

И.П.Герасимов

ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ

Современная
геоморфология
и теория
мобилизма
в геологической
истории
Земли

«НАУКА»

АКАДЕМИЯ НАУК СССР

Институт географии

ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

Institute of Geography



ГАДЫШЕВ

«АНГЛ.»

1957

I.P. Gerasimov

PROBLEMS OF GLOBAL GEOMORPHOLOGY

*Modern
geomorphology
and the theory
of mobilism
in the geological
history of
the Earth*

Editor in Chief
D. A. LILIENBERG



MOSCOW

«НАУКА»

1986

И. П. Герасимов

ПРОБЛЕМЫ ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ

Современная
геоморфология
и теория
мобилизма
в геологической
истории
Земли

Ответственный редактор
д. А. ЛИЛИЕНБЕРГ



МОСКВА
«НАУКА»
1986



Герасимов И. П. Проблемы глобальной геоморфологии (современная геоморфология и теория мобилизма в геологической истории Земли). М.: Наука, 1986.

Книга выдающегося советского ученого академика И. П. Герасимова посвящена наиболее актуальным современным проблемам формирования рельефа нашей планеты. В ней рассматриваются состояние наших знаний о структурной геоморфологии Земли и истоки известного «теоретического кризиса» в области геологии, геоморфологии и смежных наук. Прогресс в науках о Земле автор видит в использовании новых идей неомобилизма для разработки современной теории учения о рельефе и создания самостоятельного геоморфологического варианта плитотектоники. Рассматриваются глобальные и региональные проблемы новой теории рельефообразования с позиций плитотектоники, вопросы новой геоморфологической терминологии и пути дальнейшего развития науки о рельефе.

Ил. 39. Библиогр.: с. 164—172 (234 назв.).

Рецензенты:

А. В. ЖИВАГО, Е. Я. РАНЦМАН

Г 1905030000-077
042(02)-86 215-86-I

© Издательство «Наука», 1986 г.

ОТ РЕДАКТОРА

Предлагаемая вниманию читателя книга принадлежит перу одного из выдающихся современных географов мира, крупнейшему советскому геоморфологу, академику Иннокентию Петровичу Герасимову. В декабре 1985 г. он готовился отметить свое 80-летие. С присущей ему энергией, целеустремленностью и сложившимися традициями он подготовил к юбилею новые научные труды, одним из которых является настоящая монография. К сожалению, 30 марта 1985 г. И. П. Герасимов скончался. Однако за месяц до смерти он закончил и подписал к печати эту работу, которая является, таким образом, его последним прижизненным научным трудом и представляет своего рода научное завещание в области теоретической геоморфологии.

Академик И. П. Герасимов был географом исключительно широкого профиля, одним из ученых-энциклопедистов XX в., автором более 1300 научных работ. Однако среди его научных интересов несомненно одним из «любимых детищ» была геоморфология. И не только потому, что ей посвящено несколько сотен его статей, монографий, учебников и карт. Гораздо важнее, что именно в области геоморфологии особенно ярко раскрылся его талант мыслителя и внесен наибольший крупный творческий вклад в теорию и методику науки о рельфе Земли, вошедший в «золотой фонд» советской геоморфологии и принесший ему широкую международную известность.

И. П. Герасимову как ученому было свойственно редкое умение в короткой статье раскрывать наиболее актуальные проблемы геоморфологии. При этом на разных этапах своей деятельности он неоднократно возвращался к одним и тем же проблемам, освещая их с привлечением дополнительных фактических данных и с новых теоретических позиций. Благодаря такому гибкому динамичному подходу возникал единый цикл исследований, концепции которого не канонизировались, а находились в постоянном развитии. Его статьи были опубликованы в различных журналах и книгах. Поэтому возникла необходимость объединить их в одном издании. Подобные публикации имеют давние традиции как у нас в стране, так и за рубежом.

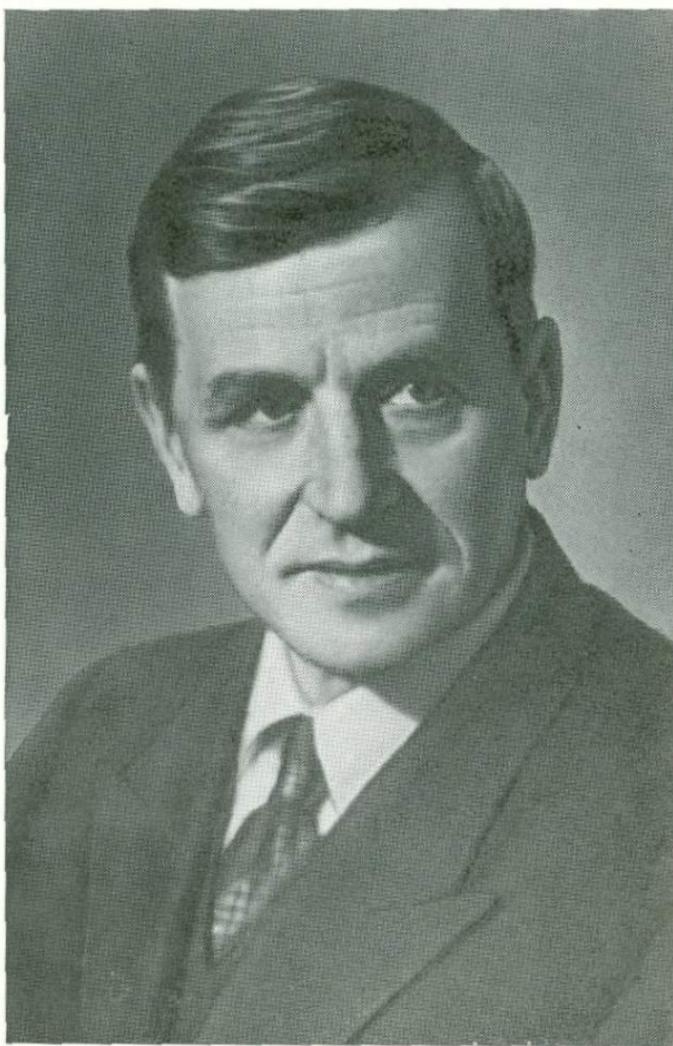
В последние десятилетия И. П. Герасимов широко использовал возможность объединять работы наиболее крупных циклов своих исследований в отдельные тематические издания. К своему 70-летию он опубликовал три книги избранных работ, среди которых большую известность получила монография «Новые пути в геоморфологии и палеогеографии» (1976), объединившая работы за период с 1937 по 1975 г. Она была посвящена широкому кругу главнейших

теоретических и методических проблем современной геоморфологии, к которым И. П. Герасимовым в первую очередь были отнесены научные основы структурной геоморфологии и морфоструктурного анализа, концепция геоморфологического этапа Земли и отдельных циклов выравнивания рельефа и формирования кор выветривания, палеогеографические реконструкции ледникового периода, общие закономерности экзогенного рельефа и ряд других проблем.

К своему восьмидесятилетию И. П. Герасимов подготовил также три новые монографии. Настоящая книга объединяет его геоморфологические исследования за 1976—1984 гг. и в отличие от монографии 1976 г. посвящена одной главной проблеме. Ее создание весьма примечательно. Как ученый, И. П. Герасимов в последнее время был обеспокоен тем, что начиная с 60—70-х годов в теоретической геоморфологии стал намечаться определенный кризис глобальных идей, который он связывал с ограниченностью концепции фиксизма. Прогресс теоретической геоморфологии он видел в широком использовании идей неомобилизма — новой глобальной тектоники плит. Этот прогресс, как считал И. П. Герасимов, должен был заключаться не в простой ассимиляции новых идей, а в поисках глобальной геоморфологической модели (варианта) тектоники плит и собственном вкладе геоморфологии в теорию неомобилизма. К геоморфологическому варианту плитотектоники И. П. Герасимов пришел не сразу. Будучи в душе экспериментатором, он стремился непосредственно ознакомиться и оценить фактическую сторону новой концепции. Поэтому уже на склоне лет И. П. Герасимов принимает участие в нескольких длительных океанологических экспедициях, пересекает Атлантический, Тихий и Индийский океаны, знакомится с конкретной «кухней» морских геоморфологических, геологических и геофизических исследований. Только после такой проверки он становится активным сторонником и пропагандистом идей неомобилизма.

Работы, вошедшие в данную книгу, представляют собой не только результаты научных разработок И. П. Герасимова последних лет, но показывают и путь ученого, которым он прошел к новой теоретической концепции, и сам процесс становления научной теории. Хотя статьи, составившие отдельные разделы монографии, публиковались на протяжении почти десяти лет, читатель может убедиться, что книга написана как бы на одном дыхании. Во введении автор подчеркивает поисковый характер исследования, сложность и пока еще недостаточную разработку отдельных проблем. Вполне естественно, что новые идеи рождаются в процессе обсуждения, столкновения разных подходов. Поэтому в книге немало полемических страниц, придающих ей остроту и актуальность.

Идеи плитотектоники прививаются в геоморфологии с большим запозданием и внедряются нелегко. Поэтому И. П. Герасимов обращает свою книгу к молодым геоморфологам, не отягощенным грузом традиций и научных стереотипов, и надеется, что книга явится стимулом для развития научной мысли и дальнейшей разработки проблем глобальной геоморфологии.



Академик
И. П. ГЕРАСИМОВ
(1905—1985 гг.)

ВВЕДЕНИЕ

Эта книга представляет собой своего рода творческий самоотчет о тех научных исследованиях в области глобальных проблем геоморфологии, которые я, наряду с исследованиями в других направлениях, проводил на протяжении последних 10 лет.

Результаты исследований публиковались в статьях, помещенных в различных журналах. В настоящей книге эти публикации используются в сокращенном, переработанном и модернизированном виде. Одновременно они дополнены новым текстом. Излагая этот материал, я надеюсь, что мне удалось органически объединить его в единое целое, подчиненное той проблематике, которая сформулирована в общем названии книги.

Рассматриваемая проблематика очень актуальна не только для самой геоморфологии, в области которой я работаю в течение многих десятилетий, но и для других наук о Земле. Современная геоморфология — наука о закономерностях формирования рельефа земной поверхности — возникла и развивалась, как известно, из двух корней — географического и геологического — и уже давно занимает вполне самостоятельное место на границе этих двух систем знаний. К настоящему времени геоморфология накопила обширный информационный материал. В ее активе много фундаментальных теоретических и практических достижений. Сейчас науки о Земле находятся на таком этапе развития, на котором для дальнейшего прогресса геоморфологии необходимо и вполне возможно обогащение ее новой теорией, новыми обобщениями и разработками глобального масштаба. В них ныне нуждаются и многие другие науки о Земле, тесно связанные с геоморфологией, — общая геология и особенно тектоника, физическая география и океанология, геофизика, геохимия, геодинамика и ряд других. Один из таких главных и особенно плодотворных путей для проведения подобных геоморфологических разработок я и стремлюсь показать в этой книге.

То научное направление, которое составляет научное содержание книги, я назвал **глобальной геоморфологией**. Это понятие можно трактовать и очень узко, и очень широко. В первом случае речь может идти об установлении закономерностей формирования рельефа земной поверхности, взятой в целом, т. е. об общеземном подходе к исследованию. Такое толкование объекта глобальной геоморфологии вполне законно, и это входит в задачу настоящей книги. Но более правильным и реалистичным мне представляется широкая трактовка указанного понятия. В этом случае проводится региональное геоморфологическое исследование любого масштаба и

территориального охвата, но его необходимую методологическую основу составляет учет общеземных, т. е. глобальных, закономерностей. Тем самым в результате такого регионального геоморфологического исследования наряду с местными особенностями рельефа определяются роль и место изученной территории в общей, глобальной системе наших геоморфологических представлений. Я стремлюсь проиллюстрировать в этой книге на нескольких региональных примерах именно такое более широкое — глобальное толкование предлагаемого понятия.

Общее содержание книги видно из ее структуры. Она разделена на три главные части. Первая часть носит вводный характер и имеет название «Постановка задачи и изложение теоретической концепции, на основе которой эта задача будет разрабатываться». Вторая часть посвящена моему участию в глубоководных океанологических экспедициях и его последствию — укреплению моего доверия к базисной теоретической концепции и региональным разработкам, основанным на теории глобальной тектоники плит. В третьей части излагаются собственно глобальные геоморфологические авторские разработки, а также рассмотрено современное и перспективное развитие глобальной геоморфологии. Книга включает также 12 глав.

В первой части книги изложена применительно к интересам глобальной геоморфологии сущность современной концепции теории глобальной тектоники плит. Во второй части характеризуются исходя из личного опыта тематика, методика и задачи морских геоморфологических исследований в глубоководных районах Мирового океана, а также приводятся некоторые примеры региональных геоморфологических разработок, основанных на глобальных закономерностях и являющихся результатом океанских путешествий (Карибский бассейн, поднятие Дарвина в Тихом океане, регион Индо-Пасифика, впадина Индийского океана). В третьей части излагаются те первые «подступы» к общим глобальным геоморфологическим разработкам, которым были подчинены мои научные помыслы в последние годы. В нее же, кроме общего рассмотрения современного состояния глобальной геоморфологии на материалах некоторых научных трудов, включен сжатый обзор геоморфологических (и не только геоморфологических) материалов, представленных на двух последних международных конгрессах — Географическом, проведенном в 1984 г. в Париже, и Геологическом, состоявшемся также в 1984 г. в Москве.

10 лет назад была опубликована моя книга «Новые пути в геоморфологии и палеогеографии» [Герасимов, 1975], в которой я объединил результаты ряда своих геоморфологических (и палеогеографических) исследований, проведенных в течение многих лет научной работы. Настоящая книга в значительной степени продолжает вышеуказанный труд. Я надеюсь, что она будет с интересом встречена специалистами, работающими в различных областях наук о Земле, а более узкий круг геоморфологов побудит продолжить и шире развернуть советские научные исследования по проблемам глобальной геоморфологии.

I. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ И ИЗЛОЖЕНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ КОНЦЕПЦИИ ЕЕ РЕШЕНИЯ

Разъяснение содержания первой части настоящей книги читатель легко получит, ознакомившись с заголовками составляющих ее двух глав.

1. Исчерпан ли вклад глобальной геоморфологии в современную теорию мобилизма Земли?

2. Глобальная тектоника плит (второе рождение фундаментальной теории в истории наук о Земле).

Следует пояснить, что содержание первой из этих глав основано на тексте моего короткого выступления в августе 1984 г. сначала на XXVII Международном геологическом конгрессе в Москве (секция 03 — Четвертичная геология и геоморфология), а несколько позднее на XXV Международном географическом конгрессе в Париже (на заседании рабочей группы по морфотектонике).

В основу второй главы положен мой очерк [Герасимов, 1981а], написанный в связи со 100-летием со дня рождения известного немецкого географа Альфреда Вегенера — творца учения о дрейфе материков, идеи которого первоначально были незаслуженно отвергнуты, но теперь (в последние десятилетия) испытали «реанимацию» в форме теории глобальной тектоники плит.

«Сейчас, — отмечает академик А. Л. Яншин, — гипотеза Вегенера, получившая в ее современном виде название теории движения тектонических плит или новой глобальной тектоники, принята, с незначительными поправками, геологами всего мира. Лишь очень немногие ученые упорствуют в своем с ней несогласии»¹.

Глава 1

ИСЧЕРПАН ЛИ ВКЛАД ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ В СОВРЕМЕННУЮ ТЕОРИЮ МОБИЛИЗМА ЗЕМЛИ?

Ответ на вопрос, поставленный в заголовке этого раздела книги, должен быть, по моему мнению, таким: хотя этот вклад и достаточно велик, он все же еще далеко не исчерпан.

Приведем доказательства первого из этих положений.

¹ Известия, 1984, 7 авг.

Известно, что предшественником современной теории мобилизма² была гипотеза дрейфа континентов, выдвинутая более 100 лет назад А. Вегенером. Одним из главных оснований этой гипотезы было совершенно поразительное сходство (подобие) географических очертаний омываемых водами Атлантического океана берегов Америки, Европы и Африки, свидетельствующее о том, что эти материки некогда составляли одно целое. Напомним, что проверка этого подобия, проведенная при помощи компьютера, полностью его подтвердила.

Изучение геоморфологических особенностей строения дна Атлантического океана, начиная с открытия срединно-океанической рифтовой зоны и других морфоструктур, хорошо согласующихся с условиями залегания и геологическим возрастом донных отложений и с различными геофизическими параметрами (например, распределением линейных магнитных аномалий), с убедительностью выявило общую картину мезо-кайнозойского раскрытия (спрединга), в результате которого упомянутые выше континенты разошлись — отделились друг от друга, сформировав бассейн Атлантического океана. Не менее поразительными явились аналогичные геоморфологические доказательства былого существования и распада другого древнего материка — Гондваны: сходство очертаний образовавшихся из него современных материков, совершенно особое строение рифтовых зон, состоящих из двух ветвей и сливающихся в центре бассейна Индийского океана, характер и расположение донных структур, также хорошо согласующихся с геологическими и геофизическими данными. В результате расхождения отдельных частей Гондваны (современного Индостана, Австралии и Антарктиды) образовался бассейн Индийского океана. Если, наконец, учесть современную геодинамическую схему Северного Полярного бассейна, отделившего (также в результате процессов спрединга) Евразию от Гренландии и Северо-Американского материка, то можно утверждать, что известное палеогеографическое представление о существовании в начале мезо-кайнозоя древней единой суши — вегенеровской «Пангеи» — с ее последующим распадом на современные материки путем раскрытия океанических бассейнов обоснованно опирается на определенные геоморфологические и другие данные.

Совершенно независимо от этих данных справедливость гипотезы единой древней суши подтверждают теория геоморфологического этапа в развитии Земли, выдвинутая нами 20 лет назад [Герасимов, Мещеряков, 1964а], а также карта поверхностей выравнивания и кор выветривания территории СССР [Герасимов, Сидоренко, 1972]. Согласно упомянутой выше теории, древнейшим этапом развития современного рельефа земной суши являлось формирование единой базальной денудационной поверхности для

² Под современной теорией мобилизма понимается концепция, которую обычно принято называть теорией глобальной тектоники плит. Причины предпочтения первого наименования объяснены ниже.

тельного, завершенного выравнивания, или глобального пенеплена, отмеченного остатками мезозойской коры выветривания. Отдельные фрагменты такого пенеплена показаны на карте поверхностей выравнивания территории СССР масштаба 1:2 500 000. Они известны также по литературным данным на всех других материках.

Согласно выдвинутым мною представлениям, некогда единая базальная поверхность суши — глобальный пенеплен — подверглась в ходе геоморфологической эволюции Земли и под воздействием неотектонических движений земной коры многообразным деформациям. Вследствие этого ее фрагменты заняли различное положение в современном рельефе и геологическом строении материков. В одних районах они сохранились в приподнятом положении в форме щитов, или **геократонов** (низкогорных массивов и нагорий, сводообразно изогнутых или раздробленных на блоки), в других они были опущены и представлены кристаллическим или складчатым фундаментом **континентальных платформ**, погребенных под толщами осадочных пород. По чисто геоморфологическим особенностям платформы естественно делятся на ярусные возвышенности, или **платогены**, и бассейны, занятые ступенчатыми равнинами и низменностями, или **пленогены**.

Первые из них — платогены — являются денудационными образованиями, формировавшимися в условиях прерывистого тектонического поднятия. Незавершенность процессов денудационного преобразования рельефа, протекавших в периоды ослабления тектонической активности, выразилась в них в форме образования локальных поверхностей более или менее выровненного рельефа, отделенных друг от друга ярусами крутосклонного рельефа, выработанного в периоды усиления тектонической активности.

В образовании пленогенов основную роль играло длительное тектоническое погружение (прогибание), стимулировавшее процессы аккумуляции отложений, перерывы в которых, также связанные с прерывистым тектоническим режимом, были отмечены формированием различных высотных ступеней.

Таким образом, даже общее геоморфологическое разделение внутриматериковых территорий позволяет не только обнаружить в них реликтовые фрагменты некогда единой суши, но и наметить главные черты их позднейшей геоморфологической эволюции. Более детальный геоморфологический анализ дает возможность установить конкретный ход этой эволюции различных частей материков.

Значительно более сложный путь геоморфологического развития был свойствен окраинным материковым пространствам. Еще в 1974 г. я предложил различать в их пределах особые шовные зоны контактов взаимодействующих окраин материковых и океанических массивов (плит), в пределах которых в новейшее геологическое время проявлялись различные типы геоморфологического орогенеза — горообразования [Герасимов и др., 1974]. В 1981 г. процессам горообразования в свете современных геодинамических представлений была посвящена другая статья автора [Герасимов,

1981б], которая затем была существенно уточнена в еще более поздней работе [Герасимов, 1982].

В первой из этих публикаций были рассмотрены с геоморфологической точки зрения геодинамические представления о конструктивных и деструктивных границах литосферных плит. Как известно, конструктивными границами были названы те межплитные пространства, в которых в результате процессов спрединга происходит формирование (конструирование) новой литосферы. Наиболее простой пример конструктивных границ — это океанические рифтовые зоны в срединно-океанических хребтах. К деструктивным границам были отнесены такие контактные зоны, в которых происходит асимметричное разрушение (деструкция) земной коры при процессах субдукции (подвига). Их примером является восточная окраина Азиатского материка [Ле Пишон и др., 1977]. Подчеркнув большое значение подобных геодинамических разработок для использования их при объяснении процессов орогенеза, я все же считал их недостаточными для истолкования многообразных типов горообразования, свойственных современной земной поверхности.

В работе, опубликованной в 1981 г. [Герасимов, 1981б], изложена система разделения всех геотектур земной поверхности, т. е. наиболее крупных геоморфологических элементов, включая указанные выше геотектуры суши (**геократоны, платогены и пленогены**), океанического дна (**талассократоны, талассоторпы** — как более древние — и **талассогены** — как более молодые элементы) и геотектуры шовных зон — **мобилгены и орогены**. Это разделение было иллюстрировано специальной картосхемой, на которой показывалось географическое распространение выделенных единиц [Герасимов, 1981б, см. схему типов геотектур мира].

Я должен признать, что предложенная мной схема подразделения геотектур ставит (и оставляет нерешенными) еще многие вопросы глобальной геоморфологии. Они в наибольшей мере касаются геодинамической трактовки геотектур шовных зон, т. е. границ (или контактных зон) материков и океанических бассейнов. По существу получается так, что многие из подобных границ или характеризуются особыми специфическими особенностями, или обозначены малоговорящим (в геодинамическом отношении) термином «шельфы».

Так, наиболее определенную геоморфологическую, или, точнее, морфогеодинамическую, трактовку в указанной схеме получила обширная шовная зона альпийского орогенеза (neo-Тетиса), протянувшаяся между Европой и Африкой и далее на восток, в Южной и Юго-Восточной Азии. Для выделения наиболее мобильной западной части этой зоны — Европейского Средиземноморья — были использованы сочетания терминов (понятий) «мобилген» и «ороген». Первый термин обозначает сложную совокупность активных горных сооружений, второй — живых внутренних морских впадин, в образовании которых, по-видимому, сложно взаимодействовали геодинамические процессы субдукции, коллизии и локального спрединга. Восточнее эта зона переходила, по моим пред-

ствлениям, в более консолидированную межконтинентальную орогенную зону Центральной Азии, представленную такими геотектурами, как **ортогены** и **параорогены**, созданными главным образом геодинамическими процессами прямой коллизии и обдукии, скучиванием земной коры и резкой инверсией тектонического режима в новейшее время.

Восточная окраина Евразии, представленная также очень сложной и мобильной шовной зоной из островных вулканических дуг, глубоководных желобов и впадин окраинных морей, трактуемая как современная (живая) геосинклиналь, потребовала использования нового термина (понятия) — «неомобилген» для обозначения типичных геотектур, создаваемых процессами региональной субдукции, а также термина «парамобилген» для тех геотектур дробления, в которых субдукционный путь геодинамического развития оказался наложенным на более древние, главным образом орогенные морфоструктуры (зоны слияния нео-Тетиса с древним Пасификом).

Вся наиболее активная и мобильная западная часть Евразиатского альпийского орогенного пояса, а также его восточноазиатская окраинная зона окаймлены, особенно с севера и запада, довольно широкими областями, которые могут быть названы **резонансными орогенами, периорогенами и торпогенами**, образовавшимися в наиболее консолидированных областях в форме континентального рифтогенеза (например, Прибайкалье).

Совершенно своеобразное геоморфологическое и морфогеодинамическое истолкование должно быть дано всей системе горных сооружений американских Кордильер и Анд, сопряженных с глубоководными желобами на восточной окраине Тихого океана. Главную роль в формировании этой системы играли, вероятно, процессы обдукии, осложненные другими геодинамическими процессами (локальной субдукцией, рифтогенезом и др.). Для обозначения всего комплекса этих геоморфологических явлений в предложенной мной схеме снова используются термины «мобилген» и «ороген». В еще более усложненной форме (с приставкой «пара», что обозначает вторичное наложение геодинамических процессов) такая же терминология использована для геоморфологического истолкования рельефа Карибского бассейна.

Этими краткими пояснениями я ограничу разъяснение разработанной мной схемы главных типов геотектур мира. Здесь снова следует подчеркнуть ее незавершенный, поисковый характер. Однако он ясно показывает очень большой и еще недостаточно реализованный собственный потенциал геоморфологических разработок, прежде всего для построения континентальных вариантов современного мобилизма. При этом одним из наиболее очевидных выводов, который вытекает из изложенных выше геоморфологических построений, оказывается не только возможность, но даже необходимость замены понятия о геофизических литосферных плитах в современном мобилизме понятием о континентальных и океанических геоморфологических массивах или плитах литосферы. Здесь

снова возникает проблема известной «реанимации» понятий теории дрейфа континентов и равноправного согласования геоморфологических, геологических и геофизических представлений на основе современных научных подходов.

Глава 2

ГЛОБАЛЬНАЯ ТЕКТОНИКА ПЛИТ (второе рождение фундаментальной теории в истории наук о Земле)³

Поставьте перед собой обыкновенный географический глобус. Внимательно проследите на нем очертания береговых линий материков, и вы сделаете поразительное открытие: большинство берегов современных континентов совпадают своими крупными извилинами, они как бы входят друг в друга. Особенно точно совпадают западные берега Европы и Африки с восточными берегами Северной и Южной Америки. Проверка степени этого совпадения была осуществлена при помощи ЭВМ. Результат оказался более чем положительным: разрывы между материками (если их придвигнуть друг к другу) были совершенно незначительными (рис. 1).

Более того, если допустить возможность некоторого поворота континентов относительно друг друга, а также изменения в их географической ориентации, то картина станет еще удивительнее. В общий ансамбль земной суши (по крайней мере в южном полушарии) входит не только Африка и Южная Америка, но и Антарктида. Отсюда уже совсем недалеко до представления о существовании в далеком геологическом прошлом единой материковой суши — Пангеи, которая затем разделилась на части — «предки» современных континентов (Лавразию, Гондвану). Наряду с сушей, таким образом, реконструируется и единый Мировой океан Панталасса с тремя западными «синусами» (рис. 2).

Понятно, что эта замечательная географическая реконструкция не могла остаться незамеченной. Почти 200 лет назад крупнейший географ того времени А. Гумбольдт (а еще раньше, в 1620 г., Ф. Бекон) обратил внимание на симметрию противоположных берегов Атлантического океана. В последующем это отметили также Т. Лилиенталь [Lilienthal, 1756], а затем в середине XIX в. А. Снайдер [Snider, 1858] и русский ученый Е. В. Быханов, а в начале нашего века Ф. Тейлор [Taylor, 1910]. Однако четких научных объяснений этот факт не получил.

Много позднее это сделал А. Вегенер, который опубликовал в 1915 г. свою знаменитую книгу «Происхождение материков и оке-

³ В текст и иллюстрации положенной в основу этой главы моей одноименной статьи [Герасимов, 1981а] внесены изменения и дополнения.

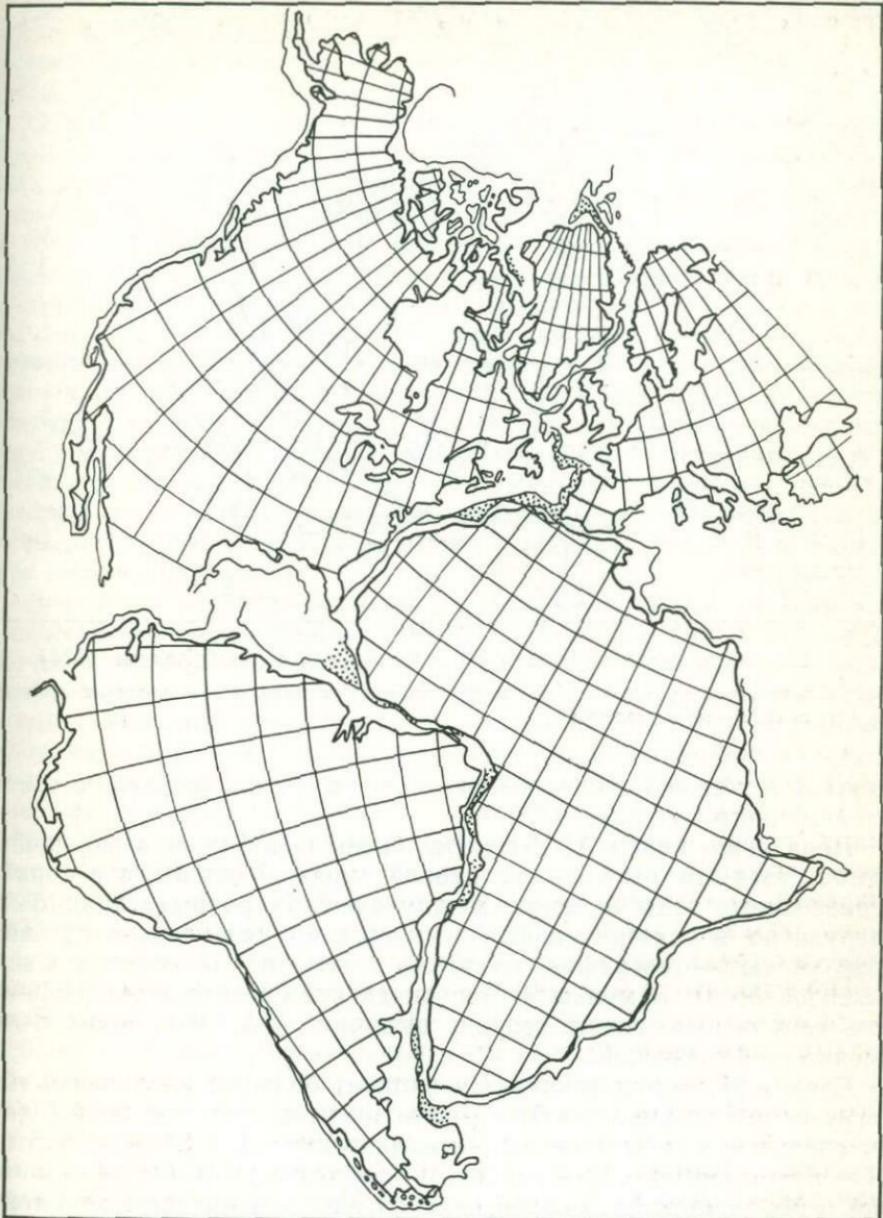


Рис. 1. Вычисленная по ЭВМ минимальная площадь сходимости континентов Атлантического океана

Точки обозначены области размыва и несовпадения

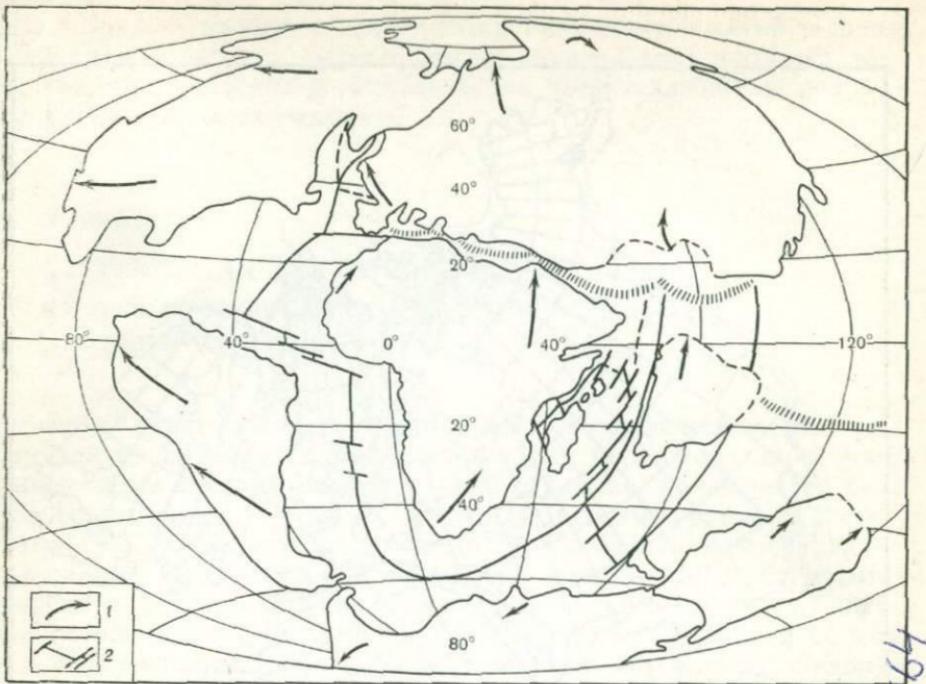


Рис. 2. Единый праматерик Пангея 200 млн. лет назад [Диц, Холден, 1974]

Цифры в градусах — координаты отдельных частей материков. 1 — направление движения крупных плит; 2 — зоны разломов

анов». Русское издание ее вышло в свет в 1925 г. (перевод с третьего немецкого издания 1922 г.).

Появление книги А. Вегенера было подобно разорвавшейся бомбе. Хотя это был период первой мировой войны, а в первые послевоенные годы общение между учеными разных стран было затруднено, в развернувшейся дискуссии принял участие большой круг ученых — географов, геологов, биологов (палеоботаников и палеозоологов). В меньшей степени дискуссия затронула геофизиков, хотя основа новой теории, выдвинутой А. Вегенером, была именно геофизической.

Суть этой теории такова. Существует большое различие в геологическом составе земной коры континентов, представленной двумя слоями — так называемым «сиалическим» (от Si — кремний и Al — алюминий) и более глубоким «симатическим» (от Si — кремний и Mg — магний) и корой океанов, которая представлена только вторым, т. е. симатическим, слоем. По удельному весу первый слой (сиаль) легче второго (симы), поэтому, по представлению А. Вегенера, континентальные сиалические массивы, подобно льдинам, как бы плавают (дрейфуют) на вязкой (более разогретой) симе. В своем движении они подвергаются взаимодействию механических сил, вызванных вращением Земли, приливных и отлив-

ных течений, возникающих в земной коре, и т. д. Свои соображения А. Вегенер [1925] излагал осторожно. Он писал: «На вопрос о том, какие же силы вызывали... перемещения (континентов.—И. Г.)... окончательный ответ не может быть дан в настоящее время» (с. 137).

Однако о многом другом А. Вегенер говорит гораздо увереннее. Кроме географических фактов (сходство очертаний континентов), он оперирует геологическими (сходство геологического строения некоторых частей «противоположных» материков), палеобиологическими (разорванные океанами ареалы некоторых видов растений и животных) и, наконец, палеогеографическими (палеоклиматическими) данными. Среди последних он придавал особое значение признакам древнего палеозойского (пермь—карбон) материкового оледенения, следы которого в виде своеобразных горных пород — тиллитов — сохранились в Южной Африке, на юге Южной Америки, в Индии и Австралии. А. Вегенер писал, что «загадка пермско-каменноугольного оледенения... находит чрезвычайно простое разрешение: как раз те части земной поверхности, которые несут следы оледенения, сходятся все в Южной Африке» [Там же, с. 69], а оттуда льды расползались на соседние (тогда еще соседние) площади.

В целом в книге А. Вегенера нарисована стройная картина географического перемещения (дрейфа) материков на протяжении значительного геологического времени. Возникший еще в позднем карбоне единый, хотя и залитый частично морскими водами и разбитый крупными расколами на отдельные глыбы материк Пангейя постепенно в эоцене и позднее разделился на современные континенты, «разъехавшиеся» друг от друга, но сохранившие некоторые черты былого единства.

Конкретизируя эту общую схему, А. Вегенер писал: «Южная Америка миллионы лет тому назад лежала непосредственно рядом с Африкой и даже составляла с ней вместе одну общую большую глыбу, которая лишь в меловой период раскололась на две части... Подобно этому и Северная Америка первоначально тесно прилегала к Европе и составляла... вместе с Гренландией одну общую глыбу, которая лишь в конце третичного периода... раскололась... вследствие чего обе части отделились друг от друга. При этом затопленные мелким морем участки материковых глыб, шельфы, рассматриваются всегда как составные части глыб... Мы должны принять также, что Антарктида, Австралия и Индостан до самого начала юрского периода непосредственно прилегали к Южной Африке и составляли с ней, а также и с Южной Америкой одну общую материковую область... Эта материковая область... раскололась по трещинам на отдельные глыбы, которые потом расползлись в разные стороны... Для Индостана мы имеем несколько другую картину: первоначально он был длинным, узким... участком глыбы, соединенным с Азиатским материком... Это длинное связующее звено вследствие продолжающегося надвигания Индостана на Азию все более подвергалось смятию в складки и превра-

тилось теперь в самые величественные складчатые горные цепи земного шара, в Гималаи, и в остальные многочисленные горные цепи высокогорной Азии. Точно так же и в остальных странах перемещение материковых глыб находилось в причинной связи с возникновением гор» [Там же, с. 1—2]. И далее А. Вегенер описывает, как при движении на запад обеих Америк их передний край был смят сопротивлением древнего, глубоко охлажденного, а потому сильно противостоящего боковому давлению дна Тихого океана в грандиозную цепь Анд, которая простирается от Аляски до Антарктиды. Затем в том же духе он рассматривает образование горных хребтов Новой Гвинеи и Новой Зеландии. Стремлением же материковых глыб перемещаться к экватору А. Вегенер объясняет образование «громадного пояса складчатых третичных гор, начиная от Гималаев, через Альпы, до Атласа» [Там же, с. 3].

Не правда ли, очень смелая и увлекательно нарисованная картина!

Труд А. Вегенера вызвал бурную реакцию ученых того времени, поскольку высказанные в нем взгляды в корне расходились с, казалось бы, незыблемыми догматами так называемой контракционной (контракция — сжатие) теории образования земной поверхности и во многом опровергали их.

«Геология, — дерзко писал А. Вегенер, — все еще не освободилась от представления о сжатии Земли. Контракционную теорию защищают Дена, А. Гейм и Э. Зюсс⁴; она господствует до последнего времени и выставляется как основное положение в геологических руководствах...» Сущность этой теории проста. «На земной поверхности благодаря охлаждению (некогда расплавленной планеты Земля. — И. Г.) и связанному с ним сжатию внутренних частей земного шара должны были появиться горные складки, совершенно так же, как появляются морщинки на высохшем и теряющем внутреннюю влагу яблоке» [Там же, с. 8].

Отдавая должное историческим заслугам этой теории, А. Вегенер тем не менее утверждал, что «не может быть никакого сомнения в том, что теория сжатия стоит в противоречии со всеми новейшими данными геофизики и что результаты геологических исследований последнего времени все больше с ней расходятся» [Там же, с. 8]. Это был вызов классической научной теории.

Именно так была воспринята новая теория Вегенера некоторыми передовыми учеными того времени, в частности известным русским ученым-геологом академиком А. А. Борисяком, который в статье «Происхождение континентов и океанов», опубликованной в одном из первых послереволюционных номеров журнала «Природа» [1922, № 4], писал: «Под таким заглавием уже вторым изданием (1915, 1920) выходит в Германии маленькая книжка Вегенера... Мы лишены были возможности своевременно знакомиться с книжкой Вегенера, как и с вызванной ею литературой, разбившейся на два лагеря: „за” и „против” нее. Но сейчас... эта малень-

⁴ Крупнейшие представители теоретической геологии того времени.

кая желтая тетрадка кажется крупнейшим явлением среди геологической литературы за весь тот период, пока мы были изолированы от Запада; дошедшие до нас издания не принесли нам никаких новых откровений, но лишь обыденную очередную геологическую работу,— тем заметнее на этом фоне смелая и красавая мысль Вегенера; основанная пока, правда, на небольшом количестве данных, она так стремительно увлекает за собой поток фактического материала (один за другим крупнейшие вопросы геологии получают в ней такое простое и легкое решение), что приходится сделать над собой усилие, чтобы остановиться на этом пути...» (с. 14). Эти строки принадлежат очень крупному ученому.

Я не буду здесь рассматривать геофизические основания теории контракции (сейчас уже устаревшей) и других более новых теорий такого рода (пульсирующего развития Земли путем сжатия и расширения, радиоактивного разогрева земных недр и др.). Для нас важны геоморфологические аспекты этих теорий, их объяснение истории развития современной земной поверхности. И здесь необходимо в первую очередь назвать знаменитый труд австрийского геолога Э. Зюсса «Лик Земли» [Suess, 1883, 1888, 1901—1909].

В нем были обобщены разнообразные географические и геологические материалы, накопленные к концу XIX в. Одна из важных проблем, рассмотренных Э. Зюссом, — это связь современного рельефа земной поверхности с ее геологическим строением. Научный анализ соответствующих данных был сделан им на основе теории контракции. При этом фундаментальность труда и глобальный характер содержавшихся в нем выводов заслуженно обеспечили ему большой авторитет. Поэтому выступление против него А. Вегенера стало крупным событием в истории наук о Земле.

Такое выступление было тем более смелым, поскольку некоторые основные положения, выдвинутые Э. Зюссом, не только составили основу для дальнейшего развития геологии, но и звучат почти современно. Так, например, он писал: «Насколько неполнично мы можем судить о нынешнем состоянии какого-либо государства, если не знаем того пути, какой оно прошло... настолько недостаточны оказываются наши знания о любом участке Земли... если мы не знаем тех процессов, которые привели к его появлению... И хотя для человека и физического мира современность является только отрывком будущего... однако прошлое многому может нас учить. Это утверждение.... относится к значению истории Земли при ее описании» [Suess, 1883, с. 766].

Рассуждая о современном вулканизме или вспоминая библейский миф о потопе, в котором Э. Зюсс видел отражение легенд о реальных морских трансгрессиях и регрессиях, происходивших в геологическом прошлом (даже относительно недалеком, например на протяжении последних 10—12 тыс. лет), он говорил о «вздрогиваниях тела Земли» и о том, что «силы подземелья еще не успокоились». Однако, и это очень важно, все подобные проявления современной геологической активности Э. Зюсс считал побочными или вторичными, возникающими как следствие более крупных глобальных процессов.

И вот, говоря об этих процессах, Э. Зюсс обращался к теории контракции. Он писал об огромном значении «тангенциальных напряжений» в земной коре, вызванных сжатием Земли и создающих горные пояса, а также о «вертикальных опусканиях» и даже «обрушениях» крупных участков Земли, ведущих к сокращению ее радиуса. В результате опусканий и обрушений образуются впадины морей и океанов.

Эти грандиозные явления имели место в геологическом прошлом. Однако, по мнению Э. Зюсса, они продолжаются и в настоящее время. «Мы являемся свидетелями общего крушения земного шара...» — утверждал Э. Зюсс. Поясняя эту перспективу, он добавлял: «Если бы тангенциальные напряжения на внешнем, скальном остове Земли были бы полностью уравновешенными, то... поверхность Земли представляла бы сравнительно правильный сфероид, сплошь покрытый оболочкой из океанической воды» [Там же, с. 778]. Однако такого уравновешивания в силу процессов концентрации не может быть; в результате их проявления, как уже указывалось, на Земле формируются складчатые пояса и разломы. «Именно такие разломы собрали,— писал далее Э. Зюсс,— воды в глубокие моря; благодаря им образовались современные континенты; стало возможным появление существ, которые дышат легкими» [Там же, с. 778].

Вполне логичная и даже драматическая картина геологического развития Земли!

Главные возражения против теории дрейфа материков, выдвинутой А. Вегенером, касались роли, которая отводилась в этой теории океаническим бассейнам, точнее, дну океанов. Так, например, указывалось, что передвижение материков Северной и Южной Америки в западном направлении должно было бы не только вызвать складкообразование на их краях, но и смять породы, слагающие дно океана. Но данные промеров не показывают наличие таких подводных складок. Однако дно океана в те времена было почти совсем не изучено. Господствовало представление об огромных по площади, плоских глубоководных поверхностях, лишь местами нарушенных вулканическими островами. Перед А. Вегенером ставили вопрос, что если подобные поверхности были образованы «расползающимися» материками, то почему на них не сохранились «свидетели» столь грандиозного процесса? Ответа на этот вопрос тогда не было.

Значительно успешнее решали проблему разорванных океанами ареалов некоторых видов растений и животных. Выдвигали гипотезы островных мостов между неподвижными континентами или же, что звучало еще эффектнее, гипотезы былого существования потонувших материков. С точки зрения зюссовских обрушений или разломов, последние казались вероятными, особенно в отношении древнего материка Гондваны, располагавшегося будто бы между Африкой, Индостаном и Австралией. Здесь были налицо многие признаки общности тех частей современных материков, которые окружают Индийский океан. Значительно более фантас-

тическим был миф об Атлантиде, якобы заполнявшей пространство Атлантики между Европой и Америками. Но главным все же было принципиальное признание возможности крупных «обрушений» земной коры, вытекающее из контракционной гипотезы.

Однако все же не это определило долголетнюю живучесть фундаментального труда Э. Зюсса. Основное внимание в нем уделено рассмотрению и обобщению имевшихся данных относительно рельефа и геологического строения суши. На всех континентах (кроме мало изученной тогда Австралии) были выделены разнородные части, представленные платформами, горстами, складчатыми и вулканическими горами. Объединив современные континенты в четыре крупных блока (Индо-Африку, Южную и Северную Америку, Евразию), Э. Зюсс выделил в каждом из них стабильные площади древних щитов и платформ, не подвергшихся складчатости (по крайней мере новейшей) и уцелевших от «обрушения». Эти элементы земной поверхности составили, согласно представлению Э. Зюсса, ядра современных материков, придав им устойчивость и постоянство в ходе последующей геологической эволюции Земли.

Надо сказать, что именно эти представления Э. Зюсса дожили до настоящего времени, превратившись в учение о древнейших (докембрийских) кристаллических массивах (щитах) и более молодых (фанерозойских) платформах, сложенных осадочными породами (главным образом осадками эпиконтинентальных морей), подстилаемых кристаллическим фундаментом. Большой вклад в развитие этого учения был внесен советскими геологами (А. Д. Архангельским, Н. С. Шатским и др.). Кристаллические массивы (возрастом от 500 до 2600 млн. лет) действительно слагают коренные «ядра» всех континентов, обросших на протяжении фанерозоя массивами платформ. Такое представление говорит, в общем, в пользу вероятной стабильности материков.

Значительно сложнее обстоит дело со складчатыми, или орогенными, поясами. Примитивная модель («сморщенное яблоко» Э. Зюсса) теории контракции не может объяснить даже основные особенности горных систем; она вошла в противоречие с региональными геологическими данными. Однако в конце XIX в. для объяснения происхождения складчатых (орогенных) поясов была выдвинута и разработана совершенно новая теория геосинклиналей, быстро завоевавшая прочное место в науках о Земле.

Как известно, геосинклинальная теория развития складчатых (орогенных) поясов была почти одновременно разработана в США Дж. Холлом и Дж. Дена, использовавшими материалы по Аппалачам, и в Европе французским геологом Э. Огом на основании изучения главным образом Альп и Средиземноморья.

На предложенной Э. Огом [Haug, 1900] схеме геосинклиналью (точнее, геосинклинальной областью или зоной) были названы длинные, но сравнительно узкие полосы — прогибы земной коры, в которых происходило накопление мощных толщ осадочных отложений. Позднее эти толщи подверглись тектоническим деформациям и образовали складчатые горы.

Важнейшей частью позднейшего учения о геосинклиналях является утверждение их обязательной геологической эволюции во времени: от стадии зарождения (образования прогиба) через стадию становления (накопления осадков) до заключительной стадии, которую назвали орогенной, т. е. горообразовательной. Считают, что для каждой из этих стадий характерен свой тип (формация) отложений: от флиша (слоистые тонкозернистые отложения) для стадии становления до моласс (галечники и конгломераты) для стадии орогенеза.

Теория геосинклиналей вдохнула новую жизнь в понятие «подвижные» пояса Земли и дала объяснение происхождению складчатых гор (орогенных поясов). Поскольку же геологический возраст таких поясов различен — палеозойский, мезозойский и кайнозойский, причем в подавляющем большинстве случаев соответствующие эпохи складчатости (и горообразования) проявлялись в одних и тех же местах, геосинклинальная теория стала новым оплотом фиксистов — сторонников стабильного расположения континентов и противников теории их дрейфа.

Все это привело к тому, что подавляющее большинство геологов признали вегенеровскую теорию дрейфа бездоказательной. Так, например, на специальном заседании Американского общества геологов-нефтяников в 1929 г. гипотеза А. Вегенера была полностью отвергнута. Один из участников дискуссии в резкой форме заявил, что если признать дрейф континентов, то надо забыть почти все, чему учились предыдущие поколения. Не менее резки и категоричны были заключения ведущих геофизиков. Поскольку теория Вегенера мешала развитию классических геологических взглядов, ее просто предали забвению по крайней мере на 50 лет.

Крупнейший советский геолог академик Н. М. Страхов, автор основных научных трудов по исторической геологии, еще в 40-х годах писал, что «ахиллесовой пятой теории Вегенера являются неверные представления о строении земной коры... Дно Атлантического и Индийского океанов вовсе не образовано симатической массой... но представляет собой погруженную сиаль, связующую Африку, Южную Америку, Европу, Австралию, Антарктиду в единое целое» [Страхов, 1948, с. 388—389], т. е. затонувшие древние материки Атлантиды, Гондваны и др. Другой выдающийся советский тектонист академик Н. С. Шатский тогда же писал, что «геологические обобщения о строении земной коры показывают абсурдность гипотезы Вегенера» [Шатский, 1946, с. 20—21]. И даже уже в 50-х годах не менее крупный геолог член-корреспондент АН СССР В. В. Белоусов [1954] считал, что объективное рассмотрение этой гипотезы в свете современных как геологических, так и геофизических данных приводит к бесспорному выводу, что она фантастична и не может иметь ничего общего с реальной действительностью и наукой. Аналогичные оценки и суждения по гипотезе Вегенера можно найти также и в работах крупных зарубежных геологов совсем недалекого времени.

Правда, у некоторых ученых, занимающихся геологической

историей Земли, и прежде всего у палеобиологов (например, у академика А. Н. Криштафовича), теория Вегенера сохраняла еще очень большой «кредит». И это прежде всего потому, что она довольно просто объясняет многие малопонятные историко-геологические особенности развития древней флоры и фауны. Более того, один из ближайших сподвижников академика В. И. Вернадского — создателя учения о земной биосфере — всесторонне образованный географ Б. Л. Личков выступил еще в 1935 г. с интересной книгой под названием «Движение материков и климаты прошлого Земли». Эту книгу он закончил пророческими словами: «Исходя из определенного взгляда на структуру земной коры... научная мысль выявила возможность определенных (горизонтальных.—И. Г.) движений частей этой коры... Эти движения нетрудно связать с горообразованием. В то же время движения эти дали легкое и вполне естественное объяснение преобразованиям жизни на фоне геологического прошлого. В конечном счете получается, что движения материков являются тем основным механизмом, который позволяет объяснить огромную сумму явлений на земной поверхности...» (с. 126). Столь категорическое утверждение было тогда лишь «гласом, вопиющим в пустыне».

Однако наступила середина XX в. Было начато систематическое изучение строения дна Мирового океана с использованием новой техники. До этого океанические бассейны пересекались редкими маршрутами исследовательских судов, применявшимися в качестве основного средства изучения морских глубин лотлинь. Правда, в 1872 г. Лондонское Королевское общество организовало первую крупную океанографическую экспедицию вокруг света на парусно-паровом судне «Челленджер». Это плавание продолжалось больше трех лет и дало первые более или менее систематические материалы относительно рельефа океанического дна. Однако революцию в донных океанических промерах произвело изобретение в 20-х годах нашего столетия акустического эхолота. В 1927—1940 гг. советские ученые начали систематические исследования Северного Ледовитого океана. Было сделано выдающееся открытие: ленинградский географ Я. Я. Гаккель открыл на дне этого океана участок подводного океанического хребта, носящий с тех пор его имя.

В результате интенсивных океанографических работ, проводившихся в 50-х годах американскими, советскими, западноевропейскими, японскими и другими учеными, было установлено существование на дне Мирового океана системы срединно-оceanических подводных хребтов, отмеченных в своей центральной части длинными и узкими, так называемыми рифтовыми «долинами» и сетью огромных поперечных тектонических разломов, названных трансформными. Объяснить с позиций классических географии и геологии происхождение этой системы (рис. 3) было невозможно.

Почти одновременно последовали замечательные сейсмологические открытия: были установлены ясно выраженные и весьма активные в настоящее время мировые сейсмические пояса (рис. 4). Среди них выделяется прежде всего Тихоокеанский пояс с распо-

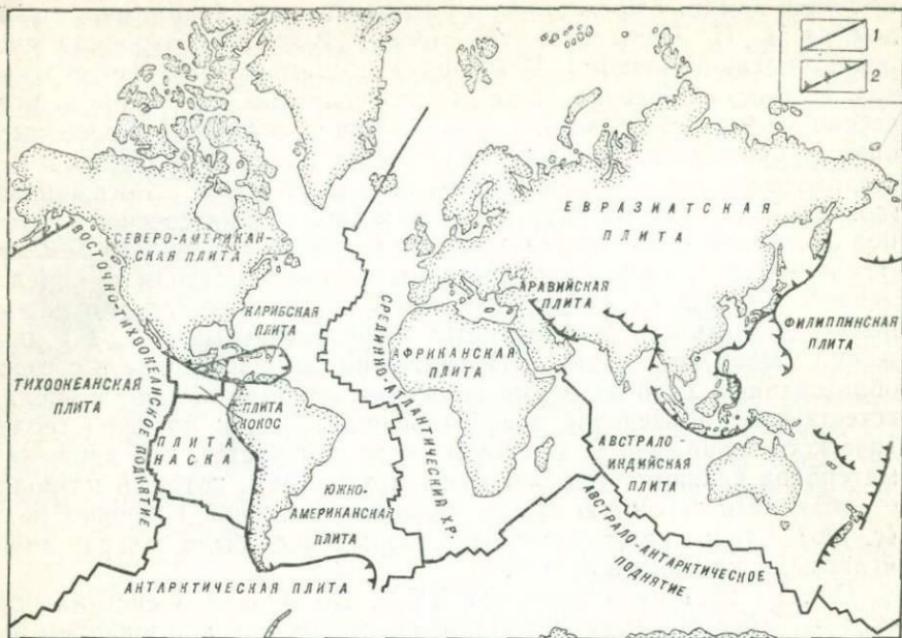


Рис. 3. Главные плиты, подводные хребты и зоны субдукции в представлении сторонников плитотектоники

1 — оси хребтов; 2 — зоны субдукции

ложеными в нем очагами глубокофокусных землетрясений. Очень важная особенность этого пояса, как выяснилось позднее,— это наклонное (в сторону континентов) расположение глубоких (до 700 км) гипоцентров происходящих в нем землетрясений. Такое расположение явно указывало на зону внутренних напряжений в земной коре, которая косо уходила от дна океана под материк.

Следующим крупным шагом в области изучения Мирового океана были палеомагнитные исследования. Уже довольно давно было известно, что различные горные породы, прежде всего содержащие железистые минералы, обладают не только магнитными, но и палеомагнитными свойствами; они сохраняют остаточную намагниченность, т. е. тот характер магнетизма, которым изверженная горная порода обладала в период ее выплавления из магматического вещества. Остаточная намагниченность сохраняется в горных породах сотни миллионов лет, если они не подвергаются вновь расплавлению (точнее, разогреву до 400—600°). Хотя эти свойства горных пород были открыты сравнительно давно, широко использовать их для палеогеографических целей стали лишь в последние десятилетия в ходе изучения горных пород и осадков, слагающих дно океанов.

