антарктике третьему циклу рельефообразования.

В качестве признаков молодости горных образований Восточной Антарктиды предполагается изостатическая некомпенсированность некоторых из них (Земля Эндбери, горы Гамбурцева и Голицына), отсутствие у них «корней», однако *данные о мощностях земной коры* вряд ли позволяют сделать такие категорические выводы, тем более, что к этому вопросу непосредственно примыкает проблема гляциоизостазии. Следует подчеркнуть, что представления о распределении мощностей земной коры в плане существенно изменились со времен опубликования «Атласа Антарктики» [21]. Если на содержащейся в нем карте изопакеты отражают зону высоких мощностей (до 50 км и более), окружающую со всех сторон Восточную Антарктику, то на составленной недавно Р. Г. Курихиным (см. [13]) схеме распределение мощностей в целом подтверждается представлениями о наличии выделенной в орографическом плане [6] занимающей ее большую часть обширной Восточно-Антарктической горной страны, объединяющей многие ранее считающиеся разрозненными горные массивы (Гамбурцева, Принс-Чарльз и др.). При этом в ее пределах, а также на хребте Земли Королевы Мод мощности коры намного больше, чем на более гипсометрически выраженных хребтах Трансантарктическом и Антарктического полуострова, а также в Западно-Антарктической горной стране, что, возможно, указывает на недостаточную компенсированность названных горных сооружений.

Интенсификация дифференцированных тектонических движений в неогене–антропогене сопровождалось усилением *вулканической деятельности* на западной окраине Восточно-Антарктической платформы и в пределах Западно-Антарктической горной страны (Земли Мэри Бэрд), где в миоцене возникли крупные стратовулканы. Именно в этих областях на карте гипсометрического положения ППП – для выявления дизъюнктивных и инъективных морфоструктур специально переведенной в проекцию Меркатора – обнаружилось большое количество изометричных и закономерно группирующихся положительных форм, которые, возможно, отражают неактивные в настоящее время вулканические образования. Вулканизм с извержением базальтовой магмы проявился также на северо-восточной оконечности Антарктического полуострова и Южно-Шетландских островов, а также на срединно-океанических хребтах в Южном океане.

Конечно, самым важным геологическим событием, определяющим методическое своеобразие морфотектонических исследований в Антарктиде, является *современное* (кайнозойское) *покровное оледенение* Южного материка. Проблема формирования этого ледникового покрова отражена во многих работах [12, 22–28 и др.]. Если древнее, пермо-карбонное, оледенение никак не выражается в современном рельефе, а лишь запечатлено в мощных толщах тиллитов, обнаруженных не только в Антарктиде, но и в других частях Гондваны (на западном побережье Африки и в некоторых областях Южной Америки), то кайнозойский покров оказал существенное влияние на формирование и особенности ППП.

Вслед за распадом Пангеи и дрейфом составляющих ее континентов Южного полушария после максимума трансгрессии Мирового океана 80 млн лет назад, когда Антарктический континент уже занимал положение на Земле, близкое к современному, а также после отделения его от Австралии (55–45 млн лет назад) создались благоприятные условия для формирования сначала малых ледниковых форм в горах, затем ледников аляскинского типа с выходом их на предгорные равнины и далее отдельных покровов и покровного оледенения материка в целом. К этим взаимосвязанным условиям относились: 1) падение уровня Мирово-

вого океана; 2) освобождение суши из-под его вод, увеличение ее площади и абсолютной высоты; 3) рост альбедо поверхности планеты в целом в связи с появлением сезонного снежного покрова, морских льдов и континентальных глетчеров; 4) установление в ее южной приполюсной части круговой системы течений, существенно изолирующей ее от расположенных севернее океанических вод. По данным глубоководного бурения в Южном океане, ледниково-морские осадки с эрратическими частицами датируются возрастом 25–26 млн лет, а по возрасту самых древних гиалокластитов, ледниковый покров развит в Антарктиде 25–35 млн лет [26]. Отмечаются многочисленные осцилляции в развитии покрова, включающие в себя периоды его незначительных деградаций и последующих наступлений. Например, в районе моря Росса за последний миллион лет фиксируются четыре наступления ледникового покрова [26], а всего 6 тыс. лет назад этот покров перекрывал всю его площадь [12]. После своего максимального развития 4–7 млн лет назад он сократился до современных размеров [24, 26].

Об общей модели формирования подледно-подводного рельефа Антарктиды. Без четкой формулировки хотя бы самых общих и пока, естественно, гипотетических представлений об образовании ППР вряд ли можно сформулировать принципы и разработать методику морфотектонического истолкования этого рельефа. Такие представления составляют модель рельефообразования в Антарктике, которая на данном уровне субгляциальной геоморфологии может быть предложена в первом приближении и в вербальной форме. Ее конструирование прежде всего предусматривает определение рельефообразующей роли главного и повсеместно распространенного геоявления в кайнозойской истории Антарктиды – *покровного оледенения*, масштабы и история развития которого определили специфические условия и механизм формирования ППР.

Прежде всего надо иметь в виду широко распространенные данные о значительном опережении антарктического оледенения относительно ранних эпох оледенения в Северном полушарии. Начало похолодания в Антарктике и формирование современного (кайнозойского) оледенения связываются с падением температуры на Земле за время 60–70 млн лет на 10–12 °С, которое сопровождалось опусканием уровня Мирового океана после максимума его трансгрессии 80 млн лет назад. Затем к еще большему похолоданию привело отделение Австралии от Антарктического материка с образованием квазициркумполярной системы течений в Южном океане (около 38 млн лет назад). Позже более резкое похолодание вызвало отделение Антарктики от Южной Америки, образование пролива Дрейка (22–27 млн лет) и циркумполярного течения, которое в климатическом отношении обособило Антарктиду от более низких и теплых широт. По данным бурения в Южном океане и на континенте (в море Росса), а также по возрасту самых древних гиалокластитов, покровное оледенение сформировалось не позже 25–35 млн лет назад [26]. Таким образом, *время его существования соизмеримо с продолжительностью неотектонического, неоген-четвертичного, этапа развития земной коры, движения которого в общих чертах определили размах высот и глубин современного рельефа, морфологию и контрастность форм ППР.*

Следующей важной палеогеографической особенностью, которую необходимо учитывать при конструировании общей модели рельефообразования, являются в целом *непрерывность покровного оледенения* в течение всего неотектонического этапа, «слабая его изменчивость масштаба стадий, а не ледниковых и межледниковых эпох» [22, с. 134]. Колебания мощности покрова составляют не более первых сотен метров. Кратковременные неледниковые условия предполагаются только в Западной Антарктиде (на равнине Бэрда) в течение коротких периодов (около 3,8 млн лет и 120 тыс. лет назад) [28]. Данная особенность определяет *условия своеобразной консервации по отношению к действиям активных субэразьных литодинамических рельефообразующих процессов* (эрозии рек и флю-

виогляциальных потоков, экзарации горно-долинных ледников), в которой находится ППР с момента формирования мощного покрова, а также древний («допокровный») возраст большинства морфоскульптурных образований, постоянно находящихся в подледном состоянии.

Таким образом, в отношении последних предлагаемая модель предусматривает *условия протекания создавших их литодинамических процессов, принципиально отличающихся от субгляциальных, а затем и субэзральных, и субаквальных условий в Арктике и Субарктике*. Чередование ледниковых и межледниковых эпох, окончательная дегляциация в позднем плейстоцене и голоцене, эвстатические колебания уровня Мирового океана с чередованием стадий выравнивания и расчленения рельефа суши и шельфа действительно способствовали усложнению субэзрального и субаквального рельефа Северной полярной и приполярной областей, что и объясняет выделение последнего, третьего, цикла рельефообразования [19]. Данный цикл в Антарктиде проявился в том, что субгляциальный рельеф на большей части ее территории и в течение значительного отрезка геологической истории (в продолжающийся до сих пор неотектонический этап развития) находился в условиях своеобразной консервации по отношению к литодинамическим рельефообразующим процессам. Результаты их деятельности в это время можно наблюдать только на периферии покрова с выходящими на дневную поверхность участками, свободными ото льда, а также на континентальном склоне.

Более того, налицо условия, создавшие существенные различия в рельефообразовании двух полярных областей. В Арктике и Субарктике, особенно в горных областях средних и низких широт, рельеф ЗП развивался в *обстановке общей дегляциации*. Она определила усложнение более крупных ледниковых денудационных форм более мелкими (троги, кары, врезанные в более древние и крупные цирки и троговые долины), образование в долинах конечно-моренных комплексов, а гипсометрически выше – стадиальных морен, зандровых полей, эрозийных врезов в днища самых молодых трогов. В долинах равнинных рек создаются лестницы вложенных и врезанных друг в друга террас от самых верхних и самых древних до самых низких и молодых (в том числе голоценовой поймы). Террасовые ряды характерны и для морских, и для озерных прибрежных зон.