Современные методы изучения остаточной намагниченности позволяют определить два важных свойства — палеомагнитную

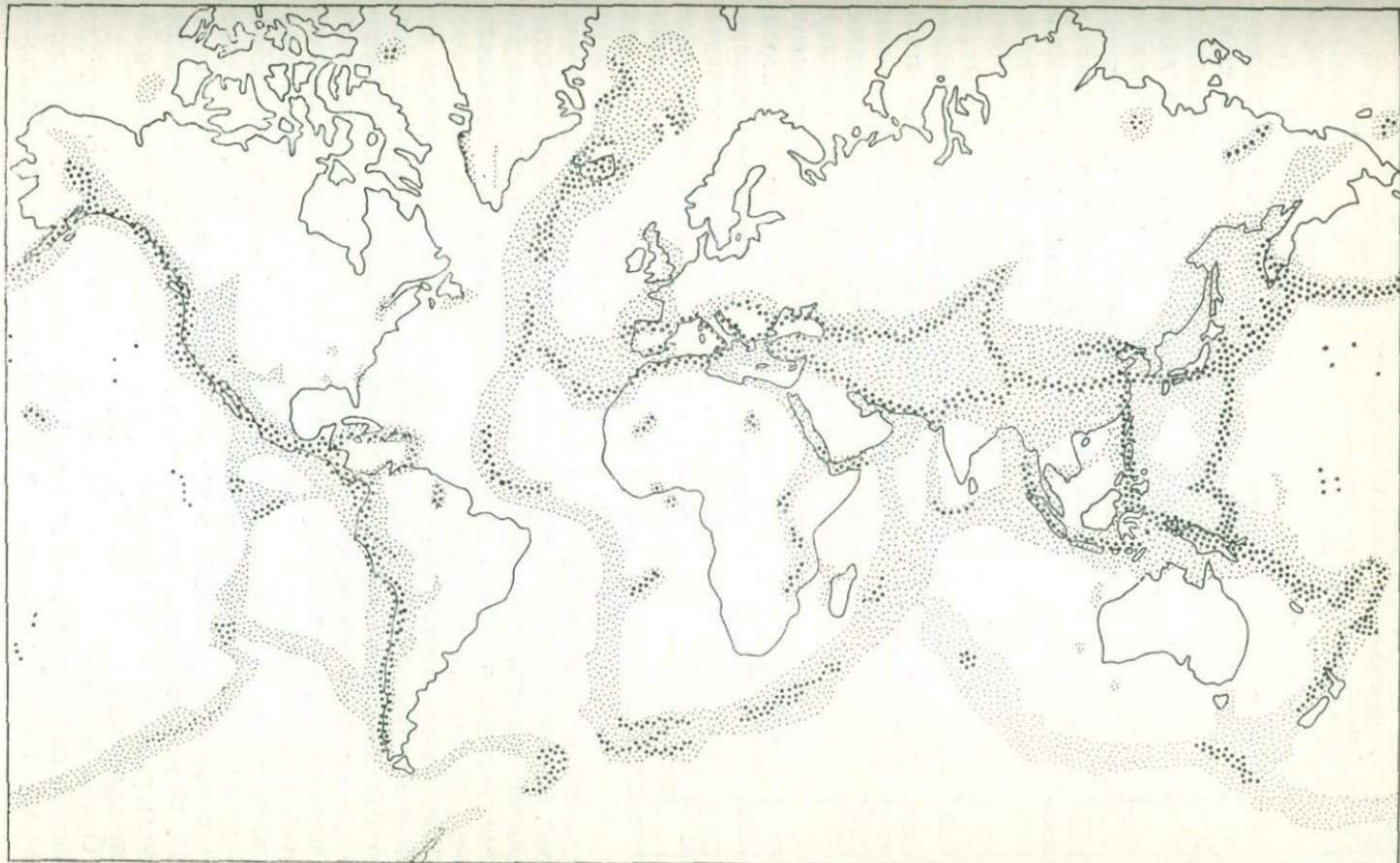


Рис. 4. Глобальное распределение сейсмической активности Земли
Точками показаны эпицентры землетрясений

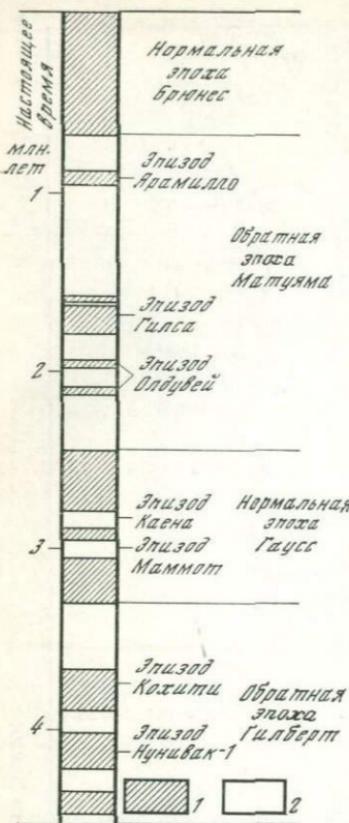


Рис. 5. Инверсия магнитного поля Земли за последние 4,5 млн. лет

1 — поляризация нормальная;
2 — то же, обратная

пространственную ориентацию железистых минералов и знак (прямой или обратной) их намагниченности. Оба этих свойства опираются на две общие закономерности земного магнетизма: на возможность географического перемещения магнитных поясов Земли и на так называемое явление магнитной инверсии (т. е. перемены знака намагниченности) во времени.

Проведенные за последние годы обширные палеомагнитные исследования указали на значительные изменения в географическом расположении земных магнитных полюсов, по крайней мере в течение мезо-кайнозоя. Хотя полная картина их географической миграции еще не установлена, факт изменения пространственной ориентации магнитных минералов горных пород различного геологического возраста сейчас непреложен. А он может быть истолкован только однозначно, как свидетельство географического перемещения того участка земной по-

верхности, который слагается из остаточно намагниченных горных пород. Следовательно, различным частям земной поверхности (континентам, участкам дна Мирового океана) в разное геологическое время, несомненно, была присуща способность к географическим перемещениям, т. е. к дрейфу.

Еще более важные результаты дало изучение магнитных инверсий в горных породах различного возраста. Как известно, возраст горных пород определяют на основании палеонтологических данных или радиометрически (по скорости распада радиоактивных элементов). В последнем случае мы получаем так называемый абсолютный возраст, выраженный в годах (в сотнях, тысячах и миллионах лет). Все это позволило построить особую хронологическую шкалу инверсий палеомагнитной полярности (прямой, т. е. соответствующей современной, и обратной, т. е. прямо противоположной). И хотя причины таких периодических инверсий еще не выяснены, уже составленные временные шкалы имеют неоценимое палеогеографическое значение (рис. 5).

Одним из наиболее важных результатов применения хронологической палеомагнитной шкалы было открытие на дне океанов ясно выраженной полосовой магнитной закономерности. Сущность

ее в том, что вдоль срединно-океанических хребтов, строго следуя их общему простиранию, располагаются в виде полос площади океанического дна, в сложении которых по мере удаления от срединно-океанического хребта участвуют (по палеомагнитным данным) все более древние горные породы (океанические базальты, составляющие фундамент более молодой осадочной толщи). Получилась картина, из которой следовало, что геологический возраст горных пород, слагающих дно океанов (базальтов), сравнительно небольшой: от позднеюрского и мелового на периферии океанов (65—190 млн. лет) до плиоценового и плейстоценового (1—5 млн. лет) вблизи срединно-океанических хребтов. Большая часть хронологических определений, сделанных по палеомагнитным данным, была подтверждена и другими методами (палеонтологическими и радиометрическими), в частности в результате глубоководного бурения (рис. 6).

И вот все это — открытие системы срединно-океанических хребтов, установление активных сейсмических поясов с наклонными зонами глубокофокусных землетрясений, результаты палеомагнитных определений — легло в основу общей теории, получившей название глобальной теории литосферных плит. Появление этой теории несколько десятков лет назад можно с достаточным основанием считать возрождением на современном теоретическом уровне вегенеровской теории дрейфа материков (см.: [Le Pichon, 1984])⁵.

Основное отличие современной теории от теории А. Вегенера заключается в том, что горизонтальное движение (дрейф) испытывают не отдельные материки, как это считал А. Вегенер, а крупные блоки (плиты) литосферы, состоящие из материков с «припаянными» к ним массивами океанического дна. Это движение происходит, по-видимому, по верхней части астеносферы, подстилающей земную кору (литосферу), и вызывается, вероятно, конвекционными течениями в ней мантийного вещества. Таким образом, согласно новой теории, слой, по которому происходит скольжение материков в составе плит, находится ниже симатического слоя А. Вегенера.

Основоположниками новой теории была выделена система главных литосферных плит. Границы этих плит проведены по системе срединно-океанических хребтов, по Тихоокеанскому сейсмическому поясу и, частично, по складчатым зонам материков (рис. 7). Ядро каждой континентальной плиты составляют древние кристаллические щиты и платформы. Это говорит о включении в новую теорию части зюссовских представлений. Однако все остальное выглядит совершенно иначе.

Теоретическую основу для теории глобальной тектоники литосферных плит (работы Вайна, Мэтьюза, Менарда, Хесса, Дица, Берда и др.) составляют две важные концепции — спрединга

⁵ Статья Ле Пишона очень интересна с точки зрения истории новой теории. В ней крупный французский ученый рассказывает о своем участии в научных исследованиях в Ламонте и Принцоне (США), а также в Кембридже (Англия), когда там закладывались основы этой теории.

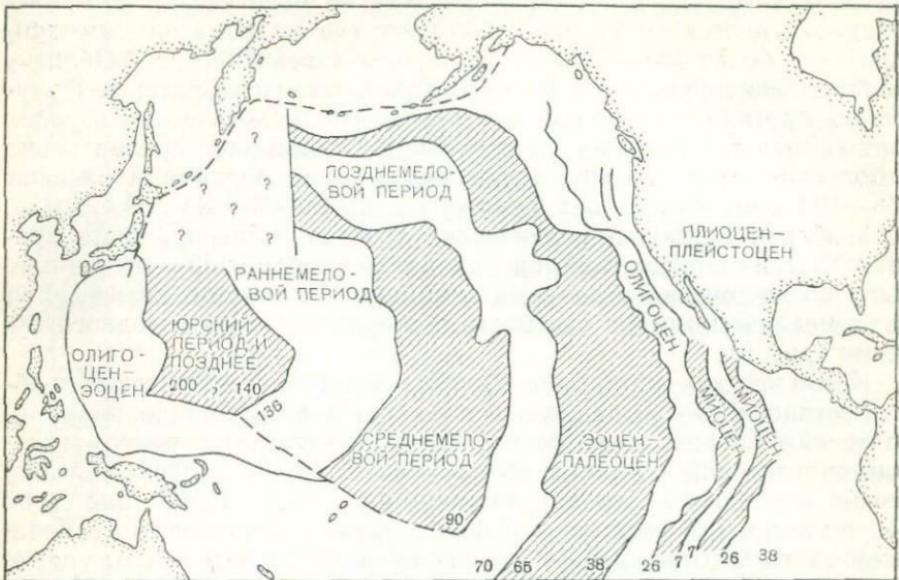


Рис. 6. Возрастные геологические провинции в тихоокеанской коре

Цифры на карте — возраст, млн. лет

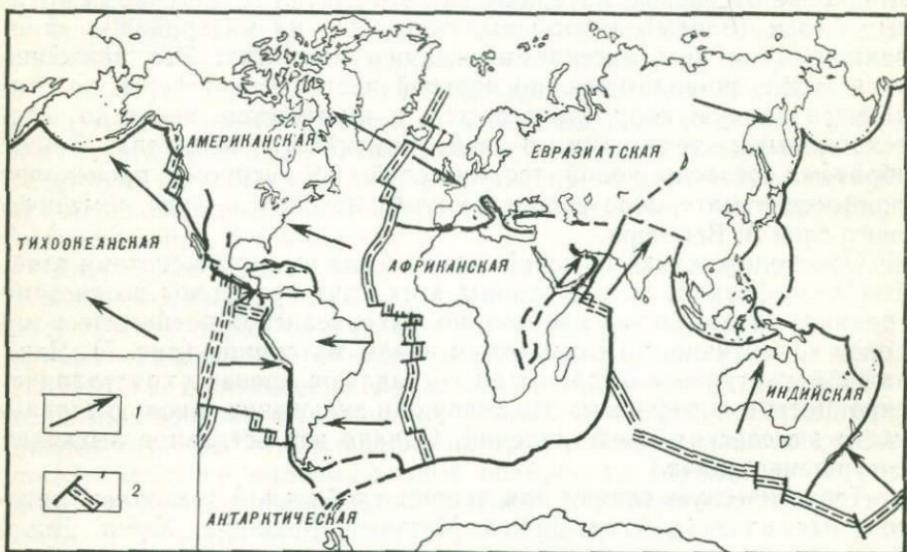


Рис. 7. Современные границы литосферных плит

1 — направление движения крупных плит, обычно ограниченных хребтами или глубоководными желобами; 2 — зоны разломов

океанических плит и субдукции континентальных плит друг под друга. Обе концепции довольно просты и уже упоминались выше.

Процесс спрединга развивается при постепенном перемещении плит (под воздействием, вероятнее всего, конвекционных течений мантийного вещества в астеносфере) в различные стороны и разрастании океанических бассейнов с образованием новой молодой (базальтовой) океанической коры. Палеомагнитные и другие данные подтверждают существование такого процесса и дают возможность определить глобальную продолжительность спрединга (мезокайнозой) и его скорость — от 1—2 до 10—12 см/год.

Концепция субдукции предполагает постепенный поддвиг одной литосферной плиты (например, океанической) под другую (например, континентальную). Такой поддвиг должен происходить по наклонной плоскости с постоянным разрушением (расплавлением) в астеносфере погрузившейся части литосферы и наращиванием коры континентальной (гранитной). Естественно, что для зоны контакта плит с проявляющимися процессами субдукции должны быть характерны повышенная геодинамическая активность (сейсмичность), интенсивный тепловой поток из глубин Земли, молодой (даже современный) вулканализм, формирование молодых островных вулканических дуг и котловин окраинных морей. «Свидетелей» процессов субдукции (из перечисленных выше) легко увидеть на географической карте западной окраины Тихого океана и некоторых других районов мира.

Таким образом, в отличие от теории дрейфа материков А. Вегенера новая теория тектоники литосферных плит основывается главным образом на данных по строению и истории развития бассейнов Мирового океана, а не на географических и геологических данных по суше. Получилась интересная «инверсия» и историко-геологических источников теоретических представлений. Ранее земная суша поставляла основной эмпирический материал для глобальных геологических построений, сейчас эту роль выполняет океан.

Важно также отметить, что теория глобальных литосферных плит, подобно вегенеровской теории дрейфа, обладает большим потенциалом для дальнейших научных разработок. Однако, если научные идеи А. Вегенера были в свое время довольно дружно похоронены геологами всего мира, то в последние десятки лет дело обстоит иначе: на их протяжении происходила ожесточенная схватка между мобилистами, сторонниками новой теории, и фиксистами, отрицающими подвижность материков и отстаивающими постоянство географического положения плит и океанических впадин. Борьба сторонников этих основных взглядов не затихла до наших дней.

В самое последнее время у многих ученых стала проявляться тенденция к компромиссу, к творческому синтезу наиболее достоверных компонентов как мобилизма, так и фиксизма. Примером могут служить работы Дж. Дьюи, Дж. Берда, У. Диккенсона и других исследователей, посвященные согласованию общих поло-

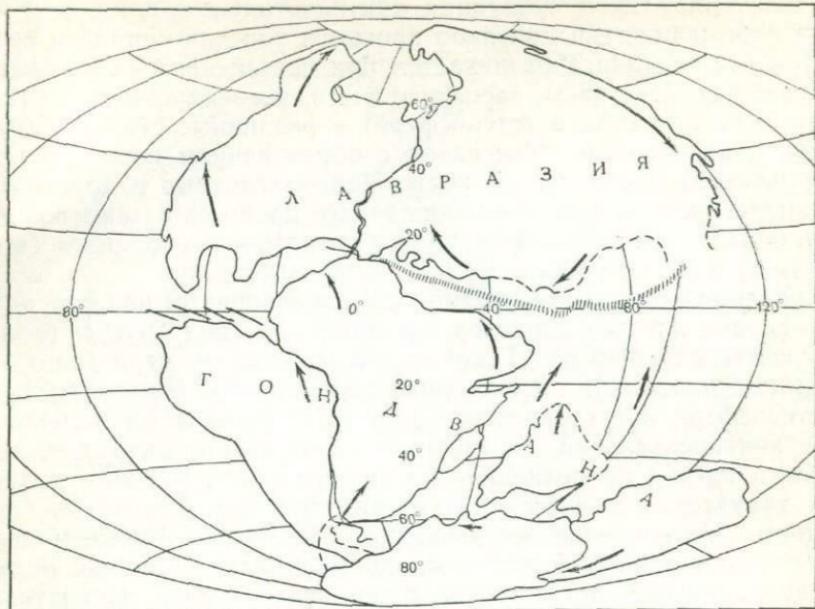


Рис. 8. Положение материков 180 млн. лет назад [Диц, Холден, 1974]

Цифры в градусах — координаты отдельных частей материков. Условные обозначения см. на рис. 7

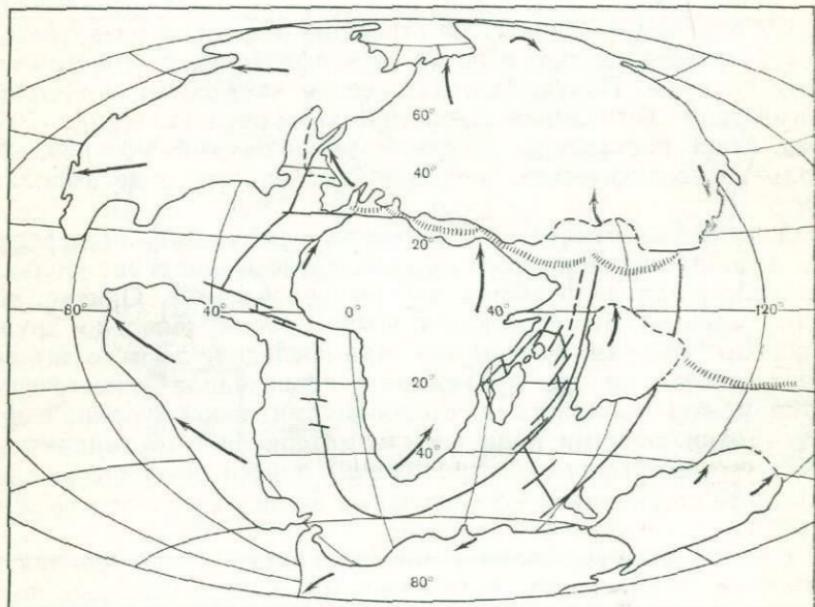


Рис. 9. Положение материков 65 млн. лет назад [Диц, Холден, 1974]

Цифры в градусах — координаты отдельных частей материков. Условные обозначения см. на рис. 7

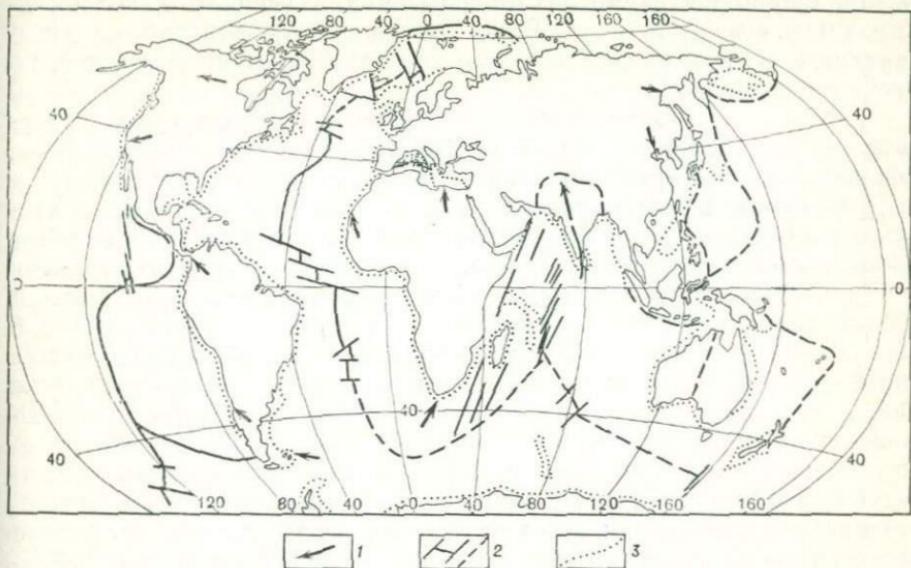


Рис. 10. Современное положение материков

1, 2 — объяснение условных обозначений см. на рис. 7; 3 — контуры шельфа

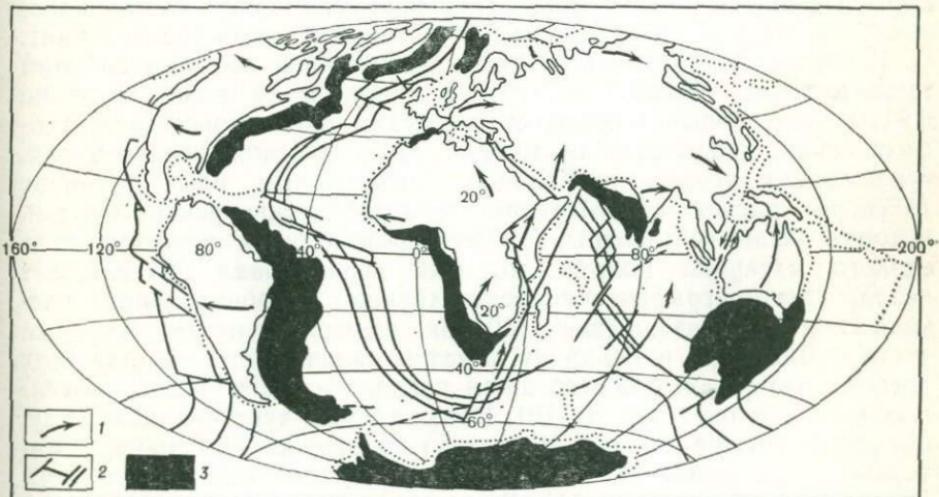


Рис. 11. Прогноз положения материков через 50 млн. лет

Цифры в градусах — координаты отдельных частей материков. 1, 2 — см. на рис. 7; 3 — предполагаемые площади смещения материков

жений теории тектоники литосферных плит с учением о геосинклиналях (см. часть III, главу 9 настоящей книги). Эти работы и вытекающие из них предположения, хотя еще во многом спорны, но очень показательны.

Вместе с тем новая теория литосферных плит быстро и плодотворно продолжает развиваться. Возникнув на океанической базе, она в настоящее время проявляет возрастающую «агрессивность» по отношению к материковым геологическим и геоморфологическим проблемам. Эта теория дает совершенно новое толкование происхождению горно-складчатых поясов на континентах, трактуя эти пояса как зоны контактов (шовные зоны), взаимодействия и столкновения крупных литосферных плит (см. часть III, главу 8 настоящей книги). Довольно неожиданно такой взгляд нашел сильную опору в геологическом строении самих горных стран. Уже давно было известно участие в их строении комплексов ультраосновных зеленокаменных пород, получивших название офиолитовых. Теперь довольно четко устанавливается, что по минералогическому составу и химизму офиолитовые комплексы почти тождественны современной океанической коре. А это значит, что в ходе геологического развития большей части горно-складчатых областей, видимо, активно участвовали не только континентальные и морские, но и чисто океанические образования, т. е. участки бывшей океанической земной коры, подвергшиеся позднейшим тектоническим деформациям и вошедшие в состав верхней части земной коры. Офиолиты сейчас как бы перебрасывают мост между классической теорией геосинклиналей и теорией литосферных плит.

В общем, вооружившись новым толкованием крупных событий геологического прошлого Земли и опираясь на разносторонние факты, полученные новейшими методами океанологических, геофизических, геологических и геоморфологических исследований, современная теория глобальных литосферных плит уточняет (а скорее, рисует заново) те палеогеографические реконструкции, которые были составлены А. Вегенером (общая реконструкция единого материка Пангеи, который существовал 200 млн. лет назад; палеогеографические реконструкции первоначального раскола Пангеи, произошедшего 180 млн. лет назад, на две крупные части — Лавразию и Гондвану, а затем дальнейшего распада этих древних материков с постепенным появлением контуров современных континентов) (рис. 8—10). Новая теория, чувствуя свою силу, продвигается еще дальше. Исходя из положения современных материков, она решается на далекий геологический прогноз — на 50 млн. лет вперед (рис. 11). Как видно из схемы рис. 11, в будущем предполагаются сохранение главных рифтовых зон, значительное приращение материковых массивов, сохранение шельфов и тенденции к сложным, почти вращательным перемещениям будущих континентов.

Таким образом, с точки зрения новой теории, тезис Э. Зюсса, гласящий, что «мы являемся свидетелями общего крушения земного шара», представляется неоправданным. Современная теория

тектоники глобальных литосферных плит предсказывает более спокойный путь дальнейшего геологического развития нашей планеты, не исключающий, конечно, локальных проявлений отдельных разрушительных стихийных процессов — землетрясений, активного вулканизма, медленных тектонических колебаний земной поверхности и ряда других.

На этом я закончу раздел об удивительном воскрешении фундаментальной научной теории, выдвинутой 70 лет назад, вызвавшей ожесточенные споры ученых, признанной фантастической и преданной забвению. Ныне эта теория, правда в сильно модернизированном виде, быстро завоевывает, хотя и не без борьбы, умы все большего числа ученых всех стран мира.

II. УЧАСТИЕ В ГЛУБОКОВОДНЫХ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ ЭКСПЕДИЦИЯХ И ИХ РЕЗУЛЬТАТЫ. РЕГИОНАЛЬНЫЕ РАЗРАБОТКИ, ОСНОВАННЫЕ НА ТЕОРИИ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕКТОНИКИ ПЛИТ

В период с 1976 по 1980 г. я трижды участвовал в глубоководных океанологических экспедициях, проводившихся Институтом океанологии АН СССР (рис. 12). Первая из них — 24-й рейс научно-исследовательского судна «Академик Курчатов» (декабрь 1976 г.—февраль 1977 г.). Этот рейс имел геолого-геофизический профиль. Его задачи — осуществление комплексных исследований на ряде океанических полигонов для выяснения или уточнения определенных региональных вопросов, тематические исследования по проблеме океанического рудообразования и проведение методических работ по усовершенствованию геофизических исследований в океане, а также по автоматизации сбора и обработки получаемой информации.

24-й рейс судна «Академик Курчатов» начался от Калининградского порта. Судно прошло Балтийское и Северное моря, пересекло Атлантический океан и через Панамский канал вышло в Тихий океан. Первая половина рейса была завершена в Перу в порту г. Кальяо [Глубинные разломы океанического дна, 1984]. Участие в этом рейсе представило для меня большой научно-теоретический интерес. Мне удалось: во-первых, близко наблюдать работу геоморфологического отряда, участвовать в ней и тем самым непосредственно войти в круг современных интересов глубоководной геоморфологии; во-вторых, ознакомиться с методикой и аппаратурой, применяемыми в настоящее время в различных геофизических и геологических работах при глубоководных океанологических исследованиях; в-третьих, провести наблюдения по геоморфологии островов, у которых наше судно имело остановку. На основании этих наблюдений мной было опубликовано несколько статей.

Через полтора года после этой экспедиции я получил приглашение принять участие в аналогичной экспедиции на научно-исследовательском судне «Дмитрий Менделеев», состоявшейся в 1978 г. Я включился только в ее вторую половину. От Гавайских островов, куда я прилетел на самолете, «Дмитрий Менделеев» отправился по центральной части Тихого океана на юг и додшел до о-ва Новая Гвинея. Проведя детальные комплексные геоморфолого-геолого-геофизические исследования на атолле Хер-

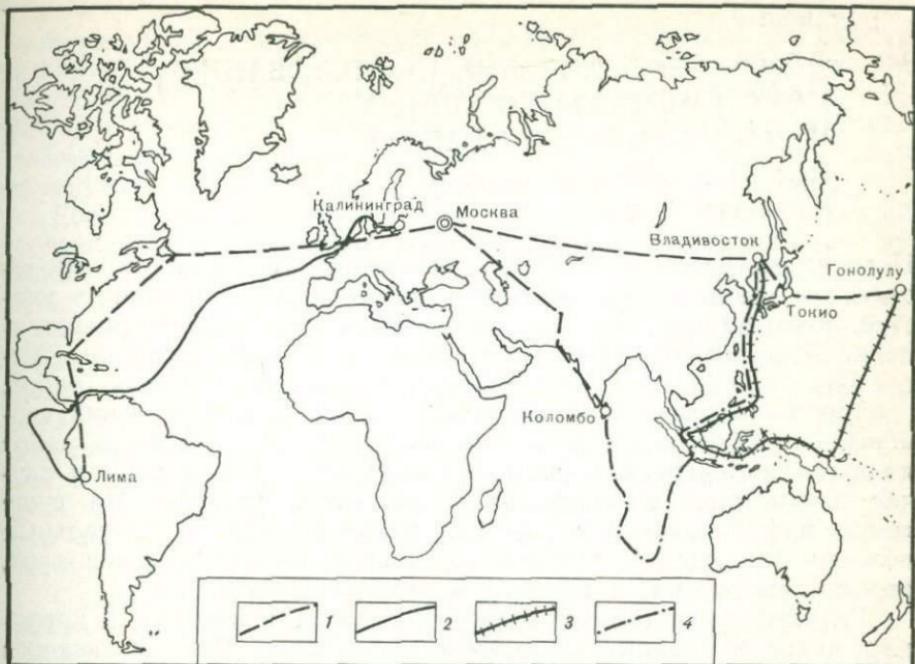


Рис. 12. Маршруты рейсов океанологических экспедиций автора

1 — трасса перелетов в исходные пункты рейсов океанологических экспедиций. Годы рейсов:
2 — 1976—1977 гг.; 3 — 1978 г.; 4 — 1980 г

мит⁶ (в Новогвинейском море), судно повернуло на северо-запад и север, прошло проливами и внутренними морями обширные архипелаги, расположенные на юго-восточной и восточной окраинах Азии, и закончило свой рейс во Владивостоке.

В 1980 г. состоялась моя третья океанологическая экспедиция, также на судне «Дмитрий Менделеев». Выйдя из Владивостока и пройдя внутренними морями, судно дошло до Зондского пролива. Первая половина рейса имела своей целью геолого-геофизическое изучение западной части Индийского океана. Я покинул экспедицию в столице Шри-Ланка — г. Коломбо, откуда вернулся в Москву на самолете.

Все три океанологические экспедиции, в которых я принял участие, поставили передо мной ряд крупных региональных и глобальных проблем. Располагая временем для всестороннего обдумывания их во время плаваний и дополнив свои размышления работой над научной литературой, я подготовил несколько обобщающих геоморфологических разработок, основанных на теории тектоники глобальных литосферных плит, которые и составляют содержание ряда глав, включенных в эту часть книги;

⁶ Основные результаты этих исследований были освещены в написанной совместно с А. В. Живаго и Г. Л. Канинцевым статье [Герасимов и др., 1984].

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ГЛУБОКОВОДНЫХ ОКЕАНОЛОГИЧЕСКИХ РАБОТ⁷ (состояние, методика, задачи)

Первая же океанологическая экспедиция на научно-исследовательском судне «Академик Курчатов», в которой я принял участие, позволила мне составить достаточно всестороннее представление о состоянии, методике и задачах геоморфологических исследований в системе глубоководных океанологических работ.

Хорошо известно, что исходной основой для проведения геоморфологических исследований в системе океанологических работ является достоверная информация по гипсометрии (в данном случае батиметрии) и морфологии изучаемого рельефа. На сушу такую информацию геоморфологи получают как из визуальных полевых наблюдений, так и из детальных топографических карт, аэрофотосъемочных, а теперь и космических материалов.

Геоморфолог-оceanолог совершенно лишен возможности проводить непосредственные визуальные наблюдения. Что же касается батиметрических материалов, то ситуация с ними такова.

Существующие батиметрические карты содержат информацию только о самых крупных чертах рельефа дна — с амплитудой высот в сотни метров, т. е. об элементах мезо- и макрорельефа. Здесь прежде всего имеются в виду так называемые морские навигационные карты, которые в какой-то степени могут рассматриваться как аналоги сухопутных топографических карт. Навигационные карты составляются и публикуются в различных масштабах — от 1:10 000 или 1:15 000 для прибрежных (портовых) районов до 1:200 000 — 1:2 000 000 или 1:5 000 000 для глубоководных районов океанов. Батиметрические данные на этих картах наносятся прежде всего в цифрах, по галсам промеров. Это, конечно, мало что дает для характеристики морфологии рельефа дна. Однако на этих же картах проводятся и изобаты с различным сечением рельефа — от 10 м на крупномасштабных листах для прибрежных районов до 200—1000 м на мелкомасштабных листах для глубоководных районов океана. Но почти на всех листах навигационных карт дается оговорка, что изображение рельефа дна изобатами дано схематически. Это вполне соответствует действительности.

Обзорные океанографические карты с современными батиметрическими данными публикуются в масштабах не крупнее 1:10 000 000 и имеют шкалу глубин от 200 до 500 м. Карты от-

⁷ В основу этой главы положена статья с одноименным названием [Герасимов, 1977б]. Однако ее текст сильно сокращен и несколько дополнен новыми материалами.

дельных морей и океанов имеют масштабы не крупнее 1 : 1 000 000, а карты детально изученных небольших участков морского дна (полигонов) — в масштабе 1:250 000 с сечением рельефа в 100—200 м. Общее число таких участков, однако, еще очень невелико. Увеличение же масштаба карт наталкивается на трудности точной ориентации судна в океане.

Если сопоставить все сказанное с уровнем гипсометрической изученности суши, то контраст будет более чем разительным. Можно сказать, что современный уровень батиметрической изученности океанического дна примерно соответствует тому уровню изученности суши, который был достигнут наземными картографами более чем 100 лет назад, т. е. до начала сплошных инструментальных топографических съемок. Иначе говоря, геоморфолог-оceanолог, по существу, оперирует сейчас при изучении рельефа дна лишь с орографическими схемами, которые, кстати, он же и сам в значительной мере составляет. При этом следует подчеркнуть, что даже такой уровень батиметрической изученности океанов достигнут только в недавнее время благодаря применению автоматического эхолотирования.

Однако необходимо сразу же отметить, что наряду с довольно общей батиметрической информацией геоморфолог-оceanолог сейчас уже в ходе морских исследований располагает крайне важной для него дополнительной информацией, которую наземный геоморфолог получает с гораздо большими затруднениями, обычно только при камеральной обработке. Имеются в виду сведения о строении морского дна, полученные геофизическими (сейсмопрофилирование, сейсмозондирование, магнитометрия, гравиметрия, измерение теплового потока и др.), а также отчасти и геологическими методами (взятие колонок донных отложений, драгировка и др.). Вся такая информация совмещается на комплексных oceanологических профилях обычно в масштабах от 1:250 000 до 1:1 000 000, составление и использование которых и является в настоящее время основным методом геоморфологических oceanологических исследований⁸.

Из сказанного следует, что всемерное расширение и накопление информационных данных о рельефе дна океанов и его геологическом строении являются необходимой и крайне важной задачей морских геоморфологических исследований. Поэтому безусловно положительно следует оценивать результаты тех экспедиционных oceanологических работ, которые дают много новой информации указанного характера. Так, в ходе 24-го рейса «Академика Курчатова» эхолотирование с целью получения новых батиметрических данных велось непрерывно (за исключением шельфовых районов), а сопряженное с ним геофизическое

⁸ В самые последние годы стали применяться даже в глубоководных условиях специальные подводные самодвижущиеся аппараты, оснащенные приборами для подводной киносъемки. Во время двух моих рейсов на судне «Дмитрий Менделеев» такой аппарат («Пайсис») использовался.

профилирование (сейсмическое, гравиметрическое, магнитометрическое) — на протяжении большей части рейса. Я считаю совершенно необходимым проведение возможно большего по объему сопряженного комплекса профильных геолого-океанологических работ, потому что батиметрия без них и геофизики лишается своего полноценного научного содержания.

Такой вывод прямо вытекает из той роли, которую сыграли сопряженные батиметрические, геофизические и геологические данные по океаническому дну для развития современной теории глубоководной геоморфологии. Можно только удивляться тому, что на основе столь ограниченной информационной базы, которая охарактеризована выше, в океанологии была создана совершенно новая и очень цельная общетеоретическая концепция глобальной тектоники плит. Как было показано, эта концепция не только дает научное объяснение главных закономерностей строения дна океанов, но и приводит к коренному революционному изменению взгляда на многие проблемы наук о Земле вообще. Причиной этого являются как большие потенциальные возможности объекта изучения — океанического дна, так и эффективность используемых с этой целью новых геофизических методов.

Большие потенциальные возможности рельефа и геологического строения океанического дна как объекта научного изучения обусловлены, как сейчас выясняется, очень молодым геологическим возрастом дна океанов и хорошей «видимостью» факторов, которые его создают. Уже отмечалось, что возраст рельефа современного океанического дна нигде не старше мезо-кайнозойского. Несомненно также прямое тектоническое или вулканическое происхождение его главных элементов, которое обычно сильно маскируется на суше под влиянием процессов денудации и аккумуляции. Конечно, и на дне океана происходят как денудационные процессы (придонные течения, мутьевые потоки, оползневые процессы и др.), так порой и очень мощная аккумуляция донных пелагических осадков, осложняющих тектонический или вулканический рельеф. Однако толща таких осадков легко «отбивается» на сейсмических профилях, причем ясно устанавливается обычно хорошая сохранность (погребенность) первичного рельефа (так называемого второго слоя земной коры) и более или менее консолидированного основания. Таким образом, не только применяемые в скоанологических исследованиях геофизические методы, но и сам объект изучения — рельеф океанического дна — дает очень хорошую научную информацию.

Как показывает опыт последних лет и как будет видно ниже, результаты работы 24-го рейса судна «Академик Курчатов» также свидетельствуют, что геоморфологическая информация, поступающая со дна океанов, непрерывно корректирует концепцию глобальной тектоники плит. Но она не только не подрывает основы этой концепции, а, в общем, развивает ее далее, делая все более разносторонней. Это выражается, в частности, в появлении научных объяснений новых, выявляемых в ходе геоморфологических исследова-

ний особенностей строения дна океанов, как правило, исходящих из теоретических основ этой концепции и вполне укладывающихся в ее общие рамки. Следовательно, можно сказать, что концепция глобальной текстники плит является в настоящее время исходной теоретической основой морской геоморфологии. Она непрерывно развивается далее, что хорошо показывают материалы 24-го рейса «Академика Курчатова».

Азорские острова. Рассказ об этом рейсе я хочу начать с одного «внепланового» эпизода. Наше судно должно было по техническим причинам иметь короткую стоянку на Азорских островах. Никаких научных исследований вести на них не предполагалось, а между тем проведение их здесь могло бы иметь большое научное значение.

Азорские острова географически расположены в рифтовой зоне Атлантического срединно-океанического хребта, хотя частично выходят (юго-восточные острова архипелага) за его пределы. Одновременно эти острова (особенно юго-восточные) находятся в полосе так называемого Восточно-Азорского трансформного разлома. В новейших работах американских ученых этот район (Азорское плато) трактуется как очень важный узел соединения крупных трансформных разломов, протягивающихся к берегам Европы и Северной Америки, а также рифтовой зоны срединно-океанического хребта, т. е. рассматривается как крупнейший узел соединения крупных Евразиатской и Американской плит. В некоторых из этих работ об Азорских островах пишут как о центре быстрого спрединга [Uchupi et al., 1976] или же как об одной из «горячих точек» в Мировом океане, обладающих рядом особых геофизических и геологических особенностей [Anderson et al., 1973].

Как уже отмечалось, в планы 24-го рейса не входило проведение специальных геолого-геофизических работ, которые могли бы внести вклад в «проблему Азор». Однако стоянка судна в г. Пунта-Дельгадо была использована геоморфологами и геологами экспедиции для проведения при содействии местных ученых полевых экскурсий по о-ву Сан-Мигель — наиболее крупному в Азорском архипелаге.

Я не буду излагать результаты осуществленных здесь исследований. Отмечу лишь, что геоморфологические наблюдения на о-ве Сан-Мигель указывают на разновозрастность представленных здесь вулканических систем — более молодой, западной системы Сите-Сидедес и более старой, восточной системы Фурнас, а также на новейшее поднятие одной части острова (восточной) и опускание срединной. Данные проведенного бурения подтвердили процесс опускания этой части острова; было определено, что оно достигло почти 900 м за 300 тыс. лет, т. е. происходит со скоростью 0,3 см/год.

Несмотря на ограниченность проведенных наблюдений, очевидна необходимость включения в океанологические программы (в комплексе геолого-геофизических работ) геоморфологических исследований на океанических островах. У меня создалось впечат-

ление, что в настоящее время это еще надо доказывать, преодолевая сложившуюся при глубоководных исследованиях традицию рассматривать «островные» работы как автономную и самостоятельную задачу, легко отделимую от других. Для геоморфологических работ это неверно.

Профиль через Атлантический океан. По ходу 24-го рейса «Академика Курчатова» строился комплексный профиль от европейского материкового склона (после выхода из прол. Ла-Манш) через Азорские острова и Атлантический срединно-океанический хребет до Карибского моря (дуга Больших Антильских островов). Основу профиля составляли непрерывный и автоматический промер глубин при помощи эхолотов, а также сейсмическое профилирование при помощи небольших, но частых пневматических «взрывов», автоматическая запись магнитных аномалий и изменений силы тяжести. На ЭВМ все эти данные обрабатывались, совмещались и выдавался комплексный профиль по всему рейсу.

В Атлантическом океане профиль пересек три крупные геоморфологические области океанического дна, расположенные в его центральной части и выделенные на обзорной океанографической карте Атлантического океана в масштабе 1:10 000 000, — Западно-Европейскую котловину, Иберийскую котловину, Азорское плато.

На участке от Азорского плато до полигона на разломе Атлантиcs профиль проходил вдоль окраины Канарской котловины и параллельно простиранию Атлантического срединно-океанического хребта. К западу от полигона на разломе Атлантиcs профиль постепенно, под острым углом, приближался к рифтовой зоне Центральной Атлантики. От срединно-океанического хребта до дуги Больших Антильских островов профиль пересек южную часть Северо-Американской котловины и переходную зону между ней и Гвианской котловиной.

Очень гажно подчеркнуть, что полученные для комплексного профиля через Атлантический океан данные батиметрии, магнитометрии и гравиметрии согласно подтверждают то разделение дна океана на основные области, которое указано выше и приведено на обзорной океанографической карте. Это и не удивительно, поскольку выделение этих областей, т. е. установление самых главных закономерностей в строении дна океанов, базируется на значительном количестве геоморфологических профилей, составленных в результате работы многочисленных океанологических экспедиций. В связи с этим возникает такой вопрос: что же нового содержит комплексный профиль, составленный в ходе 24-го рейса, и какое дальнейшее использование он может иметь?

Ответ на этот вопрос очевиден и вытекает из приведенной характеристики современного состояния геоморфологических работ в океанах. Ясно, что полученный профиль расширяет и увеличивает необходимую научную информацию о геоморфологии океанического дна Атлантического океана, которая является еще крайне недостаточной. Но на него можно дать еще более конкретный ответ.

Как уже отмечалось, если в морской геоморфологии к настоящему времени установлены главные закономерности строения океанического дна, то еще очень многие крупные научные вопросы, относящиеся к подводному рельефу, ждут своего разрешения. К числу их в первую очередь относится вопрос о специфическом характере тех комплексов морфоструктурных образований, которые свойственны основным типам дна океанов и их крупных океанографических подразделений; иначе говоря, речь идет о специфичности морфоструктур срединно-океанических хребтов и рифтовых зон, трансформных разломов, холмистых абиссальных равнин, их гребней, котловин, порогов и т. д. Ведь такой ассортимент батиграфических определений, как холмы, глыбы, гряды, островершинные или плосковершинные возвышенности, ущелья, плоскодонные котловины и т. д., не только не исчерпывает морфологические характеристики океанического рельефа, но и почти не имеет морфогенетического содержания. Таким образом, углубленная разработка системы морфологических элементов дна океанов и их строгое морфоструктурное спределение являются в настоящее время важнейшей задачей глубоководной геоморфологии.

Плодотворная разработка этой задачи возможна лишь на достаточно широкой информационной основе. Поэтому мы снова возвращаемся к одной из главных задач океанологической геоморфологии, а именно к необходимости последовательного получения и накопления исходных информационных материалов по рельефу океанического дна.

Полигон на разломе Атлантис. Детальные комплексные работы на полигоне имели своей задачей выяснение характерных особенностей рельефа дна и строения земной коры во фланговой части крупного трансформного разлома. По программе 24-го рейса «Академика Курчатова» для этой цели был выбран восточный фланг разлома, который является первым крупным трансформным разломом через Атлантический срединно-океанический хребет, протягивающимся южнее Азорских островов. Полигон располагался в 700 км от рифтовой долины хребта и имел стороны в 1° по широте и долготе, т. е. протягивался на 100 км по широте и почти на 115 км по долготе. На его площади был проведен 21 галс, из которых 10 галсов были меридиональными и 11 широтными. Расстояние между отдельными галсами изменялось от 5 до 20 км.

В целом комплексные работы, проведенные на полигоне Атлантис, дали достаточный материал для освещения поставленных вопросов. Их важным результатом явилось установление хорошо выраженного продолжения на восточном фланге Атлантического срединно-океанического хребта трансформного разлома Атлантис на расстоянии до 700 км. Правда, следов бокового смещения отдельных блоков земной коры по этому разлому здесь не было обнаружено. Возможно, что они затухают. Но основной разлом (грабен) зоны выражен очень ясно. Его оперяют дополнительные впадины. Отмечаются признаки ступенчатого строения склонов всей депрессии, имеются также совершенно ясные указания на энергич-

ное смещение по этим склонам илистых отложений с накоплением их на более пологих элементах рельефа и в депрессиях. Вместе с тем отсутствие признаков свежего вулканизма (выветрелость горных пород, развитие покрова плейстоценовых донных осадков) говорит об относительной зрелости разломных морфоструктур. Этим явно подчеркивается отличие флангов трансформного разлома от молодых рифтовых зон.

Остается сделать еще замечание о роли геоморфологических исследований в проведенном комплексе работ. Ясно, что результаты геоморфологических исследований представляли прежде всего исходную основу для всех других исследований. Геоморфологами была составлена по промерным данным детальная (для океанических исследований) батиметрическая карта. На ее основе были намечены пункты для проведения геометрических, геологических и сейсмологических исследований. Предварительная интерпретация их результатов базировалась на учете геоморфологии полигона. Общая сводка материалов по полигону была также произведена в геоморфологическом (морфоструктурном) аспекте. Меня как геоморфолога может только удовлетворять такое признание роли нашей науки в комплексных океанологических исследованиях.

Полигон в Атлантической рифтовой зоне. Это был второй полигон в ходе комплексных исследований в Атлантическом океане. Он располагался в рифтовой зоне Атлантического срединно-океанического хребта, к юго-западу от первого полигона. Здесь в 1975—1976 гг. американскими исследователями было произведено (с судна «Гломар Челленджер») глубокое бурение. Были заложены две скважины. Наиболее глубокая из них прошла в океаническом дне 405 м, из которых 150 м — в неконсолидированных донных осадках и 255 м — в отложениях второго слоя. Эти породы представляли собой слоистую толщу из прослоев базальта и уплотненных брекчий и песчано-галечных отложений. Толща имела сильно выраженную нормальную магнитную аномалию № 5, а также № 5а.

Основной задачей здесь было проведение глубинного сейсмического зондирования в районе расположения указанных буровых скважин для уточнения характеристик скорости распространения отраженных и преломленных сейсмических волн, которые используются для выявления границ различных слоев океанической коры. В соответствии с этой задачей был разбит небольшой полигон, на котором были произведены эхолотная, геомагнитная и гравиметрическая съемки и глубинное сейсмическое зондирование.

Геоморфологическое картирование полигона (по батиметрическим данным) было использовано для целенаправленной постановки глубоководных сейсмографов.

Карибский бассейн. Вернемся снова к комплексному профилю через Атлантический океан. Когда судно «Академик Курчатов» подошло к дуге Больших Антильских островов, на профиле выявились резкое уплощение рельефа на глубинах около 5000 м, ровное и практически безаномальное магнитное поле (магнитно-возбужденные породы залегают очень глубоко) и разлом с отрицательной

гравитационной аномалией (до 280 мГл), что указывает на недостаток массы на данном участке дна. Таким образом, на профиле проявился глубоководный желоб Пуэрто-Рико, заполненный мощной толщей рыхлых донных отложений и ограждающий Карибский бассейн с востока.

Сразу же за этим желобом профиль пересекает возвышенный пьедестал Больших Антильских островов (о-в Гваделупа и о-в Доминика), вероятно вулканического происхождения, и котловину Гренада в Карибском море. За котловиной следует подводный хр. Авес с коническими (вулканическими) вершинами. Затем видна огромная чашеобразная Венесуэльская котловина. Она нарушена на западе массивной пикообразной возвышенностью, за которой следует возвышение дна — Малые Антильские острова.

Далее профиль пересекает шельфовый пьедестал Малых Антильских островов с совершенно плоской и очень широкой поверхностью, а затем окраинную часть Колумбийской котловины Карибского моря. Быстро, но ступенчато поднимаясь, профиль затем вступает в шельф Панамского перешейка. Если кривая магнитных аномалий здесь не показывает резких изменений (хотя они тоже имеются), то кривая гравитационных аномалий дает очень резкие снижения и повышения, далеко не всегда коррелируемые с рельефом дна. Очевидно, что общие очертания дна здесь обусловлены сложной тектоникой (мульдообразное проседание, осложненное разломами, горстевые поднятия) и неравномерной седиментацией мощных, в основном терригенных, отложений.

Чтобы более ясно и уверенно разобраться в столь сложной мозаике новейших морфоструктур дна окраинного Карибского моря, необходима, конечно, проработка разнообразных материалов (батиметрических, геофизических, геологических), относящихся ко всему Карибскому бассейну — Карибскому морю, Мексиканскому заливу, Большой и Малой Антильским островным дугам, району Центральной Америки. Таких материалов очень много (особенно полученных в связи с нефтепоисковыми работами); их анализ с геоморфологическими целями представляет большой интерес.

Мне удалось воспользоваться стоянкой нашего судна в порту Виллемстад (о-в Кюрасао), сделанной для заправки топливом, и совершив короткую полевую экскурсию по этому самому восточному острову Малого Антильского архипелага. Используя новейшие и детальные литературные материалы по геологической истории острова в неогене и плейстоцене, я пришел к заключению, что геоморфологические особенности о-ва Кюрасао свидетельствуют о весьма сложном ходе развития района в течение мезо-кайнозоя. Являясь в конце мезозоя одним из районов интенсивного проявления ларамийского орогенеза, территория острова (как часть более обширной площади) испытала в начале кайнозоя абразионное выравнивание, а затем коренную перестройку тектонического режима. Поэтому в формировании его современной морфоструктуры основное значение принадлежит плитовой тектонике с большой мобильностью отдельных блоков. Весьма вероятно, что такой ход

геоморфологической эволюции был вообще характерен для Карибского бассейна.

Галапагосский клин. По выходе из Панамского канала наше судно, пройдя неширокую полосу шельфа, вошло в пределы той части Тихого океана, которую можно назвать Галапагосским клином. На западном окончании этого клина в районе глубоководной впадины Хесса и в предполагаемом месте соединения клина с Восточно-Тихоокеанским поднятием было намечено провести комплексные исследования на полигоне № 3. Вся эта часть рейса и задачи работ на полигоне были определены исходя из разработанных ранее геоморфологических представлений.

Следует отметить, что название «Галапагосский клин» используется для обозначения целой группы морфологических элементов океанического дна, расположенных непосредственно к западу от Центральной Америки, а именно Панамской котловины, хребтов Кокос и Карниги, Галапагосских островов, впадины Хесса и Галапагосского поднятия (хребта), т. е. группы довольно различных в морфологическом отношении образований, выявленных и изученных в различное время.

Галапагосский клин занимает на океанографической карте Тихого океана совершенно особое положение. Он находится непосредственно западнее и как бы напротив Центральной Америки. К северу и югу от Галапагосского клина, вдоль границы между Тихим океаном и Северной и Центральной Америкой, протягиваются гигантские глубоководные желоба. В настоящее время они уверенно трактуются как области субдукции с поглощением дна Тихого океана под континентальными окраинами. В Центральной Америке желоба и зоны субдукции прерываются. Здесь расположено американское Средиземноморье — Карибский бассейн. Его очень сложное геологическое строение и своеобразная история еще не разъяснены полностью, хотя и привлекают внимание многих исследователей.

Однако уже первые ученые-геофизики, заложившие основы концепции глобальной тектоники плит, относили район американского Средиземноморья, т. е. Карибский бассейн, ограниченный дугами Антильских островов, к Тихоокеанскому «кольцу» [Gutenberg, Richter, 1954]. Не менее спределенно высказался об этом районе и Г. Менард [Menard et al., 1964]. Он писал, что там, где материк очень узкий или совсем отсутствует, давление, направленное из Тихого океана, не встречая препятствий, распространяется в пределы Атлантического океана.

В более новых работах, посвященных региональным проблемам глобальной тектоники плит, представление о том, что в районе Центральной Америки имело место особое геологическое развитие, распространяется все более настойчиво. В качестве примера можно привести работу Б. Мэлфайта и М. Динкельмана [Malfait, Dinkelman, 1972], в которой доказывается, что плиты Северной и Южной Америки были соединены еще в течение позднего мезозоя, испытывая общий западный дрейф. Однако в позднем эоцене

и в раннем олигоцене бассейн Карибского моря (Карибская плита), окаймленный двумя крупными разломами Кайман и Боливар, отделился от других плит и приобрел быстрое и независимое движение на восток, где сформировалась фронтальная островная дуга Антильских островов. Позднее Карибская плита продолжала свое движение на восток, плита Кокос испытала субдукцию в зоне Среднеамериканского желоба, а в районе Галапагосского клина в условиях растяжения образовалась Галапагосская молодая рифтовая зона. Интересно отметить, что сам Панамский перешеек, отделивший Тихий океан от Атлантического, возник, по микропалеонтологическим данным, только в раннем плиоцене — около 5—6 млн. лет назад [Emiliani et al., 1972].

Рассмотреть здесь геоморфологическую эволюцию Карибского бассейна не представляется возможным ввиду ее сложности и самостоятельного значения. Мы можем лишь отметить, что схема развития Карибской плиты, изложенная выше, тесно связывает историю Галапагосского клина с историей развития этого бассейна.

Все изложенное выше показывает, что основная цель этой части книги — дать, основываясь на конкретном материале, полученном в ходе 24-го рейса судна «Академик Курчатов», общую характеристику методики и задач современных геоморфологических исследований, проводимых в системе глубоководных океанологических работ. Эта характеристика дает основание сделать следующие выводы.

1. Геоморфологический профиль через Атлантический океан, включающий комплекс батиметрических и геофизических данных, позволил получить новые материалы, дополняющие ранее имевшиеся. Принимая во внимание общую недостаточность данных по геоморфологии дна Мирового океана (в том числе Атлантического), уже одного этого достаточно для позитивной оценки проделанной работы. Однако представляется, что материалы геоморфологического профиля при их дальнейшей обработке путем сопоставления с ранее накопленными сведениями аналогичного характера дадут возможность разработать некоторые актуальные вопросы геоморфологии океанического дна. Среди них я выделил бы вопросы генетической типизации комплексов морфоструктур, свойственных главным геотектурным дна океанов, — холмистым абиссальным равнинам и их котловинам, хребтам и порогам, срединно-оceanическим хребтам и их рифтовым зонам, трансформным разломам и др. Такая типизация морфоструктур в настоящее время еще не разработана.

2. Комплексная геоморфологическая и геолого-геофизическая работа, проведенная на двух полигонах в Атлантическом океане (на трансформном разломе Атлантическом и в срединно-оceanической рифтовой зоне), являясь прогрессивной формой океанологических исследований, дала непосредственный материал для выяснения указанного выше вопроса применительно как к рифтовой зоне, так и к зоне трансформного разлома. В частности, проведенные иссле-

дования на полигоне Атлантичес выявили сложную геоморфологию зоны трансформного разлома (главный грабен с оперением) даже на ее флангах, вдали от собственно рифтовой зоны, правда без ясных признаков бокового смещения блоков.

3. Комплексные работы в районе Галапагосского клина дали, по-видимому, материал для выявления особого типа геотектур океанического дна — молодой рифтовой зоны, развивавшейся, вероятно, на месте более древнего трансформного разлома. Возможно, что подобный ход геоморфологического развития вообще характерен для некоторых межплитных шовных зон.

Как видим, все эти выводы находятся в полном соответствии с концепцией глобальной тектоники плит. Исследования, подобные тем, которые проводились в ходе 24-го рейса «Академика Курчатова», развивают эту концепцию, уточняя и конкретизируя ее содержание (комплексы морфоструктур, свойственные разным плитовым геотектурам) или дополняя ее анализом усложненных геотектур (Галапагосский клин).

Другой ряд выводов касается роли геоморфологических исследований в глубоководных океанологических (геолого-геофизических) исследованиях. При составлении профиля через Атлантический океан, а также при проведении комплексных работ на полигонах геоморфологические исследования, научно интерпретируя батиметрические данные, создавали исходную основу для всех других геофизических и геологических работ. Очевидно, что и при синтезе полученных результатов они должны играть такую же ведущую роль.

Еще более определенно первостепенное значение геоморфологических исследований выявилось в работах, проведенных на Галапагосском клине. Вся программа конкретных исследований в этом районе базировалась на геоморфологической концепции, предполагающей особое геологическое строение и геофизические характеристики этого восточного района центральной части Тихого океана.

Изложенный выше материал дает также основание сделать ряд конкретных предложений по проведению геоморфологических исследований в системе глубоководных океанологических работ.

1. Совершенно необходимо в программы комплексных геолого-геофизических работ при глубоководных океанологических исследованиях включать в качестве основных задач проведение геоморфологических исследований на океанических островах. Они дают возможность получить необходимый дополнительный материал для океанологических работ; их отсутствие обедняет результаты последних.

2. Очень важную роль в проведении любых комплексных научных исследований играет их проблемная консолидация. Она особенно необходима для геолого-геофизических исследований, подобных проведенным во время 24-го рейса. Без такой консолидации специальные исследования легко могут утратить общую целенаправленность. Между тем в проблемной консолидации глу-

боководных геолого-геофизических работ геоморфологические концепции как основа для конкретных программ специальных исследований или для синтеза их результатов выступают как необходимость.

3. Тесное комплексирование геоморфологических исследований с геофизическими и геологическими, осуществленное в ходе 24-го рейса «Академика Курчатова», должно служить примером как для дальнейших океанических, так и для наземных геоморфологических и геологических исследований. Оно является на современном этапе развития науки не только весьма плодотворным, но и совершенно необходимым.

Глава 4

КАРИБСКИЙ БАССЕЙН КАК ПЕРЕХОДНАЯ МЕЖКОНТИНЕНТАЛЬНАЯ ШОВНАЯ ГЕОТЕКТУРА

В двух статьях, опубликованных в 70-х годах [Герасимов и др., 1974; Герасимов, 1976]⁹, я попытался охарактеризовать палеогеоморфологические аспекты общей теории глобальной тектоники плит, с тем чтобы извлечь из этой теории какие-либо новые подходы для понимания глобальных закономерностей в развитии современного рельефа земной поверхности. Напомню, что наибольшее внимание с этой точки зрения привлекли те системы геотектур, которые были названы шовными зонами континентально-оceanического и межконтинентального характера и которые были отождествлены с крупными горно-впадинными поясами современного рельефа. Такие зоны трактовались как сложные контакты океанических и континентальных плит и были сформированы или преобразованы в течение альпийского орогенеза. Подобный новый подход к рассмотрению происхождения современных горных сооружений, непосредственно вытекающий из концепции глобальной тектоники плит, кажется мне весьма плодотворным. Я попытаюсь показать это на региональном примере геоморфологии Карибского бассейна.

Как известно, Карибский бассейн обладает довольно сложными орографией, батиметрией и геологическим строением. В него входят внутреннее Карибское море, Мексиканский залив, островные дуги Багамских, Больших и Малых Антильских островов, п-ов Флорида и Межамериканский перешеек с п-овом Юкатан. На западе, на территории Мексики, здесь заканчивается (в виде горных хребтов Сьерра-Мадре) система североамериканских Кордильер. На юге, на территории Колумбии и Венесуэлы, начинаются южноамериканские Анды (горные хребты Западных, Центральных и Во-

⁹ Помимо общих положений указанных статей, в основу главы положены доклад автора, сделанный в Академии наук Кубы в 1977 г., и некоторые материалы более поздних геоморфологических исследований, предоставленные мне Д. А. Лиlienбергом.

сточных Анд). Только в северной части Карибского бассейна — в пределах обширной дельты р. Миссисипи и п-овов Флорида и Юкатан располагаются обширные наземные плато и равнины. Сложный горный рельеф с системой свежих вулканических вершин имеют Межамериканский перешеек и большая часть островов (в том числе Куба, Гаити, Пуэрто-Рико и др.).

Карибское море и Мексиканский залив также имеют довольно сложное строение дна. Центральная часть Мексиканского залива занята глубоководной впадиной Сигсби. Внешняя дуга Больших Антильских островов окаймлена крупным глубоководным желобом Пуэрто-Рико. Само Карибское море состоит из трех крупных котловин (Венесуэльской, Колумбийской и Юкатанской) и сравнительно небольшой котловины Гренада. Подводный хр. Авес отделяет ее от Венесуэльской котловины; подводные же хребты Беата и Кайман отделяют друг от друга другие указанные выше котловины. Непосредственно южнее подводного хр. Кайман и о-ва Куба протягивается глубоководный желоб Бартлетт-Кайман. Наконец, сравнительно неглубокий Юкатанский порог отделяет Мексиканский залив от Юкатанской котловины (впадины Сигсби).

Рассмотрим теперь, также только в самых общих чертах, геологическое строение Карибского бассейна. Горные цепи Западной и Восточной Сьерра-Мадре представляют собой южную часть мезозойского (ларамийского) орогенического пояса североамериканских Кордильер. Они сложены дислоцированными юрскими и меловыми породами и протягиваются почти до Юкатана. Древнее ядро этой горной системы составляют докембрийские и палеозойские породы (в том числе граниты). Внутри же расположено неовулканическое нагорье, сложенное мощной (более 1 км) толщей кайнозойских лав.

В резком контрасте с этими горно-вулканическими сооружениями находится ровное Юкатанское плато, состоящее из горизонтальных пластов третичных и меловых отложений, совершенно аналогичных породам, слагающим плато п-ова Флорида.

Межамериканский перешеек четко разделен на три части: вулканическую область, глыбовый горный массив Гондураса (ядро Центральной Америки), низменность Петен (Москитный берег), сходную с плато Юкатан. Вулканическая область, которую называют Тихоокеанской Кордильерой, представляет собой длинную (1400 км) цепь вулканических образований кайнозойского возраста, значительная часть которых сохраняет свою активность до настоящего времени. Более древние образования с подчиненными меловыми и третичными отложениями находятся в северной части перешейка, более молодые — плиоценовые и плейстоценовые — на его юге. Территория здесь густо пересечена системой продольных и поперечных разломов, очень молодых и сейсмически активных. Наиболее крупная система — это разломная зона Клиппертон в районе п-ова Юкатан.

Гондурасский горный массив представляет собой изолированные выходы древних — палеозойских и мезозойских — метаморфи-

ческих и интрузивных пород, сильно раздробленных на отдельные блоки. Важнейшей структурой здесь является обширная зона молодых разломов Матагуа, которая продолжается в Карибском море в форме протяженного желоба Бартлетт-Кайман. Геологическое строение всех островов Карибского бассейна довольно сложное и разнообразное. Наряду с выходами кристаллических (главным образом интрузивных) пород и развитием молодых эфузивов здесь представлены дислоцированные толщи мезозойских осадочно-вулканогенных пород и кайнозойские осадочные отложения.

Северная часть Южной Америки, ограничивающая Карибский бассейн с юга, слагается в основном из двух частей — северного окончания Андийского орогенного пояса и окраины Гвианского (Бразильского) щита.

Три горные цепи Анд, подходящие к Карибскому бассейну, различны по геологическому строению и истории. Считается, что Центральные и Восточные Анды представляют собой палеозойское (герцинское) сооружение, подновленное в мезозое (ларамийский орогенез) и кайнозое. Западные Анды целиком созданы в мезозое; их ядро составляют батолиты, внедренные в складчатые мезозойские породы. В третичное время в пределах Анд и на прилегающих территориях были образованы обширные бассейны опускания (Кавка, Магдаленский и др.), заполненные древним и современным аллювием.

К востоку от Анд морфоструктура территории еще более усложняется. Наряду с третичными бассейнами (Мараракибо, Фалкос и др.) здесь располагаются платформенные равнины Льянос с докембрийским фундаментом, а также отдельные глыбовые горные массивы (например, Венесуэльские Анды) и складчато-разломные Карибские Анды с ядром из докембрийских и палеозойских пород. Несомненно, что в формировании рельефа этого региона (окраины Гвианского щита) главную роль играли блоковые движения по разломам. Конкретная региональная геоморфологическая и геологическая информация по наземной части Карибского бассейна необходима для понимания строения океанической части региона.

На рис. 13, заимствованном из работы кубинского геолога Итурральде-Винента [Iturralte-Vinent, 1975], представлена геодинамическая схема всего Карибского бассейна. На ней выделены стабильные зоны с континентальной корой (например, Гвианский щит), мобильные зоны с тенденцией к опусканию, с океанической и модифицированной океанической корой (например, Колумбийская и Венесуэльская котловины Карибского моря), зоны с тенденцией к продолжительному опусканию, но с континентальной корой (п-ова Юкатан, Флорида с прилегающими частями морских бассейнов), мобильные зоны с мезо-кайнозойским вулканизмом, со смешанной континентальной и океанической корой (например, прикарибская зона на востоке Южной Америки, Никарагуанская поднятие, отделяющее Юкатанскую котловину и желоб Бартлетт-Кайман от более южных котловин Карибского моря), сравнительно неактивные желoba (например, Пуэрториканский), зона пре-

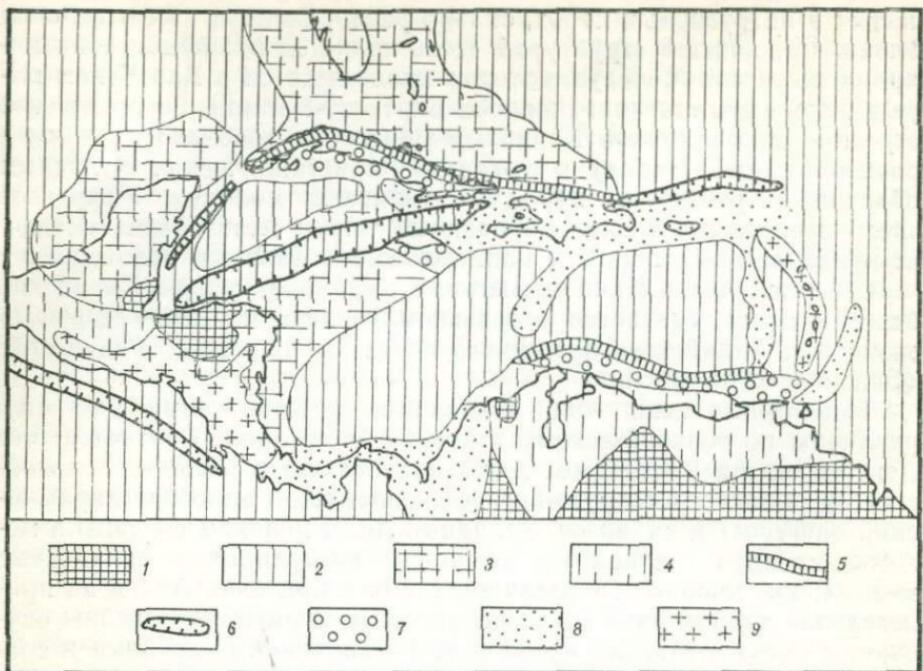


Рис. 13. Геодинамическая схема Карибско-Атлантической зоны Центральной Америки [Iturrade-Vinent, 1975]

1 — устойчивые зоны с тенденцией к поднятию, континентальная сиалическая кора; 2 — мобильные зоны с тенденцией к опусканию, океаническая и модифицированная океаническая кора; 3 — зоны с тенденцией к опусканию, континентальная кора; 4 — мобильные зоны без мезо-кайнозойского вулканализма, континентальная и океаническая кора; 5 — зоны подвижка; 6 — неклассифицированные структуры; 7 — зоны наибольшего развития вулканализма в меловое время; 8 — зоны развития вулканализма от мела до среднего эоценена; 9 — зона развития вулканализма от мела до современности

мущественно мелового вулканализма (о-в Куба, зона Малых Антильских островов), зона мелового и эоценового вулканализма (острова Гаити и Пуэрто-Рико, хр. Авес, северные Анды), зона вулканализма, проявлявшегося от эоценена до современности (зона Больших Антильских островов, Межамериканский перешеек).

Можно дополнить схему океанологическими данными. Согласно этим данным наиболее просто строение Мексиканского залива. Это глубоководный бассейн с корой континентального (периферия) и океанического (центр) типа, дно которого занято котловиной Сигсби, заполненный морскими осадками мощностью до 7—8 км. Возраст осадков позднемезозойский и третичный; происхождение терригенное: это продукты сноса с окружающих горных сооружений. Развиты соляно-купольные (диапировые) образования. Известно, что в пределах шельфа находятся богатые залежи нефти (подводная дельта Миссисипи).

Характер дна Карибского моря гораздо более сложен. Средняя мощность земной коры океанического типа (8—10 км) здесь боль-

ше, чем в других океанических бассейнах. При этом она существенно больше в Колумбийской котловине (до 15—20 км) по сравнению с Венесуэльской и Юкатанской, хотя глубины Колумбийской котловины меньше. Минимальная мощность коры (8—10 км) установлена на севере Венесуэльской котловины, где она в центральной части желоба Бартлетт-Кайман доходит всего до 3—5 км. Напротив, под хребтами Беата и Кайман она сильно увеличивается. Мощность донных осадков в Карибском море, в основном отложений мутьевых потоков (турбитидов), также различна. Наибольшая мощность (12 км) прослежена в южной части Венесуэльской котловины. В других частях моря она меньше, но все же значительна. У основания хр. Беата поднят консолидированный карбонатный ил эоценового возраста. На остальных площадях установлены осадки миоценового, плиоценового и постплиоценового возраста. Известный интерес представляют данные о донных осадках во Флоридском и Багамском проливах, а также в проливах Николас и Сантарен от Кубы до Флориды и Багамских островов. Здесь найдены осадки от олигоцена (известняки) до плейстоцена (пески).

Таковы основные черты геоморфологического и геологического строения Карибского бассейна, состоящего из довольно разнообразных как континентальных, так и океанических фрагментов. Объяснить эти черты, установить общую и органично целостную схему, в рамках которой все они найдут закономерное место, задача весьма нелегкая. Однако такие схемы, конечно, создавались и создаются, и было бы очень интересно их рассмотреть, но в рамках настоящей главы это, конечно, невозможно. Поэтому я коснусь только некоторых из них.

Естественно, что обобщения такого рода создавались прежде всего на основе традиционных, или фиксистских, общегеологических представлений. Одним из таких наиболее известных обобщений является работа А. Ирдли [1954], в которой Карибский бассейн рассматривается как часть единого Американского материка (рис. 14). К северу от него в палеозое протягивался орогенический пояс Аппалачей и Уачита, соединявшийся с Тихоокеанским поясом Северной Америки. Южнее этот палеозойский ороген образовывал огромную дугу, выгнутую к востоку (до островов Куба, Ямайка и Гаити), которая южнее соединялась с Андами. По представлениям А. Ирдли, в мезозое основной орогенический пояс на территории Карибского бассейна несколько изменил свое расположение и тем самым нарушил «сплошность» Северной и Южной Америки. Он образовал здесь тогда две главные ветви — Притихоокеанскую и лугообразную Антильскую, внутри которых располагались обширные зоны опускания с глубоководными впадинами. Антильская орогеническая дуга проходила через современные острова Куба, Гаити и Пуэрто-Рико до Карибских Анд. Таким образом, современная геоморфология Карибского бассейна согласно этим представлениям была намечена в мезозое и полностью сохранила свои мезозойские «корни», лишь слабо преобразованные в посторогенное время в кайнозое.

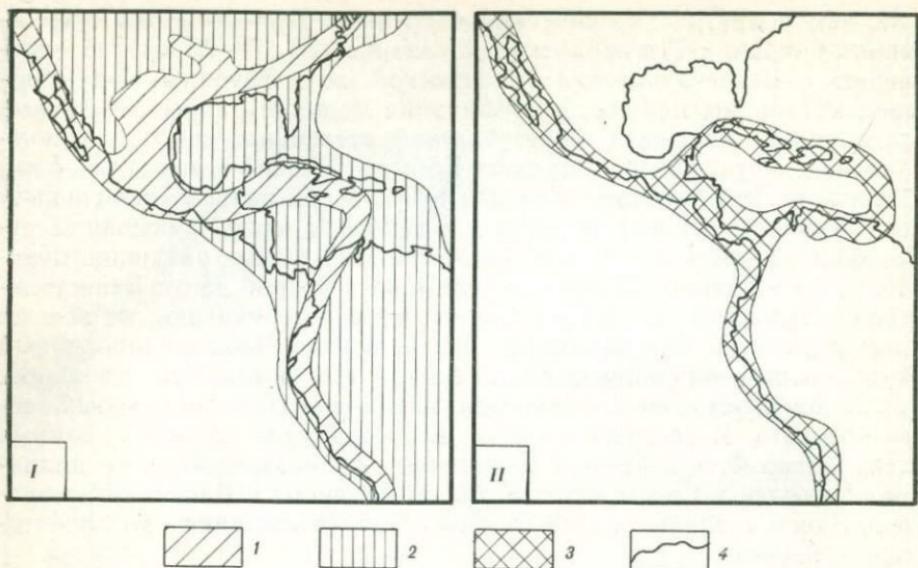


Рис. 14. Геологическая эволюция Карибского бассейна [Ирдли, 1954]

I — палеозой; II — меловой период; 1 — палеозойский орогенный пояс; 2 — континент; 3 — мезозойский орогенный пояс; 4 — современные очертания суши

Другим примером историко-геологического толкования Карибского бассейна на основе традиционных фиксистских представлений может служить работа Ю. М. Пущаровского и др. [1967]. Сложная докайнозойская геологическая история Карибского бассейна названа Ю. М. Пущаровским основным орогенно-геосинклинальным этапом его формирования и охватывает в основном мезозой. В течение этого этапа были сформированы все главные складчатые структуры региона. «После завершения этого исходного этапа¹⁰ территория пережила и более поздние этапы геоструктурного развития, а именно более старый (олигоцен-миоценовый), когда сформировались некоторые новые «наложенные» структуры в слабо дислоцированном чехле соответствующих отложений, и более молодой (плиоцен-четвертичный)» (с. 30).

В пояснительном тексте к Национальному атласу Кубы (1970 г.) эти представления раскрыты более конкретно. Главные структурные образования района разделены на складчатые и современные геосинклинальные, причем для наземных раннекайнозойских складчатых образований, исходя из структурных соотношений, показаны их предполагаемые подводные продолжения.

Что же касается современных геосинклинальных образований, то они показаны Ю. М. Пущаровским «распадающимися на три

¹⁰ Понятие «исходный этап» не имеет здесь абсолютного значения. Несомненно, что мезозойскому этапу предшествовали палеозойский и более ранние. Однако мезозойский этап выделен, поскольку он сыграл особенно важную роль в формировании рельефа современной поверхности.

естественных структурных района. Первый из них простирается от Колумбийской глубоководной котловины до Пуэрториканского желоба, второй лежит к югу от Кубы, третий протягивается вдоль края Тихого океана. Каждый из них характеризуется признаками (типы структурных форм, контрастность и расчлененность в основном подводного тектонического рельефа, характер строения земной коры и др.), свойственными современным геосинклинальным зонам...; структурное расчленение таких областей производится теми же методами, что и геосинклинальных областей геологического прошлого Земли, т. е. в них прежде всего выделяются геосинклинальные прогибы разных типов и геоантеклинальные элементы также разного характера» [Там же, с. 13].

Таким образом, представления Ю. М. Пущаровского со структурно-тектонической точки зрения не имеют принципиальных и коренных отличий от взглядов А. Ирдли [1954]. Основные геоструктуры региона трактуются так же, как орогенные. Но налицо значительное омоложение этих геоструктур. Хотя исходным структурам также приписывается мезозойский возраст, однако выдвигается представление как о более молодых (кайнозойских, наложенных на более древние) структурах, так даже и о современных, геосинклинальных. Но по своему характеру это все же одни и те же геологические структуры, которые отличаются друг от друга только своим возрастом (ранне- и среднекайнозойским, современным).

В более поздней работе Ю. М. Пущаровского [1979] изложенные выше представления несколько модернизируются на основании новейших данных, хотя все же он вновь утверждает, что изучение этого региона должно быть направлено на «познание сущности геосинклинального процесса» (с. 7). Далее Ю. М. Пущаровский доказывает, что Карибский регион следует разделить на две части — восточную и западную, причем «первая из них имеет океаническую природу, а вторая — сформировалась в результате частичного разрушения континентальной коры». Далее он указывает, что «в образовании такой структуры важная роль принадлежит срывам пластин (очевидно, горизонтальным. — И. Г.), надвиговым перекрытиям и раздвигам блоков земной коры» [Там же, с. 11]. Если к этому добавить заключительный вывод Ю. М. Пущаровского о том, что в Карибском бассейне «должна выделяться категория межматериковых морей, геодинамический режим которых определяется взаимодействием океанической коры и двух мобильных континентов» [Там же, с. 11], то существенный сдвиг во взглядах Ю. М. Пущаровского при историко-геологическом толковании Карибского региона от фиксизма к мобилизму вполне очевиден.

Еще более показательны в этом отношении представления другого крупнейшего советского тектониста — В. Е. Хайна [1979]. В них видно влияние мобилистских взглядов французского геолога Ж. Обуэна [Aubouin, 1977] на историю Тетиса и его взаимоотношения с раскрытием (спредингом) Атлантического океана. Однако еще более отчетливый сдвиг геотектонических взглядов советских

ученых в направлении мобилистской трактовки Карибского региона заметен в коллективной работе А. Г. Рябухина, В. Д. Чеховича, Л. П. Зоненшайна и В. Е. Хаина [1983]. В ней эволюция этого региона уже полностью рассматривается как результат взаимодействия американских литосферных плит и, исходя из этого подхода, историко-геологические реконструкции даются на палинспастической основе. В этой публикации приводятся такие же позитивные ссылки на мобилистские работы Ж. Обуэна и И. Дебельма [Aubouin, Debeltmas, 1980] и О. Боненбергера [Bohnenberger, 1978].

Следует подчеркнуть, что в серии новейших, главным образом американских, работ общие схемы геологического развития Карибского бассейна изображаются совершенно по-другому. В них господствуют представления, целиком основанные на концепции глобальной тектоники плит. Их характерной особенностью, видимо вообще свойственной современному американскому подходу, является почти исключительная опора на данные только океанологических глубоководных работ (главным образом геофизические) с недоиспользованием (или недооценкой) геологических и геоморфологических данных по континентам и островам. Более того, в содержание таких схем вкладываются главные закономерности, установленные для срединно-океанических хребтов и открытых океанических бассейнов (в частности, образование рифтовых зон и трансформных разломов). Однако такой автоматический перенос вряд ли допустим, так как геотектурные шовные межконтинентальные зоны, к которым принадлежит Карибский регион, должны характеризоваться собственными и специфическими закономерностями, во многом отличными от закономерностей океанических бассейнов.

В силу всех этих причин новейшие американские схемы геологического развития Карибского бассейна, основанные на концепции глобальной тектоники плит, часто имеют лишь гипотетический характер. Одним из характерных примеров таких схем являются модели эволюции Карибской плиты, разработанные Б. Мэлфэйтом и М. Динкельманом [Malfait, Dinkelman, 1972] для позднего мела, палеоцена, олигоцена и миоцена до современности (рис. 15). Сущность этих моделей заключается в выделении самостоятельной литосферной Карибской плиты, отделенной зонами разломов от соседних плит и испытывающей горизонтальное перемещение на восток, сопровождаемое развитием зон субдукции. Схема основана главным образом на внешних орографических чертах региона и новейших геофизических данных. Существенным является сильный акцент на молодую геодинамику.

По моему мнению, в одной из своих более ранних работ В. Е. Хайн [1975] даже более успешно, чем в позднейшей статье [Хайн, 1979], выдвинул общую схему геологического развития Карибского бассейна, в которой делается попытка синтезировать оба главных теоретических подхода — трактовку региона как орогенно-геосинклинального, но с определенными элементами плитовой тектоники. Такая трактовка является принципиально вполне пра-

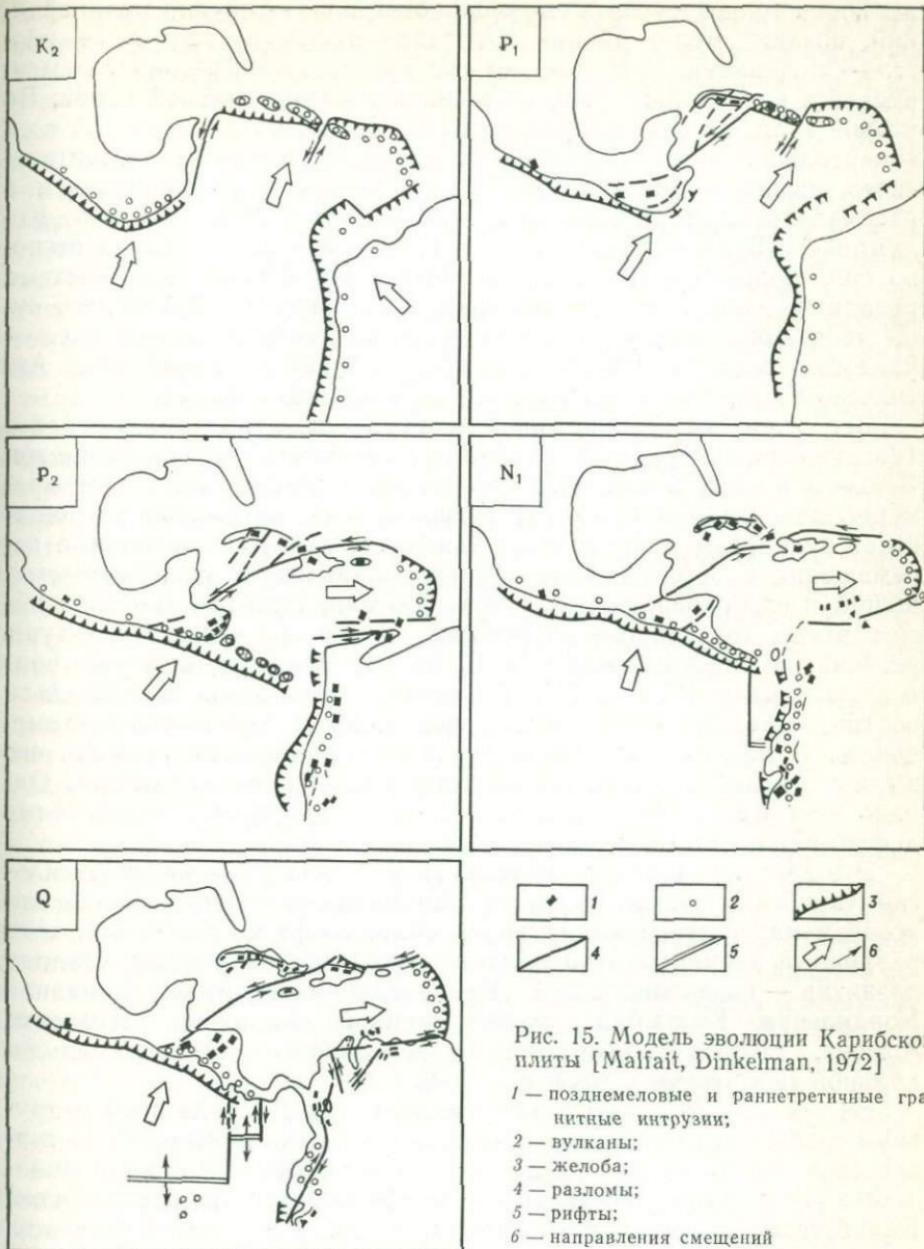


Рис. 15. Модель эволюции Карибской плиты [Malfait, Dinkelman, 1972]

- 1 — позднемеловые и раннетретичные гранитные интрузии;
- 2 — вулканы;
- 3 — желоба;
- 4 — разломы;
- 5 — рифты;
- 6 — направления смещений

вомерной, поскольку в шовных геотекстурах (а тем более в континентальных) структурные элементы не могут не быть весьма разновозрастными и более молодые из них должны «накладываться» на более древние.

В этой схеме В. Е. Хайн в геологическом развитии Карибского бассейна выделяет пять главных этапов: поздний палеозой — три-

ас; конец триаса — середина юры; конец юры — начало мела; средний, поздний мел — ранний и средний палеоген; олигоцен — неоген — антропоген. В первый, самый древний этап регион рассматривается как единая сушица, сложенная континентальной корой. Во второй этап, по представлению В. Е. Хайна, начался распад континентальной коры, связанный с началом раскрытия Атлантического океана, «обновлением» Тихого океана и формированием в рассматриваемом регионе «широких рифтов» (Мексиканского, Колумбийско-Венесуэльского и др.). В третий этап структура региона еще более усложнилась, возникли «глубоководная» система разломов — будущих зон Беньофа, вулканические архипелаги, существовавшие наряду с Карибской плитой. Четвертый этап (мел — палеоген) характеризуется как время «бурного „созревания“ Антильско-Карибской геосинклиналии» [Хайн, 1975, с. 41].

Все основные геодинамические процессы, зародившиеся ранее (погружение глубоководных впадин с седиментацией, развитие зон Беньофа и разломов и др.), продолжают развиваться. Одновременно развиваются орогенез, региональный метаморфизм, нарастает вулканализм и происходят «значительные горизонтальные перемещения с образованием крупных шарьяжей», сдвиговых смещений и глубоководных желобов (Кайман, Пуэрто-Рико). На пятом этапе (олигоцен — антропоген) основные черты структуры региона, по представлению В. Е. Хайна, «обозначались уже полностью» [Хайн, 1975, с. 42]. Во время этого этапа преобладали вертикальные движения, хотя проявлялись и горизонтальные смещения. К началу миоцена произошли стабилизация региона, его выравнивание, широкая квазиплатформенная седиментация. Однако местами, особенно в миоцене, снова проявились интенсивные деформации, интрузии и вулканализм.

Это дает основание, по мнению В. Е. Хайна, трактовать Антильско-Карибский регион, включая Панамский перешеек и залив, как «современную геосинклинальную область» [Там же, с. 43], хотя различные элементы этой области находятся на разных стадиях развития — позднеорогенной (Куба, Карибские Анды, Западная Кордильера, Колумбия), раннеорогенной (Большие Антильские острова, структуры Панамского перешейка), позднегеосинклинальной (восточные и южные Антилы).

Из сказанного следует, что предпринятая В. Е. Хайнем и другими советскими геологами (см. выше) попытка примирить (а точнее синтезировать) два различных подхода (фиксистский и мобилистский) к истолкованию гео- и морфоструктурных особенностей Карибского бассейна очень знаменательна. Ее сильной стороной, несомненно, являются твердая опора на геологию континентов и островов и стремление увязать данные по ним с океанологическими, главным образом геофизическими, данными. Однако в этой попытке, по моему мнению, эти два ряда данных в силу еще сохраняющихся фиксистских элементов не занимают вполне равноправного положения и примат в результате все же отдается «континентальному», т. е. геологическому, материалу. Я думаю, что в

этом проявляется не только исконная «геологическая традиция» автора рассматриваемой схемы, но и определенная недооценка геоморфологических материалов, которые в свете концепции глобальной тектоники плит приобретают, как я считаю, совершенно равноправное значение с геологическими [Герасимов, 1977а; Lilienberg, 1983].

На рис. 16 изображена общая схема Карибского бассейна, трактующая этот район в палеогеоморфологическом смысле как переходную (от континентальной к океанической) межконтинентальную шовную геотектонику. Эта составленная мной схема не требует, очевидно, специальных пояснений в части условных обозначений, однако она выражает определенную историко-геологическую или палеогеоморфологическую концепцию, которую надо изложить.

Согласно этой концепции, весь регион современной Центральной Америки в мезозойское время вплоть до эоцена, т. е. конца ларамийского орогена, составлял часть общеамериканской континентальной плиты, находившейся между Атлантической и Тихоокеанской океаническими плитами. На плоскости этого огромного континента развивались разнообразные геодинамические процессы, возникли орогенно-геосинклинальные зоны (отчасти на основе более древних образований), к концу мезозоя и началу кайнозоя — огромные горные сооружения мезозойского возраста в виде Кордильер Северной Америки и Анд Южной Америки.

На границе мезозоя и кайнозоя (в палеогене), в преддверии альпийского орогена, в регионе Центральной Америки (в Карибском бассейне) произошли крупные геологические перемены. Весь предыдущий геосинклинально-орогенный режим его геодинамического развития был резко нарушен. Под влиянием тангенциального давления с запада из бассейна Тихого океана и не «погашенного» зоной субдукции (не развивавшейся в Центральной Америке) или же вследствие отставания этого региона в западном дрейфе литосферных плит Северной и Южной Америки именно здесь, на межамериканском пространстве, обособилась самостоятельная Карибская континентальная плита. Она была обрамлена системой крупных разломов, по которым и происходил сдвиг (Мотагуа — Кайман — Бартлетт, система краевых разломов вдоль северного берега Южной Америки). На переднем фронте Карибской плиты, на контакте с Атлантической плитой, стали развиваться процессы субдукции, выразившиеся в появлении глубоководного желоба Пуэрто-Рико, в формировании островной Антильской дуги с проявлением интенсивного новейшего вулканизма. В глубоком тылу, на контакте с Тихоокеанской плитой, также развивалась система разломов и проявлялся вулканизм.

Однако и внутренние части Карибской плиты испытали, вероятно под влиянием расхождения континентов Северной и Южной Америки, сильное раздробление в результате заложения глубоких разломов-зародышей и развившихся путем местного спрединга глубоководных впадин. На дне разраставшихся впадин формировалась молодая океаническая кора, происходило терригенное и пе-

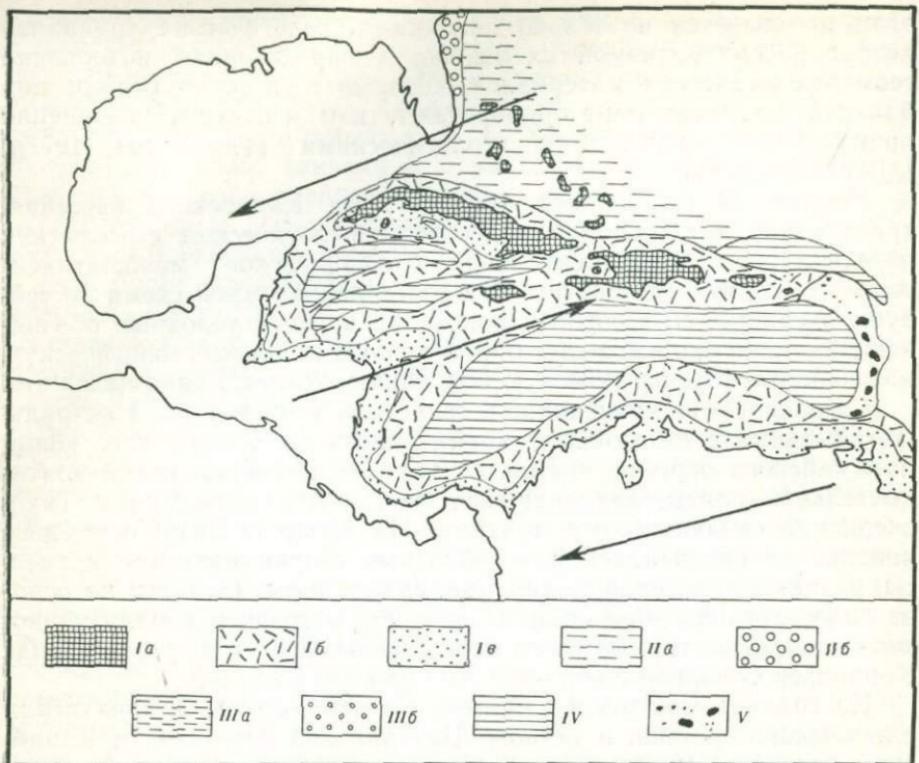


Рис. 16. Морфоструктурная схема Карибского региона [по И. П. Герасимову]

Ia — надводные мезозойские горные сооружения, разбитые на блоки, денудированные и абразированные, окаймленные кайнозойскими террасовыми равинами; Ib — подводные мезозойские горные сооружения, разбитые на блоки и, частично, погребенные под морскими кайнозойскими осадками; Ie — шельфовые равнины на складчатом основании (абрадированные горные мезозойские сооружения); IIa — подводные пластовые равнины мезозойских платформ, разбитые на блоки и, частично, погребенные под морскими кайнозойскими осадками; IIb — шельфовые равнины на пластовом основании (абрадированные мезозойские платформы); IIIa — подводные кайнозойские аккумулятивные равнины, разбитые на блоки, с соляной тектоникой; IIIb — шельфовые равнины на аккумулятивном основании (абрадированные кайнозойские аккумулятивные равнины); IV — области кайнозойского рифтогенеза (глубоководные котловины и желоба с подводными возвышенностями); V — области интенсивного надводно-подводного кайнозойского вулканизма

лагическое осадконакопление. Поэтому весьма возможно, что значительные участки древней (мезозойской) континентальной коры, образующие наиболее глубоко погруженные части Карибской плиты, подверглись базификации, т. е. были погружены в верхнюю мантию и позднее (уже в кайнозое) сформированы заново. Может быть, подобное погружение представляло собой в известной мере изостатическое прогибание под тяжестью накопленных осадков. Мощность этих осадков, как указывалось, достигает 12—15 км.

Межконтинентальные впадины в Карибском бассейне имеют, в общем, субширотное простирание; по мере их роста (раздвижения)

происходило разделение на крупные блоки ранее единых структурных массивов. Так, впадина Мексиканского залива (Сигбен) «разорвала» мезозойские платформы Юкатана и Флориды; система Юкатанской, Колумбийской и Венесуэльской впадин расчленила обширную область горных мезозойских сооружений на ряд отдельных блоков и т. д. Большая часть этих блоков, испытав общее погружение, превратилась в подводные образования, претерпевшие в течение кайнозоя преобразование под влиянием абразии и морской седиментации.

Вместе с тем отдельные системы блоков сохранили свое относительно приподнятое расположение, представляя собой остаточные массивы (микроконтиненты) прежнего, более обширного сооружения. Эти массивы (мы их называли остаточными ядрами в основном ларамийских орогенов) явились центрами формирования самых молодых надводных образований. Такое формирование происходило путем приращения к древним ядрам более молодых органогенных образований, главным образом известняковых плато (надводных и подводных) кайнозойского возраста. Наряду с приращенными массивами, вошедшими в состав современных островов и прибрежных районов (а также их шельфов) Карибского бассейна, в его пределах имело место, как уже указывалось, интенсивное новообразование вулканических систем, лавовых плато и подводных островных вулканических пьедесталов.

Изложенная выше концепция геоморфологической эволюции Карибского бассейна в кайнозое является рабочей гипотезой, стимулированной общей теорией глобальной тектоники плит. По своему существу она не входит в непримиримое противоречие со схемой В. Е. Хайна (1975) и с новейшими схемами других советских тектонистов (см. выше), хотя и отличается от них выделением особой Карибской плиты, объяснением происхождения глубоководных желобов, островных дуг и зон проявления новейшего вулканизма. Кроме того, в нашей концепции не обязательно принимается рифтовое происхождение глубоководных впадин, что очень важно. По моему мнению, вряд ли следует ставить в прямую генетическую и возрастную связь образование этих межконтинентальных впадин — «рифтов» Карибской шовной зоны с формированием рифтовых зон Атлантического срединно-океанического хребта. Я думаю, что это образование разного порядка и если искать между ними какую-либо связь, то ее скорее можно видеть в системе межконтинентальные впадины — трансформные разломы океанических бассейнов.

Однако вряд ли сейчас возможно достоверно устанавливать и такие связи. Конкретные особенности межконтинентальных впадин выявлены еще очень слабо. В частности, отсутствуют какие-либо палеомагнитные данные, поясняющие процесс их разрастания, хотя ожидать здесь открытия точных аналогов полосовых магнитных аномалий, подобных океаническим, вряд ли возможно. Но интересно, что возрастная сedиментационная полосчатость здесь все-таки имеет место. Я имею в виду так называемые кайнозойские «трен-

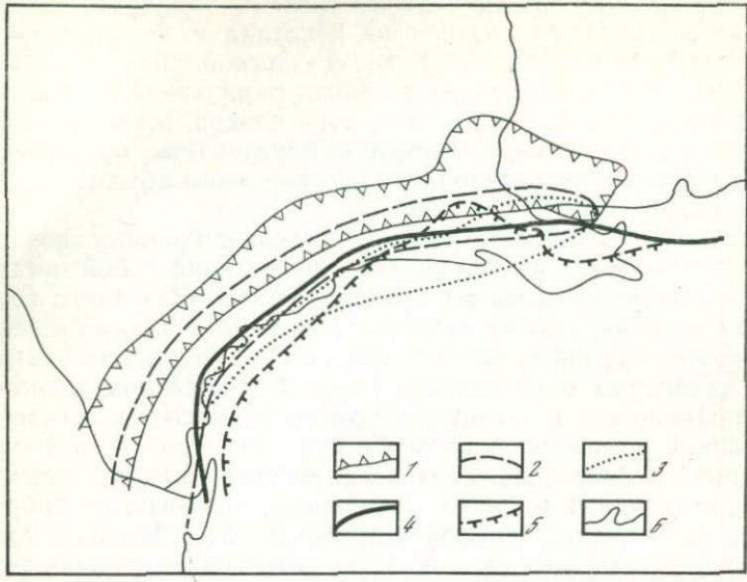


Рис. 17. Кайнозойские тренды в северной части Мексиканского залива
 1 — эоценовые; 2 — олигоценовые; 3 — раннемиоценовые; 4 — позднемиоценовые; 5 — плиоценовые; 6 — современные

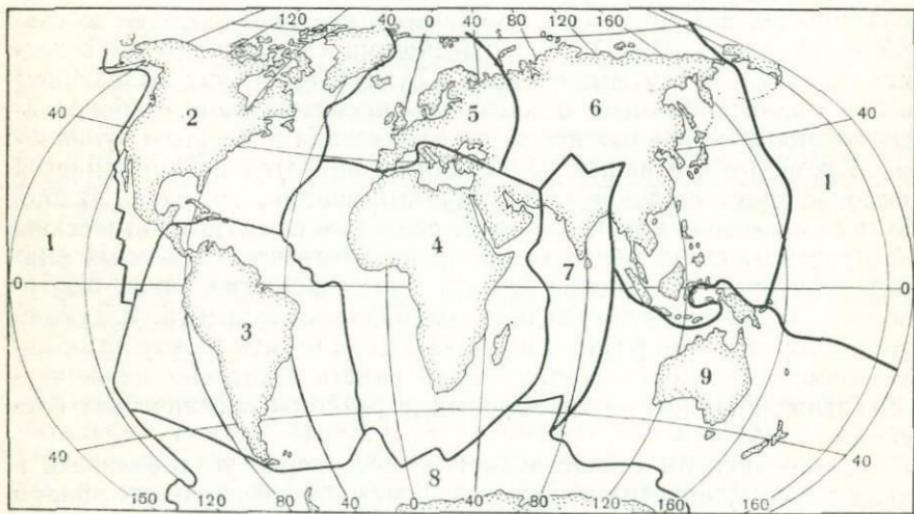


Рис. 18. Геоблоки (литосферные плиты первого порядка)
 1 — Тихоокеанский; 2 — Северо-Американский; 3 — Южно-Американский; 4 — Африканский;
 5 — Европейский; 6 — Сибирский; 7 — Индийский; 8 — Антарктический; 9 — Австралийский

ды» в северной части Мексиканского залива, которые представлены все более молодыми концентрическими ступенями отложений, опускающимися к глубокой части впадины (рис. 17).

Из всего сказанного ясно, что наша схема существенно иначе раскрывает содержание последнего, пятого этапа схемы В. Е. Хайна (олигоцен — антропоген), трактуя его как совершенно особый этап (геоморфологический, т. е. этап формирования современного рельефа), принципиально отличный от предшествующих. По моему мнению, именно такого толкования требует общая концепция глобальной тектоники плит в ее приложении к Карибскому региону. Вместе с тем необходимы, конечно, тщательная проверка этой гипотезы и ее дальнейшая разработка. Но если все же принять ее за некоторую основу для истолкования различных региональных геоморфологических особенностей Карибского бассейна, то станут возможными новые подходы и к отдельным районам этого региона. Примером такого подхода является морфоструктурная схема Кубы (рис. 16).

Эта схема и описание исходят из изложенной выше концепции и основаны на литературных и картографических материалах, дополненных личными полевыми наблюдениями. В известной степени их можно рассматривать как дополнительный аргумент в пользу концепции автора.

Глава 5

ПОДНЯТИЕ ДАРВИНА (ТАЛАССОКРАТОН) В ТИХОМ ОКЕАНЕ И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ

Знаменитый натуралист Ч. Дарвин, путешествуя в 1840 г. по Тихому океану, выделил в его средней части обширную область морского дна, которая характеризуется широким распространением рифовых островов-атолов с глубоко погруженными коралловыми сооружениями. Учитывая современные условия существования коралловых полипов в приповерхностной части океана, Ч. Дарвин считал, что в этой части Тихого океана в новейшее геологическое время произошло или погружение дна, или повышение океанического уровня.

Г. Менард [1966] предложил выделить эту часть Тихого океана в качестве особого региона и назвать его поднятием Дарвина. Новейшие морфологические и геологические карты Тихого океана подтверждают необходимость выделения всей северо-западной части его бассейна в самостоятельную и единую геотекстуру, которую стали называть талассократоном Дарвина (ТКД). Геоморфологическая карта показывает густое скопление здесь надводных и подводных океанических гор, местами образующих островные архипелаги с действующими вулканами. Геологическая карта фиксирует

наиболее древнюю в Тихом океане океаническую земную кору юрского и мелового возраста.

Всесторонний анализ литературных материалов по рассматриваемой части Тихого океана, включая новейшие американские данные, полученные при выполнении программ глубоководного бурения, дополненные материалами советских океанологических экспедиций, дает основание выделить следующие проблемные задачи, связанные с талассократоном Дарвина: 1) поиск признаков мезозойского спрединга, позволяющих сопоставить эту часть дна океана с другими; 2) выяснение новейшей геоморфологической перестройки более древней морфоструктуры; 3) изучение гайотов, рифовых сооружений и других подводных гор как палеогеографических индикаторов прогрессивного повышения уровня океана и регионального опускания дна в мезозое — кайнозое.

Рассмотрим вкратце каждую из этих проблем.

Поиск признаков мезозойского спрединга. При рассмотрении крупных неровностей в строении ложа Тихого океана многие исследователи, а в их числе и Г. Менард [1966], подчеркивали «групповой характер» надводных и подводных вулканов, распространенных здесь особенно широко, и их более или менее прямолинейное (или дугообразное) простижение на 1000—2000 км. Известно, что эти образования особенно характерны для средней части Тихого океана, например Гавайский вулканический комплекс, Императорские горы, хр. Мид-Пасифик (или Маркус-Неккер), хр. Дайн и др. Совершенно естественно связать все эти образования с существованием структурных линеаментов, возможно с системами глубинных разломов, рассекающих всю земную кору и разбивающих ее на отдельные большие подплиты. Особенно важны эти представления в отношении Гавайских островов, поскольку они проходят через «горячие точки» — поднятия мантийного вещества (мантийные диаприры). Именно такой общий подход к геоструктуре этой части Тихоокеанского бассейна характеризует как некоторые старые работы, так и более новые.

Однако этот подход оставляет необъясненной структурную общность талассократона Дарвина, особенно в свете теории тектоники литосферных плит. Поэтому совершенно естественно, что в поисках объяснения крупных структурных линеаментов на дне западной части Тихого океана исследователи обратили внимание на возможную аналогию с его восточной частью. Как известно, для последней, т. е. для Восточно-Тихоокеанского поднятия (ВТП), имеется всесторонне разработанная модель спрединга, хорошо объясняющая образование основных черт рельефа этой части океанического дна. Однако помимо общих морфологических различий, очень важен разный геологический возраст обеих частей Тихого океана — кайнозойский (палеоцен — плейстоцен) Восточно-Тихоокеанского поднятия и мезозойский (юра — мел) талассократона Дарвина. Тем не менее общая модель спрединга кажется настолько привлекательной для объяснения универсального образования океанических бассейнов, что именно ее все же пытаются использовать в новейших гео-

физических работах для объяснения особенностей рельефа океанического дна и строения земной коры западной части Тихого океана. Такие исследования прежде всего направлены на выявление признаков существования на дне океана полосовых палеомагнитных аномалий.

Однако, по моему мнению, подобные построения следует в настоящее время рассматривать только как совершенно гипотетические, особенно при их геоморфологическом использовании, что обусловлено не только крайней ограниченностью, малой надежностью и противоречивостью получаемых данных по геофизике этой части Тихого океана. Существенное значение имеет несомненное формирование в пределах талассократона новейших кайнозойских морфоструктур, не сопрягаемых с остаточными палеомагнитными данными и развивающихся, по-видимому, по совсем иному плану.

Древние и новые морфоструктуры. Совершенно очевиден факт большого своеобразия современного рельефа талассократона Дарвина. Его основные элементы — котловины, поднятия (возвышенности, хребты, валы) и архипелаги вулканических островов. Из них, по-видимому, наиболее стабильными (с точки зрения новейшей тектоники и вулканизма) являются глубокогодные котловины. Мезозойский, а возможно, и более древний фундамент их покрыт мощной толщей глубоководных осадков мезо-кайнозойского возраста, в нижней части, видимо, сильно консолидированных.

Более сложную картину представляют глубоководные поднятия. Как отмечалось, в новейшей литературе проявляется тенденция рассматривать такие образования как «реликты» рельефа, созданного мезозойским спредингом. Мне представляется, однако, более естественным, хотя также в порядке гипотезы, рассматривать эти подводные сооружения как тектонические глыбовые горы, образовавшиеся на океанической коре путем разломов и вертикальных перемещений блоков, не сопровождаемых сильным вулканизмом. Основным доводом, который можно привести в пользу такого взгляда, является, кроме хорошо выраженного глыбового рельефа с крупными уступами, также и осадочный покров, значительно превышающий по мощности покров в соседних котловинах и характеризующийся почти непрерывной седиментацией с мелового периода.

Более того, важный вопрос о нижней возрастной границе новейшего тектонического этапа в рассматриваемом регионе в известной степени также может опереться на некоторые реальные основания. Они заключаются в позднемеловом возрасте тех окраинных полосовых палеомагнитных аномалий, которые оконтуривают всю зону спрединга Восточно-Тихоокеанского поднятия. Именно это дает основание считать, что возрастной рубеж, определяемый указанными выше аномалиями, явился переломным для новейшей геологической истории всего бассейна Тихого океана. До этого рубежа формировалась мезозойская структура талассократона Дарвина. Затем развернулись процессы спрединга на востоке Тихоокеанского бассейна и субдукции на западе, тогда как в его средней части (т. е. в талассократоне Дарвина) происходила новейшая перестройка бо-

лее древнего структурного плана. При этом вряд ли следует датировать этот рубеж слишком узким временным интервалом. Вероятно, он охватывал период от позднего мела (альба) до эоцена.

Островные океанические горы и их историко-генетические связи. Даже самое общее рассмотрение батиметрической карты Тихого океана показывает, насколько многочисленны и разнообразны надводные и подводные горы на площади талассократона Дарвина. Они представлены вулканическими островами, часто образующими архипелаги, подводными горами, атоллами, гайотами. Общая типизация этих образований и выяснение историко-генетических связей представляет весьма сложную, но актуальную задачу.

В основу их изучения, очевидно, должен быть положен анализ процессов, которые создают островные океанические возвышенности и преобразуют их, а также условий, в которых такие процессы протекают. Эти процессы можно разделить на конструктивные и деструктивные. Среди конструктивных процессов следует прежде всего выделять вулканические, создающие надводные и подводные вулканы различного характера (конические, кальдерные, щитовые и др.), затем биологические, выражющиеся в процессе обрастания вулканических форм коралловыми сооружениями, а также процессы береговой и подводной седиментации. Основное значение среди деструктивных процессов имеют субаэральная эрозия и денудация, надводный и подводный карст, береговые абразионные процессы и результаты подводного размыва под воздействием придонных мутевых течений и внутренних волн в толще морской воды. Сложное и противоречивое сочетание всех этих процессов, развивающихся даже при неизменных условиях морской среды, не может не вести к большому многообразию островных океанических возвышенностей и возникновению ряда черт сходства и различия между ними, т. е. определенных генетических связей.

Весь этот комплекс процессов еще более усложняется в условиях морской среды, испытывающей изменения своего уровня. На основе возникают исторические связи между различными типами островных океанических гор.

Поскольку все такие горы имеют исходное вулканическое происхождение, то важнейшее значение в их возникновении и развитии принадлежит возрасту, интенсивности и периодичности вулканических эрупций. Помимо вызванного ими роста вулканических образований, усложнения их морфологии и накопления эруптивных пород, существенное значение имеет многократная перестройка структуры вулканического массива, происходящая под воздействием последующих эрупций, — обновление одних вулканических форм, разрушение других и усложнение третьих. Исключительно важное значение имеют также длительные перерывы в проявлении эруптивной активности и тем более ее затухание. В сущности именно последнее является необходимой предпосылкой для начала образования крупных биогенных рифовых сооружений, а также последовательного развития и консервации созданных ранее абразионных и других деструктивных форм рельефа.

Велика также роль тектонической мобильности горных массивов. Главную роль в ней, видимо, играют процессы тектонического (изостатического?) опускания, связанного с последовательным увеличением массы вулканических пород и ростом коралловых построек. Менее ясна возможность тектонического поднятия, особенно отдельных вулканических сооружений.

Несомненно, весьма большое значение в формировании океанических возвышенностей имели эвстатические колебания уровня Мирового океана. Они являлись важным фактором как образования, так и сохранения различных геоморфологических особенностей океанических гор и, прежде всего, разновозрастных комплексов береговых форм. Но не менее важны они были также и для развития и сохранения разновозрастных рифовых (коралловых) построек.

Глубокое погружение древних абразионных поверхностей, к которым относятся типичные гайоты, так же как и огромная, во многие сотни метров, мощность рифовых сооружений в современных атоллах, свидетельствует об очень значительном изменении уровня Мирового океана. Причинами изменений могли быть тектонический фактор («проседание» океанических возвышенностей) и глобальный эвстатический подъем уровня океана. Очевидно, имело место проявление обоих этих явлений, которые еще осложнялись независимым (спонтанным) ростом вулканических массивов и зависимым от конкретного морского уровня, т. е. подконтрольным, ростом рифовых сооружений. Именно такое сложное и противоречивое взаимодействие процессов и изменения условий среды, в которой они развивались, объясняют реальное многообразие океанических гор и объединяют надводные и подводные островные возвышенности в общие историко-генетические ряды.

Еще одно усложнение в процессе формирования океанических возвышенностей, несомненно, внесли плейстоценовые гляциоэвстатические колебания уровня Мирового океана. Известно, что их общая амплитуда определяется примерно в 100 м, причем последнее эвстатическое повышение его уровня достигало 10—12 м.

Из всего сказанного ясно, насколько сложна типизация островных океанических гор, свойственных талассократону Дарвина. Вероятно, эту задачу можно решить только путем проведения дальнейших комплексных исследований различных типов океанических гор на основе специально подготовленной программы.

Поэтому необходимо среди многих других крупных проблем изучения Тихого океана особо выделить проблему всестороннего изучения его надводных и подводных гор (вулканов, гайотов, атоллов).

ИНДО-ПАСИФИК КАК МЕЖОКЕАНИЧЕСКАЯ ГЕОТЕКТУРА ДРОБЛЕНИЯ (КРАШИНГА)

Между п-овом Индокитай, Австралией, Индийским и Тихим океанами расположен особый регион, состоящий из бесчисленного количества больших и малых островов и разделяющих их внутренних (окраинных) морей и проливов. Этот архипелаг отделяет восточную часть Индийского океана от Тихого и соединяет юго-восточный выступ Азиатского материка с Австралией и Новой Гвинеей. Огромная гирлянда островов архипелага состоит на юго-западе из групп Большых и Малых Зондских островов (Андаманские и Никобарские острова, Суматра, Ява, Тимор и др.), а на востоке и юго-востоке — из Филиппинских и Молуккских островов. Внутри архипелага, как бы заполняя его внутреннюю часть, располагаются самый большой о-в Калимантан и соседний с ним о-в Сулавеси. Северным продолжением Филиппин являются о-в Тайвань и гряда Японских островов. К востоку от Филиппин, Тайваня и Японских островов, в сторону Тихого океана, отделяя от него значительную морскую акваторию, протягивается выпуклая (к востоку) дуга островов Нампо, Марианских и Карабинских, соединяющихся на севере и юге с главным стволом архипелага. Однако их геоморфологическая связь еще недостаточно ясна.

Между Азиатским материком и грядами островов архипелага расположены впадины внутренних (окраинных) морей — Японского, Восточно-Китайского, Желтого, Южно-Китайского, Андаманского и Яванского, морей Сулу, Сулавеси и др.

Уже сравнительно давно было установлено, что основная часть описываемого архипелага окаймлена глубоководными океаническими желобами и тем самым резко ограничена от бассейнов Индийского и Тихого океанов. Это прежде всего так называемый Зондский желоб с глубинами, превышающими на границе с Индийским океаном 7000 м, Филиппинский желоб, окаймляющий с внешней стороны одноименные острова, с глубинами свыше 10 000 м, и желоб Нансей, окаймляющий острова Рюкю. Два последних океанических желоба как бы дублируются еще восточнее, в пределах Тихого океана, грандиозным Марианским желобом. Такая двойная система океанических желобов выделяет впадину Филиппинского моря среди впадин других окраинных морей. Из всего этого можно сделать вывод, что описанную выше сложную систему островов и морских впадин надо рассматривать как особый геоморфологический регион, или геотектуру (рис. 19)¹¹. Я предлагаю

¹¹ На рис. 19 воспроизведена общая схема из работы [Karig, 1971], которая показывает взаимное расположение на всем западе Пасифика (в том числе на юго-западе) наиболее крупных морфологических элементов — современных активных краевых впадин окраинных морей с высоким и нормальным тепловым потоком и желобов.