Логично предположить, что ППР Антарктиды в целом формировался, по крайней мере в начальные стадии своего развития, в обратном направлении – в обстановке *разрастания глетчерных образований* от самых малых форм горного оледенения до ледников аляскинского типа и далее до местных покровов и, наконец, единого ледникового покрова на континенте. При этом, вероятно, создание более крупных и более молодых ледниковых денудационных образований сопровождалось полным или частичным уничтожением (или заключалось в фактическом замещении ими) более мелких и древних форм, что в конечном счете должно привести к *относительному выполаживанию рельефа, или эквипланации*. [29]. Полное выполаживание могло осуществляться только при наибольшей длительности и в связи с ней с максимальным проявлением рельефообразующего эффекта процессов нивального выравнивания вплоть до образования так называемых платформенных цирков и каров и далее – с срастанием этих форм в результате снижения разделяющих их перегородок и формирование эквипленов. Останцы в пределах последних, возвышающиеся над обтекающими их ледниковыми потоками, подвергались окончательному разрушению за счет нивальных процессов, гравитационного перемещения дезинтегрированных минеральных масс на дневной поверхности ледников и их последующей транспортировки этими потоками.

Полное выполаживание могло иметь место лишь в тех частях ППР, тектонические погружения которых позволили им быть наиболее продолжительное время в зоне интенсивных нивальных денудационных процессов, сопровождающих опускающуюся в начальные

этапы оледенения снеговую линию. Совпадение знака тектонических движений и климатических процессов в свободной атмосфере, выразившееся в снижении нижней границы хионосферы, создает необходимое, но недостаточное [*первое*] условие, способствующее полному выравниванию погружающегося под лед рельефа ЗП.

Прежде чем сформулировать второе условие выравнивания, следует сделать специальную оговорку относительно *правомерности сопоставления вертикальных тектонических движений и перемещений слоев в свободной атмосфере*. Основной особенностью свободной атмосферы, как и других первичных (лито-, гидро- и гляцио-) геосфер на Земле, является слоистость [3]. Ее слоистая структура не (или слабо) нарушается при касании с ЗП в двух рассматриваемых ниже геоморфологических обстановках: а) или на равнинах суши, к которым свободная атмосфера приближается за счет своего «провисания» между обрамляющими их горными сооружениями; б) или, наоборот, в пределах самых верхних, привершинных элементов горного рельефа, которые, проникая в ее нижние горизонты, не разрывают их, а лишь вызывают их плавные («пликативные») деформации, при этом существенно не воздействуя на расположенные выше слоистые воздушные массы. В качестве следствия первого варианта выступает климатическая и так называемая физико-географическая зональность, что, по сути дела, есть не что иное, как результат касания субгоризонтальной (выровненной) субаэральной поверхности с субгоризонтальными, разными по своим климатическим характеристикам слоями в свободной атмосфере или, в соответствии с геологической лексикой, «выходами последних на ЗП» [3].

Второе условие заключается в соизмеримости скоростей снижения снеговой линии со скоростями неотектонических опусканий. Наиболее вероятно выполнение двух названных условий в пределах отрицательных морфоструктур на платформенных равнинах. Такое утверждение основано на том, что порядок «нормальных» скоростей дифференцированных вертикальных тектонических движений на последних составляет первые миллиметры в год. Учитывая парадокс скоростей тектонических движений, следует отметить, что данный порядок сохраняется при осреднении их значений за периоды длительностью $n \cdot 10^0 - n \cdot 10^5$ лет [30]. Судя по каровым графикам и оценкам перемещения снеговой линии в горах на территории Евразии [31], этот же порядок скоростей фиксируется и для динамики нижней границы хионосферы. То же можно сказать и об эвстатических перемещениях уровня Мирового океана [9], а также о скоростях осадконакопления. При оценке динамики всех таких вертикально направленных геопроцессов речь идет о «нормальных» скоростях, которые могут характеризоваться в узко локализованных участках и кратковременные отрезки геологического времени аномальными значениями.

Следовательно, совпадение знака и соизмеримость скоростей тектонических движений и перемещения снеговой линии, в соответствии с изложенными представлениями, определили выравнивание рельефа днища подледных впадин в пределах внутриконтинентальных и окраинных низких равнин Антарктиды. Чаще всего замкнутый характер геодинамически обусловленных впадин и котловин, широко распространенное примерзание нижних, базальных, горизонтов ледникового покрова к ППП и вытекающая из этого неподвижность не только льда, но и подледных вод в областях распространения положительных температур на подледном ложе, а также связанное с ними практическое отсутствие осадконакопления в их пределах позволяют предположить, что выравнивание их днищ обусловлено не аккумулятивными, а денудационными процессами рельефообразования. Этим они отличаются от плоскодонных бессточных впадин и котловин в современных аридных странах на континенте, выравнивание которых чаще всего обязана речной и эоловой аккумуляции либо плоскостному смыву или суспензионным потокам, перераспределяющим тонкий осадочный материал, поступивший на их днище в результате деятельности гравитационных процессов на склонах. Для древних субаэральных аналогов замкнутых впадин, исследованных геоло-

гическими методами, свойственно интенсивное (чаще всего компенсирующее опускания) накопление в них красноцветных отложений, встречающихся во всех геологических системах от докембрия до четвертичного периода.

Главная особенность формирования ППР определяется участием в нем ледникового покрова как существенного по своему воздействию геоморфологического агента и связанного с ним *гляциоизостатического фактора*, который взаимодействует с дифференцированными неотектоническими движениями. Роль этого рельефообразующего фактора в геоморфологии, так же как изостазии в целом в геотектонике [32], оценивается по-разному. Например, Г. А. Значко-Яворский [33] считает ее ограниченной; П. С. Воронов [34], И. А. Суева [35], В. Л. Иванов [14] и другие отводят ему большое значение. Гляциоизостатические движения направлены на восстановление изостатического равновесия в земной коре, нарушенного за счет накопления за новейшую геологическую историю мощных ледниковых масс. Они характеризуются наряду с общим, аналогичным по масштабу тектоническим эпейрогеническим опусканием, погружением всего материка под огромной массой покрова в целом, характеризуются дифференцированным характером и отрицательным знаком.

Дифференцированность вертикальных разнонаправленных геодинамических потоков увеличивается с геологическим временем благодаря не только и даже, вероятно, не столько неотектоническим поднятиям блоков земной коры, чаще всего выражающимся в ППР четко очерченными горстами, сколько в результате углубления более контрастно выраженных впадин-грабенов под воздействием как тектонических движений отрицательного знака, так и опусканий гляциоизостатического характера. Доля участия гляциоизостатических движений в смещениях ППР и резко дифференцированных движениях земной коры представляется существенной, так как только этим обстоятельством можно объяснить наличие обширных территорий со значительными (многие сотни метров) отрицательными абсолютными отметками (прежде всего в границах глубоко вдающихся в континент шельфовых ледников Росса, Ронне, Филькнера, Эймери и др.) и широкое распространение глубоких (с абсолютными глубинами, нередко достигающими более 1000 м, а иногда и более 2000 м) чаще всего замкнутых котловин в пределах внутриконтинентальных платформенных равнин и глубоковрезанных «антецедентных» долин, секущих эпиплатформенные орогены. Обращает на себя внимание и высокая общая контрастность ППР. Она в значительной мере достигается за счет не только высоких горных сооружений, но и глубоких впадин на равнинах и в орогенных областях, образование которых, как правило, не сопровождалось накоплением отложений в их границах.

Современное вертикальное положение аномально погруженных днищ впадин можно объяснить только за счет последующих, возрастающих по мере увеличения мощности ледниковых масс гляциоизостатических погружений при практическом отсутствии осадко-накопления, которое могло бы компенсировать их опускания геодинамической природы. При этом происходило арифметическое суммирование амплитуд нисходящих тектонических и гляциоизостатических движений.

Для участков высокоскоростных новейших тектонических воздыманий ЗП поднималась, минимально задерживаясь в вертикальных окрестностях снижающейся в период образования ледникового покрова снеговой линии. Вследствие такого, алгебраического, суммирования скоростей смещения ЗП и слоев в атмосфере она наиболее быстро переходила в погребенное под фирновыми и глетчерными массами состояние. Именно с ним связывается наибольшая сохранность относительно малых и древних (в том числе доледниковых, а точнее допокровных) денудационных и аккумулятивных форм ледникового происхождения. Это подтверждается РЛП, пересекающими ныне подледные высокогорные массивы и хребты, верхняя часть которых, судя по их контрастности, характеризуется альпинотипным рельефом. Если исключить из общей модели рельефообразования эпохи уменьшения мощности

покрова, которое измерялось первыми сотнями метров (см. выше). то можно прийти к выводу о том, что формирование такого рельефа происходило, вероятно, незадолго до времени и во время прохождения «через него» относительно быстро опускающейся нижней границы хионосферы в начальные периоды образования единого ледникового щита Антарктиды. Таким образом, следует говорить о *древнем альпийнотипном рельефе* горных стран, испытывавших в неотектонический этап интенсивные поднятия. Словосочетание «древний альпийнотипный рельеф» как будто бы расходится с общепринятыми представлениями субаэральной геоморфологии о молодости рельефа данной генетической категории. И такая возрастная оценка прежде всего основана на наблюдаемых в горных странах современных формирующих его литодинамических процессах самой высокой интенсивности, которая имеет место на суше. Однако парадоксальность можно считать чисто внешней, если принять во внимание последующую литодинамическую консервацию этого рельефа в его подледном состоянии.