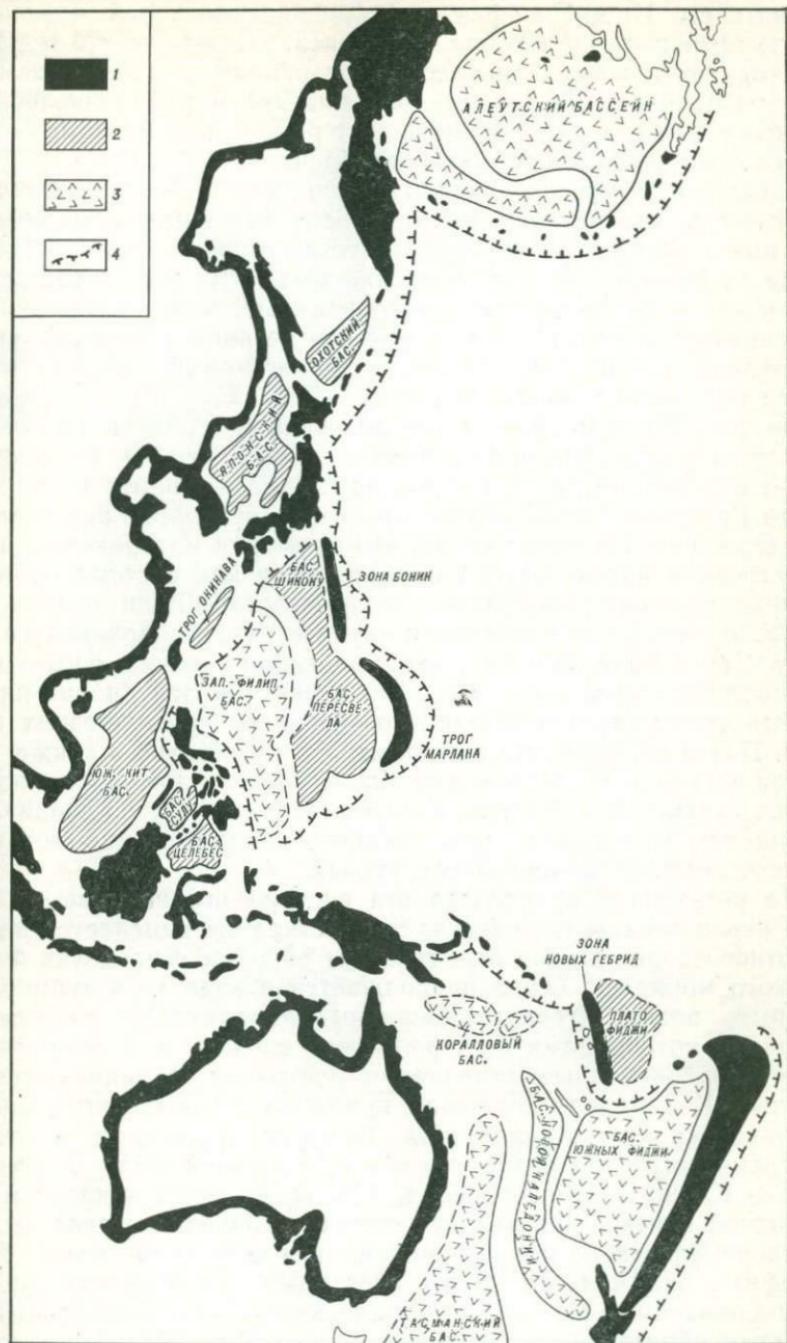


Рис. 19. Маргинальные морские бассейны в западном Пасифике [Karig, 1971]
 1 — активные (внутриугловой бассейн); 2 — неактивные с высоким тепловым потоком; 3 — неактивные с нормальным тепловым потоком; 4 — разломы и надвиги

называть его Индо-Пасифик и квалифицировать как межокеаническую геоструктуру дробления (крашинга). Даже с чисто морфологической точки зрения множество различных по своим размерам островов и впадин внутренних (окраинных) морей, точно осколки разбитого зеркала, заполняющие этот регион, как бы сами подсказывают использование термина «дробление».

Однако, конечно, это предположение надо обосновать геоморфологически, что сделать не так просто, так как описываемый регион имеет очень сложное геологическое строение, которое объясняется по-разному. В общем, можно выделить два основных подхода к его геотектоническому истолкованию: более традиционный, объясняющий геологическую структуру региона с позиций орогенно-геосинклинальной концепции, и более новый, основанный на теории тектоники литосферных плит.

На рис. 20 помещена генерализованная схема геологической структуры рассматриваемого региона, составленная по тектонической карте Евразии, приложенной к коллективному труду «Тектоника Евразии» [1966]. Рассмотрим геоструктурное истолкование ее содержания. На схеме видно, что почти вся материковая, а также островная части региона определяются как система орогенно-геосинклинальных зон различного возраста. Лишь полоса прибрежного шельфа, соединяющая крупные острова архипелага (Суматру, Яву и Калимантан) и охватывающая значительные части Восточно-Китайского и Южно-Китайского морей, показана как область распространения эпимезозойских и более древних платформ. Почти непосредственно примыкая к этой зоне и также объединяя всю систему островов от Японских и до Зондских, располагаются «кайнозойские складчато-геосинклинальные площади», т. е. по существу то же самое, что и «кайнозойские орогенно-геосинклинальные комплексы» на самих островах.

На юго-западе архипелага эта система ограничивается Зондским океаническим желобом и ее простирание изменяется на субширотное. Далее на востоке, главным образом в пределах Филиппинского моря, она снова продолжается в виде двух субмеридиональных полос (геоантклинальных поднятий), разделенных крупными котловинами без гранитного слоя, т. е. с океанической корой (глубоководные Западная и Восточная Филиппинские котловины). К Западной котловине примыкают два крупных массива океанических плит. Аналогичная большая подводная котловина без гранитного слоя находится и в центральной части региона, на востоке Южно-Китайского моря. Южнее ее снова показан массив подводной плиты. Еще один участок без гранитного слоя выделен на севере Японского моря. Наконец, вся восточная часть Индо-Пасифика окаймляется двумя системами океанических желобов (Филиппинским — Нансей и Марианским — Идзу-Бонинским).

Таким образом, вся материковая часть Индо-Пасифика, согласно рассматриваемой схеме, представляет собой систему орогенно-геосинклинальных сооружений в основном субмеридионального простирания и различного возраста — палеозойского и мезозойско-

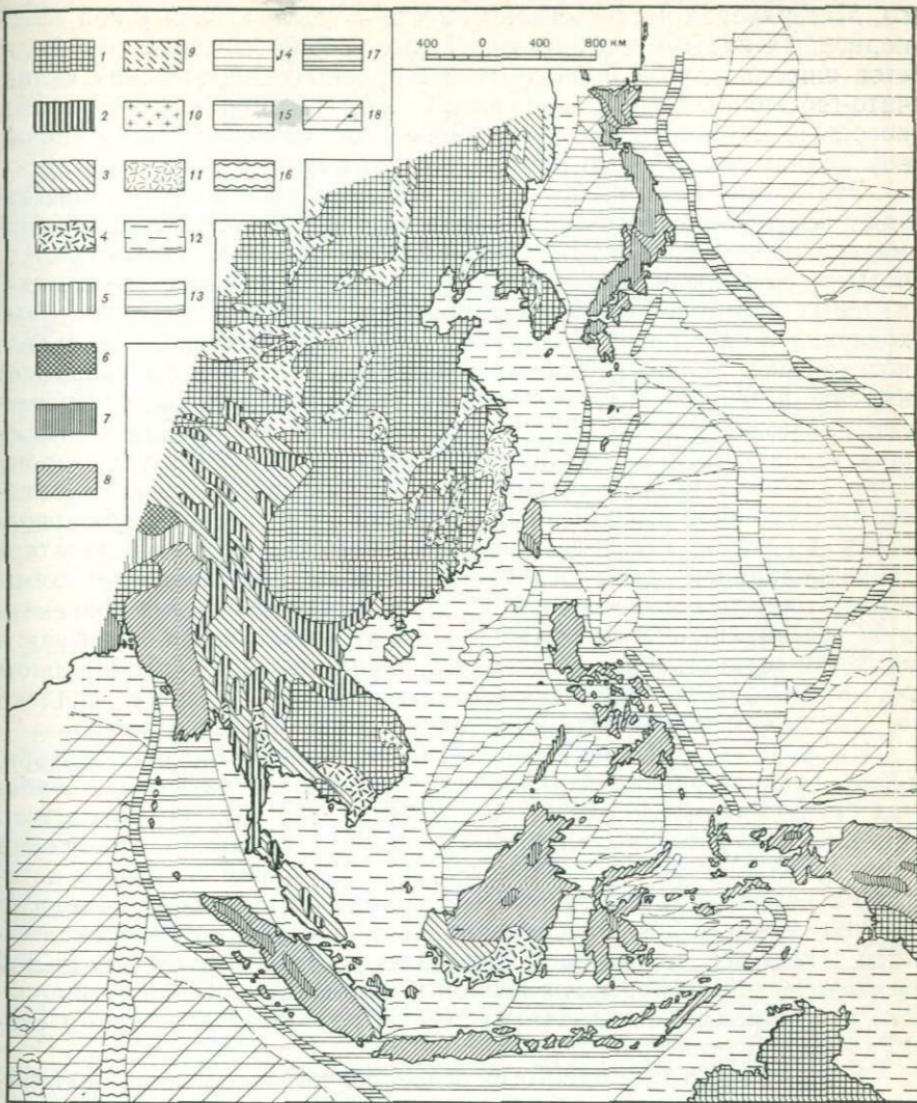


Рис. 20. Генерализованная схема геологической структуры региона Индо-Пасифик
 1 — консолидированные площади байкальской, каледонской и герцинской складчатости, испытавшие кайнозойские и тектонические деформации. Области мезозойской складчатости: 2 — выступы домезозойского основания; 3 — орогенно-геосинклинальный комплекс; 4 — вулканогенно-осадочный комплекс. Области альпийской (средиземноморской) складчатости: 5 — выступы доальпийского основания; 6 — геосинклинальный складчатый комплекс. Области кайнозойской (восточноазиатской) складчатости: 7 — выступы докайнозойского основания; 8 — орогенно-геосинклинальный комплекс; 9 — впадины, выполненные молассами; 10 — гранитоиды мезозойского возраста; 11 — вулканогенно-осадочный комплекс. Структуры морского и океанического дна: 12 — эпимезозойские и более древние платформы; 13 — кайнозойские складчато-геосинклинальные площади; 14 — котловины без гранитного слоя; 15 — сводовые океанические поднятия; 16 — океанические хребты глыбовой структуры; 17 — глубоководные желоба; 18 — океанические плиты

го. Материковая часть региона вместе с прилегающей к ней зоной подводных платформ (эпимезозойских и более древних) окаймляется широкой дугой подводных и островных кайнозойских складчато-геосинклинальных сооружений, включающих крупные глубоководные котловины без гранитного слоя (большая часть впадин внутренних морей) и отдельные массивы океанических плит.

Эта схема ясно иллюстрирует процесс постепенного обрастаия в наивысшее геологическое время внутренней консолидированной материковой части Юго-Восточной Азии все более молодыми складчатыми сооружениями, созданными на месте прежних геосинклинальных прогибов. Наличие ряда «безгранитных» котловин, т. е. котловин с океанической корой и различной величиной теплового потока (рис. 21) и массивов океанических плит, как бы указывает на еще незавершенное орогенно-геосинклинальное развитие рассматриваемого региона. Более того, расширение площади не имеющих гранитного слоя океанических котловин к востоку, в сторону Тихого океана, и наличие здесь как системы современных глубоководных желобов, выполненных в той или иной степени глубоководными осадками, так и сводовых океанических поднятий зачатков геоантклиналей дают основание авторам геологической схемы рассматривать всю восточную часть Индо-Пасифика как современную геосинклинальную область, которая «выделяется впервые» и является «единственной в своем роде». Они отмечают, что в данном регионе Юго-Восточной Азии геосинклинальный процесс «далеко оторвался» от континента и внедрился в океаническое ложе.

Изложенная трактовка описываемого региона (вообще говоря, очень распространенная) получила дальнейшее развитие в работах Г. Б. Удинцева [1972] и особенно Ю. М. Пущаровского [1972]. Последний выделяет вокруг всей впадины Тихого океана единый Тихоокеанский тектонический пояс, одной из частей которого и является рассматриваемый регион. На этой схеме выделена граница современных геосинклиналей, в пределы которых включается почти вся территория Индо-Пасифика. На более детальной тектонической карте, приложенной к монографии Ю. М. Пущаровского, изображение складчатых поясов повторяет в основном схему, показанную на рис. 20.

В известном труде одного из основоположников теории тектоники литосферных плит — Г. Менарда [1966] геоструктурная сущность региона Индо-Пасифик, взятого в целом, не рассматривается совсем. Однако в нем нет речи и о древних и современных орогенно-геосинклинальных образованиях. Больше того, Г. Менард сомневается в возможности применения соответствующих понятий к описываемому региону. Внимание автора сосредоточено на характеристике и объяснении таких основных структур океанического дна, как крупные разломы, глубоководные желоба и островные дуги, «нормальная впадина» и «оceanические поднятия». Поскольку большинство подобных структур развито в описываемом регионе, то ряд замечаний, сделанных Г. Менардом, имеет прямое отно-

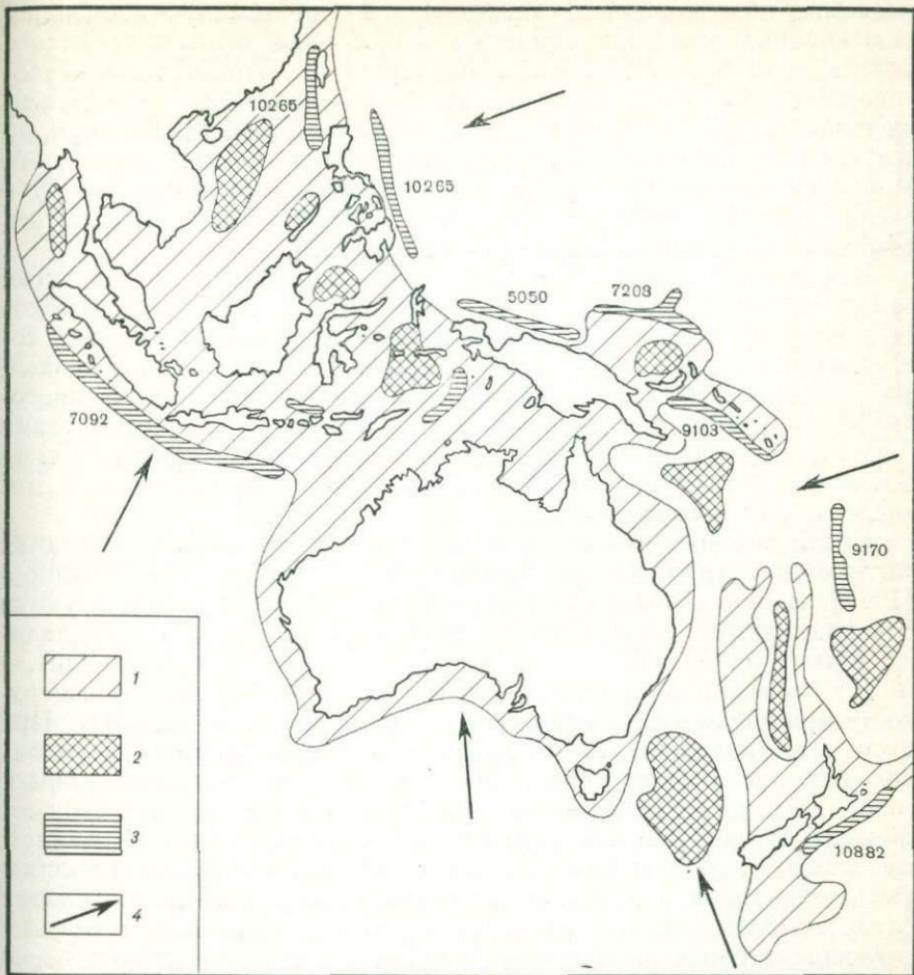


Рис. 21. Обобщенная схема морфоструктуры региона

1 — шельф с континентальной и субконтинентальной корой; 2 — котловины внутренних морей с океанической корой; 3 — глубоководные желоба; 4 — общие направления спрединга. Цифры — максимальная глубина желобов, м

шение и к нему. Это в первую очередь относится к глубоководным желобам и островным дугам.

Так, говоря об их происхождении, Г. Менард (1966) связывает его с конвекционными явлениями в мантии. «Кора над конвекционными ячейками испытывает... смещение в сторону дуг, и вдоль боковых границ ячеек образуются разломы и сдвиги, ориентированные под углом к общему простиранию дуги. Если это так, то по относительному соотношению дуг и разломов можно судить о направлении движения (литосферных плит? — И. Г.)» (с. 124). Это положение иллюстрируется общей схемой расположения опи-

сываемых образований. Отметим на ней определенную концентрацию крупных разломов, сдвигов и желобов на юго-западе Тихого океана, т. е. как раз в описываемом регионе. Что касается глубоководных желобов, то для них Г. Менард указывает, что рельеф желобов служит как бы внешним проявлением реакции коры на все эти напряжения, причем «представляется маловероятным, что Марианский и соседние с ним желоба, расположенные далеко в океане, смогут когда-нибудь накопить столько осадков, чтобы стать похожими на геосинклиналии» [Там же, с. 127].

Как известно, многие представления Г. Менарда органически вошли в теорию глобальной тектоники литосферных плит. Имеются в виду прежде всего так называемые процессы субдукции, составляющие одно из краеугольных оснований этой теории. В новейшей, главным образом геофизической, литературе весьма многочисленны работы, доказывающие решающую роль именно таких геодинамических процессов в формировании геоморфологических особенностей всей восточной окраины Азиатского материка, в том числе и описываемого региона.

Среди общетеоретических работ такого рода особого внимания заслуживает труд К. Ле Пишона, Ж. Франшто и Ж. Боннина [1977]. В нем довольно подробно и обоснованно характеризуются так называемые деструктивные границы плит, которые определяются «как линии относительного движения (литосферных плит.—И. Г.), на которых происходит асимметричное разрушение поверхности при поддвигании одной плиты под другую» (с. 201). При этом, если поддвигающаяся плита является океанической, то она погружается в астеносферу как относительно холдное твердое тело, затем постепенно нагревается и в конце концов исчезает как таковая. Поверхностным выражением такой границы плит является система глубоководного желоба и островной дуги. Если поддвигающаяся плита подстилает континентальную, то положительная плавучесть материковой коры препятствует погружению и процесс поглощения будет не эффективен. В результате возникают более сложные явления и процесс охватывает более широкую зону.

Заимствованный из работы Дж. Паккема и Д. Фалви [1974], рис. 22 относится непосредственно к рассматриваемому региону. Правда, он касается только части тех образований, которые столь типичны для Индо-Пасифика, а именно впадин внутренних (окраинных) морей и, частично, глубоководных желобов. Очень большой интерес представляют некоторые комментарии авторов к этой схеме, касающиеся роли геодинамических процессов растяжения и сжатия в тылу деструктивных границ, т. е. в зоне образования впадин окраинных морей в области Индо-Пасифика. Они, например, отмечают, что «может показаться парадоксальным, что большинство тектонических процессов вблизи деструктивной границы плит и позади нее связано преимущественно с растяжением: образование нормальных сбросов, обусловленных изгибом плиты вблизи оси желоба, поднятием и погружением, сопровождающимися нормальными сбросами, непосредственно позади оси; еще далее —

Островная дуга

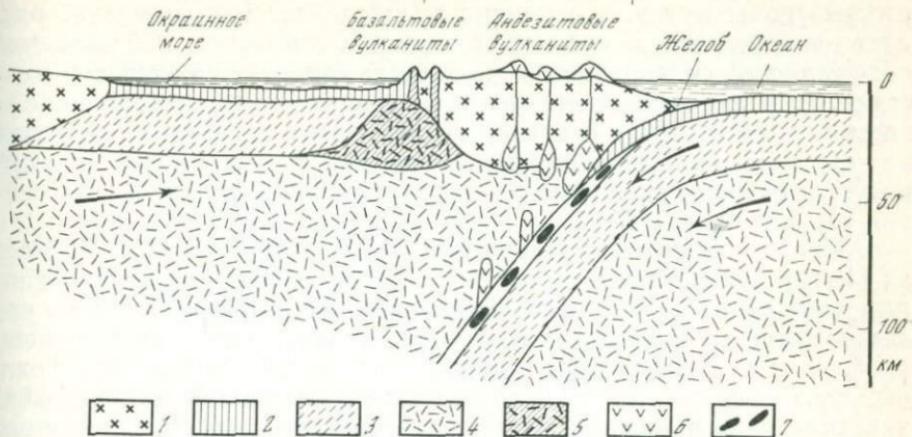


Рис. 22. Схематический разрез активно развивающегося моря. Показаны взаимоотношения андезитового вулканизма с зоной Беньофа и предполагаемый механизм образования окраинного моря в результате активного подъема мантии с подконтинентальными глубинами [Паккэм, Фалви, 1974]

1 — континентальная окраина или поднятие в окраинном море; 2 — кора; 3 — перидотит; 4 — пиролит; 5 — частично расплавленный пиролит; 6 — андезитовая магма; 7 — эклогит

растяжением и нарастанием плиты (новой.— И. Г.). Между тем это логично, если отдать себе отчет в том, что поддвигание одной плиты под другую вдоль плоскости разлома совсем не обязательно означает существование сильных сжимающих напряжений в плитах... Эволюция надвигающейся плиты в основном определяется тепловыми процессами, связанными с погружением плит. Только вблизи переднего края надвигающейся плиты можно видеть следы тектонического сжатия» [Ле Пишон и др., 1977, с. 248].

Надо сказать, что проблема образования впадин окраинных морей, тесно связанная с формированием островных дуг и глубоководных желобов и имеющая прямое отношение к Индо-Пасифику, всегда привлекала особое внимание сторонников теории тектоники литосферных плит. Они дружно возражали против представления, особенно настойчиво выдвинутого В. В. Белоусовым [1972], о процессе базификации или океанизации тех участков континентальной коры, которые были опущены (под впадинами окраинных морей) в виде нормальных грабенов.

Дж. Кариг [1974] в противоположность этому представлению развел теорию мантийных диапиров, образующихся при процессах субдукции и имеющих далеко идущие геоморфологические последствия. Он писал, основываясь главным образом на материалах по нашему региону: «Сейсмологические и геологические данные... свидетельствуют о том, что литосферные пластины мощностью около 100 км поддвигаются под системами островных дуг... Верхняя поверхность погружающейся пластины разогревается вследствие

каких-то скалывающих напряжений; при этом ее температура настолько повышается, что мантия преодолевает сопротивление вязкости и начинает в силу плавучести подниматься. Образование поднимающегося мантийного диапира за счет погружающейся пластины приводит к постепенному утонению этой пластины по мере ее погружения» (с. 286). Таким образом, в тылу островных дуг под воздействием «активной инъекции» мантийного вещества новообразуется океаническая кора в морфологически выраженных бассейнах окраинных морей.

Аналогичные представления выдвигают Дж. Паккэм и Д. Фалви [1974] для обоснования своей гипотезы образования окраинных морей в западной части Тихого океана. Они утверждают, что «окраинные моря представляют собой участки развития океанической коры на приконтинентальной стороне погружающейся Тихоокеанской плиты» (с. 288). И далее указывают, что «новая океаническая кора в тылу островных дуг создается за счет активного поступления мантийного материала» (с. 291). Здесь формируется кора, которая, как и «кора нормальных океанических бассейнов, имеет более или менее одинаковое происхождение» (с. 295). При этом, по представлению этих авторов, в «тылу» субдукции развиваются особые рифтогенные формы локального спрединга, приводящего к образованию и разрастанию впадин окраинных морей. Этот спрединг «аналогичен» спредингу срединно-оceanических хребтов, но «асимметричен» благодаря одностороннему влиянию погружающейся литосферной плиты (с. 307—308).

Большой интерес представляют попытки некоторых адептов теории тектоники литосферных плит найти какой-то компромисс между тектоникой плит и учением о геосинклиналях, а также орогенией. Так, например, Дж. Дью и Дж. Берд [1974а] считают, что «плиты существуют по крайней мере миллиард лет» (с. 218)¹² и что одним из важнейших процессов «ортотектонического орогена», определяемых субдукцией, является такой ряд форм: глубоководный желоб — зона Беньофа — разогрев и разрушение континентальной окраины — образование впадин окраинных морей — осадконакопление — вулканизм и орогенез [1974б, с. 181 и др.]. Такой ход событий, в целом соответствующий заключительной фазе ортодоксального геосинклинального процесса, рассматривается Дж. Дью и Дж. Бердом на примере островных дуг и окраинных морей описываемого региона.

Таким образом, казалось бы, каждый из альтернативных подходов — орогенно-геосинклинальный и литосферно-плитовый — в своем конкретном приложении к описываемому региону (Индо-Пасифику) хотя и разъясняет его многие отдельные геоморфологические особенности, однако полного объяснения всего ансамбля морфоструктур (особенно прибрежных континентальных прогибов, островов, внутренних морей, островных дуг и т. д.) дать не может.

¹² Утверждение, по моему мнению, более чем сомнительное. Однако это не меняет принципиального характера представлений авторов.

Так, орогенно-геосинклинальный подход, очевидно, прежде всего необходим для понимания сложного геологического строения материковой части региона, а также особенностей ее современного горного рельефа, особенно при учете неотектонических деформаций древних складчатых сооружений и их денудации. Получают объяснение также прошлые тесные геологические связи крупных островов (точнее, их ядер) как друг с другом, так и с материком, а в известной мере и морфоструктурные черты шельфа. Но он не раскрывает достаточно полно причины существования островных систем и их взаимосвязи, особенности морфологии впадин окраинных морей, роль глубоководных желобов и др. Нисколько не помогает этому и трактовка большей части региона как современной геосинклинали, если иметь в виду соответствующую классическую схему.

Теория глобальной тектоники плит, особенно в части интерпретации деструктивных границ плит и геодинамических процессов, напротив, позволяет довольно убедительно истолковывать основные черты современной морфоструктуры региона. Однако эта теория почти совсем не касается геоморфологии материковой части региона, важных морфоструктурных особенностей островов и многое другого.

Поэтому мне представляется, что для возможно более полного понимания современного геологического строения и морфоструктур, взятых в целом, необходим какой-то синтез наиболее достоверных компонентов обоих подходов. Такой синтез, однако, обязательно должен базироваться на анализе реального геологического строения, геологической эволюции и морфоструктур региона. Его основу, по моему мнению, может составить представление о наличии по крайней мере двух этапов в новейшем геологическом развитии рассматриваемого региона — мезозойского орогенно-геосинклинального и сменившего его в кайнозое этапа многообразной деструкции ранее созданных орогенно-складчатых морфоструктур. В сущности, именно о такой возможной историко-геологической смене писал Ж. Обуэн [1967]. В свое время я подробно прорецензировал эту интересную работу [Герасимов, 1979], причем подчеркнул, что Ж. Обуэн, рассматривая геологическую историю Тетиса с позиций тектоники литосферных плит, особо выделил два важных представления. Первым является разделение всех складчатых систем области Тетиса на четыре последовательные историко-генетические стадии, среди которых особо выделяется меловая (Юго-Западно-Тихоокеанская) стадия складчатости. Вторым, не менее важным, является представление о формировании здесь же позднее, в кайнозое, периавстралийского оphiолитового «венца» в результате процессов «внутриокеанской субдукции» или «шарьирования Тихоокеанской океанической коры на фрагменты Австралийского континентального массива». Если на место последнего мы поставим консолидированные мезозойской складчатостью и раздробленные позднее микроконтиненты в области Индо-Пасифика, то получим концепцию, очень близкую к излагаемой мной.

При этом я думаю, что основным стимулом для такого раздробления и последующего сложного морфогенеза, приведшего к современному строению региона, могли быть (точнее, должны быть) разнообразные геодинамические процессы в зонах субдукции, развившиеся вследствие взаимодействия перемещающихся литосферных плит. А ведь подобное перемещение входит в понятие субдукции, т. е. поглощения одной плиты другой. Однако некоторые исследователи конструируют и другие формы этого процесса: как бы перемещение внутри самого региона. Но все же я полагаю, что только подобный внутритретиональный дрейф мог быть необходимым условием формирования всей описываемой геотектуры. Более вероятна здесь двухсторонняя субдукция со стороны как Тихого океана, так и Индийского (рис. 23). В самом деле, мощный спрединг с северо-запада, со стороны Тихого океана (талассократона Дарвина), несомненен. Он отмечен развитием целой системы глубоководных желобов (Каролинского, Филиппинского и др.), а также соответствующих островных дуг. Со стороны же Индийского океана также несомненен подвиг на северо-востоке впадины этого океана, отмеченный формированием Зондского глубоководного желоба. Весьма вероятно, что именно этот подвиг был связан с отходом Австралии от Антарктиды.

Теперь, если мы примем во внимание изложенную выше теорию внутренних мантийных диапиров или даже «горячих точек» (плюмажей), формирующихся в условиях подвига и ведущих к образованию системы впадин окраинных морей позади островных дуг, то получим вполне цельную картину. Общее «плавление» подвигающейся плиты и локальное «проплавление» надвинутой плиты с образованием мантийных диапиров и должно вести в конце концов к дифференциации континентального массива, к его раздроблению на систему остаточных складчатых микроконтинентов (островов) с континентальной корой и новообразованных впадин с корой океанического или переходного типа. А именно такая картина характерна для всей описываемой геотектуры дробления (крашинга). Она, конечно, еще дополнительно осложнена проявлением разнообразного вулканизма.

Изложенная гипотеза, несомненно, нуждается в конкретном обосновании, которое должно быть получено на основе региональных геолого-геоморфологических исследований.

В заключение я хочу повторить мысль, высказанную после моего первого плавания на судне «Академик Курчатов» в 1976—1977 гг.: наилучшим путем для преодоления разногласий между фиксистами и мобилистами в науках о Земле является сопряженное изучение реального геологического развития как континентальных, так и океанических районов. Мне хочется подчеркнуть, что я стремился идти именно этим путем.

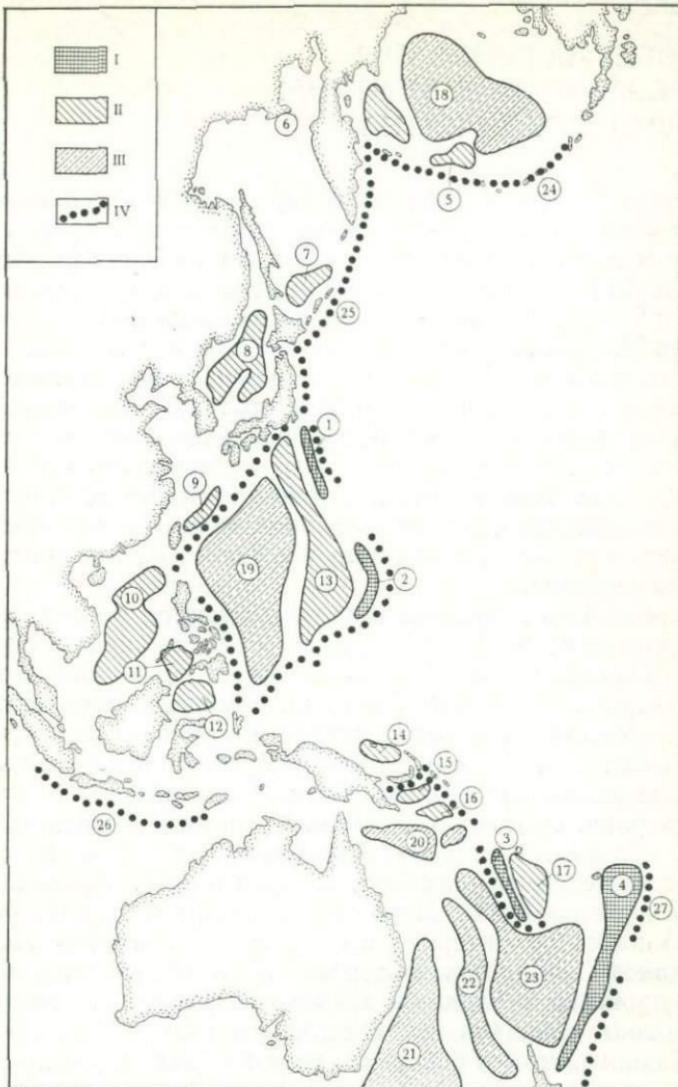


Рис. 23. Положение дугообразных желобов, активных и пассивных краевых морей в западной части Тихого океана [Karig, 1971]

I — активные краевые междуголовые впадины: 1 — Идзу-Бонинский желоб; 2 — Марианский желоб; 3 — Новогебридская зона; 4 — желоб Тонга-Кермадек. II — неактивные краевые моря с высоким тепловым потоком: 5 — впадина Баузэрс; 6 — Камчатская впадина; 7 — Южно-Охотская впадина; 8 — впадина Японского моря; 9 — впадина Рюкю; 10 — Южно-Китайское море; 11 — море Сулу; 12 — море Сулавеси; 13 — впадина Паресе-Вела; 14 — море Бисмарка; 15 — Соломоново море; 16 — море Будларк; 17 — плато Фиджи. III — неактивные краевые моря с нормальным тепловым потоком: 18 — Алеутская впадина; 19 — Западно-Филиппинская впадина; 20 — Коралловое море; 21 — Тасманово море; 22 — Новокaledонская котловина; 23 — Южно-Фиджийская впадина. IV. Глубоководные желоба: 24 — Алеутский; 25 — Курило-Камчатский; 26 — Яванский; 27 — Тонга

ПРОБЛЕМА ГОНДВАНЫ И ОБРАЗОВАНИЕ ВПАДИНЫ ИНДИЙСКОГО ОКЕАНА

Если с точки зрения теории литосферных плит расположить современные океанические бассейны по степени их сложности и как геоморфологические модели в один ряд, то он будет таким:

- бассейн Атлантического океана — довольно простая модель;
- бассейн Тихого океана — модель более сложная;
- бассейн Индийского океана — самая сложная модель.

Поясним вкратце этот ряд. Считается, что все главные геоморфологические и геологические черты строения бассейна Атлантического океана объясняются процессом мезо-кайнозойского спрединга. Неясной, правда, остается роль «горячих точек» (например, в эволюции о-ва Исландия), а также трактовка Карибского бассейна, если относить его к Атлантике. Однако такие региональные осложнения все же не нарушают общей, сравнительно простой конструкции модели.

В бассейне Тихого океана теорию спрединга можно приложить только к его восточной части, т. е. к Восточно-Тихоокеанскому поднятию. Однако к этой простой модели надо добавить западные берега Северной и Южной Америки, отмеченные развитием глубоководных желобов и горной системы Кордильер, т. е. процессами субдукции или, быть может, что точнее, также и обдукции (надвигания одной плиты на другую). Более сложной является западная часть Пасифика. Основную площадь ее занимает обширная океаническая область, сложенная океанической корой мезозойского возраста и выделенная, как отмечалось выше, Г. Менардом [1966] под названием поднятия Дарвина [Герасимов, 1980]. Восточная окраина Азиатского материка и его контакт с этой областью (таклассократоном) является, как известно, классическим примером развития процесса субдукции, хотя этот процесс, вероятно, протекал несколько различно на северной и южной окраинах Азии. Модель Тихоокеанского бассейна, таким образом, уж не так проста.

Проблемы геоморфологии и палеогеографии Индийского океана оказываются еще более сложными. Здесь главным является проблема распада древнего материка Гондваны и образование на значительной части его площади современного Индийского океана. Эта проблема одновременно и стара и современна: поставленная еще 100 лет назад, она до сих пор не решена.

Взглянем теперь на общую картину дна Индийского океана. Центральное положение занимает Индийский срединно-океанический хребет с уникальным строением — «тройственным» сочленением трех ветвей: северной, юго-западной и юго-восточной. Такое необычное строение этой зоны спрединга необходимо объяснить.

Известно, что северная ветвь Индийского срединно-океанического хребта (Аравийско-Индийский хребет, или хр. Карлсберга), поворачивая к северу-западу, переходит в грабен-рифт Красного моря, который, в свою очередь, соединяется с системой континентальных рифтов Восточной Африки (Афар). В этом снова проявляется уникальная особенность в строении бассейна Индийского океана.

Вдоль всех окраин материков, окаймляющих Индийский океан, развиты довольно широкие периконтинентальные бордюры, занятые шельфами и отмеченные островами и подводными возвышенностями. В северо-восточной части океана Австралийский периконтинентальный бордюр ограничивается Зондским глубоководным желобом, уходящим от Австралии к п-ову Индокитай. Западнее Австралии, очевидно уже за пределами бордюра, протягивается громадный подводный хребет 90-го градуса (или Восточно-Индийский), от южного конца которого, почти под прямым углом к Австралии, отходит субширотный хр. Брокен, окаймленный с юга системой глубоководных впадин.

Африканский периконтинентальный бордюр, вероятно, ограничен прямолинейным восточным берегом Мадагаскара с возможным продолжением на север в виде разлома Оуэна (его южной части). Индийский периконтинентальный бордюр, включающий о-в Шри-Ланка, с обеих сторон окружен обширными подводными дельтами Аравийского моря и Бенгальского залива. Мощная толща аллювиально-морских отложений Инда и Ганга скрывает морфоструктуру этих двух крупных «заливов» океана.

Между континентальными бордюрами и ветвями срединно-океанического хребта располагается значительная часть дна океана, состоящая из системы глубоководных котловин, подводных гор и хребтов. Взаимоотношения ее с зонами срединно-океанических хребтов и периконтинентальных бордюров не просты.

Вот какие крупные и сложные геоморфологические и геологические проблемы ставит перед нами просмотр лишь общей карты дна Индийского океана.

История исследования дна Индийского океана. Совсем недавно общий уровень морфологической (батиметрической), геофизической и геологической изученности дна Индийского океана был значительно ниже уровня изученности дна Тихого и Атлантического океанов. Крупным событием, резко повысившим уровень знаний, была организация в 1959 г. Международной Индоокеанской экспедиции, которая в 1959—1964 гг. провела обширные батиметрические, геофизические, геологические и другие исследования.

Следующим этапом изучения дна Индийского океана было про-ведение в 1972—1973 гг. глубоководного бурения с борта американского судна «Гломар Челленджер» (22—29-й рейсы). Всего было пробурено 60 скважин; из них отбирались керны осадочных отложений и образцы горных пород и фундамента.

Самым крупным результатом работ этой международной экспедиции было составление и издание в СССР в 1975 г. Геолого-геофизического атласа Индийского океана. Отметим, что в этом

атласе помещена наиболее подробная и достоверная батиметрическая карта Индийского океана в масштабе 1:500 000. При составлении ряда карт атласа были частично использованы первые результаты глубоководного бурения; в нем также приведена картосхема расположения этих скважин.

В 1979 г. была опубликована монография В. Ф. Канаева «Рельеф дна Индийского океана». В. Ф. Канаев и Г. В. Удинцев представляли в Международной Индоокеанской экспедиции советскую геоморфологию и участвовали в составлении атласа. Таким образом, книга В. Ф. Канаева может рассматриваться как расширенный пояснительный текст к соответствующим картам атласа. В ней приводится систематическое и детальное описание морфологии дна Индийского океана с комментариями геолого-генетического характера. Сводка В. Ф. Канаева очень полезна для любых геоморфологических построений, относящихся к бассейну Индийского океана, и широко используется мной в дальнейшем тексте.

Среди главных источников современных знаний о строении дна Индийского океана необходимо выделить те тома известного американского издания «Initial Reports of the deep sea drilling project», в которых сообщаются результаты глубоководного бурения. Таковы тома («лэги») № 22—29 этого издания, посвященные Индийскому океану и содержащие ценные фактические данные.

В 1977 г. Американским Геофизическим союзом был опубликован труд «Indian Ocean, geology and Biostratigraphy», в котором излагаются общие научные результаты работ по программе глубоководного бурения в Индийском океане. Книга состоит из 22 статей, посвященных вопросам батиметрии и палеобатиметрии, осадкообразования (древнего и современного), модели геологической эволюции, сейсмическим, палеомагнитным, палеонтологическим и биостратиграфическим, а также геохимическим вопросам. Наконец, в 1977—1979 гг. были напечатаны обзорные физические карты Индийского океана в масштабе 1 : 20 000 000 и 1 : 15 000 000, обобщившие батиметрические и гипсографические данные.

В 1973 и 1978 гг. были проведены две геолого-геофизические экспедиции в восточной части Индийского океана на советском научно-исследовательском судне «Витязь». Основным объектом исследований был Восточно-Индийский хребет (хребет 90-го градуса), а выполненные работы включали эхолотные промеры, сейсмическое профилирование и зондирование, сбор проб донных осадков и горных пород океанического дна. Позднее в течение нескольких лет проводилась камеральная обработка собранных материалов, а затем был издан коллективный труд «Геология и геофизика дна восточной части Индийского океана» [1981], в котором были всесторонне изложены научные результаты этих экспедиций.

Наконец, в 1980 г. был проведен 25-й рейс научно-исследовательского судна «Дмитрий Менделеев», в первой части которого, как отмечалось выше, я принимал непосредственное участие. Экспедиция имела также геолого-геофизический характер и проходила в восточной части Индийского океана.

Таковы основные картографические и литературные материалы по Индийскому океану, полученные в последние годы. Несмотря на их большое информационное значение, уровень изученности морфологии ложа Индийского океана остается еще недостаточным.

Истоки проблемы Гондваны. Не так легко установить первоначальное происхождение этой проблемы. Во всяком случае, в опубликованном 100 лет назад труде Э. Зюсса [Suess, 1883] по поводу нее уже говорится следующее: «Если попытаться некоторые сравнения (геологического строения, палеогеографических и палеобиологических данных. — И. Г.) приложить к объединенной массе Азии, Африки и Европы, то мы тотчас же обнаружим, что их различные (в настоящее время. — И. Г.) районы должны были образовать друг с другом некогда один большой континент... Первая область его охватывала южную и значительную часть Центральной Африки, затем Мадагаскар и полуостров Индостан... Эту область мы называем Гондваной или Индо-Африкой, если к ней присоединить еще Аравийский полуостров» (с. 767). Далее, исходя из общей теории контракции (сжатия Земли в результате ее охлаждения) и роли огромных провалов, или «обрушений», в образовании морских впадин, Э. Зюсс указывает, что Индийский океан был сформирован на месте «опущенной части Индо-Африки», т. е. Гондваны (с. 772). Как мы видим из этих цитат, Э. Зюсс не включал в состав Гондваны (точнее, сохранившихся «обломков» древнего материка) Австралию как наименее изученный в его времена материк, а тем более Антарктиду.

Однако это сделал основоположник теории дрейфа материков А. Вегенер, в книге которого мы находим следующее утверждение: «Мы должны принять, что Антарктида, Австралия и Индостан до самого начала юрского периода непосредственно прилегали к Южной Африке и составляли с ней, а также с Южной Америкой одну общую материковую область (Гондвану). Эта материковая область, позднее раскололась по трещинам на отдельные глыбы, которые расползлись в разные стороны...» [Вегенер, 1925, с. 3].

Я ограничу экскурс в историю проблемы Гондваны этими цитатами из классических работ выдающихся ученых, сыгравших огромную роль в развитии наук о Земле. Хотя Э. Зюсс и А. Вегенер стояли на совершенно различных теоретических позициях, которые сейчас можно было бы назвать позициями фиксизма и мобилизма, в трудах и того и другого ученого утверждается былое существование на месте современного Индийского океана древнего материка Гондваны.

В задачу настоящей главы не входит систематическое изложение исторических материалов, и поэтому многочисленные более поздние палеогеографические реконструкции этого древнего материка мной не разбираются. Однако проблему Гондваны как самую крупную историко-геологическую проблему, относящуюся к Индийскому океану, все же следует поставить в центр внимания последующего изложения, показать ее современное состояние и те научные основания, благодаря которым она сохраняется до сих пор. При

этом в качестве подобных оснований используются только данные по дну Индийского океана. Это, конечно, ограничивает общие рамки рассмотрения проблемы, хотя и представляет ее «сердцевину».

Морфоструктуры и геотектуры дна Индийского океана. Выше уже говорилось, что на современной географической карте дна Индийского океана можно выделить несколько отличных по своей морфологии частей (рис. 24): 1) Индийский срединно-океанический хребет с его северной и средней частями (Аравийско-Индийским хребтом, или хр. Карлсберга, и Центрально-Индийским хребтом) и «тройственным» соединением этих частей с двумя ветвями — юго-западной (Западно-Индийский хребет) и юго-восточной (Австралио-Антарктический хребет); 2) широкие периконтинентальные бордюры (Африканский, Индостанский и Австралийский); 3) обширные подводные дельты Инда и Ганга, занимающие Бенгальский залив и Аравийское море; 4) все остальные площади дна океана, расположенные в его северо-западной и северо-восточной частях и опоясанные на северо-востоке дугой Зондского желоба.

Рассмотрим подробнее перечисленные морфологические элементы Индоокеанского дна и сравним их друг с другом по морфологическим, геофизическим и геологическим особенностям.

Индийский срединно-океанический хребет с прилегающими морфологическими элементами. Зона этого хребта хорошо выражена в морфологическом отношении. Его осевая часть ясно отмечена сосредоточением здесь эпицентров землетрясений.

В геоморфологическом отношении вся зона Индийского срединно-океанического хребта с его центральной «рифтовой долиной» и прилегающими к ней полосами представляет собой развитие тех форм рельефа, которые характерны для таких элементов океанического дна. Это — подводные рифтовые долины, глыбовые рифтовые горы, впадины и равнины.

Периконтинентальные зоны дробления. Значительную часть этих элементов занимают шельфы и материковые склоны. Однако их границы во многих частях океана все же выходят за пределы этих элементов его дна и распространяются на прилегающие к материковому склону глубоководные котловины, острова и подводные возвышенности. Состав земной коры в них, как правило, мозаичный. Отдельные площади имеют континентальную кору, другие — океаническую или переходную.

Остальная часть индоокеанского дна. После выделения на дне Индийского океана периконтинентальных зон дробления (Приафриканской, Приавстралийской, Прииндостанской и Гриантарктической), а также комплекса образований Индийского срединно-океанического хребта остаются еще значительные площади океанического ложа, требующие геоморфологической интерпретации.

Они охватывают не менее половины всего бассейна и заняты

подводными хребтами, плато, горами (частично надводными вулканами) и глубоководными котловинами.

Что же представляют собой с генетической точки зрения все эти площади? Рассматриваемой части индоокеанского дна свойственны пять крупных морфологических особенностей.

Первая особенность — это ограничение ее на северо-востоке грандиозным по своим размерам Зондским глубоководным желобом. Он имеет дугообразную форму, огромную глубину; в нем со средоточены гипоцентры глубокофокусных землетрясений, и он непосредственно ограничивает с юга островную систему с ярко выраженным активным вулканизмом и впадинами окраинных морей. Все это вместе взятое характеризует описываемый край дна Индийского океана как типичную зону субдукции океанической плиты.

Вторая особенность заключается в пересечении восточной части дна Индийского океана грандиозным меридиональным подводным Восточно-Индийским хребтом (хребтом 90-го градуса). Этот хребет протягивается на 5 тыс. миль в строго меридиональном направлении и образован океанической корой с меловым возрастом базальтов. Он имеет сложный поперечный профиль, на нем расположены отдельные вулканические подводные горы. На севере хребет уходит под мощные осадки Бенгальского залива, и его отношение к материковым структурам остается неясным. С востока хребет окаймляется узкой, но очень длинной желобообразной зоной с весьма сложным строением (она включает внешний вал, ряд впадин и поднятий).

По данным проведенных исследований Восточно-Индийский хребет и прилегающие к нему площади представляют собой систему блоковых тектонических нарушений сравнительно молодого возраста, но возникшую на более древней границе двух литосферных плит. «Нахождение в зонах разломов глубокометаморфизированных пород пикритового состава позволяет предположить, — как пишет Е. В. Милановский и его соавторы [1981], — что они являются наиболее древними магматическими породами восточной части Индийского океана и связаны с начальным этапом раздвижения литосферных плит» (с. 238). Эти исследователи решительно возражают против теории образования Восточно-Индийского хребта за счет «горячей точки», выдвинутой рядом ученых (см. ниже),

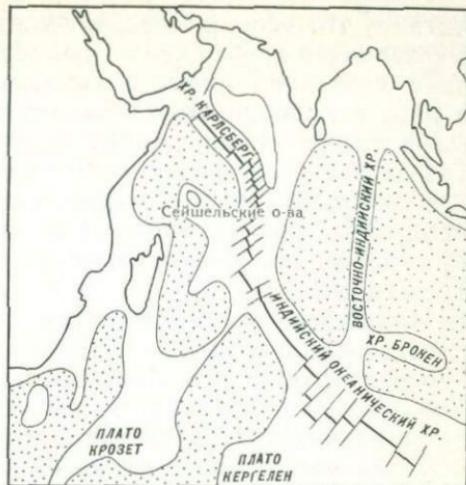


Рис. 24. Морфоструктуры дна Индийского океана

и считают, что «широкое развитие дизъюнктивной тектоники, блоковый характер хребта свидетельствуют об иной природе его образования, связанной скорее с блоковыми движениями на границе двух плит и трещинными излияниями базальтовых лав в области крупных линейных нарушений» (с. 240).

Таким образом, в целом Восточно-Индийский хребет, никак нельзя трактовать ни как срединно-оceanический хребет, ни как трансформный разлом молодого возраста. Скорее всего, это огромный разлом с приподнятой глыбовой морфоструктурой.

Третьей, не менее важной особенностью рассматриваемой части ложа Индийского океана является существование крупного и также строго меридионального разлома Чагос (Чагос-Лаккадивского), протянувшегося от Лаккадивских островов далеко на юг. По линии этого разлома, но в основном несколько западнее, протягивается цепочка Мальдивских островов и островов Чагос, имеющих вулканическое происхождение. Абсолютный возраст эфузивных пород определяется от мела до современности.

Четвертая особенность индоокеанского дна — существование большой дуговой гирлянды также вулканических Маскаренских островов и Маскаренского хребта к западу от северной ветви Индийского срединно-оceanического хребта. Возраст вулканических пород здесь определяется также от мела до современности.

Наконец, пятой важной особенностью дна Индийского океана является описанный выше разлом Оуэн, расположенный в самой северной части срединно-оceanического хребта и пересекающий его под прямым углом. Этот разлом никак нельзя считать древним трансформным, так как он пересекает все магнитные аномалии неогенового и палеогенового возраста, что дает основание считать разлом значительно более молодым.

Все сказанное выше говорит о том, что основные геологические события, оставившие след в современной геоморфологии рассматриваемой части ложа Индийского океана, в частности крупные дизъюнкции и эruptionи, происходили в новейшее, во всяком случае послемеловое, время. Однако наряду с этими молодыми образованиями в строении ложа океана принимают участие и более древние.

Таким образом, создается впечатление о двух главных этапах геологической истории Индийского океана: более древнем и более новом (до- и послемеловом). При этом такое геохронологическое разделение как бы реализуется и в географическом плане. Более молодой (неоген-четвертичный) возраст, оказывается, свойствен срединно-оceanическому хребту и прилегающим к нему площадям, а более древний — почти всей остальной части дна Индийского океана. Поэтому весьма вероятно, что как раз те части его современного ложа, которые имеют более древний геологический возраст, в позднемеловое время представляли собой относительно консолидированную океаническую плиту, подвергнувшуюся в более позднее время значительным деформациям (главным образом расколам, глыбовым движениям) и вулканическим эruptionям.

Правда, новейшие исследователи дна Индийского океана, обрабатывающие данные глубоководного бурения и другие материалы [Indian Ocean geology and Biostratigraphy, 1977], стремятся разгадать ход и более древней эволюции в этой части его дна. К востоку и западу от Восточно-Индийского хребта (хребта 90-го градуса), а также к востоку от Мадагаскара они находят следы относительно древних полосовых палеомагнитных аномалий. Однако этот реликтовый палеомагнетизм выражен здесь довольно слабо и запутанно, только в виде отдельных «пачек» полос. Поэтому интерпретировать последние следует, очевидно, иначе, чем более молодой.

Океанические и континентальные рифты. Широко распространено мнение о тесной географической связи и геологическом тождестве (во всяком случае, общности) рифтов Индийского срединно-океанического хребта и рифтовой зоны Восточной Африки. Фактом является то, что простижение северной ветви срединно-океанического хребта на крайнем северо-западе океана изменяется с меридионального на северо-западное и он как бы продолжается в виде рифтовых долин в Красном море (и Аденском заливе), где непосредственно соединяется с северными разветвлениями рифтов Восточной Африки.

Констатируются значительное морфологическое сходство этих образований (рифтовых долин) и большое геологическое сходство, выраженное, в частности, в широком развитии эфузивных (вулканических) покровов и некоторых общих свойствах глубинной структуры. В океанических рифтах к поверхности океанического дна подходит, по-видимому, верхнее мантийное вещество; в континентальных рифтах Восточной Африки развита земная кора промежуточного состава. В океанических рифтах очень высок тепловой поток, вплоть до выходов гидротерм (Красное море); в континентальных рифтах показатели теплового потока также обычно повышены [Восточно-Африканская рифтовая система, 1974].

На этом, однако, сходство кончается. Как уже отмечалось выше, северная ветвь Индийского срединно-океанического хребта, почти перед входом в Аденский залив, резко пересекается огромным поперечным разломом Оуэна со смещением участков хребта на 170 миль. После этого разлома морфология рифтовой зоны сильно изменяется. Она приобретает в Красном море характер узкой (100—200 миль) и глубокой (около 2 миль) депрессии со ступенчатым дном и отвесными склонами. В геологическом отношении Красноморский рифт также своеобразен: магматические породы слагают здесь лишь осевую часть, а краевые части морской впадины сложены древними кристаллическими породами, прикрытые мезо-кайнозойскими осадочными отложениями. Кроме того, очень важной особенностью Красноморского рифта является, как показало глубоководное бурение, то, что на глубине 500 м здесь была вскрыта кровля миоценовых эвапоритов, отсутствующая в Аденском заливе. Это указывает на сравнительно недавнюю изоляцию бассейна Красного моря от океана (Аденского залива) и

его «раскрытие» только в среднем миоцене [Slater, Heitzler, 1977].

Ничего подобного, конечно, нет в Индийском срединно-океаническом хребте. Указанная особенность геологического строения Красноморского рифта обычно трактуется как признак очень молодого возраста и активного развития.

Однако рифтовая система Восточной Африки, с которой Красноморский рифт связан еще более тесно, совсем не молода. Геологические и геоморфологические данные говорят о том, что эта сложная система начала развиваться по современному плану еще в мио-плиоцене, а в общей форме — с юры и мела. Геотектонически она представляет собой обширное сводовое поднятие древнего кристаллического массива (Аравийско-Эфиопский свод), которое в своей осевой части в условиях общего растяжения подверглось многократному раскалыванию и разрывам, отмеченным целым рядом фаз мезо-кайнозойского вулканизма [Тектоника Африки, 1973].

Сжатая геоморфологическая и геологическая характеристика рифтов Восточной Африки приведена мной с целью не столько показать сходство этих континентальных образований с океаническими, сколько для того, чтобы подчеркнуть их различие. Сходство их по существу ограничивается морфологией и до некоторой степени геодинамическими характеристиками (вулканизмом, повышенным тепловым потоком, состоянием коры). Главным же и очень важным различием оказывается почти полное отсутствие в континентальных рифтах признаков процесса спрединга и связанного с ним новообразования земной коры. Это дает основание предполагать, что в формировании указанных двух типов рифтов играли роль совершенно различные факторы. Если применительно к океаническим рифтам более всего говорится о конвективных течениях в астеносфере, то под континентальными рифтами предполагается наличие лишь очагов разогретого мантийного вещества.

Палеогеография Индийского океана в кайнозое (закономерности и гипотезы). Главной палеогеографической проблемой Индийского океана, несомненно, является проблема Гондваны — время существования этого единого древнего материка и история его раскола на современные континенты, разошедшиеся в свое время в разные стороны. Эта проблема, как мы уже говорили, продолжает оставаться нерешенной. Причиной являются ее сложность и все еще недостаточная изученность бассейна Индийского океана.

По моему мнению, современный уровень изученности бассейна Индийского океана дает возможность проводить по проблеме Гондваны научные разработки трех типов: выявление общих закономерностей, разработку гипотез и выдвижение современных концепций. Конечно, такое разделение научных исследований имеет условный характер, но оно все же может базироваться на определенных критериях. Так, важные палеогеографические закономерности могут быть выявлены только путем однозначной интерпретации фактических данных. Для построения гипотез можно предусматривать

альтернативные решения. Концепции же, опираясь на некоторые исходные данные, в остальном базируются лишь на общей научной теории.

Приложим это разделение к проблеме Гондваны. В ней в настоящее время можно различать все указанные выше типы разработки.

Так, единственной закономерностью, подтверждаемой различными данными (морфологическими, геологическими, сейсмическими, палеомагнитными и др.), является существование Индийского срединно-океанического хребта как центральной оси новейшего спрединга в его бассейне. Более того, уже существуют несколько обзорных схем расположения полосовых палеомагнитных аномалий (а также географического распределения эпицентров землетрясений), которые представляют очень важный материал для палеогеографической интерпретации. Одна такая схема приводится на рис. 25.

На основании этих данных можно установить две существенные палеогеографические закономерности — скорости спрединга в разных частях Индийского срединно-океанического хребта и его масштабы, а основываясь на них, схематично реконструировать расположение материка Африки, субматерики Индии и материков Австралии и Антарктиды как фрагментов бывшей Гондваны.