Наряду с литодинамической консервацией высокогорного ППР его развитие осуществляется за счет высокоамплитудных и дифференцированных новейших тектонических движений. При этом противодействующие неотектоническим поднятиям гляциоизостатические опускания не могут существенно конкурировать с высокоамплитудными тектоническими движениями положительного знака и снижать их рельефообразующую роль вследствие значительно меньшей (по сравнению с равнинами и расположенными в их пределах впадинами) нагрузки со стороны глетчерных масс. Влияние движений, направленных на восстановление изостатического равновесия, со временем уменьшается по мере осуществляемого в результате неотектонических поднятий увеличения высот горных хребтов и массивов и соответствующего снижения мощностей расположенных над ними глетчерных и фирновых масс при относительно пологой и занимающей относительно стабильное вертикальное положение дневной поверхности покрова.

Кроме резко отличающихся значений мощностей ледниковых и фирновых масс, определяющих рельефообразующую роль гляциоизостазии, незначительную и существенную соответственно в зонах (областях) максимальных поднятий и максимальных опусканий, следует иметь в виду еще один фактор, усиливающий это различие. Он заключается в большой разнице площадей отдельных, прежде всего субгоризонтальных, элементов ППП в сильно расчлененном высокогорном рельефе и в выровненном рельефе замкнутых котловин и впадин на равнинах. Как известно, чем больше по площади испытывающая дополнительные нагрузки верхняя поверхность блока земной коры, тем более чутко реагирует он на нарушение изостатического равновесия, восстанавливая его более высокоамплитудными вертикальными смещениями.

Как видно, модель формирования ППР конструируется в результате анализа взаимодействия главных геоморфологических факторов и процессов для двух крайних вариантов рельефообразования, которое реконструируется для испытывающих, во-первых, наиболее интенсивные неотектонические поднятия современных высокогорных районов и, во-вторых, наиболее высокоамплитудные геодинамические (неотектонические и гляциоизостатические) опускания в современных аномально погруженных впадинах и котловинах на внутриконтинентальных и внешних равнинах. Объединяют эти предполагаемые механизмы рельефообразования единые условия литодинамической консервации созданного в начальные периоды развития ледникового покрова и оказавшегося под ним рельефа. Различает их направленность в эти периоды экзогенных процессов на расчленение (создание контрастного альпийнотипного рельефа в высокогорье) и выравнивание (образование плоских днищ впадин и котловин), а также разный знак вертикальных высокоамплитудных неотектонических движений и существенно различающаяся роль в рельефообразовании гляциоизостатических опусканий, связанных с формированием ледникового щита на континенте.

Рельефообразование в пределах обширных областей, расположенных между современными максимальными высотами в горах и максимальными глубинами во впадинах, в соответствии с предлагаемой моделью, осуществляется в зависимости от направленности и амплитудности неотектонических движений и в конечном счете от определяемого ими положения каждого данного участка (района) по вертикали в указанном гипсобатиметрическом диапазоне между его экстремальными значениями. Это положение, в свою очередь, обуславливает и долю участия в рельефообразовании гляциоизостатических опусканий.

Настоящая модель не распространяется на формирование рельефа в прибрежной зоне и в пределах нижнего структурного этажа ледникового покрова, который выходит из-под свободной гляциосферы, не перекрыта фронтально растекающимися глетчерными массами и обнажается на дневной поверхности как выводные ледники с преобладанием в них струйной формы движения льда и обрамлениями в виде оазисов, уступов, нунатаков и отдельных массивов. Кроме того, данная модель не объясняет глубокие врезы долин, расположенных не только в этой зоне, но и в пределах развития полного разреза ледникового покрова, включающего в себя оба структурных этажа. Судя по результатам геоморфологического картографирования на территории Земли Принцессы Елизаветы, где мощности современного шельфов не только в высокогорье, но и на предгорных цокольных равнинах. Для их объяснения следует дополнительно привлечь представления об эвстатических колебаниях уровня Мирового океана, в частности о его максимальной регрессии в доледниковое время. Снижение общего базиса эрозии на несколько сотен метров привело к образованию соответствующих ему глубоких врезов. Они аналогичны глубоким и широким долинам в ныне погребенном (более молодом) доплиоцен-четвертичном (доакчагыльском) рельефе на территории России, когда уровень Мирового океана опустился до современных отметок: $-260 \div -300$ м. Установлена связь данных врезов с продолжающими их подводными долинами на шельфе Северного Ледовитого океана и далее с подводными каньонами на северном континентальном склоне [9]. Эта широко развитая и сложная созданная разновозрастными канализованными водными и суспензионными потоками сеть долин Евразийского континента ранее связывалась с преакчагыльской регрессией как со следствием общих тектонических поднятий Евразии, а позднее – с эвстатическими колебаниями Мирового океана.

Различие глубоковрезанных долин в двух полярных и субполярных областях Земли заключается не только в их возрасте, но и в том, что в Антарктиде они часто врезаны глубже и погребены не под рыхлыми новейшими осадками, а под ледниковым покровом, который так же, как плиоцен-четвертичные отложения, обеспечивает сохранность этой сети не в разрезе, а в современном ППР. Консерватизм данной сети, как известно, проявляется в заложении и развитии по ней речных долин в расположенном над погребенным современным субаэральном рельефе. В условиях Антарктиды наличие глубоковрезанных древних долин в современном ППР объясняется отсутствием в них аккумуляции новейших и доновейших осадков. Только в самых их низовьях, где они пересекают шельфы-центроклинали (см. ниже), следует ожидать накопление в них древних, вероятно доледниковых, аллювиальных и, возможно, флювиогляциальных осадков. Можно предполагать, что именно такие по возрасту и генезису отложения установлены сейсморазведкой, в частности, для района шельфового ледника Эймери и залива Прюдс [14]. Более значительные глубины врезов в подледных долинах Антарктиды связаны с последующей после их заложения и эрозии водных потоков деятельности нивальных процессов и гляциоизостазии.

Следовательно, образование и сохранность глубоких впадин на равнинах объясняются *слеганием рельефообразующих эффектов неотектонических и гляциоизостатических движений*. Гляциоизостатический фактор усиливает новейшие тектонические опускания в

значительно большей степени, чем ослабляет эффект направленных против него неотектонических поднятий. При этом данное усиление во впадинах носило кумулятивный характер, со временем все больше увеличиваясь по мере суммарного (тектонического и гляциоизостатического) нарастания амплитуд опусканий.

Практически под ледниковым покровом *опускание* всех новейших впадин *разной геодинамической природы не компенсируется осадконакоплением* в связи с препятствиями, которые создает ледниковый покров для транспортировки терригенного материала, и малым количеством его в центральных частях континента. Длительное отсутствие канализированного стока в ППР и осадконакопления объясняет чаще всего замкнутый характер впадин. Они вправе называться бессточными котловинами или впадинами, глубины их намного превосходят подобные образования в аридных субаральных областях. К подобным отрицательным формам относятся и многочисленные вытянутые вдоль края ледникового покрова глубокие (в многие сотни метров) впадины, которые, казалось бы, должны быть полностью заполнены ледниковыми отложениями.

Использование методического опыта неотектоники и структурной геоморфологии в морфотектонических исследованиях Антарктики. Методический аппарат собственно *неотектонических исследований* аккумулятивных областей включает в себя геологические методы изучения сплошного покрова рыхлых неоген-антропогенных отложений. Анализ их мощностей требует детального прослеживания горизонтов, маркирующих начало неотектонического этапа в развитии изучаемой территории. При переходе к областям с отсутствием сплошного покрова новейших отложений применение этих методов исключено. В полной мере это относится и к условиям в Антарктиде, с характерным для нее частым отсутствием кайнозойских отложений (на древней платформе в Восточной Антарктиде) и неразработанностью их стратиграфии для тех мест, где они имеются (в геосинклинально-складчатых областях Западной Антарктиды, центроклипальных секторах шельфовых зон). При переходе от низких аккумулятивных равнин и впадин, сложенных сверху сплошным покровом новейших осадков, к геологически открытым областям высоких платформенных равнин и эпиплатформенных горных сооружений неотектоника полностью переходит на использование структурно-геоморфологических методов и приемов. Рисовка изобаз в лучшем случае повторяет линии равных деформаций (изодефы) фрагментов поверхностей выравнивания, близких по возрасту к принятому на данной территории началу неотектонического этапа развития и в связи с далеко неповсеместным развитием таких фрагментов часто носит условный характер и повторяет горизонтали или изолинии «тектонического рельефа».

Схема новейшей тектоники в масштабе 1: 40 000 000 [21, 33] отражает представления того времени о направленности и интенсивности новейших движений Антарктического материка и омывающего его Южного океана. Несомненно, положительным является фиксация на ней ареала слабых и интенсивных поднятий, близкое к контуру Восточно-Антарктической горной страны, которая, правда, не выделяется в новейшем структурном плане в качестве целостной положительной дислокации. Окружающие ее Западная и Восточная равнины охарактеризованы как области слабых, а в их центре – интенсивных опусканий. Интенсивные поднятия отмечаются на хребтах Трансантарктическом и Антарктического полуострова, в то время как к западу от первого широко развита зона интенсивных погружений. В Западно-Антарктической горной стране предполагаются поднятия слабой интенсивности. Считается, что в пределах Антарктиды поднятия и опускания содержат не только тектоническую, но и гляциоизостатическую составляющую. Из-за отсутствия стратиграфии кайнозойских отложений время начала такого этапа в Антарктиде также не установлено, и сам он условно ограничен неоген-антропогеном [33]. Полный разрез этих отложений никем не описан. Вся рисовка ареалов новейших движений разной интенсивности

проведена гипотетически и только по скудным данным о гипсобатиметрии ППП. Учитывая все условности, допускаемые при составлении карт новейшей тектоники даже на изученных частях суши, а также отсутствие стратиграфии кайнозойских отложений и их самих на большей части Восточно-Антарктической платформы, вряд ли правомерно составлять карту новейшей тектоники Антарктиды с количественной оценкой новейших движений и отражения ее в изобаззах.

Также неприемлемы для условий Антарктиды в чистом виде те **методы морфоструктурных исследований**, которые разработаны в субаральной геоморфологии и осуществляются по двум основным направлениям (см. [8, 10]). *Первое*, целиком заимствованное из структурной геологии, заключается в реконструкции тектонически обусловленных форм ЗП путем исключения рельефообразующего эффекта литодинамических (в основном эрозионных) процессов, оценки деформаций поверхностей выравнивания и анализа гипсометрии водоразделов при допущении первичного горизонтального залегания этих элементов (представлений о первичной морфоструктуре [10], вытекающих из идеи В. В. Белоусова [36] о первичной структуре). *Второе направление* включает в себя анализ форм и элементов морфоскульптуры и основано на том, что, хотя своим созданием они обязаны экзогенным или литодинамическим процессам, интенсивность и особенности последних контролируются тектоническими движениями. При этом оценка движений осуществляется в результате изучения отдельных количественных характеристик морфоскульптуры (морфометрического анализа) или комплексного качественного изучения всей совокупности признаков проявления тектонических движений в морфологии ЗП (морфографического анализа). Исследования в данном направлении затруднены слабой изученностью морфоскульптурных образований, которые даже на РЛП выражаются только при условии малых значений шага оцифровки. Таким условиям в какой-то мере удовлетворяют отечественные материалы радиолокационного профилирования, осуществленного с наземных носителей Полярной морской геолого-разведочной экспедицией в прибрежной зоне впадины озера Восток. В меньшей степени они могут быть реализованы на Земле Принцессы Елизаветы по уточненной гипсобатиметрической и составленной на ее основе геоморфологической картам. На ее территории, хотя со значительно меньшей результативностью, и в районе грабена Ламберта в целом по этим материалам могут быть интерпретированы в морфотектоническом отношении рисунки речной сети [37].

В трудах К. И. Геренчука [38] и Ю. А. Мещерякова [17, 39] и многих их последователей развивались и развиваются до сих пор представления о связи дислокаций земной коры с орографическими формами и речной сетью. Прогрессивность данного направления, которое можно условно выделить в качестве *новой структурной геоморфологии*, выразилась в его распространении на все тектонические области планеты, в том числе на Южный континент [17, 21]. При этом оно оставалось на статическом уровне констатации связей между тектоническими и орографическими образованиями. Наиболее широким для понимания и вместе с тем наименее определенным и поэтому реже всего применяемым до недавнего времени был термин Б. Л. Личкова «геоморфотектоника». Сейчас его начали использовать при анализе соотношений «тектоника – рельеф ЗП» [40, с. 3], и такой анализ фигурирует под термином «*морфотектоника*». Он отличается от новой структурной геоморфологии изучением дислокаций земной коры не в статике, а в динамике, одновременно рассматривается развитие структуры земной коры и рельефа ЗП под действием одних и тех же эндогенных процессов.

Так как тектонические движения являются не единственным приводящим к смещениям ППП процессом в земной коре и определенный рельефообразующий эффект может быть вызван гляцио- и литоизостатическими движениями крупных блоков земной коры, направленными на восстановление утраченного в ней равновесия, наряду с понятием «морфотек-

тоника» нами используется более широкое понятие «*морфогеодинамика*». Последнее выступает в паре с другим термином «морфолитодинамика», что соответствует двум динамическим дисциплинам в геологии (гео- и литодинамике), исследующим перемещения соответственно цельных блоков и дезинтегрированного литосферного вещества, и двум наиболее распространенным парам понятий об эндогенных и экзогенных движениях и созданных ими морфоструктурных и морфоскульптурных образований. Принимая во внимание гипотетичность представлений о высокоамплитудных гляциоизостатических движениях и трудности их количественной оценки, морфогеодинамические исследования пока сводятся нами к изучению морфотектоники. При этом гляциоизостатический фактор рассматривается как компонент, усиливающий рельефообразующий эффект вертикальных новейших тектонических движений.

Учитывая региональный, а также «надрегиональный» характер наших исследований и роль в них (как и в только что перечисленных работах) анализа орографии, прежде всего следует обратиться к *установлению общих региональных связей между тектоникой и орографией ЗП*, решению прямой и обратной задач в данном методическом направлении геоморфологической науки. Он заключается в выделении и отнесении к той или иной морфотектонической категории форм ППП, а также геоморфологических районов, выделенных на этапе общих геоморфологических исследований и запечатленных на орографической карте. Данное направление включает в себя изучение орографии и тесно связанной с ней гипсометрии не только в чистом виде по исходным (гипсобатиметрической карте ППП) и общегеоморфологическим (орографической карте ППР, карте геоморфологического районирования) материалам, но и с использованием таких вторичных морфометрических построений как карты поливершинной и полибазисной поверхностей ППР [8]. Объединяет такие материалы одно – они составлены по абсолютным высотам (глубинам) либо ППП в целом, либо ее верхних и нижних элементов. Если с определенной долей вероятности будет показано, что образование каждой формы ППП связано со смещением в качестве единого целого части (участка) ППП и соответствующего ей (ему) блока земной коры, то данным единицам может быть присвоен статус площадных морфотектонических форм или отдельных, которые в структурной геоморфологии и в настоящей статье фигурируют под названием «морфоструктура» [39], а в морфотектонике – «неотектонические формы» [41, 42].

Принципы установления тектонической предопределенности орографических образований. Анализ орографии явился следующим за классическими структурно-геоморфологическими исследованиями денудационных областей (в их классическом понимании) методическим направлением в морфотектонике, которое со времен активных исследований Д. Трикара, И. С. Щукина и др. широко распространилось и на аккумулятивные области в пределах континентов. Главным результатом его реализации можно считать повсеместное выявление плановых соотношений между крупнейшими формами ЗП (высокими и низкими равнинами, низменностями и возвышенностями, хребтами, плато и т. д.) и дислокациями земной коры (древними платформами, молодыми плитами, кряжами, антиклинориями, синклинориями). На данном самом высоком размерном уровне форм ЗП и дислокаций земной коры не только на суше, но и в океане связь между ними стала устанавливаться настолько уверенно, что это привело к преобладанию уже в субаквальной геоморфологии и морской геологии геоморфологических терминов, в которые вкладывалось вполне определенное морфотектоническое содержание (глубоководные желоба, океанические котловины, океанические хребты срединного и несрединного типов и др.). При этом не без оснований считают, что формы подводной поверхности в океане четко отражают соответствующие им дислокации в земной коре океанического и переходного типов.

Но и в континентальных условиях при изучении не только неотектонических образований, но и мезозойских дислокаций «сознательно используют термины, имеющие не только

тектоническое, но и палеогеоморфологическое значение, полагая, что *крупнейшие формы рельефа являются одним из наиболее объективных показателей синхронных им [в общем виде] неотектонических движений*. Исходя из этого, использование общих терминов, характеризующих единство развития тектонических структур и рельефа (морфоструктур), представляется не только правомочным, но и желательным. Кроме того, можно привести многочисленные примеры тектонических терминов, заимствованных из геоморфологии и глубоко укоренившихся в геологической литературе» [18, с. 23; выделено нами. – А. Л.]. Если на основании представлений о геоморфологическом, мезозойско-кайнозойском, этапе [17], в рамках которого сформировался не только погребенный, но и современный рельеф, в приведенном выше высказывании К. В. Боголепова изменить слово «палеогеоморфологическое» на просто «геоморфологическое», его можно принять за основополагающее положение того направления морфотектоники, которое заключается в выявлении корреляций между орографией и тектонической структурой земной коры.

В отечественной геоморфологии **данное методическое направление имеет уже довольно продолжительную историю**. В его использовании отмечается четко выраженное распространение анализа орографии и тектоники равнин сначала древних, потом молодых платформ и обрамляющих их разнотипных орогенных сооружений и всей гетерогенной структуры континентов [17, 39], океанов [9, 42 и др] и их отдельных частей.

В монографии К. И. Геренчука [38] обнаруживается не вполне оправданное стремление установить обязательную повсеместную корреляцию между всеми крупными пликативными дислокациями осадочного чехла древней Восточно-Европейской платформы и орографическими формами современной ЗП Русской равнины. Хотя наряду с прямой, обратной (обращенной) формами соотношений им признаются нарушение последних тектонически и эрозионно обусловленными смещениями контуров орографических форм относительно древних пликативных дислокаций, а также полное отсутствие связи между ними, последнее все равно называется («маскирующей или погребенной») оротектоникой, вероятно, из расчета на выявления неизвестных на момент публикации особенностей строения осадочного чехла за счет увеличения объема геолого-геофизических материалов в будущем. К. И. Геренчук *современную орографию соотносит с формами поверхности древнего фундамента*, в которой суммарно отражены все движения за платформенный этап развития территории. При этом он не предусматривает, что суммирование этих разнонаправленных в различные отрезки времени движений является алгебраическим, а не арифметическим. А это привело к формированию целого ряда структурных этажей в плитном комплексе древней платформы. Потому не стоит надеяться на повсеместную согласованность между созданной в новейшее время орографией современного рельефа и сформированным за весь этап платформенного развития рельефом фундамента.