Таким образом, анализ линейных палеомагнитных аномалий, а также данные глубоководного бурения дают основание для выдвижения некоторых палеогеографических гипотез, имеющих прямое отношение к проблеме Гондваны. Речь идет о тех «пучках» относительно древних аномалий (от № 20 до № 34—44, т. е. от эоцена до мела), которые были к настоящему времени идентифицированы и нанесены на карту. В тех гипотетических реконструкциях процессов древнего спрединга, которые опираются на эти данные, существенную роль играют огромные меридиональные хребты-расколы (Восточно-Индийский хребет, желоб Чагос с его островным сопровождением, включающим архипелаг Чагос, Мальдивские и Лаккадивские острова, разлом Оуэна). Большинством американских исследователей они трактуются или как центры древнего, дотретичного спрединга, или как крупные трансформные разломы, по которым происходило смещение материков. Однако могут быть выдвинуты и другие гипотезы.

Тем не менее все же можно констатировать, что в большую часть подобных гипотез о происхождении впадины Индийского океана заложена общая идея о процессах мезозойского и кайнозойского спрединга, которые рассматриваются как совершенно тождественные. Насколько правильна эта идея, сказать трудно, так как в полном подобии процессов такого рода, развивавшихся в разное время, можно сомневаться, тем более что если кайнозойский спрединг в Индийском океане доказывается различными методами — геофизическими, геологическими и геоморфологическими, которые дают совпадающие результаты, то для доказательства мезозойских процессов мы располагаем значительно более узкой

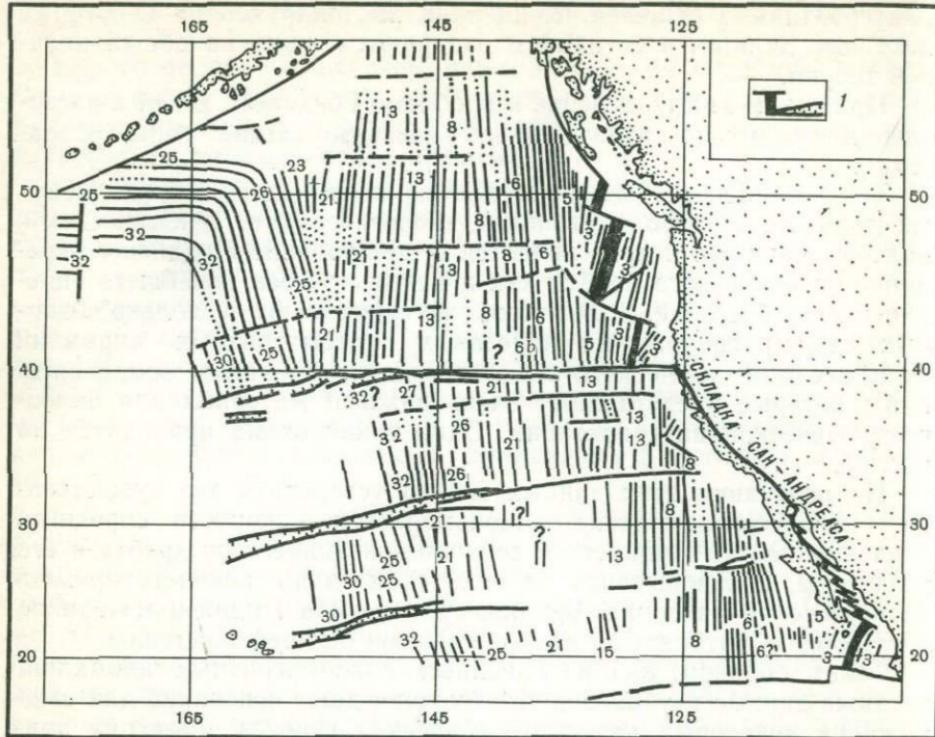


Рис. 25. Карта магнитных аномалий на примере северо-восточной части бассейна Тихого океана [Menard, 1969]

Цифры — геологический возраст, млн. лет. I — магнитные аномалии и разломы разного типа

фактической базой и данными. Однако и в этом случае все-таки еще возможна разработка гипотез, в частности реконструирующих относительное перемещение современных материков — обломков Гондваны. Как было видно из приведенных схем, такие перемещения были относительно небольшими. Это значит, что как сам распад Гондваны, так и первоначальные этапы расплаззания материков выходят за пределы мезозоя. Но здесь мы вступаем в область современных концепций по проблеме Гондваны.

Современное состояние проблемы Гондваны (гипотезы и концепции). Одной из наиболее разработанных современных палеогеографических концепций, относящихся к проблеме Гондваны, являются, по моему мнению, реконструкции, выдвинутые еще в 1972 г. Р. Дицем и Дж. Холденом в статье, озаглавленной «Распад Пангеи» (в русском переводе она была опубликована в 1974 г.). Они интересны не только тем, что базируются на основных положениях теории литосферных плит, но и тем, что непосредственно связывают современные представления со взглядами, выдвинутыми А. Вегенером [1925]. На рис. 2, 8 и 9 воспроизведены реконструкции, приведенные в их работе. Они настолько ясны, что нуждают-

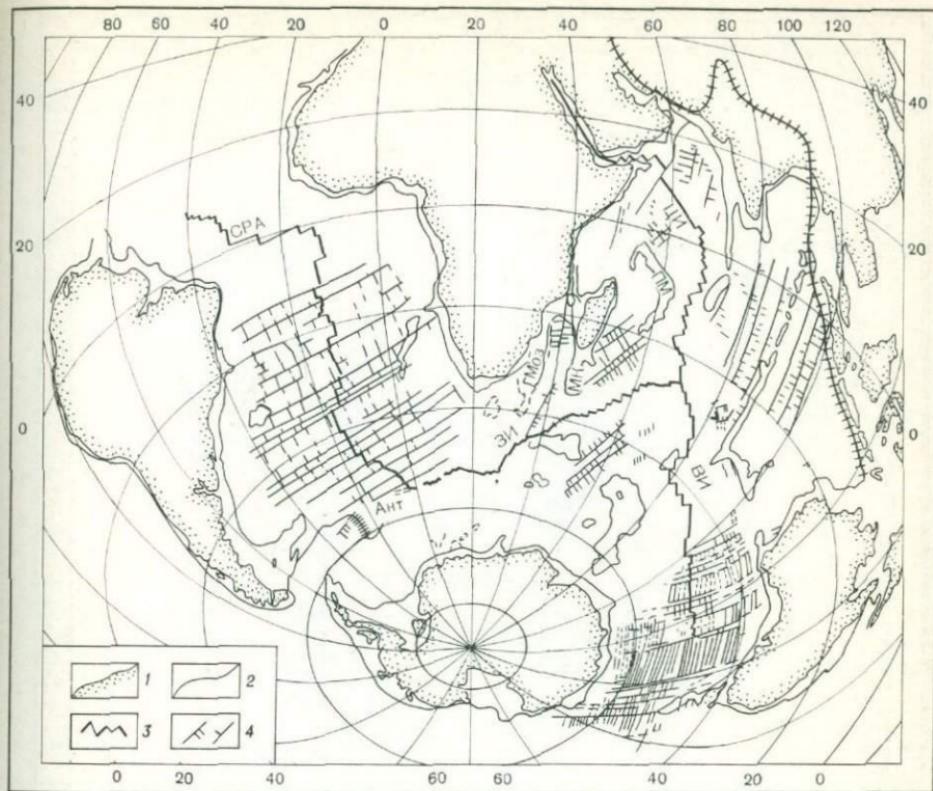


Рис. 26. Современная конфигурация Гондваны [McKenzie, Sclater, 1971; Weissel, Hayes, 1972; Simpson et al., 1973; Marcl, 1974; Sclater, Fischer, 1974; Bergh, Nor-ton, 1976; Ladd, 1976; Bergh, 1977]

1 — границы материков; 2 — границы шельфа; 3 — подводные хребты и разломы; 4 — магнитные ленты и зоны размыва. Обозначения хребтов (общие для рис. 26—30): СРА — Срединно-Атлантический, ЦИ — Центрально-Индийский, ВИ — Восточно-Индийский, ЗИ — Западно-Индийский, МК — Мадагаскарский, Моз — Мозамбикский, Ант — Антарктический, ПМ — плато Маскарен

ся лишь в очень кратких комментариях. На первой схеме, показывающей единую сушу — Пангею — 200 млн. лет назад, отдельного материка Гондваны еще нет. Однако к концу триасового периода (180 млн. лет назад) Пангея была, по представлению этих исследователей, расколота обширным широтным рифтом (пра-Тетисом) на два первичных материка — Лавразию и Гондвану. Последняя вскоре была разделена южным рифтом на Афро-Южно-Американский и Индо-Австрало-Антарктический праматерики (собственно Гондвану). В конце юрского периода (135 млн. лет назад) восточная ветвь южного рифта проявила особенно большую активность и благодаря движению индийской части Гондваны на север праматерик оказался разделенным уже на три части. Наконец, в конце мелового периода (65 млн. лет назад) наметилось

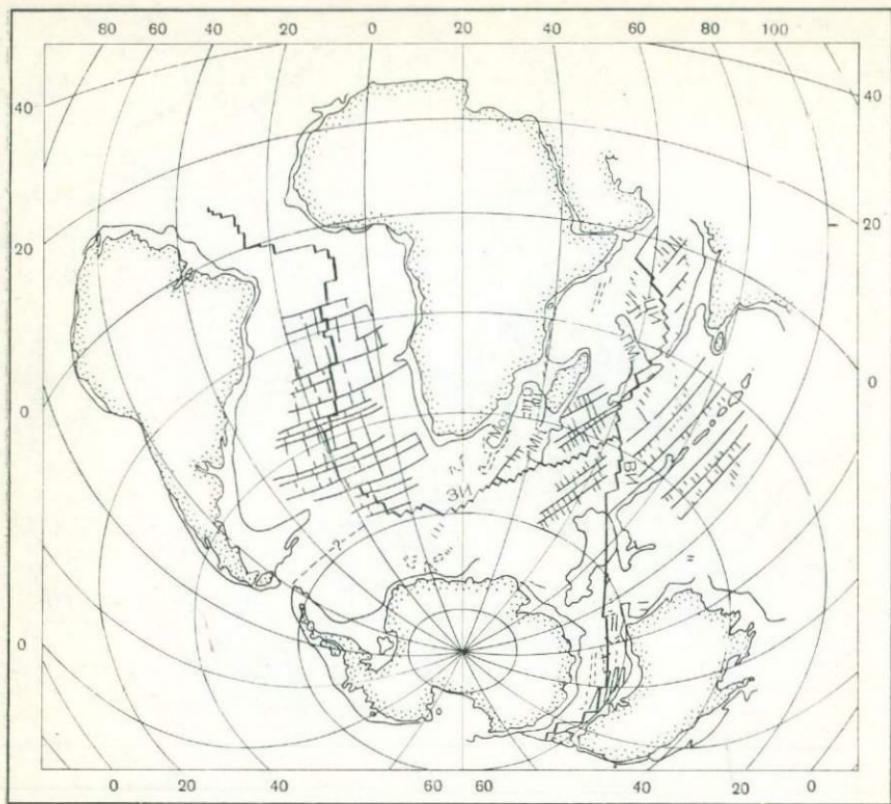


Рис. 27. Раннеолигоценовая реконструкция южных континентов (аномалия 16—39 млн. лет)

Условные обозначения см. на рис. 26

отделение Австралии от Антарктиды и распад Гондваны на современные материки был завершен.

Изложенная версия палеогеографической концепции была разработана Р. Дицем и Дж. Холденом без учета новейших материалов по истории бассейна Индийского океана. Однако она близко подвела нас к очень важному для этого бассейна рубежу — концу мелового периода. Ведь та система закономерностей и гипотез, о которой говорилось в предыдущем разделе, как раз охватывает историю бассейна Индийского океана в послемеловое время. Вносят ли что-либо новое в изложенную выше общую схему эти более частные построения?

Ответ на этот вопрос дают некоторые статьи американских ученых, которые занимались обобщением новых данных. Среди таких работ особенно выделяется статья Дж. Виверса «Модель эволюции восточного Индийского океана» [Vevers, 1977]. В ней приводится анализ различных вариантов современных мифов по проблеме Гондваны, рассматриваемых на основе гипотез об

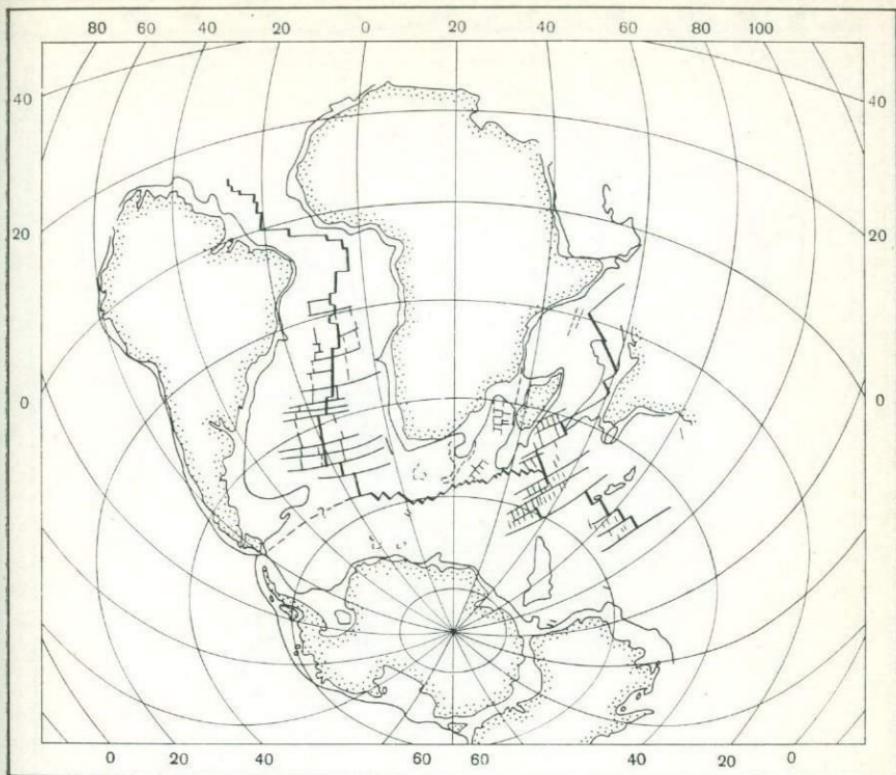


Рис. 28. Реконструкция меловой — третичной границы между южными континентами (аномалия 28—65 млн. лет)

Условные обозначения см. на рис. 26

образовании Индийского океана (главным образом его восточной части). Анализ начинается с изложенной выше схемы Р. Дица и Дж. Холдена [1974], далее обсуждаются другие построения — Дж. Слайтера и Р. Фишера [Slater, Fisher, 1974], Б. Луиндика [Luyendyk, 1974], Д. Кэррела и Д. Мура [Curray, Moore, 1974], Д. Виверса и Д. Хейтцлера [Veevers, Heitzler, 1974]. Приводятся также вариант, разработанный Джонсоном, Поуэллем и Виверсом [Johnson et al., 1976], и вариант по данным разных авторов, представленный на рис. 26—30. Эти реконструкции охватывают период от 130 до 32 млн. лет назад (от раннего мела до олигоцена), и основное внимание в них обращено на восточную часть Индийского океана. Как видим, только для периода от 32 млн. лет назад до современности (олигоцен — плейстоцен) они используют указанную выше закономерность отделения Австралии от Антарктиды (спрединг по юго-восточной ветви Индийского срединно-океанического хребта); для периода 80—32 млн. лет назад (поздний мел — олигоцен) они опираются на гипотезы спрединга Индийского мелового талассоторпа, охарактеризованные выше, и лишь для периода 130—100 млн. лет назад (ранний мел) приводят что-то новое.

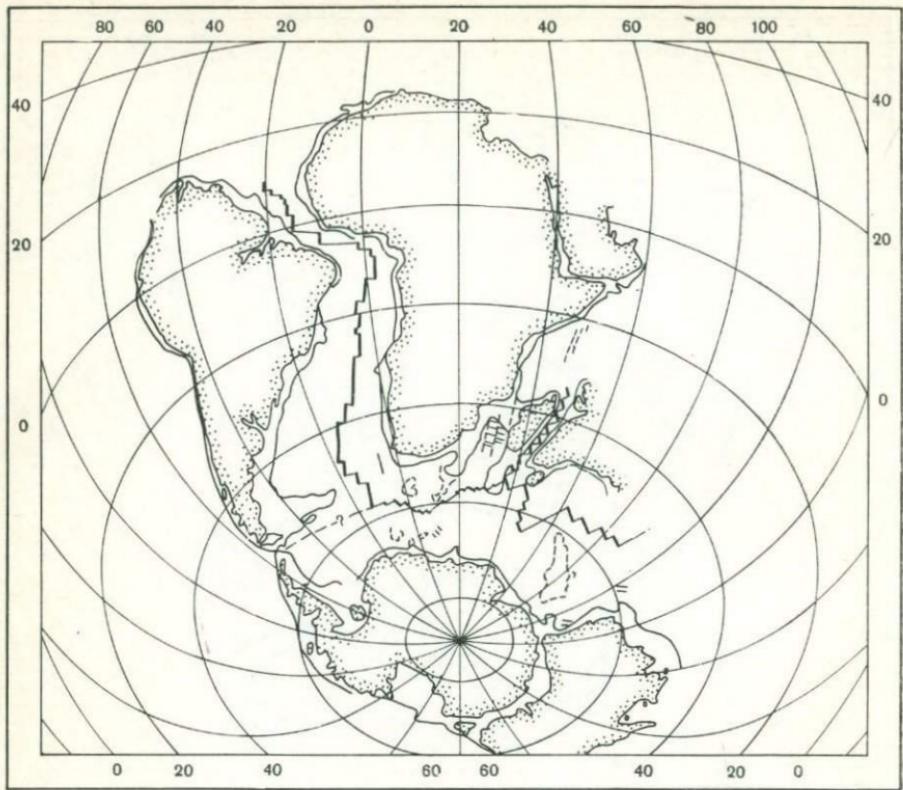


Рис. 29. Позднемеловая реконструкция южных континентов (аномалия 34—80 млн. лет)

Условные обозначения см. на рис. 26

В целом же эти реконструкции уточняют лишь применительно к последнему этапу распада Гондваны схему, предложенную Р. Дицем и Дж. Холденом [1974]. Таким образом, можно считать, что именно эти реконструкции пока являются наиболее современной палеогеографической концепцией по проблеме Гондваны.

Все изложенное выше подтверждает мое положение о том, что бассейн Индийского океана представляет собой сложную модель. В настоящее время мы, очевидно, еще не можем построить ее в полном объеме. При ее построении следует соблюсти определенную последовательность, различая модель строения бассейна, модель его развития и модель его эволюции.

Материал, включенный в содержание рис. 23, вероятно, достаточен для построения первой модели (строительства бассейна). Напомним, что ее главными элементами в бассейне Индийского океана будут периконтинентальные бордюры дробления, Зондская зона субдукции, срединно-океанические хребты с центром спрединга в виде океанического рифта и остальная часть индоокеанского дна

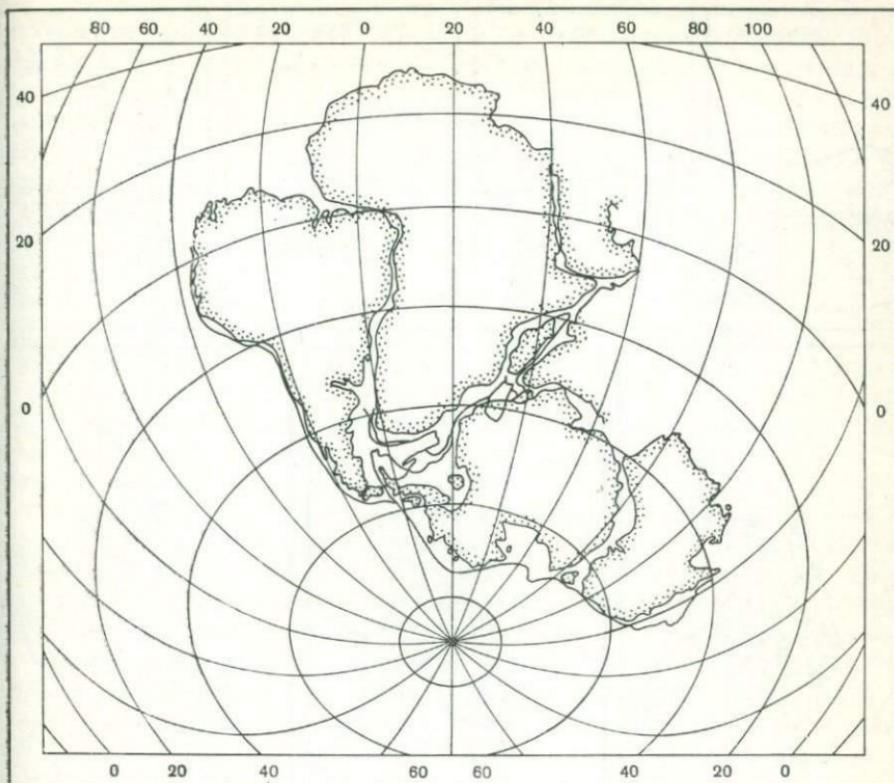


Рис. 30. Реконструкция первоначального положения южных континентов до разрыва (юрский период)

Условные обозначения см. на рис. 26

с ее меридиональными и широтными подводными хребтами и глубоководными желобами. Конечно, остается неясным (с геодинамической точки зрения) происхождение как раз этой части океанического дна, хотя все-таки имеющиеся данные указывают на ее океаническую плитовую природу и относительную стабильность в кайнозое, по крайней мере с эоценом или позднего мела.

Данные, приведенные на рис. 25 (линейные магнитные аномалии), дают основание для выявления некоторых закономерностей и являются основой для построения второй модели развития бассейна. Наиболее обоснованным в ней элементом будет, очевидно, зона новейшего (послеэоценового) спрединга. В довольно большом масштабе этот процесс развивался в той части океана, в которой путем спрединга «нарашивались» вдоль срединно-океанического хребта новые массивы (полосы) донных морфоструктур. Такой процесс был, конечно, тесно связан (стимулирован) с отходом (дрейфом) Австралийского материка от Антарктиды. Весьма вероятно (в порядке гипотезы) это может быть введено в модель),

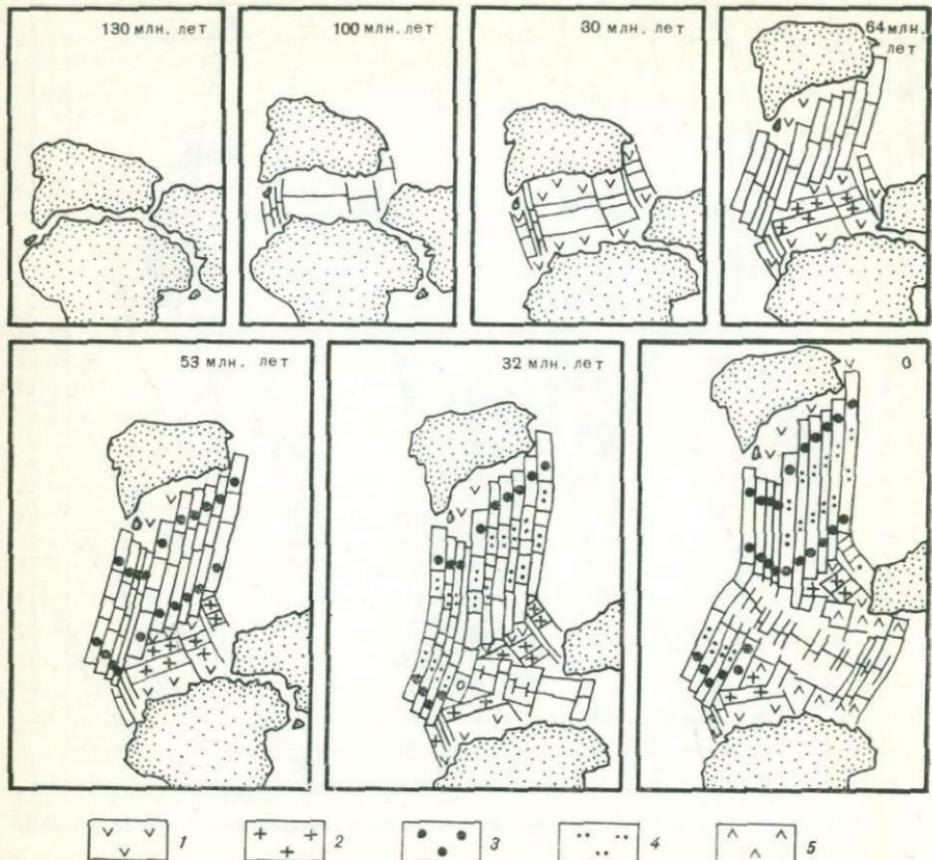


Рис. 31. История формирования дна восточной части Индийского океана с позиций тектоники литосферных плит

1 — кора с возрастом 130—100 млн. лет; 2 — то же, 100—800 млн. лет; 3 — то же, 80—64 млн. лет; 4 — то же, 64—53 млн. лет; 5 — то же, 53—32 млн. лет

что такой новейший раздвиг океанического дна на юго-востоке Индийского океана компенсировался соответствующим поддвигом северо-западной части дна в Зондской зоне субдукции. Однако эта гипотеза вряд ли сейчас доказуема.

Процесс спрединга и наращивания новой океанической коры имел место в кайнозое и в западной части бассейна Индийского океана, а также вдоль срединно-оceanического хребта. Однако, судя по данным рис. 31, он развивался здесь позднее (в миоцене — плейстоцене) и в значительно меньшем масштабе. Почему именно так сложилась здесь ситуация, не ясно. Во всяком случае, спрединг в этой части бассейна смог весьма мало изменить взаимное расположение современных материков — Африки, Антарктиды — и субматериика — Индии, а быть может, именно вследствие такой относительной стабильности последних и проявился столь ограниченно.

Эта модель (развития бассейна) оставляет нерешенным целый ряд палеогеографических вопросов в отношении площадей более древней части дна Индийского океана, которая формировалась, как уже отмечалось, в процессе более древнего (доэоценового в основном, возможно, мелового) спрединга. Его остаточными показателями являются «пучки» линейных магнитных аномалий 20-х номеров. По этим пучкам можно рисовать различные географические схемы древнего спрединга в порядке гипотез, требующих проверки. Однако удивительная морфологическая особенность восточной части Индийского океана — существование здесь грандиозных меридиональных подводных хребтов и желобов — дает некоторое закономерное основание для гипотетических реконструкций. Хотя несомненно, что эти хребты и желоба (Оуэн, Чагос, 90-го градуса) и не представляли в новейшее время центров спрединга, но, может быть, их можно считать старыми рубцами в океанической коре дна океана, которые были тектонически подновлены разломами в новейшую кайнозойскую фазу спрединга.

Конечно, самой сложной задачей является построение модели эволюции бассейна Индийского океана. Ясно, что такая модель должна выйти за пределы кайнозоя и быть частью более широкой модели распада древнего материка Гондваны. Однако по поводу нее, вероятно, сейчас нельзя сказать более того, что было сказано в предыдущем разделе. Эта модель может разрабатываться на основе более широких палеогеографических концепций, охватывающих, во-первых, не только кайнозой, но и мезозой и, во-вторых, не только впадину Индийского океана, но и значительную часть Южной Азии.

III. ГЛОБАЛЬНЫЕ ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ РАЗРАБОТКИ

Проблемы глобальной геоморфологии, т. е. общие закономерности в строении современного рельефа земной поверхности, конечно, привлекали внимание ученых с очень давних пор. Можно отчетливо выделить два главных пути соответствующих научных разработок, по которым длительное время развивалась научная мысль.

Первым из них был путь всестороннего анализа с применением все более точных количественных методов, использованием внешних **морфологических** (орографических, гипсометрических и др.) особенностей земной поверхности и выявлением глобальных (общеземных) закономерностей последних. Известно, какие важные результаты были получены на этом пути. Достаточно вспомнить знаменитую мировую гипсометрическую кривую, демонстрирующую главную закономерность в соотношении площадей различных высотных уровней земной суши и глубин дна Мирового океана. Можно привести и многие другие примеры подобного рода, вплоть до самых новейших, полученных на основе использования космических методов исследования. Однако при всей необходимости всесторонней морфологической информации о строении земной поверхности одна такая информация не может рассматриваться как подлинно геоморфологическая, поскольку, ограничиваясь характеристикой только внешних особенностей рельефа, она не объясняет его происхождения.

Вторым генеральным путем глобальных геоморфологических разработок было разностороннее **сопоставление различных морфологических особенностей** земной поверхности (ее орографии, гипсометрии, расчленения и др.) с **геологическим строением**. Классическим примером такой разработки является труд Э. Зюсса [Suess, 1883, 1888, 1901—1909], оказавший огромное влияние на последующие научные разработки подобного рода, особенно крупнорегиональные (для Европы, Азии, Северной и Южной Америки и др.), выполненные многими выдающимися учеными с мировыми именами — геологами и географами. Назовем в их ряду А. Гумбольдта, Ф. Рихтгофена, П. П. Семенова-Тян-Шанского, В. А. Обручева, Э. Мартонна, А. Пенка, В. Дэвиса, сыгравших большую роль в развитии и становлении многих современных знаний в науках о Земле.

Более того, именно в общих рамках этого научного пути в геоморфологии уже в наше время сформировалось и успешно развивается особое научное направление — так называемый морфоструктурный анализ рельефа. Он широко используется в ходе региональных геологических и географических исследований, а так-

же был положен в основу ряда фундаментальных глобальных геоморфологических разработок (например, Физико-географический атлас мира [1964], Рельеф Земли [1967]).

Такие разработки, включавшие, как правило, и основные морфологические характеристики, содержали прямые, а чаще всего косвенные указания на генезис рельефа. Но они не дают и не могут дать полного геоморфологического научного объяснения его образования, поскольку лишь констатируют связь рельефа Земли с ее геологическим строением, а не исходят из анализа такой взаимосвязи и выявления ее роли в образовании крупных элементов устройства земной поверхности. По существу подобные разработки представляют в лучшем случае попытку геоморфологической интерпретации геологических материалов.

Однако в настоящее время общая ситуация для разработки глобальных геоморфологических построений радикально изменяется. Читателю, конечно, легко догадаться, что речь идет о возможности, а точнее, о необходимости положить в основу современных теоретических разработок **концепцию глобальной тектоники плит**. Эта теория, как видно из предыдущих разделов книги, дает общую картину геологического развития Земли (по крайней мере в позднее геологическое время — мезо-кайнозой), обусловленного расколом некогда единой земной суши, горизонтальным расхождением ее отдельных литосферных блоков и образованием отдельных океанических бассейнов. Но изложенная сущность новой концепции является в общих чертах приложением теории литосферных плит к образованию глубоководных океанических бассейнов и их окраин. Хотя они и составляют две трети поверхности Земли, за их пределами находится вся остальная важнейшая часть нашей планеты — ее земная суши (оийкумена человека). Несмотря на несравненно более высокий уровень геоморфологической, геологической и геофизической изученности, именно эта часть Земли не только еще не имеет своего «континентального» варианта теории литосферных плит, но до недавнего времени использовалась как база для критики этой теории вообще.

Причины этого понять нетрудно. Несомненно, что геологическая история земной суши значительно древнее, чем история современных океанических бассейнов, ограниченная только мезозоем и кайнозоем. Теория же современной геоморфологии, геологии и геофизики суши гораздо сильнее осложнена следами значительно более древних событий, имевших, возможно, качественно иной характер, чем позднейшие.

Простое, механическое перенесение теории литосферных плит в ее «океанологической» интерпретации на земную суши явно «не работает» в рамках глобальных геоморфологических разработок. Попытки такого рода, известные из литературы, имеют в основном лишь поисковый и умозрительный характер. В методологическом отношении это ставит в различное положение геологов и геоморфологов, занимающихся историей развития древней суши и относительно более молодых океанических бассейнов.

Однако это совсем не дает основания сомневаться в огромном общетеоретическом значении теории литосферных плит или для вывода о ее принципиальной неприменимости к земной сущности. Не может быть сомнения в том, что объясняемые этой теорией грандиозные палеогеографические события в мезозойско-кайнозойской истории океанических бассейнов не могли не иметь адекватных по своим масштабам проявлений на материковых массивах. Уже только поэтому важнейшей основой для современного этапа глобальных геоморфологических разработок я и считаю настойчивый поиск такой общетеоретической концепции, в которой существующий мезозойско-кайнозойский океанологический вариант теории литосферных плит нашел бы свое дальнейшее развитие и дополнение в континентальном варианте этой теории.

Для того чтобы более конкретно показать, какие широкие возможности для глобальных геоморфологических разработок представляет этот третий путь, я напомню, что еще в 1974 г. мной совместно с А. В. Живаго и С. С. Коржуевым были выдвинуты некоторые теоретические представления такого рода, которые в дальнейшем были развиты далее [Герасимов, 1976]. Они заключаются в следующем.

1. Попытки геоморфологов подойти к решению таких общих вопросов своей науки, как глобальные разработки, с позиций теории тектоники литосферных плит еще не имеют организованного характера и уступают в этом отношении более интенсивным поискам геофизиков и геологов. Поиски эти свидетельствуют о больших возможностях плитотектоники в познании геологической истории Земли и, как мне представляется, в изучении образования геотектур и морфоструктур вообще, и в первую очередь в разработке общих глобальных геоморфологических построений.

2. Для геоморфологии исходными представлениями теории литосферных плит должны являться представления о процессах спрединга и субдукции, т. е. о существовании перемещающихся во времени и пространстве литосферных плит и очагов раскрытия (раздвига) литосферы, в которых образуется новая океаническая кора, формируются срединно-оceanические хребты и молодые площади океанического дна, а также процессы обдукции (надвигания континентальной плиты на океаническую), коллизии (столкновения континентальных плит) и аккреции (смятия покрова осадочных пород в ходе обдукции). Затем очень важно, что, согласно теории тектоники плит, растяжение литосферы в рифтах океанических хребтов в той или иной мере компенсируется ее сжатием на их периферии. Здесь океаническая кора опускается (засасывается) по плоскостям наклонных разломов вплоть до мантии и в процессе глубинного метаморфизма преобразуется.

3. Процессы нового (молодого) горообразования в океанических бассейнах и на их окраинах имеют место в зонах как спрединга, так и субдукции (обдукции). В зонах спрединга из них формируются прежде всего срединно-оceanические хребты, обычно окаймляющие рифтовые «долины», а также глыбовые подводные горы,

расположенные по линиям трансформных разломов и сложенные эффиузивными породами (базальтами). Кроме того, здесь образуются и самостоятельные (изолированные) надводные и подводные вулканические горы, связанные также с разломами океанического ложа. В зонах субдукции и обдукии, т. е. в шовных зонах контактных плит, происходит образование мозаичных горно-впадинных морфоструктур, главными из которых являются остаточные морфоструктуры континентов, новообразованные островные дуги из вулканических гор, глубоководные океанические желоба, обычно сопровождаемые валообразными поднятиями океанического дна, а также котловины окраинных морей. Здесь же происходили процессы срыва осадочного покрова с базальтового ложа, его смятие, а также горообразование.

4. В целом с точки зрения процессов континентального горообразования особый интерес в свете теории литосферных плит представляют краевые зоны плит и особенно зоны контактов океанических плит с континентальными. Они были названы шовными зонами. Опираясь на толкование таких зон как современных областей горообразования, я счел возможным применить представление о крупных геотектурных шовных зонах и к другим (но более сложным и древним) орогенным образованиям.

Таким образом, кроме процессов горообразования в пределах континентальных массивов в мезо-кайнозое (и ранее), конечно, развивались и другие крупные геоморфологические процессы, имевшие глобальный масштаб. Об этих процессах накоплены обширные и разносторонние знания и выдвинуты разнообразные теоретические представления и гипотезы. Однако для глобальных разработок многие из таких представлений теперь нуждаются в пересмотре, уточнении и дополнении в свете теории тектонических литосферных плит.

В настоящей части книги излагаются главные результаты работ, осуществленных мной за последние годы в этом направлении. Я оцениваю их только как самые первые шаги. Но важно ведь начать, привлечь внимание и призвать своих коллег к проведению научных исследований в этой области.

ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ И ПАЛЕОГЕОГРАФИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕКТОНИКИ ПЛИТ¹³

Можно считать общепризнанным мнение о том, что геоморфология представляет собой самостоятельную научную дисциплину, возникшую и развивающуюся на стыке физической географии и геологии. Отсюда следует, что появление в сфере геологических наук совершенно новых теоретических представлений крупного масштаба непосредственно затрагивает интересы геоморфологии и ставит перед ней новые вопросы, заставляет пересматривать сложившиеся ранее взгляды, намечает новые пути научного поиска.

В настоящее время такой новой теоретической концепцией в геологии является именно глобальная тектоника плит. Среди зарубежных геологов и геофизиков она получила широкое признание. С ней, как считают создатели этой теории (Менард, Хесс, Дитц, Вильсон, Айзекс, Оливер, Сайкс, Морган, Ле Пишон, Метьюз, Вайн и др.), связана современная революция в геологии. Вокруг нее ведется оживленная полемика и происходят острые дискуссии. Весьма ярко проявились они, в частности, на сессии XXIV Международного геологического конгресса в Монреале (1972 г.), где ее обсуждение заняло центральное место [Белоусов и др., 1973]. Как отмечает участник этой сессии Б. П. Бархатов [1973], сделанные на сессии доклады показали, что большинство зарубежных геологов быстро переходят на позиции теории литосферных плит. Та же ситуация была характерна для XXV и XXVI Международных геологических конгрессов (состоявшихся соответственно в Сиднее в 1976 г. и в Париже в 1980 г.), а XXVII Международный геологический конгресс (Москва, 1984 г.) вообще проходил под общим девизом этой научной концепции.

Известно, что многие советские геологи и геофизики активно поддерживают новую теорию (А. В. Пейве, А. Л. Яншин, В. Е. Хайн, П. Н. Кропоткин, О. Г. Сорохтин, А. М. Карасик, С. А. Ушаков и др.), хотя есть и такие, которые ее не принимают совсем (В. В. Белоусов, Ю. М. Шейнман, Б. А. Петрушевский, Г. Д. Ажгирей и др.) или принимают одни ее положения и отвергают другие. Все это говорит о том, сколь большое значение придается новой концепции. В чем же суть и каковы главные ее положения?

Напомним основные предпосылки, положенные в ее основу [Хайн, 1970, 1972а, б; Кулон, 1973; Heirtzler et al., 1968; Isaks et al., 1968; Le Pichon, 1968; Morgan, 1968; Bowen, 1971; Herron, 1972]¹⁴.

¹³ В основу данной главы положена статья, написанная мной при участии А. В. Живаго и С. С. Коржуева [Герасимов и др., 1974]. В настоящем изложении ее текст значительно модернизирован.

¹⁴ Очень интересную статью о том, как рождалась эта концепция в трех научных центрах (Ламонте и Принстоне в США и Кембридже в Англии), недавно опубликовал К. Ле Пишон [Le Pichon, 1984].

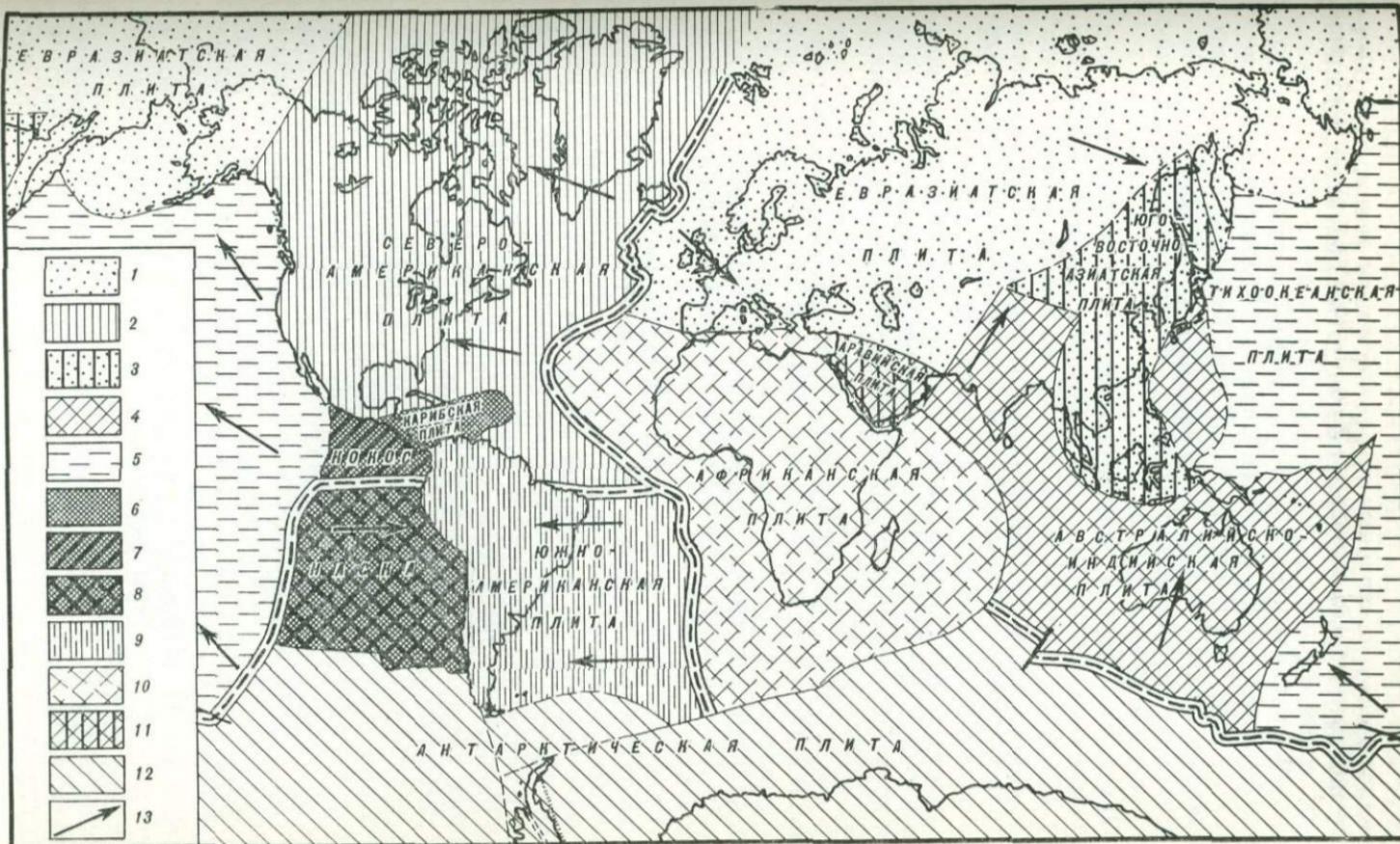


Рис. 32. Главные плиты литосферы [Morgan, 1968]

1 — Евразиатская; 2 — Северо-Американская; 3 — Юго-Восточно-Азиатская; 4 — Австралийско-Индийская; 5 — Тихоокеанская; 6 — Карабинская;

7 — Кокос; 8 — Наска; 9 — Южно-Американская; 10 — Африканская; 11 — Аравийская; 12 — Антарктическая; 13 — направление движения плит

1. Жесткая литосфера, подстилаемая пластической астеносферой, подразделена на крупные и мелкие плиты мощностью 60—100 км, между которыми располагаются узкие линейные подвижные зоны, совпадающие с осевыми рифтами срединно-океанических хребтов или с поперечными к ним трансформными разломами. Выделяется 12 таких плит: Северо-Американско-Атлантическая, Северо-Евразиатская, Юго-Восточно-Азиатская, Тихоокеанская, Южно-Американско-Атлантическая, Африканская, Индийско-Австралийская, Восточно-Тихоокеанская (Наска), Антарктическая, Аравийская, Кокос, Карибская (рис. 32).

2. Отход плит друг от друга происходит не равномерно, а с убыстряющимся темпом по мере удаления от полюса вращения, общего для двух смежных плит. Ввиду жесткости литосфера это ускорение проявляется скачкообразно и сопровождается образованием трансформных разломов. Последние, таким образом, могут рассматриваться как вертикальные плоскости, по которым происходит разрядка напряжений, возникающих при неравномерном раздвижении. Морфологически это выражается в создании зон дробления коры, образовании крупных глыб, хребтов и впадин, параллельных линиям разломов.

3. В осевых зонах срединно-океанических хребтов, т. е. по рифтам, происходит подъем разогретого мантийного вещества, из которого выплавляется базальт, заполняющий рифтовые щели; благодаря дальнейшему расхождению плит в рифтах образуются новые щели и вновь внедряется базальт, который и формирует океаническую кору (рис. 33).

4. В результате перемещения плит относительно друг друга, их раздвижения и расхождения в стороны от рифтовых зон срединно-океанических хребтов происходит общее разрастание дна океана (*sea floor spreading*). В окраинных же частях океана наблюдается, наоборот, сжатие литосферы, которое компенсирует растяжение в рифтовых зонах. Здесь создается сложный морфологический комплекс островных дуг, глубоководных желобов и их краевых валов, служащих внешним выражением процесса сжатия. По океаническому склону желоба океаническая кора поддвигается под материк. Далее вглубь следует наклонный разлом с расположенным на нем очагами землетрясений (зона Беньофа — Заварыцкого). Океаническая кора, опустившись на глубину до 700 км (явление так называемого засасывания), преобразуется в глубинное вещество астеносферы. Именно это вещество создает андезитовый вулканализм островных дуг и окраин континентов (андезитовые линии).

5. Главная причина горизонтальных движений плит заключается в конвекционных течениях мантии, возбуждаемых радиоактивным распадом. Поднявшись по рифтовому ущелью, вещество в верхней зоне астеносферы распространяется в сторону, увлекая за собой плиты литосферы.

Таким образом, можно считать, что новая теория глобальной тектоники плит является, по существу, современным вариантом теории горизонтального мобилизма, в котором, однако, вместо ма-

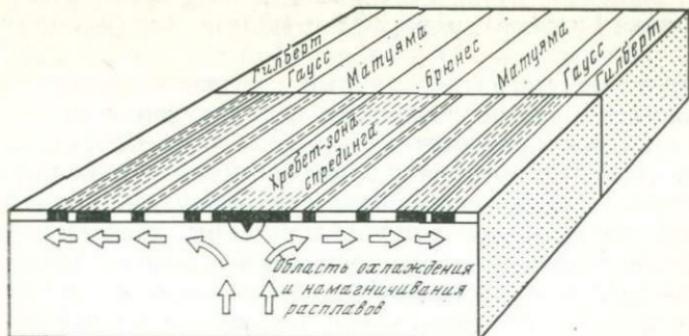


Рис. 33. Модель магнитофонной ленты и симметрия инверсий магнитного поля вкрест простирации зоны спрединга [Оллиер, 1984]

териковых глыб земной коры (континентов) по более глубоким слоям земной мантии (астеносфера) в горизонтальном направлении движутся глыбы литосферы. Они включают материковые массивы и припаянные к ним сложные области океанических территорий, а также (в своих «корнях») значительные объемы подкоркового вещества.

Возникает вопрос, в чем же причина быстрого признания новых теоретических взглядов. Оно, несомненно, связано с тем, что новая теория, с одной стороны, использует ряд важных научных концепций, выдвинутых ранее (например, теорию горизонтального дрейфа континентов Тейлора — Вегенера, концепцию о подкорковых течениях глубинного земного вещества Амперера — Швиннера и некоторые другие), а с другой стороны, и это самое важное, опирается на результаты новейших геофизических и геологических исследований океанов (например, на открытие срединно-оceanических рифтов и хребтов, на данные о строении океанической коры и новейшие сейсмические данные, в частности о расположении эпицентров глубокофокусных землетрясений, на выявление и изучение тепловых потоков, идущих из земных недр, и др.).

Из новейших данных как на интересные и важные, говорящие в пользу новой теории, следует указать на материалы по палеомагнетизму. Из разогретого мантийного вещества, которое поднимается в рифтах из астеносферы, выплавляется базальт. Охлаждаясь и застывая, базальт приобретает и сохраняет земную намагниченность в соответствии с ориентировкой магнитного поля во время застывания. Новые порции базальта, появившиеся позднее в новых рифтах, приобретают уже другую ориентировку магнитного поля, часто инверсионную (вследствие дипольного характера древнего магнетизма), свойственную новой эпохе. Как известно, по ориентировке древних магнитных полей был выделен ряд различных эпох в геологическом прошлом Земли с абсолютной датировкой их: например, эпоха Брюнес, отвечающая современной ориентировке (имеет знак +); эпоха Матчумя, инверсионная, между 0,7 и 2,5 млн.

лет (имеет знак —); эпоха Гаусс, между 2,5 и 3,3 млн. лет (имеет знак +); эпоха Гильберт, между 3,3 и 4,3 млн. лет (имеет знак —); и т. д.

Новейшие палеомагнитные данные о возрасте океанических базальтов показали, что он возрастает в направлении от срединных рифтов к окраинам материков. Это позволило путем экстраполяции получить возрастную датировку палеомагнитных аномалий различных толщ базальтов, выявить полосовые магнитные аномалии, вытянутые параллельно срединно-оceanическим хребтам, провести изохроны, определить скорость раскрытия и возраст океанов (например, для восточной части Тихого океана — порядка 80 млн. лет).

Однако при общей оценке новой теории глобальной тектоники плит важно отметить, что эта теория мало касается целого ряда научных представлений, сложившихся в результате изучения геологического строения земной суши, т. е. континентов, например, кардинальных положений о платформенном и геосинклинальном процессах, присущих геологической истории формирования материков, глобальной сетки глубинных разломов, рассекающих материки, процессов формирования орогенных зон и некоторых других. Не случайно поэтому, что наиболее острую критику новая теория встретила со стороны тех исследователей континентов, которые последовательно придерживаются позиций фиксизма [Белоусов, 1972, 1973б; Кириллова, Петрушевский, 1972; Петрушевский, 1973; Шейнман, 1974; и др.], представлений о решающей роли в развитии земной коры не горизонтальных движений ее частей (как полагают мобилисты), а главным образом вертикальных, при которых перемещения отдельных геоструктурных элементов (в том числе материковых глыб) в горизонтальном направлении имели в геологической истории Земли только подчиненное значение и рассматривались преимущественно в масштабах местных надвигов. Новая теория глобальной тектоники плит резко обострила споры геологов — фиксистов и мобилистов, хотя с течением времени позиции последних значительно укрепились [Кропоткин, 1969, 1972; Хайн, 1970, 1972а, б, 1973; и др.].

После этих общих замечаний о сущности теории глобальной тектоники плит попытаемся обрисовать, какое значение для основных представлений в области глобальной геоморфологии имеет или может иметь эта новая и столь интересная геолого-геофизическая концепция.

Геоморфологические аспекты новой теории глобальной тектоники плит. Надо сказать, что в ходе развития ряда современных представлений о глобальной тектонике плит, появившихся в результате изучения строения дна океанов, значительную роль сыграли геоморфологические исследования, проведенные, в частности, на основе морфоструктурного анализа рельефа. Напомним, что в рамках морфоструктурного анализа все формы земной поверхности подразделяются на три главные категории: элементы морфоархитектуры (или геотектуры), морфоструктуры и морфоскульптуры [Герасимов, 1946]. К первой категории форм огненены самые крупные эле-

менты земной поверхности (континентальные массивы, океанические впадины и др.), формирование которых, очевидно, связано с проявлением самых общих космических или планетарных внутриземных процессов. Ко второй категории отнесены основные элементы земной поверхности (горные хребты, межгорные впадины, наземные плато, равнины, крупные неровности океанического dna и др.), образование которых определяется прежде всего тектоническими движениями, деформирующими земную кору. К третьей категории отнесены более мелкие ее элементы, формирующиеся в результате воздействия экзогенных процессов (денудации и аккумуляции), развивающихся обычно под контролем тектонических движений.

Эта общая схема в порядке опыта была впервые использована для геоморфологического анализа структурных черт рельефа земной суши на территории СССР с целью определить их происхождение [Герасимов, Мещеряков, 1964б]. Опыт показал, что использование морфоструктурного анализа рельефа, основанного на сопоставлении современных орогидографических особенностей земной суши с ее геологической структурой и проведенного в историко-геологическом аспекте, дает очень плодотворные результаты. Так, впервые возникла возможность выявить некоторые общие и специфические закономерности и особенности в строении рельефа платформенных и складчатых областей различного геологического возраста. Выяснилось также очень ясное морфоструктурное различие между складчатыми областями палеозойского, мезозойского и кайнозойского заложения и ряд других.

В дальнейшем эти общие принципы морфоструктурного анализа рельефа получили широкое признание и были взяты на вооружение многими исследователями, в том числе и геоморфологами, изучающими подводный рельеф Мирового океана. В этом убеждают нас работы ряда советских геоморфологов [Рельеф Земли, 1967; Живаго, 1965, 1967, 1971; Леонтьев, 1968; Удинцев, 1972; Канаев, 1972; и др.]. Проведенные ими исследования выявили много ценных фактов и способствовали разработке рассматриваемой теории. Успешность таких исследований, несомненно, будет возрастать, и можно быть уверенным в том, что морфоструктурный анализ dna океанов будет столь же широко применяться (а может быть, и шире), как и изучение поверхности материков, и будет столь же эффективным.

Вместе с тем новые пути, которые открывает использование метода морфоструктурного анализа при исследовании dna Мирового океана, неизбежно ведут нас к дальнейшему и более широкому теоретическому поиску, к постановке ряда важных вопросов глобального характера, и прежде всего проблемы развития морфоструктуры (точнее, геотектуры) земной поверхности и ее эволюции, взятой в целом. Теория глобальной тектоники плит очень остро поставила такие вопросы не только перед геологами, но и перед геоморфологами, и они, как доказывается в этой книге, заслуживают особого внимания.

Как известно, основными наиболее крупными геолого-структурными элементами в геологии принято считать в первую очередь крупные и различные по своему строению участки земной коры, называемые обычно континентальными и океаническими. Хотя различие в строении земной коры материков и океанов предвидел еще А. Вегенер, но только в наше время оно нашло геофизическое обоснование и было положено в основу концепции глобальной тектоники плит.

Континенты и океаны издавна выделяются в геоморфологии в качестве наиболее крупных элементов рельефа земной поверхности. Однако до появления метода морфоструктурного анализа выделение океанов имело только общегеографическое значение, так как структура и строение их дна не ставились и не могли быть, по существу, поставлены в непосредственную связь со строением и структурой земной коры хотя бы потому, что о геоморфологии дна Мирового океана мало что было известно.

В настоящее время, используя морфоструктурный анализ, удалось показать, что тесная связь между морфологическими элементами и геологическими структурами в океанах проявляется столь же отчетливо, как и на материках [Рельеф Земли, 1967]. Это дает основание говорить о морфологических элементах материков и дна Мирового океана как о равноценных по своему значению составляющих единого глобального ряда морфоструктур земной поверхности. Генетически это родственные образования, предопределенные тектоническими движениями, но они имеют разный возраст, строение и состав слагающего их субстрата, так как формировались в различные этапы геологического развития Земли, в условиях разной среды, что и определяет различные пути их формирования и эволюции.

Как известно, океаническая кора резко отличается от континентальной коры как по мощности, так и по составу. Средняя мощность континентальной коры около 35 км, и состоит она из осадочного, гранитного и базальтового слоев; толща твердой океанической коры достигает всего 5—6 км и представлена сверху маломощным (обычно не более 1 км) осадочным слоем, ниже — так называемым «вторым» слоем мощностью 1—2 км, состоящим из вулканитов и консолидированных осадков, а еще ниже — осадочным базальтовым слоем мощностью около 4 км. Эти различия не ограничиваются, очевидно, только литосферой, но распространяются и на мантию (астеносферу), химические и физические параметры которой под океанами и материками также неодинаковы. Кора представляет собой лишь поверхностную «пленку» литосферы, мощность которой закономерно увеличивается по мере удаления от рифтовых зон [Сорокин, 1973]. Граница Мохоровичича под океанами расположена выше, чем под материками. Мантия же, как известно, основной источник активной морфотектоники; она, видимо, имеет определяющее значение в формировании морфоструктуры земной поверхности [Герасимов, 1967; Коржуев, 1973, 1974].

Принципиально важно также, что в отличие от материковых морфоструктур, образующихся в условиях мощной жесткой консолидированной земной коры (литосферы) континентального типа, океанические морфоструктуры формируются в условиях, предопределенных явлением спрединга — раздвигания и разрастания дна океанов и образования маломощной океанической коры. Если исходить из концепции глобальной тектоники плит, то формирование океанических морфоструктур происходит в значительной мере под влиянием горизонтальных движений, и поэтому в целом они, видимо, меньше дифференцированы, чем морфоструктуры материков.

Существенно различное влияние на строение и эволюцию морфоструктур океанов и материков оказывает также внешняя среда. В условиях материков морфоструктуры подвергаются, очевидно, более сильному и разнообразному преобразующему воздействию водно-воздушных экзогенных процессов. Поэтому на материках признаки формирующей рельеф активной первичной тектонической структуры бывают почти всегда в той или иной степени преобразованы и стерты, тогда как морфоструктуры дна Мирового океана меньше подвержены воздействию более однообразных экзогенных агентов и поэтому не так сильно изменены и, очевидно, лучше сохраняют облик первичной тектонической структуры.

Указанные различия обусловлены в значительной степени разным возрастом материков и океанов. Последние, если судить по датировкам древнейших донных отложений (юра — мел), образовались, за исключением, возможно, западной части впадины Тихого океана, не раньше мезозоя. Материки же возникли еще в докембрии. В течение всего новейшего времени морфоструктуры дна Мирового океана формировались в условиях повышенной интенсивности и напряженности эндогенного режима. Среди составляющих элементов этого режима решающая роль в образовании морфоструктур принадлежала и принадлежит вулканизму, протекающему в океанах весьма разнообразно и повсеместно в таких масштабах, которые невозможны на материках. Поэтому в современных океанах широко распространены в основном морфоструктуры прямого типа и преимущественно вулканического происхождения.