Для молодой (эпигерцинской) плиты данные надежды оправданы в большей степени за счет унаследованного от складчатых структур фундамента развития дислокаций платформенного чехла. Суммарная амплитуда последних оценивается по поверхности фундамента (или некоего горизонта в промежуточной толще), а амплитуд их развития за новейший тектонический этап – по кровле (подошве) некоего горизонта в верхней части чехла, рассматриваемой в качестве временной границы неотектонического этапа. Принимая первую амплитуду за 100%, неотектоническая активность пликативных дислокаций оценивается в процентах от их общей амплитуды по нижнему горизонту в промежуточном или плитном комплексе. Такой подход неправилен для древних платформ, так как предел унаследованного развития пликативных дислокаций, по А. Л. Яншину, не превышает 150 млн лет, и все надежды на наличие искомым соотношений можно связывать только с новообразованными обычно приразломными и высокоамплитудными дислокациями. Основываясь на процитированном выше положении К. В. Боголепова [18], можно говорить об *обязательной*

связи крупных орографических форм и соответствующих им отдельностей земной коры только в том случае, если они образованы разновозрастными смещениями. Именно тогда они представляют собой единое геолого-геоморфологическое или морфотектоническое образование, которое может по-разному соотноситься с ранее сформированными дислокациями в различных структурных этажах. Такое положение является **первым и главным принципом** установления тектонической предопределенности орографических образований. **Вторым принципом** следует считать то, что при увеличении их размеров уверенность в их тектонической предопределенности возрастает. Данный принцип выполняется, когда речь идет о переходе от орографической карты (рис. 1, 2) к морфотектонической, составленных для всего континента. Его реализации способствует и осреднение ППП Антарктики, которое имеет место при составлении гипсобатиметрической карты на основе грида, так как при такой процедуре в значительной мере отсекаются морфоскульптурные образования. И **третий** (не всегда реализуемый в связи с недостаточной изученностью гипсобатиметрии ППП) **принцип** сводится к вписыванию орографических форм в сетку линейных образований. Они выделяются независимо от оконтуривания этих форм в результате применения комплекса специальных методов и приемов (см. [10]). Дизъюнктивная предопределенность линейных образований в рельефе так же устанавливается с разной степенью надежности, но согласованность их положения и простираения с контурами форм ППП и геоморфологических районов увеличивает уверенность в выделении тех и других как комплексных геолого-геоморфологических объектов, проявляющихся и в ППР, и в земной коре.

Определение понятия «морфоструктура». К настоящему времени известно несколько десятков дефиниций понятия «морфоструктура». Поэтому конкретизируем содержание представленной ниже морфотектонической карты целого континента и обеспечим четкое представление о выделяемых на ней картировочных единицах. К. И. Геренчук обошелся без обозначения специальным термином объекта структурной геоморфологии – некоего комплексного геолого-геоморфологического образования. Отличное по лексике, но близкое по смыслу к его классификации разделение последних предложено Ю. А. Мещеряковым [17, 39] по особенностям их строения. Он рассматривает **морфоструктуры в статике**, как выраженные в современном рельефе тектонические дислокации, называемые «геологическими структурами». Среди них выделяются согласные или прямые (например, возвышенность-антеклиза, низменность-синеклиза), несогласные или обращенные (возвышенность-синеклиза) морфоструктуры, а также морфоструктуры переходных типов (полупрямые и полуобращенные), которые отличаются субъективностью в выделении и неоднозначностью в определении. Данная классификация распространяется автором на равнины как древних, так и молодых плит и не предусматривает повсеместное наличие тектонически обусловленных форм современной ЗП, которые вообще лишены каких-либо статичных «структурно-тектонических корней» – соответствующих им в плане дислокаций в плитном комплексе и не входят в какую-либо из названных «геолого-геоморфологических пар». Более того, наряду с такими, по Ю. А. Мещерякову, «комплексными орографическими и геологическими образованиями», среди пликативов и на древних платформах, и на молодых плитах зарегистрировано много погребенных и даже сквозных, но неотектонически не активных и поэтому не выраженных в современном рельефе дислокаций.

Опыт нефтегазопроисловых работ [11] показал, что структурно-геоморфологический прогноз пликативов во всей осадочной толще может быть успешным только в следующих вариантах: 1) если они унаследованно развиваются в течение всего платформенного (в том числе неотектонического) этапа формирования плиты (неотектоническая активность унаследованных сквозных конседиментационных структур, выраженная в приросте амплитуд за новейшее время); 2) если они целиком сформированы в неотектонический этап, что отражено в равенстве значений амплитуд по самому верхнему (фиксирующему начало неотек-

Знак и морфология в плане		Формы ППП (ГМС)			Гоморфологические районы								
		Морфология в профиле и положение по вертикали	Общие индексы	категория I	категория II	категория III	Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]	
		категория I	категория II	категория III	категория I	категория II	категория III	Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]
А Положительные	I. Изомерные и близкие к ним формы	Вершины (С ₁)			A-I (+0)	A-I (+5)		Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]
	II. Замкнутые выгнутые и линейные брахиформы		Плоские вершины (P _{1,5})		A-I (+0)	A-II (+5)		Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]
	III. Полу-замкнутые выгнутые гемиформы	Гребневые линии (L ₁)			A-II (1)	A-III (+5)		Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]
	IV. Незамкнутые линейно-сетевые формы				A-III (1)	A-III (+5)		Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]
					A-IV (1)			Орографическая сеть					
V. Бьрки		Фасы (P _{5,5})			B-V (5-5)			Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]
VI. Ступени		Уступы (P _{5,6})			B-VI (5-6)			Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]
VII. Террасы		Площадки (P _{5,5})			B-VII (6-5)			Предгорные равнины [1-6]	Предгорные плато [5-2]	Внутриконтинентальные равнины [0-5]	Крайние низкие равнины - шельф [6-5]	Континентальный склон [5-6]	Океанские хребты и горы [+5]

В. Прямолинейно-склоновые

Г. Горы

Д. Низкие горы

Е. Средние горы

Ж. Высокие горы

З. Крайние горы

И. Океанские хребты и горы

К. Океанские хребты и горы

Л. Океанские хребты и горы

М. Океанские хребты и горы

Н. Океанские хребты и горы

О. Океанские хребты и горы

П. Океанские хребты и горы

Р. Океанские хребты и горы

С. Океанские хребты и горы

Т. Океанские хребты и горы

У. Океанские хребты и горы

Ф. Океанские хребты и горы

Х. Океанские хребты и горы

Ц. Океанские хребты и горы

Ч. Океанские хребты и горы

Ш. Океанские хребты и горы

Щ. Океанские хребты и горы

Ъ. Океанские хребты и горы

Ы. Океанские хребты и горы

Ь. Океанские хребты и горы

Э. Океанские хребты и горы

Ю. Океанские хребты и горы

Я. Океанские хребты и горы

VIII Подножья (P _{6,0})	Подножья (P _{6,0})	В-VIII (6-6)	Прогорья	-	-	-	Подножья	Подножья (Фланги)
IV. Незамкнутые линейно-сетевые формы	-	C-IV (2)	-	-	-	-	-	-
V. Полу-замкнутые вытянутые пемиформы	Клиновые линии (L ₂)	C-III (2)	-	-	-	-	-	-
VI. Замкнутые вытянутые и линейные брахиформы	Плоские линии (P _{6,0})	C-III (2)	-	-	-	-	-	-
I. Изометричные и близкие к ним формы	Вершины (C ₃)	C-II (2)	-	-	-	-	-	-
IX. Седловины (перевалы)	C ₁ ; C ₂ ; (L ₁)	C-I (6-)	-	-	-	-	-	-
X. Вытянутые и линейные пороги	Плоские вершины P (+5)	D-IX (1,2)	-	-	-	-	-	-
XI. Линейные проходы (дефиле)	Клиновые линии (L ₂)	D-X (1)	-	-	-	-	-	-
XII. Орографические уровни	-	D-XI (2)	-	-	-	-	-	-
D. Сочленяющие	-	D-XII	-	-	-	-	-	-

Долинная сеть.

Границы:

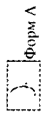


Рис. 1. Легенда орографической карты Антарктики.

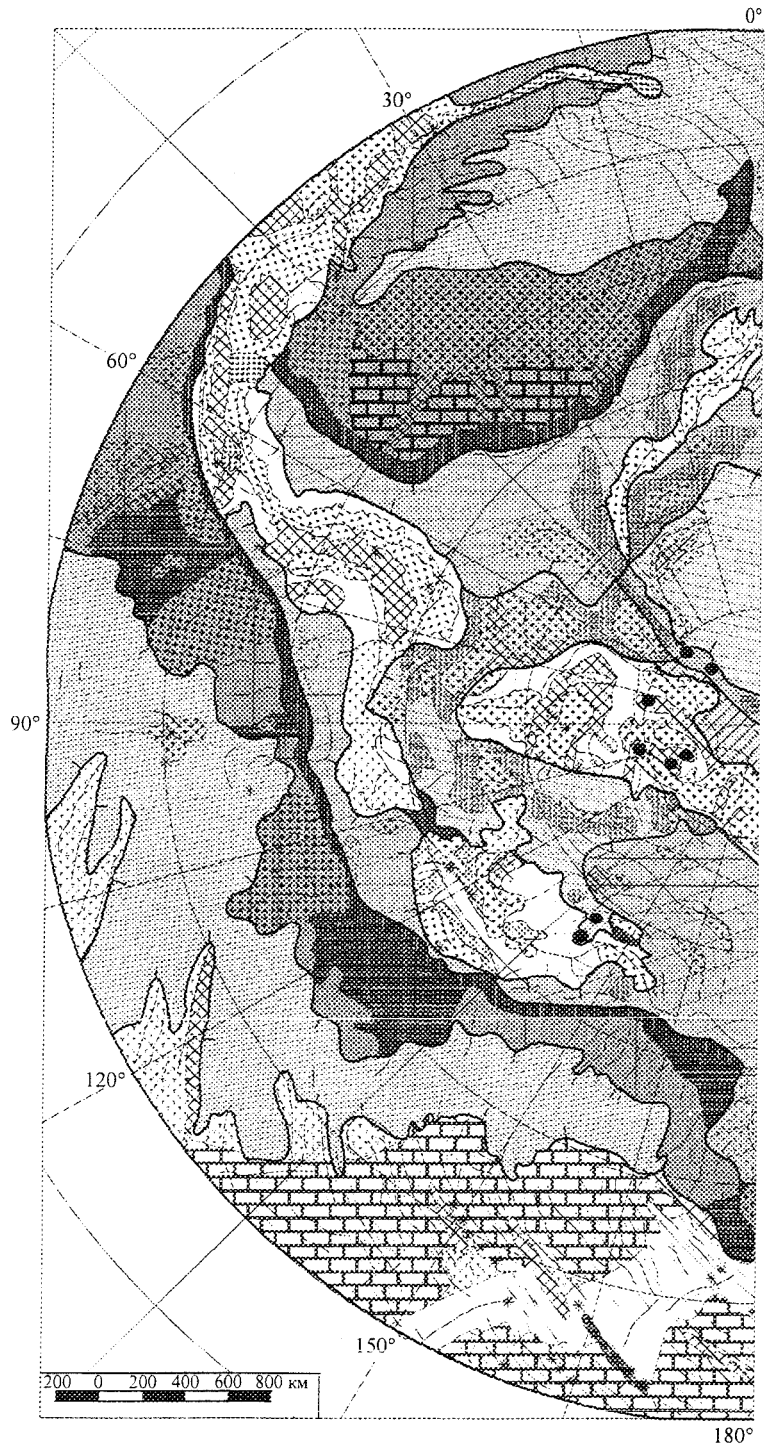
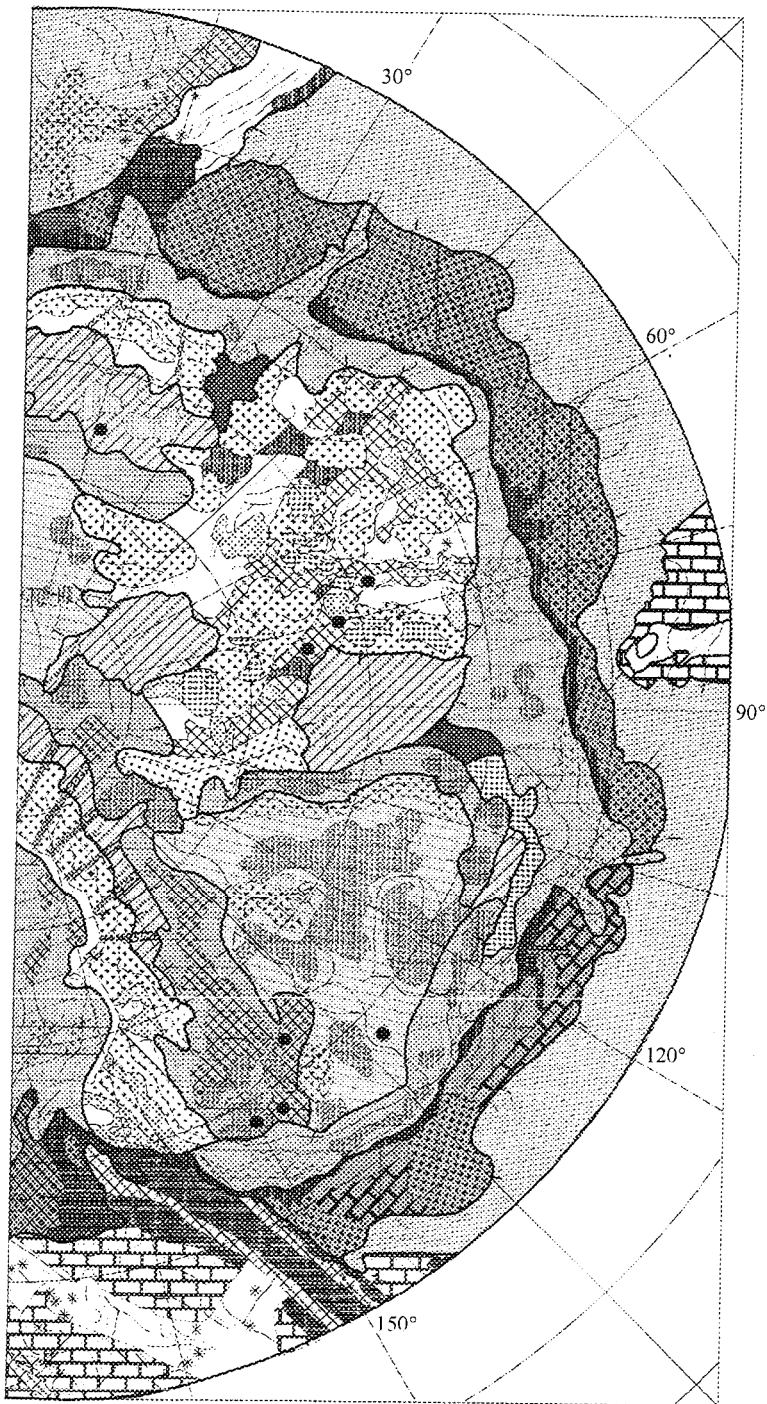


Рис. 2. Орографическая карта Антарктики (составил А. Н. Ласточкин).



тонического этапа) и самому нижнему горизонтам (сквозные новообразованные пликативы) или в существенных превышениях первых над вторыми (навешенные бескорневые новообразованные пликативы); 3) если развитие пликативов носит прерывистый характер с их активностью в новейшее время и выраженностью в кайнозойских осадках и /или рельефе. Исходя из этого, можно говорить только о прямой или обратной (в случаях инверсий) связях, устанавливаемых между орографическими формами и дислокациями в земной коре. Выделение всех остальных так называемых «переходных» или «маскирующихся» категорий «от лукавого» — они не могут быть строго определены и оконтурены в качестве единого «орогеологического образования».

Материалы, указывающие как на отсутствие связей между формами ЗП и древними погребенными структурами, так и на неотектоническую активность многих структур доновейшего заложения, свидетельствуют о *наличии в неотектогенезе двух равноправных составляющих: унаследованной и автономной* (не унаследованной). Первая проявляется в неотектонической активности (приросте амплитуд) дислокаций доновейшего заложения. Структурообразующий эффект автономной составляющей обычно заключается в формировании в основном в верхней части осадочного чехла изгибов слоев, не наследующих черты более древних пликативов и обратимых в результате последующих автономных движений. При отсутствии же этих (кайнозойских, неоген-четвертичных) горизонтов и новообразований в нижележащей толще можно говорить только об их рельефообразующем эффекте — формировании тектонически обусловленной формы ЗП. Обе составляющие неотектогенеза часто проявляются в рельефе и разрезе осадочного чехла одновременно на одном и том же участке земной коры. Доля унаследованной составляющей в новейших движениях, определяющая геоморфологическую выраженность структур доновейшего заложения, увеличивается, во-первых, при переходе от пликативной к глыбово-разрывной форме тектогенеза, во-вторых, в отношении пликативных дислокаций в направлении от мелких к более крупным, от древних к более молодым (по заложению) и, в-третьих, при уменьшении мощности чехла в прибортовых зонах (за счет «просвечивания») и сохранении общей тенденции к прогибанию в центральных частях плит и осадочных бассейнов [8, 11].

Наличие и отсутствие связей между формами залегания слоев в земной коре и формами ЗП, разных по своему воздействию на структуру того и другого унаследованных и автономных движений, потребовало *присвоить термину «морфоструктура» динамическое звучание*. Оно предусматривало рассмотрение каждой площадной морфоструктуры как части ЗП, испытывающей в качестве единого целого определенные по направленности и интенсивности тектонические смещения относительно смежных (соседних) участков ЗП [8]. Принимая во внимание отмеченное выше некорректное использование слова «структура» в геологии (в смысле «дислокация») и производных от него геоморфологических терминов («морфоструктура» и др.) и то, что смещения ЗП могут иметь не только тектоническую, но и другую (изостатическую) природу, приходится пересмотреть изначально статическое понятие «морфоструктура».