Анализ процесса спрединга и сопровождающих его морфологических преобразований позволяет в широком плане рассматривать обширные области дна океанов, простирающиеся по обе стороны от срединно-оceanических хребтов, как особый тип земной поверхности, не находящий аналогов на континентах. Специфика заключается прежде всего в том, что развитие рельефа в их пределах происходит на фоне непрерывного горизонтального перемещения литосферных плит, в процессе которого закономерно возрастает суммарное влияние факторов внешней среды. Это выражается в общем возрастании роли экзогенных элементов в комплексе форм рельефа океанического дна, в увеличении мощности осадочного покрова, общем старении рельефа по мере приближения к континентам.

Новейшие данные свидетельствуют о сложности происхождения и исключительном разнообразии форм рельефа дна Мирового океа-

на [Живаго, 1965, 1971; Менард, 1966; Рельеф Земли, 1967; Ильин, 1971; Канаев, 1972; Удинцев, 1972; Грачев, Карасик, 1974; и др.]. Поверхности основной части океанического дна, в общем, наклонны, минимальные глубины отмечаются в полосе срединно-океанических хребтов, а максимальные — на дне океанических котловин с их увеличенными мощностями осадочного покрова. Такой же наклон, предопределенный, возможно, структурно-динамическими причинами (крылья мантийного диапира), испытывает и основной базальтовый слой коры.

По палеомагнитным данным установлена неравномерность темпов разрастания океанического дна в разные периоды геологической истории. Это создает дополнительные напряжения в пределах литосферных плит с уже сформировавшейся океанической корой. По-видимому, с такими напряжениями связано образование глыбовых хребтов, большая часть которых субпараллельна срединным хребтам.

Многочисленные подводные вулканические горы, испещряющие дно океанов на склонах котловин, возникли в основном вблизи современных и древних срединно-океанических хребтов и постепенно перемещались к периферии океанов в процессе сдвига литосферных плит. Некоторые горы и сейчас возвышаются над уровнем океана в виде линейно вытянутых архипелагов островов. Часть гор образовалась вдоль трансформных разломов, протягивающихся на многие сотни миль по обе стороны срединных хребтов. Наконец, часть вулканических гор, возвышавшихся в прошлом над океаном, но срезанных абразией (гайоты), находится теперь на такой глубине океана, где волновое воздействие уже не оказывается. Одно из объяснений такого положения их — перемещение вместе с литосферной плитой по наклонной плоскости к периферии океанов. В тропической зоне именно такие погруженные горы могли надстраиваться коралловыми колониями и превращаться в атоллы. Вблизи желобов, где начинает сказываться поддвиг океанической литосферной плиты под континент, в ряде мест отмечен наклон усеченных поверхностей вершин гайотов в сторону континента.

Скорость спрединга также, по-видимому, находит отражение в морфологии дна, сказываясь преимущественно на контурах срединно-океанических хребтов. При медленном раскрытии глубинные породы, поднявшиеся по узкому рифту, образуют высокие боковые хребты (Атлантический срединно-океанический хребет), тогда как при быстром раздвигании плит излившиеся базальты, заполняя широкое рифтовое понижение, создают пологую, слабо выступающую форму в виде вала с пологими склонами, разбитыми на крупные глыбы (Восточно-Тихоокеанское поднятие). Срединно-океанические хребты, образующие единую планетарную систему длиной более 40 тыс. км, можно считать главной морфоструктурой Мирового океана.

Исключительно сложно и во многом еще не разгадано строение океанических окраин. Если сравнить новейшие тектонические и геоморфологические карты, например Тектоническую карту Тихо-

океанского сегмента Земли (1970 г.) и соответствующую карту Физико-географического атласа мира (1964 г.), то легко заметить, что вдоль границы материков и океанов область периферических океанических морфоструктур в одних местах выражена отчетливо и широко (Тихий океан), в других — слабо (Атлантический и Индийский океаны) или совсем отсутствует, как это видно на примере гондванской группы материков, структура которых резко обрезана и не находит продолжения в океанах. Кроме того, в этой зоне между контурами современных материков и бассейнов океанов, с одной стороны, и участками земной коры океанического и континентального типов — с другой, отмечаются весьма сложные и своеобразные взаимоотношения; иногда границы тех и других не совпадают. Из сравнения карт следует, что современные депрессии океанического ложа, расположенные в этих зонах, не тождественны срединным областям и включают участки коры континентального характера.

Это как будто свидетельствует о произошедшем к современному периоду разрастании океанических бассейнов и поглощении ими, по крайней мере в самый последний период геологической истории, части бывших континентов. Признаки именно такой морфоструктурной эволюции отмечаются в ряде районов Тихого океана (например, на его западной периферии, область к востоку от Австралии и др.), а также местами в Атлантическом и Индийском океанах. Наиболее же ярко это проявляется в северо-западном секторе Тихого океана, в пределах Советского Дальнего Востока, где на пространстве, охватывающем Охотское море, Камчатку, Приморье и Курильскую островную дугу, геофизики выделяют континентальный, субконтинентальный, субокеанический и океанический типы коры [Кропоткин, Шахварстова, 1965; Геологическое строение северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса, 1966; Рельеф Земли, 1967; Белоусов, 1968; Пущаровский, 1972; Эрлих, 1973; и др.]. Сложные сочетания ее типов свидетельствуют о том, что океанические участки чередуются здесь с материковыми и образуют область мозаичных переходных морфоструктур.

Однако такой путь эволюции не является единственным. Происходит и обратный процесс — наращивание материков за счет новообразований, возникающих в результате превращения океанической коры в континентальную, и создание новых морфоструктурных элементов, причленяющихся к материкам. Примером такого своеобразного морфоструктурного «припая» можно считать, вероятно, образовавшийся в недалеком геологическом прошлом крупный Охотско-Чукотский вулканогенный пояс, а также некоторые другие, преимущественно вулканические сооружения, известные в ряде мест Тихого океана.

Однако и такой путь морфоструктурной эволюции нельзя считать единственным. Вероятно, оба рассматриваемых процесса в одинаковой мере свойственны областям сочленения материков и океанов. Это сопряженные разнонаправленные процессы, под влиянием которых происходит то деструкция континентальных структур и поглощение их океанами, то наращивание материков за счет об-

растания их новыми морфоструктурными элементами. В первом случае для объяснения этого явления привлекается концепция «базификации» или «оceanизации» (разрушения континентальной коры и превращения ее в кору океанического типа под влиянием глубинных процессов и интенсивных вертикальных движений), во втором — использовалась концепция превращения океанических геосинклинальных образований в платформенные и перестройки океанической коры в континентальную. При этом система глубоководных впадин, островных дуг и глубоководных желобов рассматривалась как геосинклинальная область, которая в своем развитии постепенно мигрирует, отступая от материка к океану.

Как мы видели выше, определенное объяснение рассматриваемого явления мы находим и в новой теории глобальной тектоники плит, согласно которой растяжение (раздвиг) литосферы в рифтовых зонах океанов компенсируется ее сжатием на их периферии, там, где они окаймляются глубоководными желобами и где располагаются зоны глубокофокусных землетрясений (500—700 км). Здесь новообразованная океаническая кора опускается по плоскостям наклонных разломов, уходящих под материк, вплоть до мантии.

Геофизическими методами на большой глубине удалось выявить «пластины» мощностью в несколько десятков километров, с низкими скоростями прохождения продольных сейсмических волн. Вероятно, это преобразованные осадочные толщи, а также образовавшиеся под океанами базальты, которые переместились к их периферии и затем погрузились благодаря субдукции океанических литосферных плит под континенты.

Особый тип перехода океанических пространств в материковы наблюдался в тех местах, где окраинные глубоководные желоба не развиты. Явление поддвига здесь не проявляется, поскольку контакт океанической и континентальной коры происходит в пределах одной и той же литосферной плиты. На относительно стабильном дне в этих местах развивается гигантская морфоструктура — материковое подножие, — не встречающая по масштабу своего проявления аналогов на материках. Она достигает в ширину многих сотен километров, окаймляя основание материковых склонов во всех океанах. Формирование такой морфоскульптуры происходит путем заполнения угла, образованного цоколем континентов и поверхностью океанического ложа. В настоящее время слившиеся конусы выноса из тончайших частиц осадков, испытавших перемыв супензионными потоками (турбидиты), выглядят как единый подножный шлейф, слабо наклоненный в сторону океана.

Продолжающееся накопление осадков, сопровождаемое соответственным увеличением нагрузки на земную кору, привело к прогибанию периферии океанического ложа, которое, начавшись еще в палеогене, продолжается и сейчас со скоростью, зависящей от количества новых накоплений. Такое взаимодействие морфоструктуры и морфоскульптуры при ведущей роли последней само по себе уникально.

Как видим, какого бы объяснения мы ни придерживались, во всех случаях процессы, протекающие в области сочленения материиков и океанов, неразрывно связаны. Они представляют единое целое и вызываются одной общей причиной, а именно глубокой перестройкой литосферы, ее структуры и коры в периферических зонах океанов и материков. Учитывая все это, необходимо рассматривать переходные зоны, которые часто отождествляют с материковыми склонами, гораздо более широко и включать в их состав как периферические области океанов с материковыми подножиями, так и надводные приокеанические части материков.

В таком случае материковый склон с системой глубоководных впадин, островных дуг и глубоководных желобов составит лишь отдельную, хотя и очень важную, часть периферической области океанов, которая сама по себе, без материкового подножия и периокеанической надводной части материков, не дает общей картины развития зоны сочленения океанического dna и материка в целом. Учитывая это, всю такую зону надо, очевидно, рассматривать как особую геоморфологическую категорию высшего порядка — геотектуру, отличающуюся сложным строением, общей повышенной тектонической подвижностью, интенсивным вулканизмом и сейсмичностью, гигантским масштабом развития и большим разнообразием морфологических типов.

В пределах такой геотектуры прослеживаются все звенья последовательного перехода океанических морфоструктурных элементов в континентальные, начиная с равнин океанических платформ, системы глубоководные желоба — островные дуги до вулканических и складчатых хребтов. Этот ряд должен быть дополнен за счет звена современных и древних морфоструктур горноскладчатых поясов периокеанической части переходной зоны материков, которая связана с периферической океанической областью общностью происхождения и поэтому позволяет судить об общих тенденциях развития океанов и материков.

Столь широкое понимание переходной зоны находится в полном соответствии с новейшими представлениями геологов и геофизиков, которые не отрывают структуры океанической периферии от структур периокеанических окраин материков и считают их взаимосвязанными структурными образованиями. Так, в частности, рассматривается Тихоокеанский тектонический пояс, в состав которого включается весь комплекс современных разломных и складчатых структурных образований, расположенных между ложем океана и древними платформами окружающих материков.

Такое соответствие морфоструктурных, геологических и геофизических компонентов представляется вполне закономерным явлением, чрезвычайно важным, необходимым для понимания истории развития зоны перехода в целом, для познания особенностей разрастания материковых окраин и формирования смежных с ними частей океанов, преобразования океанической коры в континентальную, образования «гранитного» слоя континентальной коры, восстановления древних аналогов переходных зон и выяснения мно-

тих других закономерностей истории развития океанов и материков в прошлые геологические эпохи.

Таким образом, наряду с общим геоморфологическим значением, выделение переходной зоны в широком понимании имеет также и определенное историко-геологическое (палеогеографическое) значение. Учитывая все это, мы вправе, очевидно, назвать ее особой зоной шовных (переходных) морфоструктур. Для ее океанической части главным являются преобразование океанической коры в континентальную и образование мозаичных морфоструктур, а для приподнятой периоокеанической материковой области — наращивание континентальной коры и формирование гор с особым типом морфоструктуры.

Палеогеографические аспекты новой теории глобальной тектоники плит. Выделение в качестве одного из высших морфоструктурных (геотектурных) элементов Земли наряду с материковыми и океаническими геотектурами шовных зон, а также историко-геологический (палеогеографический) подход ко всем этим геотектурам позволяют внести некоторые новые аспекты в современную геологическую дискуссию фиксистов и мобилистов. Эти аспекты, как я полагаю, должны опираться на выдвинутое в свое время предсказление о геоморфологическом этапе в развитии Земли [Герасимов, Мещеряков, 1964а], а также на концепцию о трех главных циклах в истории развития современного рельефа земной суши [Герасимов, 1970]. Первое из этих представлений исходило из утверждения, что современный рельеф земной поверхности (во всем его многообразии) образовался только в новейший, мезо-кайнозойский этап истории Земли (порядка 200 млн. лет). Конечно, это не исключает присутствия в рельефе современной земной поверхности отдельных геоморфологических элементов и более древнего возраста, например фрагментов так называемого протопенеплена [Коржуев, 1973, 1974].

Основное содержание концепции о трех главных циклах в истории развития современного рельефа земной поверхности заключается в том, что древнейшим этапом развития является макроцикл формирования базальной поверхности выравнивания или глобального пенеплена мезозойского возраста (триас — юра — мел). На суще этот этап должен был протекать в относительно стабильной тектонической обстановке и привести к образованию обширной (глобальной) поверхности выравнивания денудационного происхождения на поверхности всех древних континентов. Образованная таким образом базальная поверхность (глобальный пенеплен) и послужила основой для формирования современной поверхности земной суши.

Однако в течение последующего времени эта базальная поверхность подверглась многообразным тектоническим деформациям и сложному денудационному преобразованию, вследствие чего она заняла различное положение в современном рельефе земной поверхности. Так, в одних районах эта поверхность оказалась значительно приподнятой, образовав современные нагорья земной суши,

в других, наоборот, глубоко опущенной, превратившейся в выровненный (или разбитый разломами) фундамент континентальных платформ под осадочным покровом, а в некоторых районах она была сводообразно изогнута или разломана на отдельные массивы или блоки и сформировала континентальные равнины и плато различной величины, высоты и морфологии.

Второй цикл формирования современного рельефа материков заключался в образовании во многих районах мира ярусного возвышенного денудационного рельефа и обширных пластовых аккумулятивных равнин. Образование такого рельефа указывает на прерывистый ход процессов денудации и аккумуляции в течение этого этапа, обусловленных усилением или ослаблением тектонической активности земной коры. Начавшись, по-видимому, еще в палеогене (или несколько ранее), этот морфоцикл развивался в течение длительного времени. Степень тектонической динамичности земной коры в этот период постепенно возрастала и к концу неогена — началу четвертичного времени достигла своего максимума (так называемый неотектонический этап развития Земли).

Третьим и последним этапом развития современной поверхности земной суши являлся макроцикл развития террас. Он был тесно связан с главными геологическими событиями начавшегося ледникового периода, и в частности с развитием обширных покровных материковых оледенений и с периодическими крупными колебаниями уровня Мирового океана, вызванными мобилизацией и демобилизацией глобальной влаги в эпохи образования древних ледниковых покровов и их таяния. Под влиянием этих процессов рельеф земной суши, созданный в течение второго морфоцикла, существенно усложнился. На обширных территориях покровного оледенения образовался рельеф с характерными комплексами моренных и флювиогляциальных форм; в речных долинах сформировались серии хорошо выраженных аккумулятивных террас, а на широких пространствах низменностей возникли аллювиально-озерные равнины, переходящие местами в гляциально-морские поверхности.

Возникает вопрос: в каком теоретическом соответствии находится изложенная выше концепция геоморфологического этапа геологической истории Земли и трех главных циклов развития современного наземного рельефа с новой теорией глобальной тектоники плит? По моему мнению, эти две общетеоретические концепции находятся в удивительно полном соответствии и тем самым взаимно дополняют и подтверждают одна другую.

В самом деле, совпадает прежде всего общая продолжительность тех крупных этапов геологического развития Земли, которые лежат в основе обеих концепций. Первый этап — это мезо-кайнозой, общая продолжительность которого определяется приблизительно в 200 млн. лет. Из этого главного факта следует, что одновременно с той цепью наземных геоморфологических процессов, которые развертывались на протяжении трех циклов развития современного рельефа материков, происходило последовательное образование (раскрытие) главных современных океанических бас-

сейнов — Атлантического, Индийского и других океанов — в том их виде, в котором мы видим их сейчас. Возможно, что в Тихом океане этот процесс начался раньше.

Вполне логично поставить в тесную связь по крайней мере начальные и конечные этапы развития обеих групп феноменов рельефа материков и дна океанических бассейнов. Наземный (материковый) глобальный пенеплен мог и должен был образоваться на поверхности более или менее единой континентальной суши, а не на столь далеко разобщенных друг от друга отдельных материках, иначе говоря, тогда, когда обширных океанических бассейнов еще не существовало. Вместе с тем формирование общемировых террасовых равнин и серий речных террас в течение последнего цикла геоморфологического этапа развития Земли могло происходить лишь при условии существования в это время единого Мирового океана и периодического колебания его уровня.

Что же происходило на земной суше и в океанических бассейнах в течение длительного второго цикла геоморфологического этапа развития Земли, т. е. в течение мелового и третичного периодов? Новая теория глобальной тектоники плит, базируясь на палеомагнитных данных, отвечает на этот вопрос так: происходило постепенное раскрытие (расширение) океанических бассейнов путем горизонтального дрейфа или «плавания» (расхождения) континентальных литосферных плит под влиянием конвекционных течений в верхней части астеносферы (рис. 34). Этот процесс сопровождался формированием срединно-океанических «рифтов» и различных подводных вулканогенных форм рельефа океанического ложа, возраст которых в общем увеличивался по мере приближения к материкам. Кроме того, особый ряд важных процессов имел место в периферических зонах океанических бассейнов, т. е. в тех шовных зонах сочленения океанических плит с континентальными, о которых уже говорилось ранее. При этом очень существенным было то, что процессы в шовных зонах затрагивали не только океаническое дно (глубинные желоба и др.), но и периферические части материков. Лучшим примером такого сочетания служит подвиг сформировавшихся под океанами литосферных плит под материками вдоль наклонных зон Беньофа — Заварицкого.

Что происходило в это же время на постепенно отходящих друг от друга континентах, надстраивающих литосферные плиты? Ответ на этот вопрос уже был дан при рассмотрении процесса формирования рельефа ярусных возвышенностей и пластовых равнин на платформенных секторах суши. Однако при этом были мало затронуты земные орогенно-геосинклинальные зоны, а также те морфоструктуры, которые часто называют омоложенными горами или платформенными орогенами. Между тем, помимо того, что такие (внеплатформенные) образования имеют очень значительное распространение на всех континентах, они представляют огромный интерес с теоретической точки зрения.

Я предполагаю, что типичные орогенно-геосинклинальные зоны на материках, подобные, например, Альпийско-Кавказско-Гима-

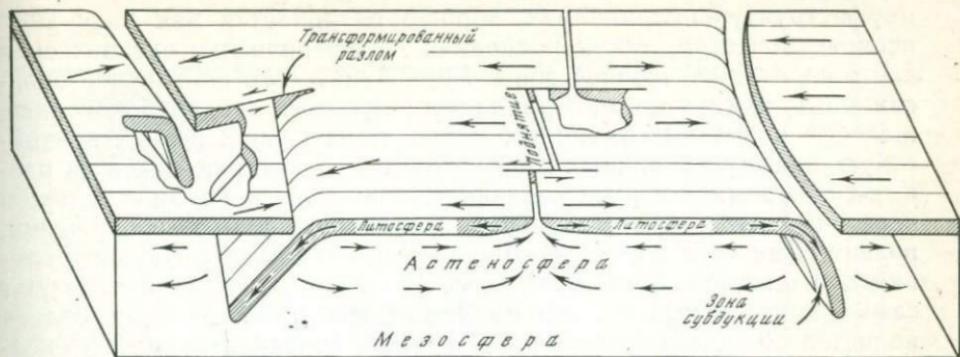


Рис. 34. Схематическая трехмерная диаграмма, показывающая основные свойства спрединга морского дна [Isacks et al., 1968]

лайской, также представляют собой шовные зоны, расположенные между двумя (или более) крупными континентальными плитами. Поэтому их следует, вероятно, называть межконтинентальными шовными зонами в отличие от ранее упоминавшихся переходных, или континентально-океанических (Восточная Азия, окраины Тихого океана).

Я не буду здесь приводить более детальную характеристику тех геолого-геофизических процессов, которые были свойственны межконтинентальным шовным зонам во время их формирования и развития. По существу, такие процессы уже давно изучались и изучаются геологами и геофизиками. Рассматривать ту сложную совокупность разнородных морфоструктурных элементов (срединные массивы, горно-складчатые сооружения, мульды, депрессии — грабены и др.), которые в виде пестрой мозаики особенно характерны для этих геотектурных образований, я также не буду. Следует, быть может, только подчеркнуть, что наряду с основными типами орогенных морфоструктур, свойственных рассматриваемым зонам, к их ряду следует причислять, по-видимому, и омоложенные горы, или орогенные платформенные морфоструктуры, которые, как правило, причленены по периферии к основным шовным зонам (например, Шварцвальд — Альпы, Тянь-Шань — Памир и др.) и, вероятно, возникли под воздействием каких-то общих процессов (текtonическое сжатие и воздымание).

С этой точки зрения огромный интерес представляет собой морфоструктурная эволюция континентальной части переходных, континентально-океанических шовных зон. Уже очень давно для территории СССР было констатировано значительное различие в ходе геологического (а следовательно, и геоморфологического) развития ее западного (европейского и западносибирского) и восточного (восточносибирского и дальневосточного) секторов. В свете излагаемых представлений оно сейчас получает новое объяснение. В восточном секторе, представляющем особенно большой интерес для

морфоструктурного анализа, хорошо различается как надводная периокеаническая, так и подводная периферическая океаническая часть переходной шовной зоны. Край Азиатского континента опоясан здесь, как известно, гирляндами островных дуг, глубоководных желобов и впадин окраинных морей, образующих весьма контрастную систему мозаичных морфоструктур, формирующихся на разных типах земной коры. Особенно примечательны в этом отношении островные дуги, представляющие наглядный пример сооружений, развитых на коре переходного типа. Амплитуды высот суши и глубин дна океанов составляют здесь 10—15 км, т. е. характеризуют самый контрастный рельеф на Земле. Эта замечательная полоса является областью взаимопроникновения континентальных и океанических элементов рельефа.

Не менее интересна и периокеаническая часть континента, занятая широкой полосой молодых кайнозойских структур и мезозоид Северо-Востока СССР.

Таким образом, в пределах северо-западного сектора Тихого океана очень ясно прослеживается весь цикл последовательного эволюционного превращения (в морфоструктурном выражении) коры океанического типа в кору континентальную. Такая последовательность событий отмечена следующим рядом соответствующих геоморфологических образований: равнины и горы океанических платформ (с корой океанического типа); островные дуги, глубоководные желоба и впадины (с корой переходного типа); молодые и омоложенные периокеанические горы; прибрежные равнины и платформы на разновозрастных структурах (с корой континентального типа).

Характеристика двух рассмотренных выше типов морфоструктур шовных зон — Альпийско-Кавказско-Гималайского (межконтинентального с причлененными орогенно-платформенными морфоструктурами) и Азиатско-Тихоокеанского (переходного, континентально-орогенического с пестрой мозаикой пликативных и дизъюнктивных континентальных и океанических морфоструктур) — приводит к важному выводу о большой морфоструктурной индивидуальности всех таких геотектурных образований (так же, конечно, как и всех других геотектур). Поэтому представляют большой интерес сравнительное сопоставление этих образований друг с другом и выявление их специфических особенностей, обусловленных ходом геологического развития и нашедших внешнее выражение в формах современного рельефа (морфоструктуры). В этом отношении чрезвычайно показательны горные морфоструктуры Южной Сибири (например, Прибайкалья и Забайкалья), Центральной Азии (Хентей, Хинган и др.), вся система американских Кордильер и Анд.

Всесторонний анализ обширного нового информационного материала с позиций геоморфологических представлений открывает, как я считаю, большие перспективы для дальнейшей разработки теории глобальной тектоники плит (рис. 35).

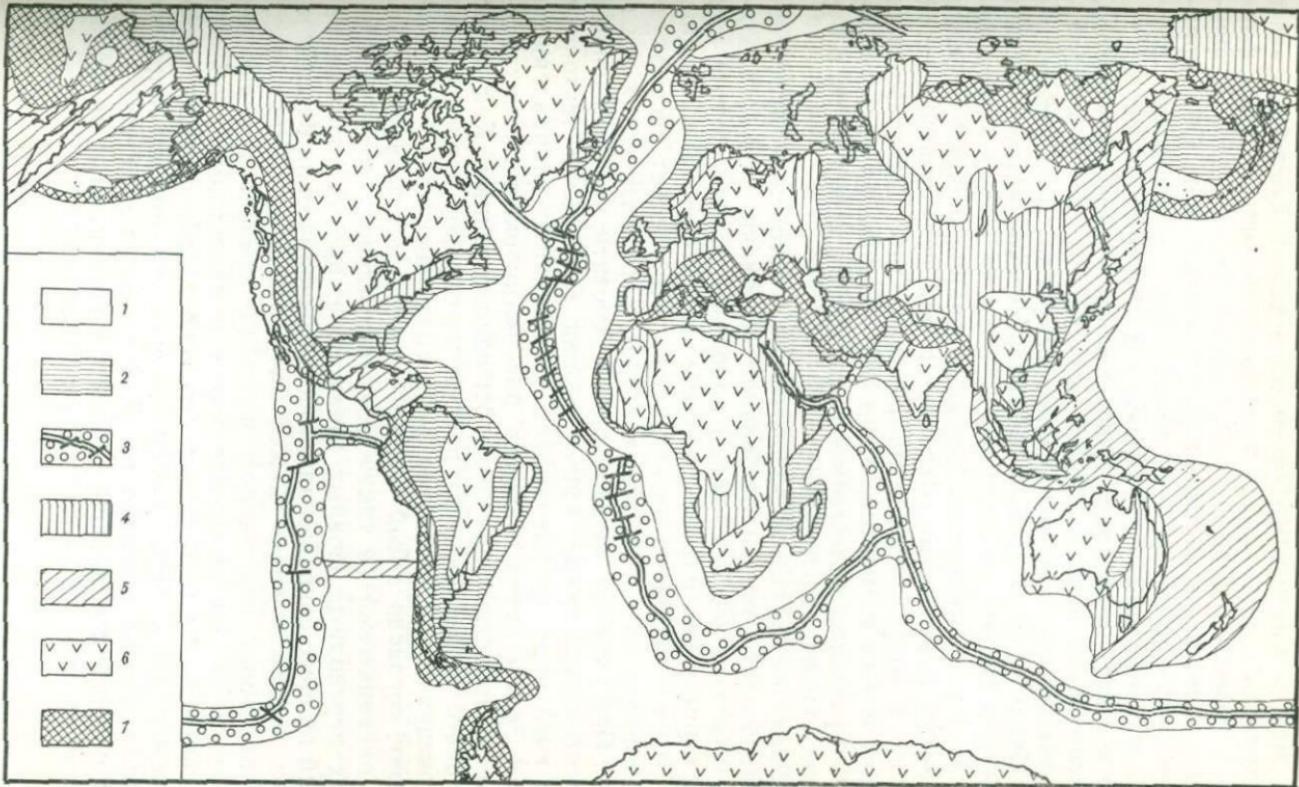


Рис. 35. Мировая геотектура (по И. П. Герасимову)

1 — раскрытое дно Мирового океана; 2 — древние континентальные платформы; 3 — современные срединно-океанические подвижные пояса; 4 — зона новейшего платформенного орогенеза; 5 — то же, шовного орогенеза (переходные шовные зоны); 6 — древние континентальные кристаллические массивы (ядра континентов); 7 — зоны новейшего геосинклинального орогенеза (межконтинентальные и окраинные шовные зоны)

В заключение я хочу еще раз подчеркнуть, что геоморфологический и палеогеографический аспекты новой теории, как уже указывалось, во многом ослабляют или даже устраняют острые противоречия между фиксистами и мобилистами. Согласно этим аспектам, мобилизм правомерен при рассмотрении процесса формирования и развития морфоструктур океанического дна, а фиксизм — при рассмотрении морфоструктур континентов. Оба принципа при таком их применении не только не противоречат друг другу, а, напротив, взаимно дополняются и обосновываются.

Однако все это справедливо лишь для последнего, или нового, этапа геологической истории Земли, названного геоморфологическим. Он охватывает лишь мезо-кайнозойскую эру и составляет не более $\frac{1}{20}$ общей продолжительности геологической истории нашей планеты. К сожалению, геоморфология пока не может внести весомый вклад в разъяснение рельефообразования в более древние этапы развития Земли. Это объясняется как чрезвычайно малой сохранностью в современном рельефе каких-либо домезозойских геоморфологических элементов, так и еще совершенно недостаточной степенью развития палеогеоморфологии. Но, может быть, в будущем такое положение изменится.

Изложенные выше геоморфологические и особенно палеогеографические аспекты теории глобальной тектоники плит заставляют также коснуться очень сложной проблемы общего сжатия или расширения Земли как планеты в ходе ее геологической эволюции. Известно, что эта проблема дискуссионна и ее следует рассматривать, основываясь на специальных астро- и геофизических представлениях. При этом все же необходимо отметить, что изложенный выше палеогеографический аспект теории глобальной тектоники плит ни в коей мере не доказывает постоянного, направленного расширения Земли путем процесса раскрытия океанических бассейнов. Такое представление было бы односторонним. Как видно из изложенного выше, процессу раскрытия океанов и расширения площади океанических бассейнов в их срединных зонах (рифты) противостоит, согласно новой теории, процесс засасывания и поглощения океанической (а также континентальной) коры в периферических переходных шовных зонах, т. е. противоположно направленный процесс сокращения площади океанических бассейнов. Кроме того, весьма важную (может быть, решающую) роль в сохранении некоторой постоянной площади земной поверхности должны играть складкообразовательные и надвиговые движения во всех шовных зонах (орогенных, орогенно-платформенных, переходных зон и т. д.), которые также приводили к общему сокращению площади земной поверхности. Для проверки всех этих представлений и составления общего баланса геодинамики возможно и необходимо произвести соответствующие расчеты.

АРХИТЕКТУРА ЗЕМЛИ (ГЕОТЕКТУРА) В СВЕТЕ ГЛОБАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ТЕКТОНИКИ ПЛИТ¹⁵

Уже довольно давно я предложил разделить все формы земной поверхности, основываясь на их происхождении, на три главные группы: элементы морфоархитектуры (геотектуры), морфоструктуры и морфоскульптуры [Герасимов, 1946]. Выделение двух последних групп (морфоструктуры и морфоскульптуры) оказалось, видимо, достаточно обоснованным; об этом свидетельствует то, что оно широко вошло в практику современных геоморфологических исследований.

Иначе обстояло дело с разработкой понятия морфоархитектуры и с его использованием в исследовательских целях. К этой категории были отнесены наиболее крупные формы земной поверхности — континентальные массивы, океанические впадины и т. д., формирование которых связывалось с проявлением наиболее общих планетарных процессов. Однако сущность последних и их рельефообразующее значение не были подробно разъяснены. Уместно напомнить, что указанное подразделение элементов земной поверхности на геотектуры, морфоструктуры и морфоскульптуры было впервые проведено в ходе геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР (таково было название моей работы, опубликованной в 1946 г.). Поэтому можно было ожидать, что в качестве основных геотектур могли быть названы главные геоструктурные элементы в строении Земли, т. е. кристаллические щиты, платформы с осадочным покровом, складчатые зоны разного возраста и т. д. Именно по этому принципу Ю. А. Мещеряковым была составлена схема основных элементов геотектуры Земли [Рельеф Земли, 1967].

Однако такой принцип выделения геотектур, практически отождествлявший указанные геоморфологические элементы с чисто геоструктурными образованиями, все же не являлся достаточно обоснованным с теоретической точки зрения. Во всяком случае, он не был подобен тому методологическому подходу, который использовался в морфоструктурном анализе. Поэтому на геоморфологических картах Физико-географического атласа мира (1964 г.) геоструктурные элементы (щиты, платформы, складчатые пояса и др.), хотя и были использованы (в качестве крупных геоморфологических единиц), но лишь в очень общем виде и, что особенно важно, в неразделенном сочетании элементов геотектуры и морфоструктуры.

¹⁵ В основу этой главы положен доклад, прочитанный 4 мая 1976 г. на заседании Ученого совета Института географии АН СССР, посвященный памяти Ю. А. Мещерякова и позднее опубликованный [Герасимов, 1976]. Здесь его текст несколько модернизирован.

При выделении этих элементов мы стремились исходить не только из геоструктурных, но также и из морфологических особенностей строения разных регионов (точнее, из их соотношений). Если это было возможно более или менее последовательно произвести для орогидрографических элементов «внутри» континентов и океанических депрессий, т. е. для типичных морфоструктур, то для материков и океанов, взятых в целом, такая задача была в то время трудно выполнимой. Поэтому и получилось, что образование самых крупных единиц земной поверхности, например современных материков и океанических впадин, не получило тогда достаточно развернутого геоморфологического объяснения.

В опубликованной более десяти лет назад статье [Герасимов и др., 1974] я снова вернулся к вопросу о геоморфологической сущности земной архитектуры. Основой для ее возможного геоморфологического истолкования послужила на этот раз не традиционная концепция стабильных щитов, платформ и мобильных складчатых (геосинклинальных) зон, господствовавшая до недавних пор в геотектонике, а новая теория глобальной тектоники плит. Тем самым был сделан первый шаг к включению геоморфологии в сферу воздействия этой теории, однако он был, конечно, совершенно недостаточным. Напомню, что в первом случае речь прежде всего идет о традиционной концепции фиксированных щитов как ядер древних континентов, «обрастающих» платформами различного возраста, спаянных орогенно-геосинклинальными поясами и разделенных столь же стабильными океаническими впадинами. Во втором случае предполагаются «расползание» мобильных континентальных плит, образованных путем раскола древней единой суши, и постепенный спрединг молодых океанических бассейнов со срединными зонами рифтогенеза и окраинными зонами субконтинентального поддвига или континентального надвига.

Рассмотрение основ этих теоретических концепций и развернувшейся вокруг них дискуссии сейчас невозможно без экскурса в область магматической и метаморфической петрологии, геохимии и геофизики (палеомагнетизма, сейсмологии, теплоэнергетики земной коры и т. п.), что далеко увело бы нас от основного предмета. Я думаю, что, учитывая новейшие достижения в перечисленных областях, нам все же необходимо в геоморфологической интерпретации теории глобальной тектоники плит исходить из собственных геоморфологических материалов и на их основании стремиться внести свой вклад в разработку общей проблемы геологической истории Земли.

Убедительным свидетельством того, что современная геоморфология способна сыграть важную роль в формировании новых представлений в науках о Земле, служит история развития учения о глобальной тектонике плит, кратко изложенная в вводной части данной книги. Из этого изложения и всех последующих глав совершенно ясно, что в настоящее время имеются уже достаточные основания для использования в этих целях теории глобальной тек-

тоники плит и концепции распада существовавшей ранее единой суши — Пангеи — на отдельные расходящиеся плиты.

В 1972 г. была опубликована Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания на территории СССР (в масштабе 1 : 2 500 000), явившаяся результатом коллективных усилий сотен специалистов, обобщивших огромный региональный фактический материал. Одним из важнейших выводов из этой карты было установление существующих в рельефе СССР многочисленных фрагментов древней поверхности выравнивания, которая была названа базальной поверхностью выравнивания, или глобальным мезозойским пенепленом. Этот пенеплен представлен в современном рельефе лишь отдельными разновысотными массивами возвышенных холмистых равнин, нагорий и уровнями уплощенных горных вершин. Таким образом, после своего образования он был сильно разрушен и деформирован. Однако былое распространение древней поверхности выравнивания не только на всей территории СССР, но и в глобальном масштабе не вызывает сомнений. При этом такой пенеплен, развитый на площадях с разной геологической структурой, например, на протерозойских щитах, на складчатых палеозойских массивах, на платформах с осадочным палеозойским покровом, может и должен рассматриваться как исходная (базальная) поверхность для образования современного рельефа.

Совершенно естественно предположить, что образование древнего пенеплена происходило в условиях более или менее единой суши или на обширных территориях, разделенных внутренними эпиконтинентальными морскими бассейнами. Вероятно, именно такая общая орогидографическая обстановка с более или менее единными или очень близкими по высоте расположения и длительно стабильными базисами денудации (эрозии) была необходима для формирования глобальной поверхности выравнивания. Если такое представление правильно, то образованием этой поверхности завершился важный этап в геологической истории Земли — этап Пангеи, или единой Земли. Таким образом, получается, что исходя в данном случае только из собственных геоморфологических (точнее, палеогеоморфологических) представлений, мы приходим к тому же представлению о существовании в мезозойское время более или менее единого материкового образования (Пангеи), из которого исходит и новейшая теория глобальной тектоники плит. Такое совпадение палеогеографических реконструкций не может быть случайным.

В свое время Ю. А. Мещеряковым и мной, исходя из палеогеоморфологических представлений, было выдвинуто предложение называть мезозойскую и кайнозойскую эры в геологической истории Земли геоморфологическим этапом (Герасимов, Мещеряков, 1964б). Мы исходили из того, что на протяжении именно этого этапа сформировался современный рельеф земной поверхности. В процессе работы по составлению Карты поверхностей выравнивания и кор выветривания (1972 г.) это предложение было уточнено. Я предложил различать в границах геоморфологического этапа три круп-

ных макроцикла формирования рельефа [Герасимов, 1970]. Самым древним я считал макроцикл образования базальной поверхности выравнивания (глобального мезозойского пленена). В течение среднего этапа происходили его разрушение, тектоническая деформация и формировался денудационный ярусный рельеф современных континентов с системой геоморфологических уровней (поверхностей выравнивания кайнозойского возраста). Самым молодым этапом я считал образование систем террас и террасированных аккумулятивных равнин четвертичного возраста.

Рассматривая ретроспективно эту общую концепцию, я нахожу ее, как и прежнюю схему выделения геотектур, существенно неполной. Прежде всего в ней совершенно отсутствуют какие-либо построения, относящиеся к развитию рельефа океанических бассейнов. Это объясняется тем, что изложенная концепция базировалась только на геоморфологических материалах по суше и не включала новейшие данные по геоморфологии дна океанов. В настоящее время в результате больших успехов, достигнутых в области морской геологии, геофизики и геохимии, а также геоморфологии, океанические морфоструктуры и морфоскульптуры исследованы уже более или менее основательно, хотя их дальнейшее изучение продолжается. Для всех крупных океанических бассейнов уже составлены достоверные геоморфологические карты океанического дна. Например, Карта дна Атлантического океана (1968 г.), картосхема типов морфоструктур дна Тихого океана [Удинцев, 1972], Геоморфологическая карта дна Индийского океана [Канаев и др., 1975]. В совокупности все эти материалы содержат новые и исключительно ценные данные для уточнения наших представлений об общем ходе развития рельефа всей Земли во время геоморфологического этапа.

Особенно важно то, что новейшие материалы по геоморфологии дна океанов дают, по моему мнению, новое освещение процессов формирования современных горных сооружений на всей земной поверхности. Так, рифтогенез, столь характерный для срединно-оceanических хребтов, играл, по-видимому, вообще немаловажную роль в новейшем горообразовании, будучи свойствен зонам растяжения земной коры. Известно, например, что знаменитая полоса грабенов Передней Азии и Восточной Африки, протянувшаяся на 6000 км и раскалывающая древний материк, представляет собой либо ответвление (на севере), либо параллельное образование (южнее) срединно-оceanических хребтов Индийского океана. Обширную и сложную систему впадин рифтового характера представляет так называемый Байкальский рифт, также протянувшийся на 2500 км во внутриматериковом орогеническом поясе.

Особый интерес с этой точки зрения представляют так называемые переходные зоны в строении дна океанов, т. е. зоны, в пределах которых океаническая земная кора входит в контакт с континентальной. Такие переходные зоны представлены двумя разными типами. Первый из них, атлантический, характеризуется более или менее постепенным и спокойным (хотя порой и быстрым) переход-

дом от края континентального массива через материковый шельф и склон к ложу океана. Второй, тихоокеанский, имеет совершенно иной характер. В надводной части он отмечен развитием островных дуг (горных гряд с мощным вулканизмом), окаймленных глубоко-водными океаническими желобами и другими образованиями.

Наиболее характерным представителем последнего типа переходных зон является западная окраина Тихого океана, которая, как известно, привлекала особое внимание геологов, геофизиков и сейсмологов в силу ряда ее особенностей (интенсивной сейсмики, активного вулканизма, мощной седиментации, высокой современной тектонической мобильности и т. д.). Она была истолкована и рассматривалась как пример наиболее характерного проявления процесса подвига, или засасывания края одной плиты (оceanической) под другую (континентальную).

Различие двух типов переходных зон на многих схемах глобальной тектоники плит связывают с общим направлением горизонтального дрейфа континентов. Считается, что переходная зона на западе Тихого океана формируется благодаря надвиганию материка на океан (Тихоокеанский океанический массив — талассократон); переходные же зоны вокруг Атлантического океана (а также других, например, Индийского) формируются в условиях постепенного раскрытия океанических бассейнов и формирования между ними различных подводных равнин и плато — талассогенов. На востоке Тихого океана, впрочем, вырисовывается более сложная схема; здесь оба процесса — отдвижения материка от срединно-оceanического хребта и надвига на океанический бассейн — как будто сопрягаются друг с другом, обусловливая особенно сложную структуру переходной зоны.

Совершенно естественно, что в своих региональных разработках я не мог не придать этим феноменам важного геоморфологического значения. Переходные зоны западнотихоокеанского типа я предложил назвать особой геоморфологической, а именно **континентально-оceanической шовной**, зоной, считая, что свойственные ей образования четко характеризуют ее как активный контакт (шов) между крупными континентальными (Сибирской, Китайской) и океаническими (Тихоокеанский талассократон) плитами. Опираясь на интерпретацию этой зоны как новейшей орогенно-геосинклинальной области, я считал возможным приложить представление о таких крупных геотектурных швах Земли (шовных зонах) и к другим, но более древним зонам подобного характера. Были выделены межконтинентальные шовные зоны, к которым был отнесен Альпийско-Кавказско-Гималайский горный пояс, расположенный на контактах ряда плит Евразии (на западе — также и Африки).

Сейчас мне кажется возможным еще полнее развить эти представления. Ведь необходимо учесть, что все процессы раскрытия океанических бассейнов, рифтогенеза срединно-оceanических хребтов, надвига или подвига континентальных и материковых плит и т. д. происходили, судя по всем имеющимся историко-геологиче-

ским данным, в основном на протяжении кайнозойской эры, т. е. в рамках второго макроцикла геоморфологического этапа в истории Земли. Это был вместе с тем период проявления различных фаз альпийского орогенеза. А ведь именно с этим последним циклом крупных тектонических движений земной коры мы обычно связываем новейшее горообразование. Таким образом, изложенные выше соображения дают основание по-новому взглянуть на содержание самого понятия «альпийский орогенез» и его роль в формировании современного горного рельефа.

Конечно, следует учитывать, что геологический возраст основных континентальных плит, слагавших еще Пангею, довольно велик и, безусловно, выходит за пределы альпийского орогенеза. Более того, необходимо считаться с тем, что между некоторыми такими плитами расположены древние (доальпийские) складчатые зоны, которые вполне возможно трактовать как обширные межконтинентальные шовные зоны доальпийского возраста. Таковы, например, герциниды Урала и Казахстана, отделяющие Европейскую плиту от Сибирской, или герциниды Средней Европы, расположенные, вероятно, также в пределах древней шовной зоны между Европейской и Африканской плитами. Конечно, разъяснить характер этих земных швов и условия их образования — очень трудная задача, выходящая за рамки исследования современного рельефа.

Однако с самим фактом существования таких древних (доальпийских) межконтинентальных шовных зон необходимо считаться, так как многие из них были в значительной своей части вовлечены позднее в альпийский орогенез и послужили как бы основой для создания современных горных сооружений. Это обстоятельство, видимо, очень резко отличает внутриконтинентальное альпийское горообразование от океанического. За пределами Тихоокеанского талассократона последнее происходило, можно сказать, на «чистом месте» (на океанической земной коре) и создавало относительно простые морфоструктуры в отличие от континентального горообразования с различной геоструктурной предысторией.

Таким образом, исходя из теории глобальной тектоники плит, можно выделить следующие наиболее важные события, произошедшие в течение среднего макроцикла геоморфологического этапа истории Земли:

1) горизонтальные перемещения (дрейф) континентальных плит (материков) и образование (раскрытие) океанических бассейнов;

2) альпийское горообразование, которое в значительной мере являлось следствием указанных выше событий.

Важнейшими геотектурными образованиями, возникшими в ходе раскрытия океанических бассейнов, являются срединно-оceanические хребты или, точнее, рифтовые зоны с прилегающими к ним подводными равнинами, плато и возвышенностями. Они образовались в условиях растяжения земной коры, местных тектонических деформаций и последовательных подводных вулканических эрупций.

Важнейшими геотектурными образованиями, возникшими в ходе дрейфа материковых плит, оказались новейшие горные сооружения в шовных зонах континентально-океанического и межконтинентального характера. Наиболее сильное проявление новейшее (альпийское) горообразование получило в Тихоокеанском пояссе (особенно в его западной части), а также в Евроазиатском пояссе, хотя конкретное выражение его было довольно различным. В значительной мере это зависело от характера соответствующей части шовных зон и их предшествовавшего развития. Так, в западной части Тихоокеанского поясса альпийское горообразование развились в континентально-океаническом шовном пояссе, вероятно в результате сильного сжатия земной коры, в ходе общего надвига Сибирской и Китайской континентальных плит (и их восточного мезозойского складчатого «нароста») на Тихоокеанскую океаническую плиту (талассократон). Здесь сформировалась крайне своеобразная переходная зона. Не менее своеобразная зона образовалась на востоке Тихоокеанского поясса, где шовная зона развилаась на контактах срединно-океанического хребта (и его талассогенных равнин) с северным и южным краями американских континентальных плит. Здесь также имели место сильное сжатие земной коры и энергичное горообразование (Кордильеры и Анды), происходившие в условиях западного дрейфа Америки и постепенного развития Восточно-Тихоокеанского океанического хребта и его рифтовой зоны.

Вероятнее всего, вся западная часть Евроазиатского горного поясса (т. е. Альпы, Карпаты, Балканы, Кавказ, Памир) сформировалась в относительно древней и, вероятно, очень своеобразной шовной зоне, которую можно отождествлять с Тетисом. Морфоструктурные особенности этой части горного поясса дают основание считать, что альпийское горообразование происходило здесь в условиях сильного сжатия земной коры. Возможно, что оно было вызвано северным дрейфом Африканской континентальной плиты и надвигом ее на океанические фрагменты Тетиса. На это указывают морфоструктурные особенности Альп, Карпат и Балкан.

Однако далее на восток по простиранию Евроазиатского горного поясса, в Гималаях и еще восточнее, характер современных горных сооружений существенно меняется. Это дает основание считать, что здесь менялась как общая структурная ситуация, в которой проявилось альпийское горообразование, так и характер его морфоструктурных стрессов. Особенное усложнение всех процессов формирования современного горного рельефа произошло в районах слияния Евроазиатского альпийского орогена с Западно-Тихоокеанским.

Очень важным оказалось и то, что основной ствол Евроазиатского поясса горообразования на одних участках «принимал», а на других «отдавал» крупные дополнительные боковые ветви. Так, например, в западной части с юга к нему подходила рифтовая зона Восточной Африки и Передней Азии; восточнее от того же основного ствола Евроазиатского поясса отделилась длинная ветвь альпийских горных сооружений Тянь-Шаня, Алтая и Южной Сибири,

которая в районе Байкала и северо-восточнее выражена внутриконтинентальной рифтовой зоной. Судя по морфоструктурным особенностям всей этой ветви, она развилась, видимо, путем подновления во время альпийского горообразования более древних структур доальпийской межконтинентальной шовной зоны.

Таким образом, ход развития ряда регионов Земли в свете теории глобальной тектоники плит позволяет в новом аспекте взглянуть на состав и образование основных элементов архитектуры Земли (геотектуры). Если это не приводит к коренному пересмотру наших прежних представлений о важной роли кристаллических щитов материковых платформ, слагающих континентальные плиты, то в отношении орогенных сооружений, возникших на месте различных шовных зон, а также применительно к геотектурам океанического дна мы находим совершенно новые подходы и толкования. Многие из них имеют еще, конечно, гипотетический характер, а в ряде случаев они вообще еще не найдены. Однако, несомненно, что во всей проблеме образования современной архитектуры Земли, рассматриваемой в свете теории глобальной тектоники плит, открываются совершенно новые и многообещающие перспективы.

Для подтверждения этих представлений был проведен опыт реконструкции схемы «Основные элементы геотектуры Земли» [Рельеф Земли, 1967]. Он был основан на использовании изложенного выше подхода к архитектурному анализу земной поверхности. Его основной задачей была разработка единой системы главных элементов архитектуры Земли, а результатом — выделение 15 главных элементов геотектуры, которым присвоены особые наименования. Ниже приводится их перечень с краткими пояснениями.

Кратоны. Этим термином Е. С. Хиллс [1954] обозначил «устойчивые блоки» в строении земной поверхности, по поводу которых он писал: «Кратонами называются относительно стабильные блоки, слагающие большую часть континентов и, возможно, океанические впадины... У самых крупных кратонов их центральные части, или ядра, сложенные докембрийскими породами, образуют обширные полого-выпуклые плато, которые называются щитами...» [Словарь общегеографических терминов, 1975, с. 249].

В нашем толковании кратоны представляют собой сохранившиеся в современном рельефе крупные фрагменты базальной поверхности выравнивания, или глобального мезозойского пенеплена, выработанного в древнейших кристаллических породах. С геотектонической точки зрения это древние кристаллические массивы, разбитые тектоническими разломами. Пример: Балтийский массив, Канадский щит и др.

Мобилтоны. Новый термин, предлагаемый для обозначения сохранившихся в современном рельефе фрагментов древнего пенеплена, который был выработан в складчатых поясах домезозойского возраста. Слог «тон» (греч. tonos) обозначает натяжение или напряжение; слог «мобил» подчеркивает быструю высокую подвижность (мобильность) этих геотектурных элементов, не «потухшую» в известной мере в течение геоморфологического этапа развития

Земли. В свете теории глобальной тектоники плит такие геотектурные элементы сформированы в границах древних межконтинентальных шовных зон, слабо вовлеченных в альпийский орогенез. Они характеризуются определенным набором морфоструктур (структурные горные гряды, межгорные депрессии и т. д.). Пример: Урал, Аппалачи и др.

Блокогены. Новый термин, предлагаемый для обозначения тех мобилтонов (фрагментов глобального пленена, выработанного в древних складчатых поясах), которые благодаря своему географическому расположению были вовлечены в альпийский орогенез, но испытали лишь блоковую (глыбовую) деформацию. Этим определяется их наименование. Для них характерны определенные морфоструктуры: плоскогорные горстовые массивы, грабеновые котловины и др. Пример: горы Средней Европы и др.

Платогены. Новый термин, предлагаемый для обозначения континентальных геотектур, характеризующихся денудационно-ярусным рельефом, т. е. развитием системы геоморфологических уровней (поверхностей выравнивания), образовавшихся в течение среднего, т. е. кайнозойского, цикла геоморфологического этапа. С геотектонической точки зрения они свойственны различным частям древних платформенных областей с осадочными или эфузивными покровами, испытавшими новейшие поднятия и пологие деформации. Пример: Русская равнина, плато Парижского бассейна и др.

Пленогены. Новый термин, предлагаемый для обозначения континентальных геотектур, сформировавшихся в течение последнего (четвертичного) цикла геоморфологического этапа истории Земли в виде различных террасированных аккумулятивных равнин. С геотектонической точки зрения они свойственны древним платформам, испытавшим новейшие опускания и пологие деформации и перекрытые молодым осадочным покровом. Пример: равнины Средней и Северной Европы, Западно-Сибирская равнина, Прикаспийская низменность и т. д.

Шельфы. Окраинные части современных континентов различного морфоструктурного характера, в различной степени преобразованные новейшими тектоническими движениями и волновыми процессами.

Палеооргены. Новый термин (трансформация традиционного), предлагаемый для обозначения континентальных геотектур, которые характеризуются сложными сводово-складчатыми морфоструктурами, существенно осложненными развитием кайнозойского денудационно-ярусного рельефа (систем поверхностей выравнивания). В свете теории глобальной тектоники плит эти геотектуры образовались в древних континентально-океанических шовных зонах, испытавших доальпийское (мезозойское) складкообразование, а также вовлеченных в альпийское горообразование, но в силу своего географического расположения в относительно слабой степени. Пример: горы Северо-Востока Сибири, внутренние (континентальные) зоны Кордильер и Анд и др.

Орогены. Традиционный термин (орогенезис, т. е. горообразование), который используется для обозначения крупных континентальных геотектур, характеризующихся сложными надвигово-складчатыми и блоковыми морфоструктурами, сформированными в течение альпийского горообразовательного этапа. В свете теории глобальной тектоники плит, эти геотектуры возникли в молодых континентально-океанических шовных зонах, подвергшихся интенсивному альпийскому горообразованию. Они характеризуются большой мозаичностью строения: преобладают континентальные морфоструктуры, но включены и фрагменты океанических. Пример: Альпийско-Кавказское Средиземноморье и др.

Эпиорогены. Новый термин (трансформация традиционного), предлагаемый для обозначения континентальных геотектур, которые образовались из древних мобилтонов и обладают сложной сводово-глыбовой современной морфоструктурой. С точки зрения теории глобальной тектоники плит, эти геотектуры образовались в межконтинентальных шовных зонах, испытавших наряду с древней складчатостью также и интенсивное альпийское горообразование. Пример: Тянь-Шань и др.

Неоорогены. Новый термин (трансформация традиционного), предлагаемый для обозначения комплекса континентальных и океанических морфоструктур, характеризующих современные континентально-океанические шовные зоны (островные, горные и вулканические сооружения, глубоководные желоба и т. д.). В свете теории глобальной тектоники плит они могут рассматриваться как зоны субдукции и обдукции и области современного (позднеальпийского) горообразования. Пример: Западное Протихоокеанье, внешние (береговые) зоны Кордильер и Анд и др.

Палеорифты. Новый термин (трансформация традиционного), предлагаемый для обозначения комплекса континентальных глыбово-впадинных морфоструктур, характерных для древних межконтинентальных консолидированных шовных зон, вовлеченных в интенсивное альпийское горообразование. Пример: Байкальская рифтовая зона.

Рифты. Традиционный термин (рифт — расселина, трещина), употребляемый в соответствии с современной практикой для обозначения комплекса океанических морфоструктур, характерных для современных срединно-океанических хребтов. Пример: Атлантический срединно-океанический хребет и др.

Неорифты. Термин того же характера, употребляемый для обозначения комплекса континентальных горно-впадинных морфоструктур, характерных для межконтинентальных и континентально-океанических шовных зон. Пример: Восточно-Африканская рифтовая зона.

Талассократоны. Новый термин (трансформация традиционного), предлагаемый для обозначения комплекса океанических морфоструктур, характерных для наиболее древней западной части дна Тихого океана.

Талассогены. Термин того же характера, предлагаемый для об-

значения комплекса океанических морфоструктур, характерных для большей части дна Атлантического, Индийского и других океанов. В свете теории глобальной тектоники плит эти морфоструктуры образовались в процессе спрединга дна современных океанов.

Как видно из приведенных характеристик выделяемых главных элементов архитектуры Земли (геотектур), каждый из них обладает своим характерным комплексом (набором) морфоструктурных образований. Такая тесная (генетическая) взаимосвязь геотектур с морфоструктурами, с одной стороны, подтверждает правомочность выделения перечисленных геотектур, а с другой — создает основу для построения общей системы геоморфологических классификационных единиц.

Глава 10

ГЛОБАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЦЕССОВ ГОРООБРАЗОВАНИЯ¹⁶

Исходя из геоморфологического понимания межплитных шовных зон, изложенного в главах 8 и 9, современные аспекты процессов глобального горообразования должны быть связаны преимущественно с рассмотрением их геодинамических особенностей.

Этим особенностям теория тектоники литосферных плит уделяет особенно большое внимание, причем часто очень непосредственно связывает их с процессами орогенеза. Так, например, в статье А. Спенсера «Анализ собранного материала» [1977] прямо говорится, что «многие складчатые области можно классифицировать в соответствии с моделями, вытекающими из теории тектоники плит, хотя еще и не дано объяснение для значительной части истории их тектонического развития» (с. 454).

Дж. Дьюи и Дж. Берд [1974а] выделяют следующие главные типы горно-складчатых областей: островные дуги, горные пояса типа Кордильер, области, возникающие при столкновении континентов. В завершающем их статью резюме¹⁷ они пишут, что, если глубоководный желоб формируется на окраине континента или вблизи него, поглощая литосферу со стороны океана (т. е. при процессах субдукции). — И. Г.), горный пояс (типа Кордильер) растет в основном благодаря термальным процессам, связанным с подъемом магматического материала. Если происходит столкновение континентальной окраины с островной дугой или с другим континентом, то горный пояс развивается в основном благодаря механическим процессам. В месте столкновения континента и островной дуги формируются небольшие горы, а на океанической стороне островной дуги развивается новый глубоководный желоб. Там же,

¹⁶ В этой главе использованы материалы статьи о глобальных аспектах теории горообразования [Герасимов, 19816].

¹⁷ В русском переводе это резюме не приводится.

где сталкиваются два континента, образуются большие горы, а зона желоба, поглощающая плиту, заменяется широкой зоной деформации. Эти горные пояса не имеют парных метаморфических зон; они характеризуются единым преобладающим направлением надвигов и синорогеническим перемещением вещества в сторону от того места на подвинутой плите, где раньше был желоб [Dewey, Bird, 1970].

Особый интерес, с рассматриваемой точки зрения, представляют выделение и характеристика процессов и явлений, свойственных так называемым конструктивным и деструктивным границам литосферных плит. Сравнительное описание ихдается в коллективном труде К. Ле Пишона, Ж. Франшто и Ж. Боннина [1977]. Наиболее простая и обоснованная модель предлагается ими для конструктивных границ литосферных плит в рифтовых зонах срединно-океанических хребтов, т. е. для зон спрединга. Эта модель исходит из представления о таком типе относительного движения (раздвижения) границ двух плит, при котором образующееся пространство и время достаточны для симметричного формирования новой литосферы. Поверхность дна океана в этом случае формируется восходящим течением астеносферы между двумя расходящимися границами плит в условиях постепенного кондуктивного остывания вещества и изостатического выравнивания новых участков плиты. Этим и определяется общая выровненность океанического дна, хотя благодаря большому остаточному нагреву при рифтовой зоне оно здесь всегда приподнято по сравнению с более удаленными участками. Кроме того, неравномерное остывание базальтовых толщ, слагающих океаническое дно, создает в них определенные напряжения и является причиной появления трещин и расколов (в том числе трансформных, со сдвигами), по которым может подниматься вещество астеносферы, формируя вулканические возвышенности.

Деструктивными границами плиты были названы линии относительного движения литосферных плит, на которых происходит асимметричное разрушение земной поверхности при их соприкосновении. Эти процессы имеют место при субдукции. По разработкам Ле Пишона и его соавторов, развивающиеся на деструктивных границах процессы в основном определяются термодинамической эволюцией подвигающихся плит. Геоморфологические результаты этих процессов различны в зависимости от характера самих плит. Так, при взаимодействии двух океанических плит в зоне их контакта формируется система глубоководный желоб — островные дуги, при надвиге материка на океан — система глубоководный желоб — кордильера. Наконец, при подвиге океанической плиты под материк возникают более сложные образования и зона их проявления становится особенно широкой.

Эти общие геодинамические представления базируются, с одной стороны, на анализе реальных морфологических особенностей зон субдукции (например, на западной и восточной окраинах Тихого океана), а с другой — на теоретических расчетах и моделях.

Я не буду их излагать подробнее, однако рассмотрю один из вопросов, освещенных в этом труде.

Речь идет о тех морфологических проявлениях, которые могут (должны) иметь место «позади» деструктивных границ плит. Среди этих проявлений важное место занимают впадины окраинных морей с океанической корой, расположенные среди материковых площадей с корой континентального и переходного типов. Их образование, естественно, следует считать показателем растяжений земной коры. Однако, как пишут авторы, ссылаясь на работы Мак-Кензи (1968—1969 гг.), «может показаться парадоксальным, что большинство тектонических процессов вблизи деструктивной границы плит и позади нее связано преимущественно с растяжением (а не сжатием.—И. Г.)... Между тем это логично, если отдавать себе отчет в том, что поддвигание одной плиты под другую вдоль плоскости разлома совсем не обязательно означает существование (лишь одних.—И. Г.) сильно сжимающих напряжений в плитах» [Мак-Кензи, 1977, с. 248].

Надо подчеркнуть, что проблема происхождения впадин окраинных морей уже давно привлекала внимание многих исследователей. Выдвигались различные взгляды на их образование, среди которых преобладало, как указывалось выше, представление о процессах погружения соответствующих участков континентальной земной коры с их последующей базификацией или океанизацией — превращением в океаническую кору [Белоусов, 1968]. Однако Дж. Кариг [1974] выдвинул так называемую диапировую модель образования впадин окраинных морей, сущность которой он излагает так: «Растяжение коры позади островных дуг является... отражением активной инъекции вещества (мантийного.—И. Г.) под междуговым бассейном», т. е. действуют «силы всплыивания поднимающегося диапира» (с. 280), состоящего из расплавленного вещества, образованного из подвинутой пластины земной коры. При этом отмечается, что «вполне возможно также, что растяжение коры междуговых бассейнов и появление подстилающего мантийного диапира... способствуют образованию дугообразной формы островных дуг» (с. 286).

Геологический и геофизический аспекты вопроса о конструктивных и деструктивных границах литосферных плит изложены мной для того, чтобы показать, насколько важными могут быть геоморфологические выводы (имеющие прямое отношение к общей теории горообразования), основанные на анализе геодинамических процессов, происходящих на дне современных океанов и на их окраинах. При этом, естественно, возникает вопрос о возможности использования приведенных выше и других геодинамических построений также и для объяснения процессов горообразования на материках. Иначе говоря, вопрос о том, можно ли закономерности, установленные в океанических и континентально-оceanических шовных зонах, переносить на межконтинентальные. При его рассмотрении мы сталкиваемся со сложной проблемой геосинклиналей и ее связи с теорией тектоники плит и вопросами горообразования.

Полное изложение сущности теории геосинклиналей и ее современного состояния [Обуэн, 1967; и др.] в рамках настоящей главы, конечно, невозможно, да и не нужно, поскольку нас интересует лишь геоморфологический аспект этой теории. Однако нельзя не напомнить, что в развитии современных взглядов на геологическую историю земной сушки теория геосинклиналей, выдвинутая еще во второй половине прошлого столетия, сыграла огромную роль, аналогичную той, которую сыграла теория спрединга в концепции тектоники литосферных плит. Именно на ее основе вся земная суша стала подразделяться на более стабильные (щиты и платформы) и более мобильные (складчатые и подвижные пояса) части, геологическое развитие которых шло разными путями.

Как известно, теория геосинклиналей дает объяснение различным формам интенсивных дислокаций в горных породах складчатых поясов (собственно тектогенез), закономерностям фациального изменения горных пород в пределах этих поясов (флиш — молассы, интрузивные тела и эфузивы) и проявлениям в ходе эволюции геосинклиналей процессов горообразования (орогенеза). Однако последние процессы уже давно перестали считаться присущими только геосинклинальным поясам. Наряду с геосинклинальным орогеном в геотектонике выделяют и эпиплатформенный ороген.

В теории геосинклиналей очень важное место занимает рассмотрение их эволюции во времени — геосинклинальных циклов, в каждом из которых обычно различаются три главные стадии: зарождение, развитие и замыкание. Именно последняя стадия, отмеченная накоплением молассовых толщ горных пород, считается, как правило, орогенной (рис. 36).

Весьма важным аспектом этой же теории является также разделение всей геосинклинальной области по крайней мере на два различных типа — эвгеосинклинальный и миогеосинклинальный. Для геоморфологов это разделение представляет особый интерес, так как оно как бы перекидывает мост между процессами, происходящими в геосинклиналях, и процессами, свойственными деструктивным краям литосферных плит. Как известно, эвгеосинклиналью называется та часть (или тип) подвижного складчатого пояса, которая была или центральной, или приокеанической частью всей области, а миогеосинклиналью — краевая, или приматериковая часть.

Многие современные исследователи считают возможным проводить почти полную аналогию между геосинклинальными областями и окраинными зонами океанов. Так, например, западная, а также восточная краевые части Тихого океана часто определяются как современные геосинклинали (см.: [Тектоника Евразии, 1966]). Если принять во внимание частую встречаемость в горных породах геосинклинальных (эвгеосинклинальных) областей комплексов ультраосновных пород, известных под названием офиолитовых, то такая аналогия приобретает особое значение. Многие ученые считают, что по своему составу офиолитовые комплексы сходны со слоями океанических структур, участвующих в строении и разви-

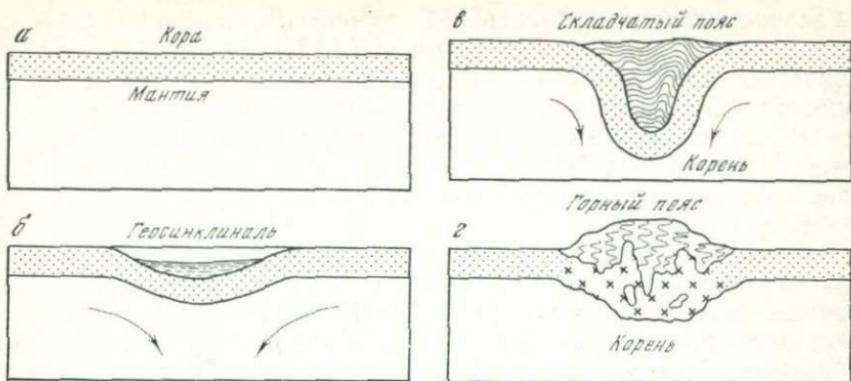


Рис. 36. Тектоническая теория горообразования [Garrels, Mackenzie, 1971]

a — пластичная кора, перекрывающая текучую мантию (в современном понимании — литосфера, залегающая над астеносферой); *б* — медленная конвекция, повлекшая за собой формирование геосинклиналей; *в* — быстрая конвекция, обусловившая сильное погружение, складчатость геосинклинальных осадков и развитие «корня» гор; *г* — плавление нижней части тектогена с формированием гранитов. Прекращение конвекции и всплытие участка утолщенной коры, сложенного складчатыми толщами и прорванного интрузиями гранитоидов

тии более молодых геосинклинальных зон. Существование современных впадин внутренних морей с океанической корой в Альпийском (Средиземноморском) подвижном поясе (многие части Средиземного, Черного и Каспийского морей) как бы подтверждает правомерность такого взгляда. Тем самым еще более укрепляется мост между двумя теориями — геосинклинальной и литосферных плит. Однако при подобном сопоставлении, проводимом в геоморфологическом аспекте, все же никак нельзя забывать о существенных различиях континентально-оceanических и межконтинентальных шовных зон.

Как мне представляется, такое различие далеко не всегда учитывается, и общие модели океанического спрединга и субдукции, свойственные океаническим и континентально-оceanическим зонам, автоматически переносятся adeptами теории литосферных плит и на межконтинентальные шовные зоны. Примером могут служить представления Дж. Дьюи и Дж. Берда [1974] и У. Диккинсона [1974]. Эти авторы пишут, что плиты существуют уже по крайней мере миллиард лет, что орогенические пояса возникли в результате их движения и что доорогеническая «геосинклинальная» аккумуляция осадков происходила в той обстановке, которая известна сейчас в океанах и на окраинах континентов.

Исходя из такого представления и были разработаны модели, предусматривающие следующие этапы образования «апаратектонического» орогена: раскрытие океанического дна (спрединг) и аккумуляция осадков (в грабенах, на континентальной террасе и у континентального подножия); поглощение плиты в зонах Беньофа — Заварицкого (субдукция), разогрев материала и образование (на переднем крае надвинутой плиты) «ортотектонического орогена»;

замыкание океана и образование «паратектонического орогена». Исходя из этой модели, Дж. Дьюи и Дж. Берд указывают, что они полностью отвергают «обычно принимаемое представление о заложенных целиком на сиалической коре миогеосинклинальных — эвгеосинклинальных парах, лежащих между стабильными форландами» [Дьюи, Берд, 1974, с. 190]. По моему мнению, подобное утверждение и изложенная выше модель чрезмерно упрощают всю проблему.

Значительно более разработан этот же вопрос Л. П. Зоненшайном, являющимся последовательным сторонником теории литосферных плит. Л. П. Зоненшайн и О. Г. Сорохтин [1979] анализируют возможность трактовки учения о геосинклиналях с позиции мобилизма. Исходя также из чисто актуалистического подхода (рассматривая деструктивную границу плит как современную геосинклиналь), они, однако, считают необходимым использовать не одну универсальную модель, как это делают Дж. Дьюи и Дж. Берд. Л. П. Зоненшайн, например, различает по крайней мере пять соответствующих типов геодинамической обстановки: островодужный, андийский, невадийский, калифорнийский, альпийский. К ним добавляются еще различные типы столкновения континентов.

Подобные геодинамические разработки, конечно, очень интересны. Однако в них надо, по моему мнению, в значительно большей мере вводить историко-геологический фактор и, используя его, корректировать (а может быть, и трансформировать) слишком «лобовой» актуалистический подход.

В целом, по современным взглядам геофизиков, анализирующих геодинамические процессы в континентально-океанических зонах, система глубоководный желоб — кордильера (реальный пример — восточная краевая зона Тихого океана) образуется при надвиге материка на океан. Здесь, вблизи деструктивной границы материевой плиты, имеют место вертикальные поднятия и накопление деформированных осадков (т. е. создаются «кордильеры» — горные хребты из осадочных пород).

Значительно более сложная схема геодинамических процессов предусматривается геофизиками для моделей столкновения двух континентальных литосферных плит (т. е. для межконтинентальной шовной зоны). Такие модели интересны тем, что еще более непосредственно, чем рассмотренная выше система глубоководный желоб — кордильера, стремятся дать геодинамическое объяснение вообще возникновению обширных горных складчатых поясов. Некоторые из геофизиков считают, что с точки зрения тектоники плит горные пояса должны развиваться вдоль систем желоб — островная дуга и желоб — кордильера вследствие механической и геотермической эволюции, а также в результате поглощения промежуточной плиты (подстилающей океан) повсюду, где плита, подстилающая материки или островную дугу, сталкивается с островной дугой или плитой, подстилающей материки. Процесс эволюции складчатых поясов может быть даже еще более сложным, если несколько последовательных этапов образования деструктивной

границы плит и последующих столкновений происходили внутри одной зоны поглощения. Последняя оговорка очень важна.

Изложенный взгляд на подвижные складчатые пояса как сложно построенные и длительно развивающиеся системы взаимодействия крупных океанических и континентальных литосферных плит позволяет согласовать, казалось бы, альтернативные теории геосинклиналей и тектоники литосферных плит. В самом деле, геофизические модели, опирающиеся на представления тектоники плит, в настоящее время несколько умозрительны. Теория же геосинклиналей, как известно, развивалась на совершенно иной методологической основе; она является продуктом индуктивного обобщения огромного фактического материала. Но ведь обе концепции в конце концов касаются одного предмета и каждая из них в определенном отношении справедлива. Отсюда вытекает очень важный вывод: на настоящем уровне наших знаний совершенно необходим творческий синтез обеих теорий. По моему мнению, такой синтез, по крайней мере в геоморфологическом аспекте, вполне возможен.

Можно предположить, что орогенная (а не складчатая) стадия в эволюции геосинклинальных областей является в конечном счете заключительным результатом надвигания одной литосферной (континентальной) плиты на другую. При этом представляется обязательным включение в этот процесс промежуточной (межконтинентальной) зоны с океанической корой, как это и предусматривается геофизической моделью. Конечно, общая структура такой промежуточной зоны (эвгеосинклинальной или миогеосинклинальной) может быть очень разнообразной, особенно если учесть ее долговременное существование на месте глубинного разлома и сложные пути длительной геологической эволюции. Отсюда и происходят часто совершенно индивидуальные черты геологического строения и геоморфологии горно-впадинных сооружений, образованных в подвижных поясах. Однако роль исходных тангенциальных напряжений при таких горообразовательных процессах (которые должны порождать и вертикальные движения) кажется неоспоримой [Герасимов, Лилиенберг, 1984].

И. И. Белоостецкий [1978], основываясь на результатах собственных исследований (главным образом в Динаридах) и обобщении литературных материалов (преимущественно по Альпам), рассмотрел в опубликованной им монографии вопрос о роли крупных шарьяжей (покровов) в геологическом строении Альпийского складчатого пояса. Их роль неоднократно подчеркивалась и ранее в ходе регионально-геологических исследований, особенно в Альпах — стране классических надвигов. В указанной работе И. И. Белоостецкого доказываются, по существу говоря, три основных положения: 1) представление о ведущей роли в образовании шарьяжей (покровов) «крупных сколовых пластин»; 2) положение о том, что «шарьяжи являются непременным атрибутом геосинклинальной тектоники» (с. 218); 3) главное (с геоморфологической точки зрения) заключение о том, что наиболее интенсивное «шарирован-

ние... соответствует последним стадиям собственно геосинклинального этапа и переходу к орогенному этапу развития» (с. 217).

Поскольку формирование шарьяжных покровов не может не являться непосредственным результатом тангенциальных напряжений (движений) в земной коре, то в своей концепции развития тектонических покровов И. И. Белостоцкий позитивно использует теорию тектоники литосферных плит и считает возможным согласование ее с теорией геосинклиналей. В его труде приводится общая схема излагаемой концепции, однако мы не видим в ней того проявления тектогенеза в межконтинентальной шовной зоне, которое легко можно интерпретировать в геоморфологическом плане.

В 1978 г. я опубликовал статью «Эволюция взглядов на формирование геотектоники Западных (Французских) Альп». В ней показано, что современный (повторный) сдвиг взглядов французских геологов в сторону «покровной тектоники», обусловленный признанием теории литосферных плит, имел своим следствием очень интересные выступления французских геологов и геоморфологов (например, И. Бравара и Ж. Дебельма). Они отмечали, что теория плит позволяет многое проверить и даже открыть новое в альпийской геоморфологии. Более того, как я подчеркнул в указанной статье, теория плит в приложении к Альпам создает структурное (геоструктурное) единство между крупными элементами морфоструктур, что совершенно отсутствовало в прежних представлениях французских геоморфологов.

Должен сказать, что подобные изменения взглядов можно констатировать и в ряде региональных геолого-геоморфологических работ по другим, менее классическим шарьяжным районам альпийского орогенного пояса. В частности, это относится к Центральной Азии, для которой геологи и геофизики в настоящее время констатируют грандиозные процессы поддвигового «скучивания» земной коры в межконтинентальной (Евразиатско-Гондванской) шовной зоне¹⁸. Грандиозность масштабов орогенных сооружений в этой области, конечно, уникальна и требует новых смелых трактовок.

Однако вернемся к более общему вопросу о взаимоотношениях геосинклинальной теории и теории литосферных плит. Как следует из сказанного выше, с геоморфологической точки зрения (как и с геофизической и отчасти с геологической) они кажутся вполне совместимыми. Это уже было видно из геофизической трактовки взаимодействия деструктивных краев плит и геологической трактовки теории покровной тектоники или скучивания земной коры. Однако два важных вопроса все же заслуживают особого рассмотрения. Один из них касается роли плутонов в формировании гор, особенно их «ядер», на общем фоне геосинклинальной структуры (как,

¹⁸ См., например, сборник «Тектоническое развитие земной коры и разломы» [1979], в котором особенно интересны с рассматриваемой точки зрения статьи Н. А. Богданова о тектоническом скучивании коры в океанах, В. Г. Трифонова о взаимодействии континентальных плит в условиях сжатия и М. В. Муратова о межплатформенных системах глубинных разломов и сопровождающих их складчатых структурах Центральной и Юго-Восточной Азии.

например, на Кавказе), другой относится к образованию межгорных и предгорных впадин (прогибов).

Как уже было отмечено при рассмотрении геодинамических процессов, развивающихся на деструктивных краях литосферных плит, в широкой зоне, «позади» их непосредственного контакта, общий стресс геодинамических напряжений естественно должен приводить к вертикальным тектоническим движениям отдельных участков земной коры, т. е. к поднятиям и опусканиям. В сущности, то же самое должно происходить при формировании покровных сооружений в условиях глубинных поддвигов в геосинклинальных зонах со сложным строением (эвгеосинклинальным и миогеосинклинальным). Здесь дифференцированные движения земной коры также должны закономерно сочетаться с вертикальными. Поэтому гранитные плутоны, интрудированные в толщу осадочных отложений, могли (должны были) в условиях общего сжатия, особенно на стадии «замыкающего» (геосинклинального) орогенеза, как бы выталкиваться вверх. Таким образом, формирование гранитных «ядер» при геоантиклинальной структуре горных хребтов оказывается вполне закономерным.

Сложнее обстоит дело с формированием межгорных и предгорных впадин (прогибов). И здесь нам приходится остановиться на проблеме рифтогенеза как на еще одной и крайне важной форме проявления процессов горообразования [Зоненшайн и др., 1977; Логачев, Флоренсов, 1977; Милановский, 1977; и др.].

При описании срединно-океанических хребтов я уже упоминал приподнятые фланги рифтовых долин. Речь шла об осьях океанического спрединга, представленных длинными и узкими впадинами, окаймленными наклонными подводными горными массивами, обычно рассеченными трансформными разломами на отдельные блоки, сдвинутые по отношению друг к другу. Все эти горные сооружения сложены океаническими базальтовыми лавами. Это совершенно особые океанические рифты.

Общеизвестны также материковые рифты, расположенные в Восточной Африке, в Байкальской зоне, в долине Рейна. Они представляют собой системы расколов на материках, имеющих характер нормальных сбросов, но обычно отмеченных различно выраженным вулканизмом (в Африке буквально залитые лавами). Считается, что их расположение и образование связаны с существованием очагов разогретого и приближенного к земной поверхности чистого вещества, а также с областями ясно выраженного растяжения земной коры. От океанических рифтов материковые образования отличаются отсутствием или очень слабо выраженным проявлением процессов спрединга и другими особенностями.

В новейшей геологической литературе ясно проявляется тенденция к широкому использованию понятия «рифт» как при региональных исследованиях, так и в теоретических обобщениях. Речь идет о «рифтогенезе», т. е. формировании в различное геологическое время главным образом материковых зон растяжения земной коры, отмеченных системами впадин и разделяющих их глыбовых

(блоковых) горных массивов. Представления о рифтогенезе используются и при исследовании тех частей материков, которые или как бы находятся в стадии современной геосинклинали (впадины внутренних морей периоокеанических зон, например, на западе Тихого океана), или же пережили геосинклинальный орогенез (межгорные впадины или впадины внутренних морей средиземноморского типа). Таким образом, понятию «рифтогенез» придается в настоящее время широкий смысл, хотя его широкая трактовка не всегда сопровождается анализом геофизических особенностей соответствующих морфоструктур. Но историко-геологические аргументы обычно бывают налицо.

Все изложенное дает основание для выделения особой формы горообразования, проявляющегося в виде как типичных рифтов срединно-океанических хребтов, так и материковых рифтов, связанных с проявлениями (с различной степенью выраженности) рифтогенеза в материковых районах. В отличие от процессов формирования типичных океанических рифтовых сооружений их можно называть «рифтогенными».

Попробуем подвести общие итоги всему сказанному выше. Хорошо известно, что уже на заре развития геоморфологии (когда она являлась еще только орографией) было принято различать три главных типа гор: складчатые, глыбовые и вулканические (куполовидные). Очевидно, что такое общее разделение горных сооружений, хотя оно всегда очень сильно усложнялось выявлением большого числа переходных или смешанных типов, было основано на большом эмпирическом материале. Примерно то же можно сказать и о трех генетических типах гор: геосинклинальных (орогенных), эпиплатформенных (возрожденных) и более универсальных — вулканических. Впрочем, глубоководно-океанические варианты последних, конечно, необходимо даже при самом общем подходе отличать от материковых.

Однако насколько схематичной и бедной по своему морфологическому и генетическому содержанию кажется нам эта классическая схема разделения гор в свете современных геоструктурных и геофизических представлений. Поэтому одной из самых актуальных проблем геоморфологии и является разработка современной общей теории горообразования, соответствующей по своему потенциалу уровню геологических и геофизических представлений нашего времени.

Вероятно, эта задача должна разрешаться прежде всего путем разработки современной типологии горных сооружений, для чего необходимо теоретическое обобщение материала конкретных региональных исследований. Только на этом пути мы можем охватить новой системой все реальное многообразие горных сооружений и как-то обобщить (типизировать) их различные индивидуальные черты. Такой путь творческой научной мысли в геоморфологии уже существует, но его следует всячески активизировать, расширять и ускоренно развивать.

Именно с такой целью мы закончим настоящую главу перечислением геоморфологических поясов, зон и областей современной земной поверхности, в которых имеют место различные проявления процессов горообразования¹⁹.

Океаническое дно. Рифтовые срединно-океанические хребты; рифтовые сооружения трансформных разломов; горообразование на талассогенах; горообразование (рифтогенез) на талассократонах; надводные и подводные вулканические сооружения (одиночные и гряды); гайоты и надстроенные кораллами подводные и надводные сооружения (атоллы) и др.

Континентально-океанические шовные зоны. Глубоководные желоба и окаймляющие их поднятия; горные сооружения (вулканические и др.) островных дуг; кордильеры; рифтогенные возвышенности и котловины окраинных морей и др.

Межконтинентальные шовные зоны. Складчато-покровные и складчато-глыбовые горные сооружения; глыбовые (рифтогенные) горные сооружения; вулканы и вулканические плато и др.

Континентальные щиты и платформы. Рифтогенные материко-вые сооружения; остаточные горы; возрожденные горные сооружения; вулканические купола и плато (нагорья) и др.

Глава 11

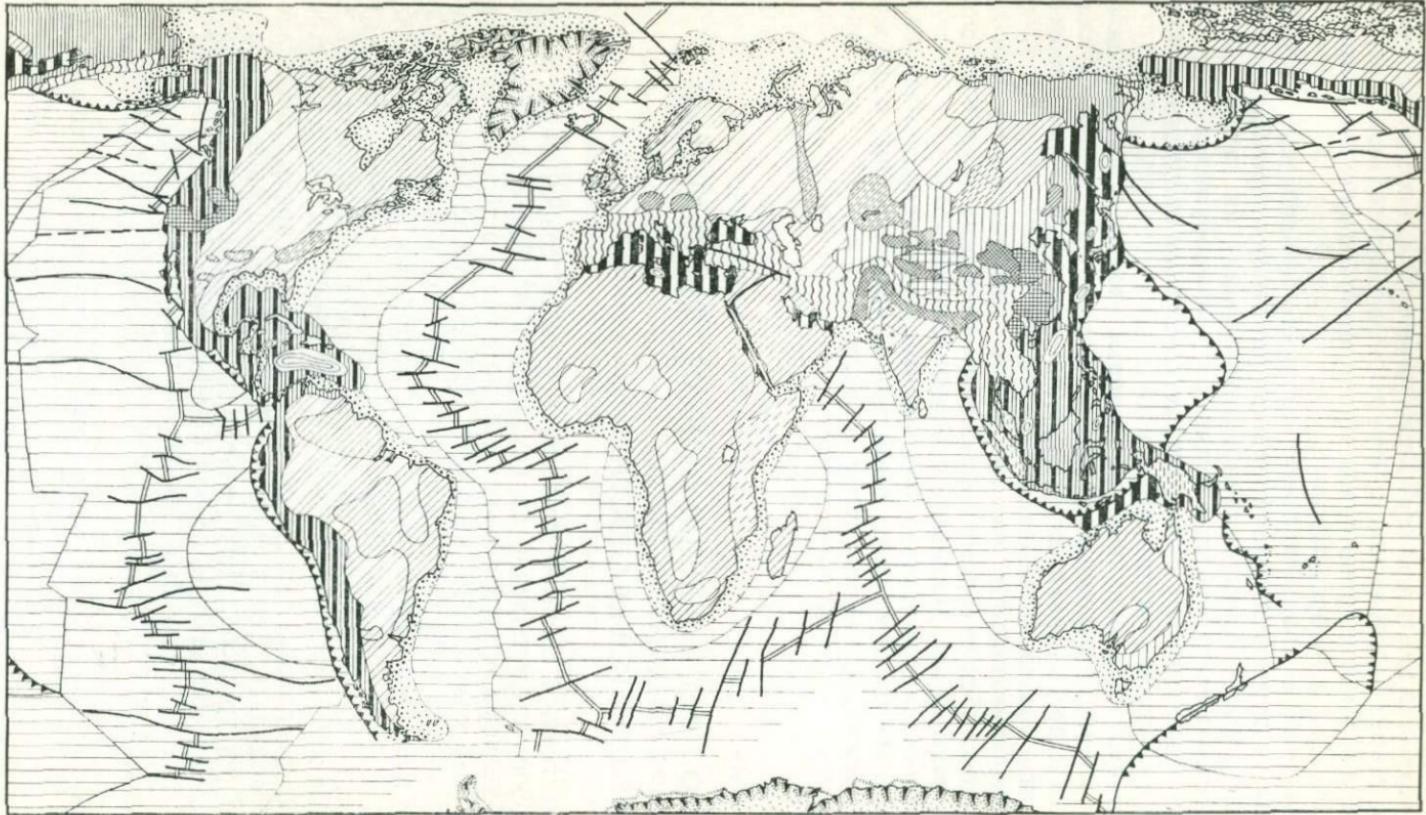
ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЩЕЙ ТЕОРИИ ОБРАЗОВАНИЯ РЕЛЬЕФА ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ²⁰

Тема настоящей главы — объяснение в свете современных геодинамических представлений происхождения наиболее крупных элементов рельефа земной поверхности, которые я в свое время предложил [Герасимов, 1946] называть глобальными элементами архитектуры Земли (или текстурами) в отличие от морфоструктур как региональных и морфоскульптур как локальных элементов. Появление в науках о Земле теории тектоники литосферных плит открывает, по моему мнению, совершенно новые возможности прежде всего для научного истолкования первой категории этих элементов.

Такая разработка, как видно из содержания предыдущих глав, уже проводилась. Еще в середине 70-х годов было выдвинуто разделение текстур глобального рельефа на основные типы и использована для их обозначения особая номенклатура [Герасимов, 1976]. Затем это разделение было дополнено некоторыми горными текстурами [Герасимов, 1981б], а в настоящей главе приводится еще

¹⁹ Для группировки различных горных сооружений использована номенклатура геотекстур, предложенная мною ранее [Герасимов, 1976].

²⁰ В основу главы положен модернизированный текст моей статьи, опубликованной в журнале «Изв. АН СССР. Сер. геогр.» [1982, № 5].



- | | | | | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 |
| 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |

более полная система, иллюстрированная общей картосхемой (рис. 37).

Все текстуры Земли разделены на три главные группы: текстуры континентальных плит (геотекстуры), текстуры шовных зон (мобилгены и орогены), текстуры океанических плит (талассотекстуры).

Первые из них — геотекстуры континентальных плит — разделены на пять главных типов: древние (кристаллические) ядра континентов — **геократоны**; денудационные платформенные возвышенности континентов — **платооры**; аккумулятивные платформенные равнины и низменности континентов — **пленогены**; возрожденные (под влиянием новейшего горообразования) платформенные возвышенности — **параплатооры**; древние (остаточные) горно-складчатые горы — **палеорогены**.

Текстуры шовных зон континентально-оceanического характера я назвал **мобилгенами**, а межконтинентального — **орогенами**. Первая из этих групп шовных текстур разделена на два основных типа (нео- и парамобилгены) и один переходный от мобилгена к орогену. **Неомобилген** — это типичная текстура из островных дуг, глубоководных желобов и краевых впадин, наиболее мобильный тип этих геотекстур, свойственный зонам субдукции. **Парамобилген** — более сложный тип подобных геотекстур, в которых субдукционный путь геодинамического развития оказался наложенным на более древние морфоструктуры. **Ороген-мобилгенами** (и мобил-орогенами) были названы впадинно-горные и горно-впадинные геотекстуры средиземноморского типа и типа Кордильер, геодинамика которых проявилась в сложном сочетании процессов субдукции, коллизии и локального спрединга.

Группа **орогенов**, т. е. собственно горных сооружений, была разделена на четыре типа. **Ортоороген** — горные сооружения высоких нагорий Центральной Азии, образованные процессом коллизии и отмеченные скучиванием земной коры. **Параорогены** — возрожденные горы типа Тянь-Шаня, Алтая, для которых характерна резкая инверсия геодинамики в новейшее время. **Периорогены** — окраинные горные цепи на юго-востоке Азии. **Торпоорогены** — горные сооружения на северо-востоке Азии, которые оказались относительно стабилизированными в новейшее геологическое время.

Необходимо заметить, что приведенное выше разделение разных типов мобилгенов и орогенов далеко не везде может быть

←
Рис. 37. Схема типов геотектур мира (по И. П. Герасимову)

Текстуры континентальных плит (геотекстуры): 1 — кратоны; 2 — платооры; 3 — параплатооры; 4 — пленогены; 5 — палеорогены; 6 — палеорифты; 7 — парамобилгены. Текстуры шовных зон (мобилгены и орогены): 8 — мобилгены; 9 — парамобилгены; 10 — ороген-мобилгены; 11 — мобилген-орогены; 12 — ортоорогены; 13 — периорогены; 14 — параорогены; 15 — торпоорогены; 16 — платооры; 17 — интерплатооры; 18 — интерпленогены. Текстуры океанических плит (талассотекстуры): 19 — талассогены; 20 — талассоторпы; 21 — талассокреаторы; 22 — талассорифты. Дополнительные обозначения: 23 — зоны субдукции и обдукции; 24 — главные разломы океанического дна; 25 — базальтовые покровы; 26 — впадины внутренних морей; 27 — материальный лед; 28 — край ледникового покрова

четко проведено. Как известно, для всех этих текстур очень характерно обширное протяжение в виде крупных мировых поясов или зон, разделяющих континентальные текстуры. Особо выделяются два таких пояса: Средиземноморско-Центральноазиатский и так называемое Перитихоокеанское кольцо. Есть все основания считать, что оба пояса представляют собой древние, домезозойские образования, причем для первого из них (Тетиса) допускается возможность даже его постепенного расчленения на три самостоятельные части: западную (カリбскую), центральную (средиземноморско-азиатскую) и восточную (периавстралийскую). Несомненным показателем геологической древности этих двух мировых орогенических поясов является сложное географическое совмещение различных типов мобилгенов и орогенов, которое показано на схеме (см. рис. 37) и особенно характерно для Кордильер и Анд, а также для восточной части Альпийского пояса в Центральной и Юго-Восточной Азии. Несомненно, что такое совмещение требует еще геодинамической и морфоструктурной расшифровки.

Требуют особого рассмотрения и разъяснения роль и условия формирования в орогенических поясах их внутренних «включений» в виде интеркрематоров, интерплатооров и интерпленогенов. Как отмечалось, в Центральной Азии их формирование, видимо, тесно связано с процессом «скучивания» земной коры в результате поддвига древней континентальной плиты на север, а в области Европейского Средиземноморья — в результате длительного и сложного геологического развития со сменой геодинамики.

Текстуры океанического дна, формирование которых наиболее ясно и последовательно объясняется теорией глобальной тектоники литосферных плит, необходимо, как мне кажется, подразделять по крайней мере на три типа главных океанических текстур: талассогены, талассоторпы и талассократоны (см. рис. 37).

Наиболее просты и понятны первые из них, т. е. талассогены. Эти образования, сложенные подводными базальтами и покрытые глубоководными осадками, формируются в процессе спрединга дна современных океанов. По палеомагнитным и геологическим данным, их возраст изменяется от позднего мела до плейстоцена, а в географическом расположении характерно, как правило, двустороннее окаймление срединно-оceanических хребтов. В морфологическом отношении это глубоководные равнины, плато и отдельные возвышенности, обычно типа вулканов и их групп.

Более сложен вопрос о талассоторпах. Эти геотекстуры также свойственны океаническому дну, но в отличие от талассогенов они лишены позднекайнозойской палеомагнитной полосчатости, местами обнаруживают остатки более древних феноменов подобного рода (например, на востоке Индийского и на западе Тихого океана). Можно считать, что эти образования являются также талассогенами, но более древнего (раннемезозойского и еще более раннего) возраста. Иначе говоря, это отдельные фрагменты — реликты процессов спрединга раннемезо-кайнозойского времени, испытавшие что-то вроде «оцепенения» в позднем кайнозое.

Что касается талассократонов, то единственным массивом такого рода можно считать поднятие Дарвина в западной части Тихого океана, которое представляется нам одним из самых древних и стабильных геотектур современного Мирового океана [Герасимов, 1980].

В заключение хочу отметить, что приведенная схема достаточно ясно показывает большое многообразие самых крупных геоморфологических элементов земной поверхности (геотектур и талассотектур) и дает им вполне определенное геодинамическое истолкование (в свете теории литосферных плит), особенно шовных геотектур.

Доказательством может служить сравнение этой схемы с аналогичной схемой — попыткой представить основные элементы геотектуры, — помещенной в Физико-географическом атласе мира [1964]. Эта попытка, предпринятая еще до развития теории глобальной тектоники литосферных плит, основывалась на геоморфологической интерпретации традиционной геотектонической системы взглядов, совмещенной с гипсометрическими и батиметрическими данными.

В самом деле, континентальные массивы расчленялись в то время только на низкие и высокие равнины (плато и плоскогорья). Горные (орогенические) области были разделены на молодые горнокладчатые (альпийские) сооружения и возрожденные горы перигеосинклинального и периокеанического (?) типов. В переходной (от континентов к океаническим впадинам) зоне выделялись лишь материковый склон (ограничивающий шельф) и современные геосинклинальные области (на западе Тихого океана и в Карибском бассейне). В океанических впадинах наряду со срединными хребтами выделялись более древние (первичные, тихоокеанского типа) и более молодые (вторичные?) глубоководные впадины океанов и внутренних морей. Вероятно, вся эта схема представляла максимум того, что могла предложить традиционная теория нашей науки до появления теории глобальных литосферных плит.

Бессспорно, что, развивая общую теорию глобальной геоморфологии и разрабатывая континентальный вариант теории литосферных плит, нам следует идти дальше.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ
ГЛОБАЛЬНОЙ ГЕОМОРФОЛОГИИ
(обзор литературы и научных симпозиумов)

Я считаю, что имеются все основания утверждать, что между современным состоянием и перспективами развития глобальной геоморфологии в настящее время существует определенное несоответствие. Вопрос об их несоответствии был поставлен в самом начале этой книги — в главе 1. И на него был дан такой ответ: хотя вклад глобальной (главным образом морской) геоморфологии в создание и развитие современной теории мобилизма был довольно значительным, творческий потенциал этой научной дисциплины очень мало использован при трактовке геоморфологической истории Земли. Таким образом, констатируя наличие связанных с этим научных потерь, такой вывод одновременно вселяет определенные надежды на будущее.

В чем же заключаются основные причины этого положения? Остановлюсь сначала на ситуации, сложившейся в советской геоморфологии.

В феврале 1983 г. в Новосибирске состоялся XVII пленум Геоморфологической комиссии АН СССР, посвященный основным направлениям в развитии геоморфологической теории. Организаторы пленума заблаговременно обратились к широкому кругу специалистов с предложением представить тексты докладов и, получив их (хотя и не полностью), опубликовали за несколько месяцев до проведения совещания в форме двух сборников научных статей: 1) «Проблемы структурно-климатического подхода к познанию рельефа» [1982] и 2) «Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа» [1982]. Кроме того, уже во время пленума был опубликован еще один сборник «Основные направления развития геоморфологической теории» [1982], включавший краткие тезисы дополнительных сообщений.

Я, как председатель Геоморфологической комиссии, подготовил для пленума текст вступительного выступления, в котором попытался проанализировать с чисто методологических позиций содержание указанных сборников.

Главные положения этого выступления были впоследствии включены в опубликованную мной статью «Геодинамическая революция в науках о Земле и новые горизонты в глобальной геоморфологии» [Герасимов, 1984], послужившую основой для главы 2 настоящей книги. Напоминание об этой статье, посвященной 100-летию со дня рождения А. Вегенера, представляется мне рациональным, поскольку геодинамической революции в науках о Земле я называю «воскрешение», хотя и в новой форме, вегенеров-

ской концепции горизонтального перемещения (дрейфа) материалов в виде концепции глобальной тектоники плит.

Я совершенно не понимаю тех современных ученых (геологов, географов, геофизиков, тектонистов и др.), которые в своих научных разработках полностью игнорируют существование этой концепции, имеющей столь многообещающие перспективы. Мне кажется, что мезозойско-кайнозойскую историю Мирового океана, включая формирование рельефа океанического дна, просто невозможно сейчас объяснить, игнорируя накопленный огромный и разносторонний фактический материал, свидетельствующий в пользу этой концепции. Ведь эта концепция объясняет происхождение двух третей земной поверхности. Так неужели же остальная треть, т. е. земная суша, формировалась совершенно обособленно, без всякой связи с тем, что сейчас скрыто под водами океана? Это совершенно невероятно, и поэтому я настойчиво призываю всех геоморфологов, заинтересованных в развитии общей теории нашей науки, сосредоточить усилия на разработке особого «континентального» варианта (или дополнения) общей концепции глобальной тектоники плит.

Вклад последнего пленума Геоморфологической комиссии в решение этой задачи оказался сравнительно невелик, но он все же был внесен, хотя и выражен в региональных формах. Именно так я воспринимаю и оцениваю статьи А. К. Тулохонова [1982а, б] о развитии рельефа орогенного пояса Сибирской платформы и о развитии морфоструктур в области сочленения континентальных плит на примере горного обрамления платформы, И. Г. Авенариус [1982] — о развитии рельефа активных переходных зон на примере северо-западной части Тихого океана, А. Г. Золотарева и Н. И. Семенова [1982] — о предорогенных переходных зонах, А. Н. Ласточкина [1982] — о морфодинамических связях в рельефе материалов и океанов. Интересные соображения о геоморфологии системы переходных зон между горными и платформенными системами в Южной Сибири изложены также в статье В. А. Николаева [1982].

Вместе с тем я не могу не выразить крайне отрицательного отношения к совершенно неосновательным, я бы сказал, «лихим наскокам» на концепцию глобальной тектоники плит Н. В. Башениной [1982]. Обширную и очень разностороннюю геофизическую и геологическую разработку этой концепции, интенсивно проводимую в настоящее время во всем мире, она объявляет в своей статье уже прошедшей «пору расцвета», а весьма важные результаты такой разработки (например, о числе плит и макроплит и их перемещении) считает «уму непостижимыми» (с. 29). В таком же стиле расценивается Н. В. Башениной сложная проблема Гондваны, которую она, используя совершенно случайные и отрывочные данные, вообще полностью ликвидирует. Это, конечно, несерьезный подход, который представляет даже известную опасность с точки зрения использования его в учебных занятиях.

К сожалению, безоговорочное неприятие всей концепции глобальной тектоники плит проявил в представленных на пленум материалах и такой авторитетный советский «морской» геоморфолог, как О. К. Леонтьев [1982]. Его статья посвящена «первичности» океанов и основывается на убеждении автора в невозможности принять гипотезу тектоники плит. Однако такое убеждение опирается лишь на классическую схему геосинклинально-складчатого процесса в переходных областях, признание докембрийского (?) существования Тихого океана и традиционную общую схему эволюции рельефа дна океанов: континенты — переходные области — ложе океана — океанические хребты. В этой схеме только последние элементы (наряду с переходными зонами) являются вторичными, т. е. нестабильными, в ходе геологической эволюции Земли.

Я думаю, что этот краткий анализ новейших советских, главным образом региональных, работ, содержащих, однако, элементы глобальной геоморфологии, основанные на концепции тектоники плит, наряду с анализом работ советских ученых, проведенным в главе 1 этой книги, достаточно иллюстрирует современное состояние в рассматриваемом плане советской геоморфологии. Оно может быть охарактеризовано пока лишь как индивидуальный творческий поиск.

Перейдем теперь к рассмотрению ситуации, сложившейся в мировой (зарубежной) геоморфологии, хотя провести всесторонний надежный научный анализ ее в кратком тексте настоящей главы я, конечно, не могу.

Прежде всего следует вспомнить фундаментальный труд Л. Кинга «Морфология Земли», изданный в Лондоне в 1967 г. и в том же году переизданный в русском переводе. Этот замечательный труд, значение которого было, по-моему, в свое время недооценено, включает определенные элементы геологического мобилизма, что выражено, например, в выделении раздела «Перемещение (дрифт) континентов» [Кинг, 1967, с. 26—29] или в определении как «изжившего себя» представления о «постоянстве местоположения континентов и океанических бассейнов» [Там же, с. 31—32]. Однако, поскольку Л. Кинг разработал глобальный синтез развития форм Земли, в котором эндогенным факторам отводилась основная роль, задолго до того как появились обширные палеомагнитные, сейсмические, гравитационные и дистанционные данные, отдельные глобальные обобщения Л. Кинга теперь в известной мере устарели.

В 1980 г. был переиздан на русском языке под моей редакцией и с моим предисловием университетский курс лекций английского ученого Р. Райса «Основы геоморфологии», впервые опубликованный в Лондоне в 1978 г. В своем предисловии — общей оценке этого труда — я подчеркнул его многие важные положительные особенности, и в частности систематическое использование при характеристике природных геоморфологических явлений и процессов фундаментальных физических объяснений, с одной стороны, и «расшатывание» везде, где это необходимо и возможно, наиболее док-

матичных и устарелых представлений, укоренившихся в нашей науке,— с другой.

Однако еще более важной особенностью труда Р. Райса я считаю изложение (в вводной части) научных основ современной глобальной геотектонической концепции — тектоники плит. Несомненно, что одной из причин включения в учебный курс по геоморфологии этой концепции являются ее широкая популярность во всем мире и ее революционное значение в развитии современной теории геологии и геоморфологии. Я думаю, что именно это побудило Р. Райса достаточно полно изложить в своем курсе содержание концепции глобальной тектоники плит. Таким образом, даже несмотря на явную приверженность западноевропейских научных школ к «экзогенным» традициям в геоморфологии, получившим ясное отражение и в курсе Р. Райса, он все же считал необходимым идти «в ногу» со временем.

Несомненно, излагая во вводной части своей книги содержание концепции глобальной тектоники плит и ее физические основания, Р. Райс стремится убедить как себя, так и читателей в важности этой концепции для дальнейшего развития геоморфологии. Однако главные аргументы заимствуются им или из арсенала уже накопленных геофизических и геологических данных, или из морской глубоководной геоморфологии. Традиционная сфера геоморфологических исследований — рельеф континентов — с этой целью в рассматриваемом курсе практически не используется, что сильно снижает значение труда Р. Райса для развития глобальной геоморфологии.

В 1984 г. был опубликован перевод фундаментального труда австралийского ученого К. Оллиера под названием «Тектоника и рельеф», изданного за рубежом в 1981 г. К сожалению, в этой книге нет русского предисловия, которое содержало бы общую оценку труда и его значения для развития глобальной геоморфологии. Редактор книги А. А. Лукашов ограничился немногими уточняющими подстрочными примечаниями. И это жаль. В отличие от книги Р. Райса наряду с изложением физических (точнее, геофизических) основ концепции глобальной тектоники плит (сейсмологических, гравиметрических, палеомагнитных и внутреннего теплового потока) К. Оллиер почти во всех 20 главах своей книги стремится интерпретировать различные геоморфологические проблемы на основе указанной концепции. Более того, в ряде глав (например, в главе 4, посвященной рельефу, обусловленному препарировкой глобальных структур и тектоническими движениями) подчеркиваются некоторые дискуссионные (особенно с позиции глобальной геоморфологии) аспекты и пробелы самой концепции плитотектоники, и главным образом с геоморфологической точки зрения.

Особенно плодотворная интерпретация концепции глобальной тектоники плит приводится К. Оллиером в главе «От оползней до гравитационной тектоники», в которой очень убедительно показана огромная морфоструктурная роль «гравитационной» тектоники, в

частности на примере формирования складчатости типа Юрских гор (рис. 38), а также роль этих же процессов во взаимоотношениях складчатых и покровных (чешуйчатых) структур альпийского типа. Я думаю, что почти откровением может прозвучать для многих специалистов по структурной геоморфологии последний абзац этой главы: «В общем представляется, что существует непрерывный динамический ряд от мелких оползней до огромных гравитационных оползневых блоков. Это они обусловливают перемещение



Рис. 38. Идеализированная сеть складчатости типа Юрских гор

материала по имеющимся уклонам и создают значительную часть складчатости. В большинстве случаев складчатость представляет собой приповерхностное явление, и ниже смятых в складки пород обычно обнаруживаются толщи, залегающие спокойно. Итак, складчатость обусловлена поверхностными силами, а не сжатием земной коры или сокращением объема Земли. Не создает она, кстати, и складчатых гор» [Оллиер, 1984, с. 190].

Не менее интересна с морфоструктурной точки зрения и следующая глава книги — «Пластические течения льда и горных пород». В ней, например, мое внимание особенно привлек анализ того, что Р. Ван-Беммелен обозначил термином «батидермальный тектогенез». Речь здесь идет о гранитных (и других) интрузивных батолитах, которым свойственны явления реидности (понятие, введенное С. Кэри [Carey, 1954] для описания способности породы к течению, в частности всплытию или выталкиванию подобно соляным диапирам). Еще в 70-х годах в статье, посвященной пятигорским лакколитам [Герасимов, 1974], я высказал предположение о возможности подобных явлений. К. Оллиер же пишет: «Нет ничего неожиданного и в том, что граниты воспроизводят некоторые диапировые структуры более подвижных соляных куполов, а в таких кремнеземистых породах, как кристаллические сланцы и гнейсы, развиваются текстуры реидного течения» [Оллиер, 1984, с. 203].

Конечно, в главах о поверхностях выравнивания (глава 10), о связи речных долин и эрозионных систем с тектоническими структурами (глава 11), о геоморфологии и тектонике океанов (глава 14), о скорости эрозии и тектонических движений (глава 16) излагаются в основном достаточно традиционные представления, хотя почти везде заметно стремление автора обогатить или дополнить их, подходя к трактовке предмета изучения с позиций мобилизма.

Что же касается основного содержания таких глав, как «Теории образования гор и плато» (глава 18), «Некоторые региональные

примеры» (глава 19) и ряда других, то в них современный мобилистский подход, бесспорно, преобладает. Так, например, в первой из этих глав утверждается, что хотя «латеральное сжатие не-посредственно не определяет складчатость, но может повлечь за собой утолщение коры, которое, в свою очередь, вызывает как гравитационное скольжение, так и формирование гор» [Там же, с. 379].

В этой же главе рассматриваются возможные причины горообразования: тектоген (мобилистская трактовка системы геосинклинального горообразования); фронтальная (прикратонная, шарьяжная) складчатость; акреция при процессах субдукции; вертикальная тектоника (приоритет восходящих движений); киматогенез (сводовые движения); геоундация; возрожденное горообразование — неотектоника (кстати, здесь в единственном случае упоминаются советские авторы Н. И. Николаев и С. С. Шульц) и некоторые другие. При этом поддерживается общее мнение А. Смита [Smith, 1976], которое излагается так: «Утверждение о том, что с тектоникой плит связано происхождение специфических орогенических поясов, является в большинстве случаев рабочей гипотезой, которая может быть, а может и не быть справедливой. Даже если принять эту рабочую гипотезу, все равно остается возможность для интерпретации развития наиболее выдающихся горных цепей планеты с логических, но диаметрально противоположных позиций в рамках все той же тектоники плит. Этот факт больше, чем какой-либо другой, иллюстрирует существующее состояние взаимоотношений между тектоникой плит и орогенией. Хотя рассматриваемая концепция (плитотектоника.—И. Г.) полностью переориентировала геологическую мысль, тем не менее она не решила проблему формирования орогенических поясов». И автор книги здесь заявляет: «Все то же самое можно сказать относительно тектоники плит и горообразования» (с. 385).

В главе «Некоторые региональные примеры» К. Оллиер рассматривает Альпы, Гималаи, Большой Водораздельный хребет Австралии, Аппалачи, восточную и западную части Северной Америки. Нет смысла излагать ту геоморфологическую трактовку этих регионов, которая приводится автором. Однако как раз на этом региональном материале очень ясно проявляется тот основной пробел книги К. Оллиера, о котором я не могу не сказать. Он заключается в том, что все главные и самостоятельные научные суждения геоморфологического характера выдвигаются им на основе интерпретации геологических и геофизических материалов, почти совсем не используются вполне самостоятельные (хотя бы и не личные) чисто геоморфологические данные. Иначе говоря, книга К. Оллиера очень важна и интересна, но все же это преимущественно только интерпретация основных положений теории глобальной тектоники плит (точнее, теории мобилизма) в интересах геоморфологии.

Такой вывод, конечно, ни в какой мере не умаляет заслуги К. Оллиера, создавшего рассматриваемый труд, но вместе с тем он вновь подтверждает основной тезис моей книги: творческий по-

тенциал самой глобальной геоморфологии, прежде всего в приложении к земной суще (т. е. рельефу континентов), остается еще очень мало реализованным.

В сущности говоря, аналогичный вывод заключен и в содержании последней главы этой книги («Тектоника и теория геоморфологии»). С него начинается ее текст: «Задачей данной главы является показ слабого использования взаимоотношений рельефа и тектонического строения... в то время как на важном в научном отношении стыке между геоморфологией и тектоникой имеется широкий простор для взаимодействия обеих дисциплин» [Оллиер, 1984, с. 419]. Таким же выводом его работа и заканчивается. Он пишет, что «читатель может остаться неудовлетворенным этой книгой по ряду причин. Мы не дали в заключении серии ясных ответов, а, напротив, поставили ряд вопросов; мы не предложили исчерпывающей методики для будущих исследователей, а только наметили их перспективное генеральное направление... Но все это является следствием современного состояния геологии и геоморфологии» [Там же, с. 437].

При этом одну из важных причин такого состояния К. Оллиер усматривает в том, что «исторически сложилось так, что ... как в основном предполагалось, большинство форм рельефа имеют слишком небольшой возраст по сравнению с главными тектоническими элементами Земли» [Там же, с. 422], а также в том, что «представления о недавнем формировании рельефа были выработаны в Европе и Северной Америке, где четвертичное оледенение служило причиной молодости большинства геоморфологических ландшафтов, в результате чего плейстоценовый уклон имел широкое влияние (на геоморфологию.— И. Г.) во всем мире» [Там же, с. 419]. Всей своей книгой К. Оллиер опровергает этот «классический» уклон.

В сущности, ту же причину «недоразвитости» глобальной геоморфологии (К. Оллиер называет ее эволюционной геоморфологией) отмечают и некоторые зарубежные ученые, правда более подчеркивая приверженность «классической» геоморфологии к ограниченным пространственным масштабам объектов изучения, а также недостаточное внимание к эндогенным процессам рельефообразования²¹.

²¹ Таким образом, то, что в моей книге названо глобальной геоморфологией, а в книге К. Оллиера эволюционной геоморфологией, некоторые другие геоморфологи называют крупномасштабной геоморфологией. Я считаю, что мой термин предпочтительнее, особенно если употреблять его в широком смысле, т. е. включать в предмет изучения не только рельеф земной поверхности в целом, но и региональный рельеф любой территории, но на основе общих глобальных закономерностей и в свете их. Термин «эволюционная геоморфология» кажется мне слишком биологизированным. Если же с этим не считаться, то он все же слишком общий, применимый ко всем элементам рельефа, поскольку они должны всегда изучаться с учетом их развития и истории образования. Наконец, понятие «крупномасштабная геоморфология», по моему мнению, слишком неопределенно (о каком масштабе идет речь?) и двусмысленно, так как крупномасштабной топографией отличаются обычно наиболее детальные работы.

Но как бы ни объяснять причины замедленного развития глобальной геоморфологии в прошлом, в настоящее время перед ней открываются, как я пытаюсь это показать в полном согласии с К. Оллиером и другими передовыми геоморфологами, широкие двери. И я не сомневаюсь в том, что пройдет очень немного времени, и во всех странах мира возникнет поток глобально-геоморфологических исследований геоморфологов молодых поколений, результаты которых займут равноправное место среди новых достижений геологии, геофизики и других наук о Земле.

Об уровне развития глобальной геоморфологии, использовании ее теории тектоники литосферных плит и применении новых идей современного мобилизма для общего и регионального анализа рельефа известное представление дает обзор тематики и содержания докладов на международных форумах ученых. В 1984 г. почти одновременно проходили два таких форума — Международный географический и Международный геологический конгрессы, в работе которых я принимал непосредственное участие.

XXV Международный географический конгресс. Организаторы этого конгресса, проходившего в августе 1984 г. в Париже, решили провести его не в традиционной форме. Было намечено около 30 наиболее актуальных (с точки зрения оргкомитета) научных и научно-методических проблем, по которым участникам конгресса было предложено представить тексты докладов и резюме, а затем вместо заседаний секций по основным научным дисциплинам системы географических знаний проводить в ходе работы конгресса обсуждение представленных докладов, не заслушивая их текста. С этой целью резюме присланных докладов были заблаговременно опубликованы в двух томах.

Единственная тема по геоморфологии была сформулирована так: «Процессы и измерения эрозии». По этой теме было опубликовано 83 резюме, из которых только 44 были посвящены собственно процессам эрозии. Шесть докладов посвящались вопросам развития карста, по два доклада — ветровой и ледниковой эрозии, 16 докладов — общим вопросам развития геоморфологических ландшафтов (под влиянием экзогенных факторов), восемь докладов — палеогеографии, один доклад — процессам выветривания и лишь четыре доклада — роли тектоники в формировании рельефа. Эти четыре доклада имели общее морфоструктурное направление, но глобально-геоморфологический подход в них все же отсутствовал.

Морфоструктурной тематике были посвящены следующие доклады: 1) С. Госвами (Индия) — «Влияние неотектоники на геоморфологию верхней части долины Ассама», 2) Т. Гурнелоса (Греция) — «Тектонизм и геоморфология региона Больших Афин», 3) Тзайиен Шиха, Джуйшин Гана, Шинтдер Шина (Тайвань) — «Геоморфологическое изучение активного разлома в северном и восточном Тайване», 4) Е. Гханбари (Иран) — «Неотектонические движения и морфологическая эволюция в современном образовании района Маранд-Хоу (Иранский Азербайджан) и роль изменения климата в плиоцен-четвертичное время».