Не устраивает нас по ряду причин, как понимает Г. Ф. Уфимцев [40] «неотектоническую структурную форму». К ней прежде всего относятся ограничение времени их формирования неотектоническим этапом и ограничение пространства их локализации в разрезе — верхним структурным этажом. Наиболее полно отвечает выделяемым ниже и картируемым объектам следующее динамическое определение площадной морфоструктуры, с позиции представлений об их штамповой блоковой природе: это *трехмерное морфодинамическое образование — часть ЗП и соответствующая ей отдельность [блок] земной коры, испытывающие на всю его глубину (или большую ее часть) в качестве единого целого определенные по направленности и интенсивности тектонические и/или изостатические смещения относительно соседних участков ЗП и соответствующих им блоков земной коры*. Дан-

ные вертикальные смещения являются геоморфологическим проявлением полдвижек соответствующего по контуру и знаку перемещения блока (массива, сегмента) любой по времени консолидации и строению части земной коры, обособленного от других ее смежных отдельных только в неотектонический этап (новообразованная форма с гетерогенным содержанием) или развивающегося со времени своего доновейшего заложения в качестве самостоятельной дислокации (унаследованная форма). Из вышесказанного очевидно, что каждое такое образование, включающее, кроме части ЗП, отвечающую соответствующую ей разную по своей мощности литогенную основу, — *дифференцированно смещающаяся трехмерная отдельность земной коры* с ее не только верхней (ЗП), но и нижней, и боковыми границами. Термин «площадная морфоструктура» относится лишь к мерности ее картографического отображения (к его проекции на плоскость карты). Его использование позволяет противопоставить площадной морфоструктуре (называемой чаще всего и в данной работе одним словом «морфоструктура») линейную морфоструктуру или линеамент — проекцию плоскости сместителя или диаклаза на эту же карту. Предложенная дефиниция понятия «морфоструктура» обеспечивает самостоятельность морфотектонических исследований в целом и их направленность на те показатели земной коры, которые другими видами исследований изучены быть не могут.

Использование принципов установления тектонической предопределенности органографических форм в субгляциальной геоморфологии Антарктики (рис. 1, 2). Представления об унаследованных и автономных неотектонических поднятиях и опусканиях однородных или гетерогенных и разновозрастных блоков земной коры могут быть распространены практически на все морфотектонические области Антарктики, новейшая структура и современный рельеф которых сформировался в неотектонический этап. Под новейшей структурой здесь понимается тот «вклад», который привнесен в строение земной коры тектоническими движениями за новейший этап геологической истории и (в разном виде) проявился в значительной части (бескорневые дислокации или дислокации, созданные вторичным тектогенезом) либо *во всем ее разрезе от самых нижних до самых верхних горизонтов*. Подчеркнутое в предыдущей фразе обстоятельство отражает несогласие автора с представлениями Г. Ф. Уфимцева о неотектонике или морфотектонике как «составной части триединой геотектоники: тектоника геологических тел, глубинная тектоника по геофизическим данным, приповерхностная тектоника по геоморфологическим данным» [41, с. 3–4]. Новейшие движения (возможно, за исключением гравитационного вторичного тектогенеза С. С. Шульца) преобразовывают строение и/или меняют гипсометрическое положение геологических тел и всех глубинных геофизических границ. Более того, нижняя граница и мощности коры находятся в гораздо более тесной корреляции с высотами (глубинами) современной ЗП, чем ее строение с расположенными выше по разрезу разновозрастными и в том числе молодыми структурными этажами.

Исходя из представлений о штамповой природе вертикальных движений следует ожидать один из трех вариантов «вклада» новейшей тектоники в предшествующую структуру земной коры Антарктического континента. Этими вариантами, в свою очередь, определяются соотношения форм современной ППП и дислокаций по всем горизонтам земной коры. Вариант первый: совокупности доновейших (пликативных, дизъюнктивных и инъективных) дислокаций и/или их фрагментов *в рамках обособившегося и автономно перемещающегося в новейшее время блока — гетерогенной морфоструктуры* меняет свое гипсометрическое положение относительно смежных с ним блоков, возможно частично преобразуясь в своих приграничных частях. Вариант второй: все эти *дислокации доновейшего заложения в качестве целостных образований могут продолжать свое активное унаследованное развитие в новейшее время*, что проявляется в приросте их амплитуд в результате унаследованных по знаку неотектонических движений при принципиальной неизменности их

очертаний как в ППП, так и в любой нижележащей поверхности напластования. Вариант третий относится к наиболее высокоамплитудным неотектоническим движениям, которые в условиях относительно простого доновейшего строения (например, полагая моноклиналь, ступень, субгоризонтальная площадка фундамента и др.) способны привести к **принципиальным структурным новообразованиям в земной коре** – созданию за неотектонический или включающий его геоморфологический этап развития земной коры рифта, горста или какой-либо пликативной дислокации во всем разрезе или в его большей части.

Иными словами, во «вклад» неотектонических и других видов смещений ППП в новейшее время в развитие и преобразование структуры земной коры входят: 1) унаследованное развитие (приоритеты амплитуд) пликативных и особенно дизъюнктивных глыбово-разрывных дислокаций, заложенных в разные отрезки геологического (доновейшего) времени, а также сохранение от доновейших этапов если не их формы, то их простираний, выраженных в ориентировке площадных и линейных морфоструктур (так называемая унаследованность простираний); 2) формирование современного облика структуры земной коры путем изменения гипсометрического положения совокупностей пликативных, дизъюнктивных и инъективных дислокаций доновейшего заложения (и/или их фрагментов), «спаянных» в новейшее время в автономно и дифференцированно перемещающиеся блоки; 3) высокоамплитудные смещения последних с новообразованием складчатых и глыбово-разрывных дислокаций в условиях относительно однородной и простой предшествующей структуры. Именно такое разнообразие вариантов оправдывает сохранение наиболее распространенного в морфотектонике термина «морфоструктура». Однако составляющая часть этого слова «структура» означает здесь не только конкретную дислокацию, а то, что должно обозначать – строение вообще (как известно, структура и строение в этом отношении синонимы), точнее ту особенность в строении данной отдельности земной коры, которая обязана новейшим движениям, сформировавшим какую-либо форму ППП.

Выделить и оценить эту особенность или «вклад» можно в виде фиксации морфогеодинамического плана – совокупности неотектонически и изостатически обусловленных выраженных в современном рельефе форм ППП. Данный план намного проще всей современной структуры земной коры Антарктики, на полное познание которой морфотектонические исследования не претендуют. Они ограничиваются картированием активно развивающихся в неотектонический этап ее отдельностей без характеристики их внутренних доновейших по заложению и неотектонически неактивных или пассивных дислокаций и их фрагментов. Однозначное определение зависимости (унаследованности) или независимости (автономности) развития и границ этих отдельностей от доновейших процессов и древних по заложению дислокаций возможно только с использованием геофизических материалов. Однако, принимая во внимание сформулированные выше соотношения между унаследованной и автономной составляющими в тектогенезе, морфотектоническую информацию следует использовать при прогнозе строения глубоких горизонтов и древних толщ земной коры. Уверенность в таком прогнозе будет возрастать при переходе от пликативной к глыбово-разрывной форме тектогенеза, от малых дислокаций к более крупным, от древних участков коры к более молодым. Кроме этого, морфотектонические исследования призваны определять относительную направленность и интенсивность новейших смещений отдельностей ППП и земной коры, что, в свою очередь, позволяет прогнозировать сейсмичность, теплово-поток и обусловленные геодинamikой гляцио- и литодинамические явления.

Учитывая молодой, сопоставимый с неотектоническим этапом развития, возраст современных залежей углеводородов [11], следует иметь в виду возможное существенное воздействие на их формирование в осадочных толщах платформы и складчатых зон новейших движений. Оно может осуществляться через высокоамплитудные поднятия или опускания, приводящие к промывке продуктивных горизонтов или, наоборот, к их большей изоляции,

через большую (меньшую) открытость и плотность вторичной трещиноватости, вызванную знаком, интенсивностью и степенью дифференцированности новейших движений. Принимая во внимание широкое развитие глыбово-разрывной формы новейших смещений отдельностей земной коры и ППП, морфогеодинамические процессы при прочих благоприятных критериях нефтегазоносности могут оказать отрицательное влияние на сохранность залежей нефти и газа в результате образования высокоградиентных зон (повышенных горизонтальных градиентов амплитуд), создания региональных уклонов и раскрытия замкнутых контуров структурных ловушек

Результаты применения данного методического направления используются в Антарктике в совокупности с другими приемами и методами. При этом понимается не простое сложение или формальное наложение друг на друга выделенных на основании применения всего методического аппарата морфотектоники контуров, а их взаимная увязка и контроль, которые учитывают, что результаты использования построения или приема отражают (с разной точностью и уверенностью в интерпретации) различные аспекты рельефообразующих смещений и созданных этими смещениями морфоструктур.

Если подходить формально к данной работе, то она бы ограничилась рассмотрением почти всех выделенных на рис. 1, 2 орографических форм в качестве площадных морфоструктур. Основанием для этого могли бы служить объективные данные – большие размеры контуров и значения интенсивности этих форм, в определенной степени свидетельствующие об их тектонической предопределенности, а также субъективные обстоятельства (мелкий масштаб и гипсобатиметрическая основа в виде грида), сочетание которых позволило отфильтровать более частные морфоскульптурные или морфолитодинамические образования. Однако данные основания не могут считаться достаточными, учитывая низкий уровень наших знаний об интенсивности лито- и гляциодинамических процессов и их роли в формировании ППР. В связи с этим и основываясь на существенной роли в субгляциальном рельефообразовании глыбово-разрывной формы тектогенеза (геодинамики), о чем свидетельствуют контрастность ППР и характер границ многих площадных морфоструктур, контуры последних следует «заверить» их соотношением с сеткой линеаментов, для выделения которых, как уже указывалось, используется обширный и, что самое главное, независимый от методики выделения площадных морфоструктур методический аппарат.

В тектоническом истолковании орографии мы опасались чрезмерной прямолинейности в смысле того, что знак и другие особенности формы ППП прямо отражают направленность создавших эти формы смещений. Более того, учитывались и данные морфолитодинамических исследований о создавших их процессах. Примером тому служат положительные формы – конусы выноса на континентальном склоне (склоны-центроклинали), к которым приурочены предконтинентальные прогибы с вероятным существенным участием в их образовании литоизостатического фактора. Для уяснения природы таких морфоструктур приходится обращаться к вопросам о направлении речного стока в доледниковое время и точечной доставки терригенного материала к бровке шельфа.

Эффективность указанного методического направления прежде всего определяется общими чертами геологического и морфотектонического строения, историей развития и неотектоническим режимом (направленностью и интенсивностью эпейрогенических или колебательных движений, степенью их дифференцированности в рамках отдельных морфоструктур), которые существенно различаются в разных морфотектонических районах, относительно однородных в перечисленных отношениях. Эти районы ведь тоже являются (как говорили раньше, «надпорядковыми») площадными морфоструктурами, отличающимися от выделяемых в их пределах конкретных массивов, впадин, прогибов и других форм значительными размерами и большей сложностью. Более того, в каждой из категорий морфотектонических районов имеются свои особенности в интерпретации других структурно-

морфометрических построений и в применении используемых и предлагаемых новых методов.

Результаты морфотектонической интерпретации орографии ППР Антарктики отражены на морфотектонической карте континента и его океанического окружения в виде выделенных морфотектонических районов и осложняющих их площадных морфоструктур. *Критериями выделения, оконтуривания и определения морфотектонических районов и осложняющих их площадных морфоструктур являются их проявление не только в орографии, но и в их плановых соотношениях с ограничивающими их линейными морфоструктурами, а также с теми контурами, которые четко фиксируются на структурно-морфометрических построениях.*

Summary

Lastochkin A. N. Morphotectonic zoning of Antarctic. I. Theoretical basis.

Lifetime of ice cover is commensurable with the neotectonic period of earth crust evolution. In a general way neotectonic movements defined the height and depth amplitude of modern relief, morphology and contrast of its forms. The latter were preserved from lithodynamic processes and they are the most objective indicators of concurrent tectonic movements. Morphostructure is considered as a three-dimensional morphogeodynamic formation – a part of the earth surface and the corresponding block of the earth crust, which as a single whole undergoes tectonic and/or isostatic movements of certain intensity and direction. Criteria for detachment, contouring and determination of morphotectonic regions and areal morphostructures are their exposure in orography, spatial relations with linear morphostructures that confine them, and coincidence with contours from structural-morphometric maps.

Литература

1. *Ласточкин А. Н., Лукин В. В., Массолов В. Н., Попов С. В.* Содержание, задачи и практическое значение геоморфологических исследований Антарктики // Изв. РАН. Сер. геогр. 2004. № 3. 2. BEDMAP Bed topography of the Antarctic. Scale 1: 10 000 000. Cambridge, 2000. 3. *Ласточкин А. Н.* Системно-морфологическое основание наук о Земле. СПб., 2002. 4. *Ласточкин А. Н., Попов С. В.* Методика выделения структурных линий в подледно-подводном рельефе Антарктики // Геоморфология. 2004. № 1. 5. *Ласточкин А. Н., Попов С. В., Мандрикова Д. В.* Аналитическая карта подледно-подводного рельефа Антарктики // Геоморфология. 2005. № 4. 6. *Ласточкин А. Н.* Орографическая карта Антарктики // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2005. Вып. 4. 7. *Ласточкин А. Н., Попов С. В.* Геоморфологическое районирование Антарктики // Вестн. С.-Петерб. ун-та. Сер. 7: Геология, география. 2004. Вып. 3. 8. *Ласточкин А. Н., Попов С. В.* Общие черты строения ледникового покрова Антарктиды по геоморфологическим данным // Изв. Русск. геогр. о-ва. 2004. Т. 136, вып. 1. 9. *Ласточкин А. Н.* Структурно-геоморфологические исследования на шельфе. Л., 1978. 10. *Ласточкин А. Н.* Рельеф земной поверхности. Л., 1991. 11. *Ласточкин А. Н.* Неотектонические движения и размещения залежей нефти и газа. Л., 1974. 12. *Котляков В. М.* Избр. соч. Кн. I: Гляциология Антарктиды. М., 2000. 13. *Грикуров Г. Э., Лейченко Г. Л., Михальский Е. В.* Минеральные ресурсы Антарктики: геологические предпосылки и перспективы освоения // Разведка и охрана недр. 2000. Вып. 12. 14. *Геология и минеральные ресурсы Антарктиды* / Под ред. В. Л. Иванова, Е. Н. Камсарова. М., 1990. 15. *Masolov V. N., Kurihin R. G., Griukurov G. E.* Crustal structures and tectonic significance of Antarctic rift zones (from geophysical evidence) // Fifth Intern. Gondwana. Wellington, New Zealand, 11–16 February, 1980. 16. *Грикуров Г. Э., Лейченко Г. Л., Каменев Е. Н.* и др. Тектоническое районирование Антарктики и ее минералогия // Арктика и Антарктика. 2003. Вып. 2 (36). 17. *Рельеф Земли* / Под ред. И. П. Герасимова, Ю. А. Мещерякова. М., 1967. 18. *Боголепов К. В.* Мезозойская тектоника Сибири. М., 1967. 19. *Герасимов И. П.* Три главных цикла в истории геоморфологического этапа Земля // Новые пути в геоморфологии и палеогеографии / Отв. ред. И. П. Герасимов. М., 1979. 20. *Дедков А. П.* О неотектоническом и геоморфологическом этапах развития Земли // Геоморфология. 2003. № 1. 21. *Атлас Антарктики: В 2 т.* Л.; М., 1966. Т. 1. 22. *Марков К. К.* Антарктида в четвертичном периоде // Основные проблемы изучения четвертичного периода / Под ред. К. К. Маркова. М., 1965. 23. *Бардин В. И.* О проблеме оледенения Антарктиды // Антарктика. 1978. Вып. 17. 24. *Бардин В. И., Суетова И. А.* Об истории Антарктического ледникового покрова // Материалы гляциол. исслед. Хроника, обсуждения. 1972. Вып. 19. 25. *Гроссвальд М. Г., Котляков В. М.* Предстоящие изменения климата и судьба ледников // Изв. АН СССР. Сер. геогр. 1978. № 6. 26. *Лосев К. С.* Антарктический ледниковый покров. М., 1982. 27. *Зоненшайн Л. П.* Дрейф континентов и позднекайнозойское оледенение Антарктиды // Антарктика. 1980. Вып. 19. 28. *Вербицкий М. Я., Квасов Д. Д.* Причины оледенения Антарктиды // Там же. 29. *Тимофеев Д. А., Втюрина Е. А.* Терминология перигляциальной геоморфологии. М., 1983. 30. *Никонов А. А.* Голоценовые и современные движения земной коры. М., 1977. 31. *Максимов Е. В.* Ритмы на Земле и в космосе. СПб., 1995. 32. *Артемьев М. Е.* Современное состояние проблемы изостазии // Строение и эволюция тектоносферы / Под ред. Ю. С. Геншафт, В. Н. Шолло. М., 1987. 33. *Значко-Яворский Г. А.* О новейшей тектонике Антарктиды // Бюл. Сов. аркт. экспедиции. 1970. Вып. 77. 34. *Воронов П. С.* Некоторые черты геоморфологии Антарктиды // Труды Научн.-исслед. ин-та геологии Арктики. 1960. Т. 113. 35. *Суето-*

ва И. А. Основные морфометрические характеристики Антарктиды. М., 1968. 36. Белоусов В. В. Структурная геология. М., 1961. 37. Ласточкин А. Н., Попов С. В. Подледно-подводная сеть долин в районе желоба Ламберта (Восточная Антарктика) // Изв. Русск. геогр. о-ва. 2003. Т. 135, вып. 4. 38. Геренчук К. И. Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской равнины. Львов, 1960. 39. Мещеряков Ю. А. Структурная геоморфология равнинных стран. М., 1960. 40. Уфимцев Г. Ф. Тектонический анализ рельефа на примере Востока СССР. Новосибирск, 1984. 41. Уфимцев Г. Ф. Морфотектоника Евразии. М., 2002. 42. Удинцев Г. Б. Геоморфология и тектоника дна Тихого океана. М., 1972.

Статья поступила в редакцию 20 сентября 2005 г.