Из сказанного выше можно сделать следующие выводы. На Международном географическом конгрессе в Париже геоморфологическая проблематика была, к сожалению, искусственно ограничена эрозионной темой. Однако это ее ограничение было в большой мере преодолено путем включения в обсуждение докладов по другим геоморфологическим вопросам. Хотя оценке и изучению роли тектонических факторов в формировании рельефа было посвящено только четыре узких региональных доклада, представленных учеными из развивающихся стран, они все же нарушили архаичные экзогенные догматы западноевропейской геоморфологии. Но, конечно, таких докладов было недостаточно. В основной программе конгресса глобально-геоморфологическая проблематика практически отсутствовала.

Однако сверх официальной программы конгресса в его общих рамках прошло специализированное совещание Рабочей группы по морфотектонике. К сожалению, в общей программе конгресса и опубликованных материалах отсутствовали какие-либо конкретные указания на тематическое содержание этого рабочего совещания. По инициативе председателя указанной группы итальянского геоморфолога М. Паниццы я был приглашен участвовать в ее заседаниях и выступить с коротким сообщением. Приняв это приглашение, я сделал сообщение на тему «Исчерпан ли вклад геоморфологии в развитии мобилизма в геологической истории Земли», которое составило содержание главы I этой книги.

В письме, присланном мне профессором М. Паниццей в октябре 1984 г. от имени Рабочей группы по морфотектонике, приведена краткая информация о состоявшемся в Париже совещании и сообщается, что «профессор И. П. Герасимов обобщил работы XXVII Международного геологического конгресса, недавно проведенного в Москве. Он информировал участников совещания, что теория тектоники плит доминировала в докладах на этом конгрессе; более того, он считает, что изучение взаимоотношений между тектоникой плит и глобальной геоморфологией очень важно, и поэтому он установил контакт с председателем международного проекта „Литосфера“ М. Паницца подчеркнул важность контактов геоморфологов с геологами и предложил включить в программу работ группы по морфотектонике на очередной четырехлетний срок научную тему „Глобальная геоморфология“. После углубленной дискуссии о возможности адаптации термина „глобальная геоморфология“, который был принят, участники совещания поддержали предложение профессора И. П. Герасимова — подготовить программу по этому предмету для обсуждения ее на следующем пленарном заседании Рабочей группы в Манчестере. Профессор И. П. Герасимов будет координатором этой темы».

В этом же письме сообщается также, что на рабочем совещании Группы по морфотектонике в Париже было заслушано еще три доклада: 1) И. Вапцарова (Болгария) — «Палеогеновые вулканические структуры и их роль в рельефе горного массива Родоп», 2) Т. Гурнелоса и Х. Марукяна (Греция) — «Тектоника и геомор-

фология региона Больших Афин», 3) М. Баумгарт-Котарбовой (Польша) — «Неотектонический анализ на примере части области Польских (Западных) Карпат».

Из приведенных примеров следует, что вопреки усилиям оргкомитета XXV Международного географического конгресса всемерно сузить геоморфологическую проблематику, ее морфоструктурное (морфотектоническое) направление все же и здесь «пробилось на свет».

К этому следует добавить, что на рабочем совещании Группы по морфотектонике был распространен сборник «Проблемы морфотектоники» [Problems of morphotectonics, 1984], изданный специально к конгрессу, в который вошли доклады, представленные на симпозиуме, проходившем в 1983 г. в Софии. Среди включенных в сборник докладов следует выделить следующие: И. Геллера (ГДР) — «Тектоника плит и рельеф (морфотектонизм)», Дж. Оума (Уганда) — «Плитотектоника в неоморфотектонике и морфогенезе Восточной Африки», два доклада Д. А. Лилиенберга (СССР) — «Морфотектоника и современная геодинамика зоны взаимодействия Кубинской микроплиты и глубоководного желоба Бартлетта» и «Проблемы современной геодинамики и геокинематики горных стран». Таким образом, и этот сборник способствовал включению региональных вопросов глобальной геоморфологии в тематику Группы по морфотектонике. Можно лишь пожелать успешного дальнейшего развития этой плодотворной тенденции.

XXVII Международный геологический конгресс. Этот конгресс проходил в Москве в августе 1984 г. Он явился мероприятием широкого масштаба. Число его участников — советских и зарубежных ученых и специалистов — достигало 6000 человек. Основная работа конгресса четко строилась по тематическим секциям, хотя очень важную роль играли пленарные заседания и многочисленные специальные рабочие совещания по различным международным программам, проектам и отдельным проблемам.

В составе основных секций конгресса была секция С-03 по проблемам четвертичной геологии и геоморфологии. В сборнике тезисов представленных на ней докладов приводится краткое изложение содержания 94 сообщений, посвященных стратиграфии и радиоизотопному датированию возраста четвертичных отложений, геоморфологическому описанию и объяснению современного рельефа многих регионов и стран мира. Некоторая часть собственно геоморфологических докладов строилась на основе обстоятельного морфоструктурного (морфотектонического) подхода к изучению рельефа.

Однако только восемь из представленных сообщений (т. е. меньше 10% всех докладов) освещают морфологические особенности рельефа различных территорий с позиций региональной глобальной геоморфологии, т. е. в том ее понимании, которое излагается в этой книге. Перечислим эти доклады: 1) Х. Кеннет (США) — «Тектоника плит и эволюция крупных речных систем», 2) В. К. Кучай (СССР) — «Геодинамика новейшего горообразования», 3) Ле-

Зуй Бать (Вьетнам) — «Новейшие рифтогенные структуры Вьетнама», 4) Ле Дык Ан, Ле Зуй Бать (Вьетнам) — «Особенности неотектоники генетических морфоструктурных рядов Юго-Восточной Азии», 5) Д. А. Лилиенберг (СССР) — «Концепция плитотектоники и морфоструктурная дифференциация современной геодинамики горных систем Альпийского пояса Южной Европы», 6) В. М. Литвин (СССР) — «Формирование структурного рельефа дна океанов в результате движений и взаимодействия литосферных плит», 7) А. Мотамед (Иран) — «Роль движения плит и изменения климата в формировании рельефа в Иране (северо-центральный бассейн)», 8) К. Прасад (Индия) — «Тектоника плит и некоторые геоморфологические черты Гималаев». К этому перечню можно добавить еще мой доклад (сверх программы) с текстом, изложенным в первой главе этой книги.

В общем, даже не рассматривая детально содержание перечисленных докладов, мы можем снова констатировать, что XXVII Международный геологический конгресс (точно так же, как и XXV Международный географический конгресс) отчетливо показал, что современная глобальная геоморфология (в моем понимании) пока еще делает первые поисковые и достаточно робкие шаги в своем развитии.

Кроме сборников тезисов (докладов), представленных к XXVII Международному геологическому конгрессу, было опубликовано много других книг и карты. Наибольшего внимания среди них заслуживает серия отдельных выпусков под названием «Доклады» и составляющая 10 томов. Третий том докладов «Четвертичная геология и геоморфология» включает полные тексты некоторых сообщений по секции С-03. В нем наиболее интересны для проблематики этой книги два доклада: Н. И. Николаева (СССР) — «Закономерности тектонических движений и осадконакопления в позднем кайнозое» и В. Г. Трифонова, В. И. Макарова и Г. А. Востrikova (СССР) — «Структурно-динамическая расслоенность литосфера неотектонически подвижных поясов».

Н. И. Николаев имеет большие заслуги в выдвижении и разработке понятия «неотектоника». В своем докладе он стремился, по моему мнению, модернизировать многие из своих прежних представлений о природе молодого тектогенеза; хотя он не переходит полностью на позиции современного мобилизма (в частности, теории тектоники плит, против которой он очень активно выступал в своих прежних работах), но делает важный шаг в сторону мобилизма. Н. И. Николаев говорит о блоковом строении всей литосферы и подчеркивает, что именно «оно определяет линейные элементы ландшафта, закономерности в распределении генетических типов новейших... отложений и их мощности» [Николаев, 1984, с. 100]. Более того, автор подчеркивает «многоблокость (много-плитность) как континентальной и океанической коры, так и переходных зон» [Там же]. В качестве особого примера он приводит юг Азии, где «современная кинематика движений, новейшая тектоническая активность, воздымание горных сооружений, их короб-

ление, многоблоковость объясняются сближением континентов Евразии и Гондваны» [Там же]. Я думаю, что этот пример, а также последующий анализ понятия «современная геосинклиналь» показывают, что Н. И. Николаев уже достаточно определенно переходит на позиции той глобальной геоморфологии, которой посвящена эта книга. И это меня очень радует.

В докладе В. Г. Трифонова, В. И. Макарова и Г. А. Вострикова [1984] развивается более сложная концепция. Хотя авторы и признают, что «среди современных тектонических концепций наиболее популярна теория тектоники плит» (с. 105), они стремятся, следуя известным взглядам А. В. Пейве, ее существенно усложнить представлением о «тектонической расслоенности» (пластичности) литосферы и рассматривают с этой точки зрения геологическое строение ряда неотектонически активных регионов (Запад США, Индо-стано-Памир, Гималаи и др.). Заканчивается их по существу геотектонический доклад следующим образом: «Неотектоническое изучение активных областей доказывает динамическую, структурную, а местами и кинематическую дисгармонию между литопластинами, расположенными на разных уровнях литосферы, т. е. ее тектоническую расслоенность...». «Признание значительной тектонической расслоенности литосферы — новая концепция мобилизма...» [Там же, с. 116].

Седьмой том «Докладов» посвящен тектонике. Он включает полные тексты 20 докладов, под разделенных на шесть тематических разделов. Два последних раздела «Процессы деформации горных пород» и «Глубинные неоднородности в строении земной коры и верхней мантии и их тектоническое значение» по своему содержанию не представляют непосредственного интереса для проблем глобальной геоморфологии. Напротив, первые четыре раздела («Тектоническое районирование континентов», «Типы переходных зон между материками и океанами», «Тектоника складчатых поясов континентов» и «Рифты континентов и океанов»), включающие 14 докладов, содержат материал, представляющий первостепенный интерес для современной геоморфологии. В их число входят как общетеоретические доклады, в которых рассматриваются вопросы тектогенеза в глобальном масштабе, так и доклады, в которых эти вопросы обсуждаются на материале того или иного региона.

Первая группа докладов («Тектоническое районирование континентов») открывается коллективным докладом А. В. Пейве, А. Л. Книппера, М. С. Маркова, А. А. Моссаковского, А. С. Перфильева, Ю. М. Пущаровского и Н. А. Штрайса (СССР) — «Закономерности формирования континентальной коры в фанерозое (к проблеме тектонического районирования материков)» [1984]. Он начинается с указания на то, что «с 70-х годов в Геологическом институте АН СССР разрабатывается новое направление в теоретической тектонике..., которое синтезирует мобилистские идеи..., достижения в области континентальной геологии, новейшие данные о глубинном строении земных геосфер..., результаты геологиче-

ских исследований дна современных океанов» (с. 3). Основное внимание направлено на роль оphiолитовых комплексов в строении складчатых сооружений и стадийность (направленность) тектонической эволюции земной коры (в фанерозое).

Авторы доклада считают доказанным, что оphiолитовые комплексы (присутствующие во всех складчатых поясах) являются реликтами — фрагментами древней океанической коры. Отсюда возникает представление о стадийности процесса формирования земной коры (складчатых поясов континентов) путем «последовательного преобразования земной коры океанического типа в переходную, а затем в континентальную» (с. 5). Таким образом, начальной стадией эволюции складчатых поясов, согласно этой концепции, всегда была океаническая стадия, которой, однако, в условиях внутриконтинентального раздвига предшествовала рифтогенная стадия (впрочем, если первая из них не была «унаследована» от древнего Мирового океана, например в палеозоях Сибири и Центральной Азии).

Вслед за океанической стадией в эволюции складчатых поясов фанерозоя наступила переходная стадия (со структурами островных дуг, краевых морей, глубоководных желобов), во время которой происходили тектоническая дифференциация, оформление сложной структурно-фацальной зональности, проявление в процессах седиментации магматизма и возникновение складчатости с формированием гранитно-метаморфического слоя земной коры. Однако для окончательного формирования «зрелой» континентальной коры (состоящей из осадочно-вулканического, гранитно-метаморфического и базальтового слоев) были необходимы дополнительные фундаментальные преобразования коры переходного типа, которые происходили в глобальные эпохи тектонико-магматической орогенной активности в складчатых зонах континентов. Таких глобальных эпох в истории континентов (Северной Евразии) было семь, а именно: альпийская (олигоцен — плиоцен), позднемезозойская (поздний мел), раннемезозойская (триас — юра), позднепалеозойская карбон — пермь), ранне-среднедевонская, позднерифейская, карельская (ранний протерозой).

Авторы доклада считают, что с «этими глобальными эпохами была связана структурная перестройка геосинклинальных складчатых областей (альпинид, мезозоид, варисцид, каледонид и т. д.) и прилегающих частей древних платформ, в результате которой возникла новая система структур — сводово-глыбовые поднятия, внутренние впадины и краевые прогибы, несогласно наложенные на структуры складчатых областей» [Там же, с. 8], а также массивный орогенный наземный вулканализм и интенсивное горообразование с накоплением грубобломочных молассовых толщ.

Авторы изложенных представлений о развитии земной коры в континентальных складчатых зонах фанерозоя называют их аккреционно-деструктивной концепцией и считают, что она, характеризуя «геосинклинальное развитие» как сложную совокупность тектонических, седиментационных, магматических и метаморфических

процессов, вызывающих структурное и вещественное преобразование океанической коры в континентальную, отражает «смену классических представлений геосинклинальной теории на новые идеи о тектогенезе Земли» [Там же, с. 9].

Я думаю, что следует подчеркнуть следующие принципиально важные особенности этой концепции:

1) ее актуализм, выраженный в том, что известное представление о геодинамике современных активных континентальных окраин в теории плитотектоники является основой важнейшего звена концепции — представления о переходной стадии в эволюции всех фанерозойских складчатых поясов;

2) неразъясненность геодинамической природы семи глобальных эпох тектономагматической орогенной активизации;

3) почти полное исключение из этой концепции геодинамической эволюции щитов (кратонов) и платформ и ее связи с эволюцией складчатых зон на континентах.

Затем следует также коллективный доклад А. Л. Яншина, К. В. Боголепова, Н. П. Лаверова, А. К. Башарина, Н. А. Берзина, У. Б. Борукаева, О. А. Вотах, Б. М. Чикова, В. С. Суркова, В. С. Старосельцева, Г. С. Фрадкина, А. П. Щеглова (СССР) — «Строение и эволюция земной коры Сибири на основе поэтапного тектонического районирования» [1984]. Этот доклад является сжатым изложением той теоретической концепции, которая положена в основу Атласа тектонических карт и опорных профилей Сибири.

На картах атласа используется тектоническое районирование по структурно-вещественным признакам минеральных масс четырех главных типов тектонических комплексов — геосинклинальных, прото- и дейтероорогенных и плитных (платформенных). При этом если первый и последний комплексы являются традиционными, то выделениеproto- и дейтероорогенных принципиально ново. Причем основной формацией protoорогенного класса признается молассовая, формирование которой отмечает начало преобразования океанической коры в континентальную; дейтероорогенными же комплексами названы те осадочные и вулканические формации, которые формируются в процессе образования (точнее, преобразования) континентальной коры.

Принятый авторами доклада подход к выделению этих четырех тектонических комплексов позволяет им проанализировать весь ход геологической эволюции территории Сибири в архее, протерозое, рифе и позднем палеозое, а также в мезозое. Основными событиями в этой эволюции были: формирование в архее и раннем протерозое древнего суперконтинента (главным образом путем слияния сиалических масс); распад его в рифе и палеозое с возникновением платформ и миогеосинклинальных поясов, рифтогенных прогибов эвгеосинклиналей (в результате спрединга), обрастиание платформ и массивов складчатыми областями, а в мезозое — формирование платформенного чехла (в синеклизах) и проявление складчатости, связанной с формированием океанических впадин.

Таким образом, авторы доклада считают, что послеархейская

история Сибири представляется не в виде простого обраствания первичного континента складчатыми областями, но как процесс преобразования континентальной коры, ее взламывания, раздвига сиалических блоков и их последующего сближения.

В докладе Ж. Обуэна (Франция) — «На поиски критериев орогенических подразделений» (1984) рассматриваются два типа геодинамических явлений как главное основание для выделения внешних тектонических единиц — критериев: раскрытия и закрытия океанов, раскола и объединения континентов. Эволюция альпийских цепей, возникших из Тетиса (триас — юра), позднее закрывшегося (мел — третичный период), — иллюстрация первого критерия.

Однако поскольку закрытие Тетиса связано с раскрытием Атлантического океана (юра — мел и позднее), то оказывается, что понятие «альпийский цикл» включает совокупность процессов как закрытия, так и раскрытия океана. Образование и эволюция Пангеи иллюстрируют второй критерий, причем орогенический цикл определяется закрытием океанов (слиянием континентов). Это определяет большое значение, по мнению Ж. Обуэна, офиолитовых швов (сутур), которые, являясь крупными рубцами, маркируют закрытие океанов. Однако сопоставление таких швов в поясе Тетиса дает основание отличать западный «возрожденный» Тетис (Южная Европа, Карибский бассейн, юрский океан атлантического типа) от восточного Тетиса «непрерывного развития» (Южная Азия, океан тихоокеанского типа) и офиолитовые швы разного значения.

Началом орогенического цикла автор считает раскрытие океана. Но в связи с этим возникает, как он указывает, проблема раскола континента, который может происходить не только в условиях растяжения (Тетис), но и сжатия (например, вдавливание Индийского субконтинента в Центральную Азию).

Далее Ж. Обуэн рассматривает вопрос о независимости (наложенности) или наследственности (реактивизация различных орогенических циклов). Он приводит примеры независимости таких крупных геодинамических процессов, как раскрытие океанов (начало орогенического цикла, например раскрытие Атлантического океана, возрожденного Тетиса), и делает такой общий вывод: при раскрытии океанов независимость (наложенность) является правилом, а наследование — исключением. Далее рассматривается проблема роста континентов за счет образования горных цепей и указывается, что, «строго говоря, роста континентов не существует, а есть простое наложение океанического материала на континент (консервация континентов.— И. Г.)» [Обуэн, 1984, с. 18].

В своем заключении Ж. Обуэн подчеркивает, что «понятие орогенического цикла приемлемо, вероятно, только в региональном плане... Ибо желать во чтобы то ни стало поместить все тектонические циклы на всем земном шаре в одни и те же рамки — значит рисковать замаскировать действительность, вместо того чтобы способствовать ее изучению» [Там же, с. 19]. В целом же он предла-

гает считать за универсальные (глобальные) орогенические суперциклы объединение всех континентов в Пангею, «раскрытие — закрытие океанов рассматривать в качестве критерия выделения региональных орогенических циклов, офиолитовые швы принимать в качестве критериев выделения локальных орогенических подциклов» [Там же, с. 19].

В группе докладов, посвященных типам переходных зон между материками и океанами, первым помещен доклад Ж. Обуэна, Ж. Буржуа и Ж. Аземы (Франция) — «Новый тип активных окраин: окраины конвергенции с растяжением на примере Центрально-Американского желоба у берегов Гватемалы». В начале этого доклада приводятся классические (для тектоники плит) определения пассивных (рифтинг и спрединг, структуры растяжения) и активных (субдукция океанической плиты под островную или континентальную дугу, структуры сжатия и сдвига) континентальных окраин, а также разъясняется концепция аккреционных призм (клиньев, чешуй из океанического материала, образованных в обратной стратиграфической последовательности) в зоне контакта плит, в условиях сжимающих усилий (рис. 39). Далее описываются окраинные геоструктуры побережья Гватемалы в зоне Центрально-Американского желоба в качестве особой модели активной окраины конвергенции с растяжением, в которой процесс аккреции сильно осложнен сбросовыми структурами. В докладе показано, что окраины континентов со сжатием свойственны Карибскому бассейну, а с растяжениями — большей части западных побережий Северной и Южной Америки.

Второй доклад из рассматриваемой группы принадлежит Ю. А. Погребицкому (СССР) — «Переходные зоны „материк-океан“ в геодинамической системе Северного Ледовитого океана». В нем доказывается, что эта зона представляет собой эпиплатформенный подвижный пояс с миогеосинклинальным типом развития, в пределах которого происходило активное взаимодействие формирующихся молодых океанических (абиссальных) и континентальных литосферных массивов, разобщенных широкой полосой древней реликтовой литосфера. Обычные представления о ведущей роли гравитационного сползания в этой зоне автор считает преувеличенными.

В докладе Б. В. Баранова и Л. П. Зоненшайна (СССР) — «Геодинамика и позднекайнозойская эволюция переходной зоны от Тихого океана к Азиатскому континенту» подчеркиваются особые черты переходной зоны, в которой океаническая плита отделена от континента широкой зоной вулканических островных дуг и окраинных морей. При анализе геодинамики особо выделяется роль степени сцепления нависающих и погружающихся плит (степени механического взаимодействия), о которой можно судить по уровню сейсмичности. Б. В. Баранов и Л. П. Зоненшайн считают, что при слабом сцеплении плит развиваются процессы растяжения (откол островной дуги от нависающей плиты, рифтогенез и др.), а при сильном сцеплении возникают условия сжатия (взбросы или сдвиги в

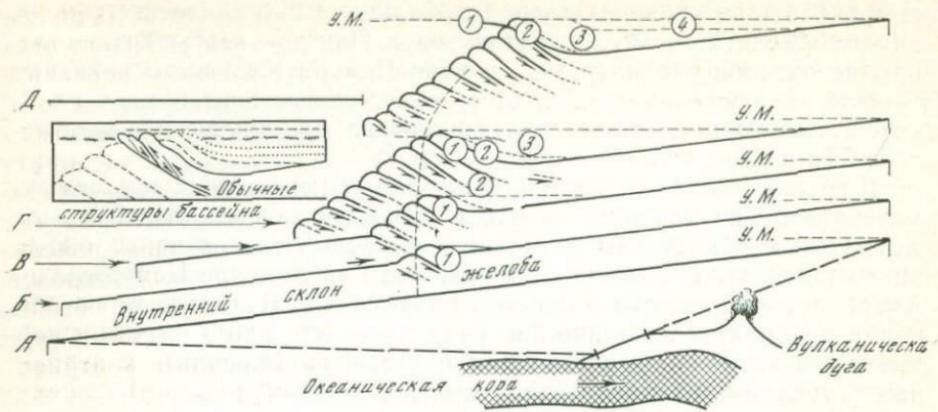


Рис. 39. Модель аккреционной призмы [Seely et al., 1974]

Показаны общее поднятие окраины и обратная стратиграфическая последовательность аккреционных единиц. А — Д — стадии развития; у. м.— уровень моря. Цифры в кружках — последовательность осадочных призм

островной дуге, сочлененной с глубоководными котловинами, и т. д.).

В группе докладов на тему «Тектоника складчатых поясов континентов» первым помещен доклад Ж. Обуэна (Франция) — «Тектоника складчатых поясов Тихоокеанского кольца. О некоторых так называемых классических аспектах перитихоокеанской тектоники». В нем подчеркивается различие западной и восточной частей поясов (их асимметрия), объясняемое тем, что субдукция была гораздо более активной на побережье Америки (вследствие раскрытия Атлантики и «тектонического надвигания» Америки на зону субдукции) и менее активной на побережье Азии. Далее указывается, что такое различие существовало не всегда; например, в конце юры асимметрия Тихого океана была обратна современной.

Отмечается также, что наряду с субдукцией в Тихоокеанском пояссе происходили и столкновения. Они были двух типов — тайваньского, когда островная дуга надвигалась на окраину континента, и калифорнийского, когда она поддвигалась под континентальную окраину. При этом основной моделью являются столкновения первого типа, столкновения же второго типа происходили достаточно редко. Автор выдвигает предположение, что офиолитовый шов на о-ве Хоккайдо, продолжающийся на Сахалине и в Восточной Сибири, дает основание относить Восточную Сибирь к Американской плите.

В докладе рассматривается процесс эшелонированного нагромождения структур по сдвигам (например, разлом Сан-Андреас), а также вопрос о древности Тихого океана. Ж. Обуэн поддерживает общее мнение о его большой древности, субдукции наиболее

древних и развитии отдельных более молодых элементов. В целом делается вывод о том, что «многие классические черты Тихого океана генетически связаны со специфическими условиями новейшей эпохи, начиная лишь с третичного времени. Так обстоит дело с асимметрией Тихого океана — она могла быть обратной в мезозое; с тектонической вергентностью, которая была раньше также обратной, (направленной). — И. Г.) в сторону континента, а не океана; с зонами субдукции, часто блокировавшимися столкновением, что приводило к образованию перитихоокеанских офиолитовых поясов. В этом плане, в тектонической вергентности офиолитовых покровов Тихий океан оказывается менее отличным от Тетиса, чем обычно полагают, который, в свою очередь, обладал тихоокеанскими чертами до того, как столкновение Евразии с гондванскими континентами замаскировало их, и наоборот» [Обуэн, 1984б, с. 461].

В докладе Л. П. Зоненшайна (СССР) — «Тектоника внутренеконтинентальных складчатых поясов» проводится разделение складчатых поясов на три эволюционных типа: 1) с уже закончившимся столкновением континентов (палеозойские — Уральский, Центрально-Азиатский, Аппалачско-Каледонский, мезозойские — Верхояно-Колымский и Индо-Синайский); 2) с продолжающимся столкновением континентов (Альпийско-Гималайский); 3) с еще не начавшимся столкновением континентов (островные дуги). Это разделение поясов предполагает, что «каждый внутренеконтинентальный складчатый пояс проходит в своем развитии соответствующие стадии от окраинно-океанического положения к закрытию океанов и столкновению континентов» [Зоненшайн, 1984, с. 48]. Далее рассматриваются три пояса: Уральский, Центрально-Азиатский и Верхояно-Колымский.

В заключении этого доклада говорится: «Из приведенных примеров видно, что нет стандартного рецепта развития складчатых поясов. Неизменными остаются приуроченность складчатых поясов к зонам сближения литосферных плит и их образование на месте океанических бассейнов разного типа в результате столкновения континентов. Для каждого конкретного складчатого пояса необходим свой, индивидуальный анализ его истории» [Там же, с. 57].

Третьим докладом, включенным в эту группу, является доклад В. Е. Хайна (СССР) — «Окраинно-континентальные и межконтинентальные геосинклинальные пояса: сопоставление особенностей развития». Доклад начинается с указания на то, что уже с рубежа 1,3—1,4 млрд. лет назад, если не раньше — с 2,5 млрд. лет, наметилось разделение Земли на континентальное и океаническое (Тихий океан) полушария, причем по периферии последнего развивались океанические геосинклинали (ОКГ), а в пределах континентального полушария — межконтинентальные геосинклинали (МКГ) — Атлантический, Средиземноморский, Урало-Охотский и Арктический пояса. МКГ закладывались на зерной раннекембрийской континентальной коре путем рифтогенеза и деструкции, поэтому в их пределах широко распространена кора переходного типа. Перманентное существование Тихого океана предопределило не-

прерывность ОКГ на его периферии в отличие от прерывистого (уникального) развития МКГ. Рифтогенная окраина МКГ главным образом пассивная, а ОКГ — преимущественно активная. Складчатые сооружения ОКГ в основном имеют аккреционное происхождение, а складчатые сооружения МКГ — коллизионное. Сдвиговая тектоника особенно характерна для ОКГ Тихого океана.

В группе докладов по «Рифтам континентов и океанов» первым помещен доклад И. Рамберга (Норвегия) и П. Моргана (США) — «Физическая характеристика и направления эволюции континентальных рифтов». Доклад имеет обзорный характер и констатирует быстрое увеличение количества разнообразных данных о процессах рифтогенеза, как молодого, так и древнего, но в нем признается, что их еще недостаточно для всестороннего понимания процессов рифтогенеза.

Вторым приводится обширный доклад Е. Е. Милановского (СССР) — «Эволюция рифтогенеза в истории Земли», в котором констатируется большая древность рифтогенеза (3—3,5 млрд. лет) и отмечается, что в протерозое и палеозое он был более тесно связан с развитием геосинклиналей (совмещен?), чем в мезо-кайнозое, когда эти процессы приобрели «почти противоположный» (антагонистический) характер. В докладе выделяются пять основных этапов рифтогенеза: 1) архейский (рифтогенез и геосинклинали в протоконтинентальной коре); 2) раннепротерозойский (консолидирование протоплатформы, разделение протогеосинклинальными и проторифтовыми областями); 3) позднепротерозойский (формирование зрелой континентальной коры, на которой развивались геосинклинальные пояса, разделение древних платформ, развитие в пределах последних авлакогенов — «бороздой рожденных структур» — аналогов интракратонных рифтовых зон); 4) палеозойский (дальнейшее развитие геосинклинальных поясов, развитие рифтовых зон и др.); 5) мезо-кайнозойский (общая перестройка тектонического плана, формирование океанических впадин и континентальных массивов, рифтовых зон — интракратонных периконтинентальных, внутриоceanических, продолжение развития Тихоокеанского и Средиземноморского-Индонезийского геосинклинальных поясов). Общий вывод автора этого доклада следующий: «В ходе развития Земли рифтогенез... претерпевает сложную эволюцию... В архее развитие линейных тектонических зон... совмещало в себе черты рифтового и геосинклинального процессов... Подвижные зоны раннего протерозоя... развивались в однотипном тектоническом режиме... В позднем протерозое и палеозое континентальный рифтогенез (в форме развития авлакогенов и авлакогеосинклинальных зон) представлял собой процесс, родственный и подчиненный геосинклинальному, а в мезо-кайнозое... рифтогенез впервые приобрел огромное самостоятельное значение как одна из важнейших форм деструкции континентальных массивов и разрастания океанических впадин...» [Милановский, 1984, с. 124—125].

Затем следует доклад Н. А. Логачева и Ю. А. Зорина (СССР) — «Строение и развитие Байкальского рифта». В нем показано, что

«развитие Байкальской рифтовой зоны обусловлено замещением литосферы веществом астеносферы» [Логачев, Зорин, 1984, с. 133]; внедрение последней происходило в форме широкого выступа.

Я намеренно столь детально рассмотрел содержание этих посвященных вопросам тектоники докладов, заслуженных на XVII Международном геологическом конгрессе, чтобы на их материалах обосновать два главных вывода:

1) в современной геологии, и особенно в тектонике, происходит настоящее «брожение умов» — острое столкновение различных теоретических взглядов и представлений, основой которого тем не менее является концепция глобальной тектоники плит;

2) для развития глобальной геоморфологии подобная научная дискуссия по проблемам общей тектоники Земли имеет крайне важное значение, и в принципиальное содержание этой дискуссии наша наука (т. е. глобальная геоморфология) не только способна, но и обязана внести свой собственный творческий вклад.

ЛИТЕРАТУРА

- Авенариус И. Г.* Новые аспекты морфоструктурного анализа активных переходных зон (на примере северо-западной части Тихого океана).— В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории; Тез. докл. к XVII пленуму Геоморфол. комиссии АН СССР. Новосибирск, 1982, с. 3—5.
- Апродов В. А.* Вулканы. М.: Мысль, 1982. 367 с.
- Артюшков Е. В.* Геодинамика. М.: Наука, 1979. 348 с.
- Атлантический океан. Карта м-ба 1 : 20 000 000. Геоморфология/Под ред. А. В. Ильина, А. П. Лисицына, М.: ГУГК, 1968.
- Атлантический океан. Карта м-ба 1 : 10 000 000. М.: ГУГК, 1971.
- Атлас тектонических карт и опорных профилей Сибири. М.: ГУГК, 1980.
- Баранов Б. В., Зоненшайн Л. П.* Геодинамика и позднекайнозойская эволюция переходной зоны от Тихого океана к Азиатскому континенту.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 7, с. 37—42.
- Бархатов Б. П.* Проблемы тектоники на XXIV Международном геологическом конгрессе.— Вестн. ЛГУ. Геология, география, 1973, № 12, вып. 2, с. 173—175.
- Башенина Н. В.* Сравнение морфоструктурных планов разных территорий Земли.— В кн.: Проблемы структурно-климатического подхода к познанию рельефа. Новосибирск: Наука, 1982, с. 28—37.
- Белостоцкий И. И.* Строение и формирование тектонических покровов. М.: Недра, 1978. 238 с.
- Белоусов В. В.* Основные вопросы геотектоники. М.: Госгеотехиздат, 1954. 607 с.
- Белоусов В. В.* Земная кора и верхняя мантия океанов. М.: Наука, 1968. 255 с.
- Белоусов В. В.* Об одной гипотезе развития океанов.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1970, т. 45, вып. 4, с. 92—114.
- Белоусов В. В.* Об основных закономерностях развития континентов.— Изв. АН СССР. Физика Земли, 1972, № 7, с. 67—79.
- Белоусов В. В.* О причинах эндогенных процессов.— Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология, 1973а, № 2, с. 20—36.
- Белоусов В. В.* Тектоносфера Земли: идеи и действенность.— В кн.: Проблемы глобальной тектоники. М.: Наука, 1973б, с. 60—99.
- Белоусов В. В., Валяшико М. Г., Высоцкий И. В.* и др. К итогам XXIV сессии Международного геологического конгресса (Монреаль, август, 1982 г.).— Вестн. МГУ. Сер. 4, Геология, 1973, № 2, с. 3—19.
- Боданов Н. А.* О тектоническом скучивании коры в океанах.— В кн.: Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979, с. 138—146.
- Борисяк А. А.* Происхождение континентов и океанов.— Природа, 1922, № 4, с. 13—32.
- Браун Д. А., Кемпбелл К. С., Круг К.* Геологическое развитие Австралии и Новой Зеландии. М.: Мир, 1970. 348 с.
- Вегенер А.* Возникновение материков и океанов: Пер. с 3-го нем. изд. М.; Л.: Госиздат, 1925.
- Восточно-Африканская рифтовая система/В. В. Белоусов, В. И. Герасимовский, А. В. Горячев. М.: Наука, 1974. Т. I. 264 с.; Т. II. 260 с.; Т. III. 288 с.
- Геологическое строение северо-западной части Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Недра, 1966. 516 с.
- Геология и геофизика дна восточной части Индийского океана. М.: Наука, 1981. 350 с.
- Геолого-геофизический атлас Индийского океана. М.: АН СССР; ГУГК, 1975. 151 с.

- Герасимов И. П.* Опыт геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР.— Пробл. физ. географии, 1946, вып. 12, с. 39—46.
- Герасимов И. П.* Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение. М.: Изд-во АН СССР, 1959. 100 с.
- Герасимов И. П.* Структурный анализ рельефа и его содержание.— В кн.: Методы геоморфологических исследований: Материалы Всесоюз. совещ. по геоморфологии и неотектонике Сибири и Дальнего Востока. Новосибирск, 1967, т. 1, с. 7—15.
- Герасимов И. П.* Три главных цикла в истории геоморфологического этапа развития Земли.— Геоморфология, 1970, № 1, с. 19—27.
- Герасимов И. П.* Пятигорские «лакколиты» и происхождение кавказских минеральных вод.— Геоморфология, 1974, № 3, с. 3—13.
- Герасимов И. П.* Новые пути в геоморфологии и палеогеографии. М.: Наука, 1975. 400 с.
- Герасимов И. П.* Архитектура Земли (геотектуры) в свете теории глобальной тектоники плит.— Геоморфология, 1976, № 3, с. 3—14.
- Герасимов И. П.* Вклад острова Кюрасао в проблему Карибского бассейна: (Геоморфол. очерк).— Геоморфология, 1977а, № 4, с. 35—43.
- Герасимов И. П.* Геоморфологические исследования в системе глубоководных океанологических работ (составление, методика, задачи).— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1977б, № 3, с. 5—21.
- Герасимов И. П.* Вопросы, которые ставит геоморфология Азорских островов.— Геоморфология, 1978а, № 1, с. 3—15.
- Герасимов И. П.* Эволюция взглядов на формирование геотектуры Западных (Французских) Альп.— Геоморфология, 1978б, № 4, с. 13—23.
- Герасимов И. П.* Проблема Тетиса в свете теории литосферных плит.— Геоморфология, 1979, № 1, с. 46—52.
- Герасимов И. П.* Поднятие Дарвина (талассократон) в Тихом океане и связанные с ним палеогеографические проблемы.— Океанология, 1980, т. 20, вып. 5, с. 866—870.
- Герасимов И. П.* Глобальная тектоника плит: (Второе рождение фундаментальной теории в истории наук о Земле).— География в шк., 1981а, № 3, с. 15—26.
- Герасимов И. П.* Современные аспекты общей теории горообразования.— Геоморфология, 1981б, № 2, с. 3—13.
- Герасимов И. П.* Современные аспекты общей теории образования рельефа земной поверхности.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1982, № 5, с. 11—17.
- Герасимов И. П.* Современное состояние и перспективы развития общей теории советской геоморфологии.— Геоморфология, 1983, № 4, с. 3—14.
- Герасимов И. П.* Геодинамическая революция в науках о Земле и новые горизонты в глобальной геоморфологии.— В кн.: Исследование океана. М.: Наука, 1984, с. 139—149.
- Герасимов И. П., Живаго А. В., Кашинцев Г. Л.* Новые данные о строении атолла Хермит в Новогвинейском море.— Геоморфология, 1984, № 1, с. 50—60.
- Герасимов И. П., Живаго А. В., Коржуев С. С.* Геоморфологические и палеогеографические аспекты новой теории глобальной тектоники плит.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1974, № 5, с. 5—22.
- Герасимов И. П., Лилиенберг Д. А.* Геоморфологические модели Большого Кавказа и Стара-Планины. Большой Кавказ: Общая характеристика и основные этапы формирования орогенной морфоструктуры.— В кн.: Большой Кавказ — Стара-Планина (Балкан). М.: Наука, 1984, с. 9—25.
- Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А.* Геоморфологический этап в развитии Земли.— Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1964а, № 6, с. 3—12.
- Герасимов И. П., Мещеряков Ю. А.* Морфоструктура и морфоскульптура земной поверхности.— В кн.: Современные проблемы географии. М.: Наука, 1964б, с. 5—15.
- Герасимов И. П., Сидоренко А. В.* О карте поверхностей выравнивания и кор выветривания территории СССР.— Сов. геология, 1972, № 10, с. 14—23.
- Глубинные разломы океанского дна. М.: Наука, 1984. 221 с.
- Грачев А. Ф., Карасик А. М.* Разрастание океанического дна и тектоника Евразийского бассейна.— В кн.: Геотектонические предпосылки к поискам полезных ископаемых на шельфах Северного Ледовитого океана. Л., 1974, с. 19—33.

- Деменицкая Р. М., Карасик А. М.* Проблема генезиса Северного Ледовитого океана.— В кн.: История Мирового океана. М.: Наука, 1971, с. 58—76.
- Диккинсон У.* Модели геосинклиналей в свете положений тектоники плит.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.: Мир, 1974, с. 220—231.
- Диц Р., Холден Дж.* Распад Пангеи.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.: Мир, 1974, с. 315—329.
- Дьюи Дж., Берд Дж.* Горные пояса и новая глобальная тектоника.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.: Мир, 1974а, с. 191—219.
- Дьюи Дж., Берд Дж.* Тектоника плит и геосинклиналии.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.: Мир, 1974б, с. 180—191.
- Живаго А. В.* Геоморфология и тектоника дна Южного океана.— В кн.: Океанологические исследования. М.: Наука, 1965, № 13, с. 148—156, с прил. цв. карт. (Результаты исследований по программе МГГ).
- Живаго А. В.* Морфоструктура дна океанов и морей.— В кн.: Рельеф Земли: (Морфоструктура и морфоскульптура). М.: Наука, 1967, с. 35—53.
- Живаго А. В.* Проблемы геоморфологии Южного океана: Автограф. дис. ... д-ра геогр. наук. М.: Ин-т географии АН СССР, 1971. 128 с. Ротапр.
- Живаго А. В.* Морфоструктура дна юго-восточной части Тихого океана.— В кн.: Металлоносные осадки юго-восточной части Тихого океана. М.: Наука, 1979, с. 8—47.
- Золотарев А. Г., Семенов Н. И.* Предорогенные переходные зоны (на примере юга Восточной Сибири).— В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории: Тез. докл. к XVII пленуму Геоморфол. комиссии АН СССР. Новосибирск: Наука, 1982, с. 53—54.
- Зоненшайн Л. П.* Тектоника внутриконтинентальных складчатых поясов.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 7, с. 48—59.
- Зоненшайн Л. П., Кузьмин М. И., Моралев В. М.* Рифтовые структуры в геологическом прошлом.— В кн.: Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. Новосибирск, 1977, с. 11—15.
- Зоненшайн Л. П., Савостин Л. А.* Введение в геодинамику. М.: Наука, 1979. 311 с.
- Зоненшайн Л. П., Сорохтин О. Г.* Геосинклинальный процесс.— В кн.: Геофизика океана. М.: Наука, 1979, т. 2. Геодинамика, с. 276—306.
- Ильин А. В.* Основные черты геоморфологии дна Атлантического океана.— В кн.: Условия седиментации в Атлантическом океане. М.: Наука, 1971, с. 107—246. (Результаты исслед. по междунар. геофиз. проектам. Океанол. исслед.; № 21).
- Индийский океан.* Карта м-ба 1 : 15 000 000. М.: ГУГК, 1979.
- Ирдли А.* Структурная геология Северной Америки: Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1954. 666 с.
- Канаев В. Ф.* Рельеф рифтовой зоны и ее место в общей системе морфологии дна океана.— В кн.: Исследования по проблеме рифтовых зон Мирового океана. М.: Наука, 1972, ст. 1, с. 35—61.
- Канаев В. Ф.* Рельеф дна Индийского океана. М.: Наука, 1979. 267 с.
- Канаев В. Ф., Нейман В. Г., Парин Н. В.* Индийский океан. М.: Мысль, 1975. 284 с.
- Кариг Дж.* Происхождение и развитие окраинных бассейнов западной части Тихого океана.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.: Мир, 1974, с. 266—288.
- Карта Индийского океана на 4-х листах. М-б 1 : 20 000 000. М.: ГУГК, 1977.
- Кинг Л.* Морфология Земли: Изучение и синтез сведений о рельефе Земли: Пер. с англ. М.: Прогресс, 1967. 559 с.
- Кириллова И. В., Петрушевский Б. А.* Поперечная тектоническая зональность складчатых поясов и дрейф континентов.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1972, т. 47, вып. 1, с. 5—22.
- Коржуев С. С.* Морфоструктура кристаллических щитов и проблема древних пеплолов.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1973, № 2, с. 94—106.
- Коржуев С. С.* Морфотектоника и рельеф земной поверхности. М.: Наука, 1974. 530 с.

- Кропоткин П. Н.** Проблема дрейфа материков (мобилизм).—Изв. АН СССР. Физика земли, 1969, № 3, с. 3—18.
- Кропоткин П. Н.** О возрасте и происхождении океанов.—В кн.: История Мирового океана. М.: Наука, 1971, с. 46—50.
- Кропоткин П. Н.** Динамика горизонтальных движений земной коры.—Вестн. АН СССР, 1972, № 7, с. 80—89.
- Кропоткин П. Н.** Динамика земной коры.—В кн.: Проблемы глобальной тектоники. М.: Наука, 1973, с. 27—59.
- Кропоткин П. Н., Шахварстова Е. А.** Геологическое строение Тихоокеанского подвижного пояса. М.: Наука, 1965. 366 с. (Тр. Геол. ин-та; Вып. 134).
- Кулон Ж.** Разрастание океанического дна и дрейф материков: Пер. с фр. Л.: Недра, 1973. 232 с.
- Кучай В. К.** Геодинамика новейшего горообразования.—В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Тезисы. М.: Наука, 1984, т. I. Секция 03, с. 379—380.
- Ласточкин А. Н.** Морфодинамические связи в развитии рельефа континентов и океанического дна.—В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории: Тез. докл. к XVII пленуму Геоморфол. комис. АН СССР. Новосибирск, 1982, с. 72—75.
- Ле Дык Ан, Ле Зуй Бать.** Особенности неотектоники и генетических морфоструктурных рядов Юго-Восточной Азии.—В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Тезисы. М.: Наука, 1984, т. I. Секция 03, с. 382.
- Ле Зуй Бать.** Новейшие рифтогенные структуры во Вьетнаме.—В кн.: 27-й Междунар. геол. конгресс: Тезисы. М.: Наука, 1984, т. I. Секция 03, с. 381—382.
- Леонтьев О. К.** Геоморфологические типы перехода от материков к океану.—Вестн. МГУ. Сер. 5, География, 1968, № 2, с. 28—35.
- Леонтьев О. К.** Геоморфология дна Мирового океана и концепция первичности океанов.—В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории: Тез. докл. к XVII пленуму Геоморфол. комис. АН СССР. Новосибирск, 1982, с. 77—79.
- Ле Пишон К., Франшито Ж., Боннин Ж.** Тектоника плит: Пер. с англ. М.: Мир, 1977. 288 с. (Науки о Земле).
- Лилиенберг Д. А.** Концепция плитотектоники и морфоструктурная дифференциация современной геодинамики горных систем Альпийского пояса Южной Европы.—В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр. Тезисы. М.: Наука, 1984, т. I. Секция 03, с. 385—387.
- Литвин В. М.** Формирование структурного рельефа дна океанов в результате движения и взаимодействия литосферных плит.—В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Тезисы. М.: Наука, 1984. т. I. Секция 03, с. 387—389.
- Ликов Б. Л.** Движение материков и климаты прошлого. 2-е изд. Л.: Изд-во АН СССР, 1935. 127 с.
- Логачев Н. А., Зорин Ю. А.** Строение и развитие Байкальского рифта.—В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 126—134.
- Логачев Н. А., Флоренсов Н. А.** Байкальская система рифтовых долин.—В кн.: Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. Новосибирск: Наука, 1977, с. 19—29.
- Международный геологический конгресс, 27-й. Москва, 1984: Доклады. Т. 3. Четвертичная геология и геоморфология. М.: Наука, 1984а. 118 с.
- Международный геологический конгресс, 27-й. Москва, 1984: Доклады. Т. 7. Тектоника. М.: Наука, 1984б. 192 с.
- Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса: Материалы по сравн. тектонике. Т. 2. Циркум-тихоокеанские и карibbeanские складчатые области: Пер. с англ./Сост. и ред. А. Спенсер. М.: Мир, 1977. 478 с. (Науки о Земле).
- Менард Г. У.** Геология дна Тихого океана: Пер. с англ. М.: Мир, 1966. 275 с.
- Мещеряков Ю. А.** Структурная геоморфология равнинных стран. М.: Наука, 1965. 390 с.
- Милановский Е. Е.** Рифтовые зоны геологического прошлого и эволюция рифтогенеза в истории Земли.—В кн.: Роль рифтогенеза в геологической истории Земли. Новосибирск: Наука, 1977, с. 5—11.
- Милановский Е. Е.** Некоторые закономерности тектонического развития и вулканизма Земли в фанерозое: Проблема пульсации и расширения Земли.—Геотектоника, 1978, № 6, с. 3—16.

- Милановский Е. Е.* Эволюция рифтогенеза в истории Земли.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 109—126.
- Милановский В. Е., Мерклин Л. Р., Непрочнов Ю. П.* Восточно-Индийский хребет.— Глава в кн.: Геология и геофизика дна восточной части Индийского океана. М.: Наука, 1981, с. 85—108.
- Муратов М. В.* Проблема происхождения первичных и вторичных океанических впадин.— В кн.: История Мирового океана. М.: Наука, 1971, с. 11—30.
- Муратов М. В.* Межплатформенные системы глубинных разломов и сопровождающие их складчатые структуры Центральной и Юго-Восточной Азии.— В кн.: Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979, с. 231—237.
- Национальный атлас Кубы: Тектоника района Карибского моря.* М.: ГУГК, 1970.
- Николаев В. А.* Геоморфологические системы Сибири.— В кн.: Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа. Новосибирск: Наука, 1982, с. 108—122.
- Николаев Н. И.* Закономерности тектонических движений и осадконакопления в позднем кайнозое.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 3. Четвертичная геология и геоморфология, с. 98—105.
- Николаев Н. И., Шульц С. С.* Принципы и методы составления карты новейшей тектоники СССР: (Материалы 2-го геоморфол. совещ.). М., 1959. 9 с.
- Новая глобальная тектоника (тектоника плит): Сб. ст. Пер. с англ. М.: Мир, 1974. 471 с.
- Обузэн Ж.* Геосинклинали: проблемы происхождения и развития. М.: Мир, 1967. 302 с.
- Обузэн Ж.* На поиски критериев орогенических подразделений.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984а, т. 7. Тектоника, с. 15—19.
- Обузэн Ж.* Тектоника складчатых поясов Тихоокеанского кольца: О некоторых так называемых классических аспектах перитихоокеанской тектоники.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984б, т. 7. Тектоника, с. 43—47.
- Обузэн Ж., Буржуа Ж., Азема Ж.* Новый тип активных окраин: Окраины конвергенции с растяжением на примере Центрально-Американского желоба у берегов Гватемалы.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 20—28.
- Оллиер К.* Тектоника и рельеф: Пер. с англ. М.: Недра, 1984.
- Основные направления развития геоморфологической теории: Тез. докл. к XVII пленуму Геоморфол. комиссии АН СССР. Новосибирск, 1982. 180 с. Ротапр.
- Паккэм Дж., Фалви Д.* Гипотеза образования окраинных морей западной части Тихого океана.— В кн.: Новая глобальная тектоника (тектоника плит). М.: Мир, 1974, с. 288—314.
- Пейве А. В., Книппер А. П., Марков М. С. и др.* Закономерности формирования континентальной коры в фанерозое: (К проблеме тектонического районирования материков).— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 3—9.
- Петрушевский Б. А.* К проблемам геологии Гималаев.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1973, т. 48, вып. 1, с. 13—29.
- Погребицкий Ю. Е.* Переходные зоны «материк—океан» в геодинамической системе Северного Ледовитого океана.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 29—36.
- Проблемы системно-формационного подхода к познанию рельефа: (Основные направления в развитии геоморфол. теории). Новосибирск: Наука, 1982. 152 с.
- Проблемы структурно-климатического подхода к познанию рельефа: (Основные направления в развитии геоморфол. теории). Новосибирск: Наука, 1982. 136 с.
- Пущаровский Ю. М.* Проблема происхождения Тихого океана в связи с тектоникой его обрамления.— В кн.: История Мирового океана. М.: Наука, 1971, с. 51—57.
- Пущаровский Ю. М.* Введение в тектонику Тихоокеанского сегмента Земли. М.: Наука, 1972. 222 с. (Тр. Геол. ин-та; Вып. 234).
- Пущаровский Ю. М.* Проблемы геотектоники и геодинамики Карибского региона. М.: Наука, 1979, с. 7—12.
- Пущаровский Ю. М., Книппер А. Л., Пуиг-Рифа М.* Тектоническая карта Кубы. М-б 1:1 250 000.— В кн.: Геология и полезные ископаемые Кубы. М.: Наука, 1967. с. 7—31.

- Райс Р. Дж.* Основы геоморфологии: Сокр. пер. с англ. М.: Прогресс, 1980. 574 с.
- Рамберг И., Морган П.* Физическая характеристика и направления эволюции континентальных рифтов.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 78—109.
- Рельеф Земли: (Морфоструктура и морфоскульптура).* М.: Наука, 1967. 331 с.
- Рябухин А. Г., Чехович В. Д., Зоненшайн Л. П., Хаин В. Е.* Эволюция мексиканско-カリбского региона: (Опыт анализа с позиций тектоники плит).— Геотектоника, 1983, № 6, с. 73—92.
- Синицын В. М.* Сиаль: Ист.-генет. аспекты. Л.: Недра, 1972. 167 с.
- Словарь общегеографических терминов: Пер. с англ. М.: Прогресс, 1975. Т. I. 407 с.; Т. II. 394 с.
- Сороктин О. Г.* Зависимость топографии срединно-океанических хребтов от скорости раздвижения литосферных плит.— Докл. АН СССР, 1973, т. 208, № 6, с. 1338—1341.
- Спенсер А.* Анализ собранных материалов.— В кн.: Мезозойско-кайнозойские складчатые пояса: Материалы по сравни. тектонике. Пер. с англ. М.: Мир, 1977, т. 2, с. 426—455.
- Страхов Н. М.* Основы исторической геологии. М.; Л.: Госгеолиздат, 1948. Т. I. 255 с.; Т. 2. 396 с.
- Тектоника Африки/Под ред. Ю. Шуберта и А. Фор-Мюре. М.: Мир, 1973. 541 с. (Науки о Земле).
- Тектоника Евразии: (Объясн. зап. к тектон. карте Евразии). М-б 1 : 5 000 000. М.: Наука, 1966. 487 с.
- Тектоническая карта Тихоокеанского сегмента Земли. М-б 1 : 10 000 000. М.: ГУГК, 1970.
- Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979. 275 с.
- Трифонов В. Г.* Взаимодействие континентальных плит в условиях сжатия.— В кн.: Тектоническое развитие земной коры и разломы. М.: Наука, 1979, с. 185—201.
- Трифонов В. Г., Макаров В. И., Востриков Г. А.* Структурно-динамическая расплощенность литосферы неотектонически подвижных поясов.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 3. Четвертичная геология и геоморфология, с. 105—117.
- Тулохонов А. К.* Особенности развития морфоструктур в области сочленения континентальных плит (на примере горного обрамления Сибирской платформы).— В кн.: Основные направления развития геоморфологической теории: Тез. докл. к XVII пленуму Геоморфол. комис. АН СССР. Новосибирск: Наука, 1982а, с. 145—148.
- Тулохонов А. К.* Развитие рельефа периплатформенных областей (на примере орогенного пояса Сибирской платформы).— В кн.: Проблемы структурно-климатического подхода к познанию рельефа. Новосибирск: Наука, 1982б, с. 86—95.
- Удинцев Г. Б.* Геоморфология и тектоника дна Тихого океана. М.: Наука, 1972. 394 с.
- Физико-географический атлас мира. М.: АН СССР; ГУГК, 1964.
- Флоренсов Н. А.* Байкальская рифтовая зона и некоторые задачи ее изучения.— В кн.: Байкальский рифт. М.: Наука, 1968, с. 40—56.
- Хаин В. Е.* Происходит ли научная революция в геологии?— Природа, 1970, № 1, с. 7—19.
- Хаин В. Е.* Место процесса океанообразования в тектонической эволюции Земли.— В кн.: История Мирового океана. М.: Наука, 1971, с. 31—45.
- Хаин В. Е.* О новой глобальной тектонике.— Вестн. АН СССР, 1972а, № 7, с. 66—73.
- Хаин В. Е.* О современном положении в теоретической геотектонике и вытекающих из него задачах.— Геотектоника, 1972б, № 4, с. 3—34.
- Хаин В. Е.* О новой глобальной тектонике.— В кн.: Проблемы глобальной тектоники. М.: Наука, 1973, с. 5—26.
- Хаин В. Е.* Основные этапы геологического развития Мексикано-Карибского региона.— Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1975, т. 100, с. 25—46.
- Хаин В. Е.* Общие вопросы тектоники и тектонической истории Мексикано-Карибского региона.— В кн.: Тектоника и геодинамика Карибского региона. М.: Наука, 1979, с. 13—16.

- Хайн В. Е.** Окраинно-континентальные и межконтинентальные геосинклинальные пояса: сопоставление особенностей развития.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 60—63.
- Хайн В. Е., Рябухин А. Г., Литвин В. М.** Основные зоны развития Мексикано-Карибского региона.— Тр. Ин-та океанологии АН СССР, 1975, т. 100, с. 25—46.
- Хардинг Дж. Л., Ноулз У., Ноулз-мл. У. Д.** Мексиканский залив.— Океанографическая экспедиция. Л.: Гидрометеоиздат, 1974, с. 268—273.
- Хиллс Е. С.** Очерки структурной геологии: Пер. с англ. М.: Изд-во иностр. лит., 1954. 175 с.
- Чистяков А. А.** Новейшая тектоника Индостанского полуострова.— Тр. Н.-и. лаб. геологии зарубеж. стран, 1971, вып. 22, с. 198—212.
- Шатский Н. С.** Гипотеза Вегенера и геосинклинали.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1946, № 4, с. 7—21.
- Шейнман Ю. М.** Новая глобальная тектоника и действительность. Ст. 1.— Бюл. МОИП. Отд. геол., 1973, т. 48, вып. 5, с. 5—28; То же. Ст. 2, 1974, т. 49, вып. 1, с. 5—26.
- Эрихс Э. Н.** Современная структура и четвертичный вулканализм западной части Тихоокеанского кольца. Новосибирск: Наука, 1973.
- Юинг Дж., Эдгар Т.** Карибское море.— В кн.: Океаногр. энциклопедия, 1974, с. 212—218.
- Яншин А. Л.** Методы изучения погребенной складчатой структуры для выяснения отложений Урала, Тянь-Шаня и Мангышлака.— Изв. АН СССР. Сер. геол., 1948, № 5, с. 135—154.
- Яншин А. Л., Боголепов К. В., Лаверов Н. П. и др.** Строение и эволюция земной коры Сибири на основе поэтапного тектонического районирования.— В кн.: 27-й Междунар. геол. конгр.: Доклады. М.: Наука, 1984, т. 7. Тектоника, с. 10—14.
- Adams G. P.** Planation surfaces. Dowden: Hutchins and Ross, 1975. (Benckmerk Pap. Geol.; Vol. 22).
- Anderson R. N., McKenzie D., Sclater J. C.** Gravity, bathymetry and convection in the Earth.— Earth and Planet. Sci. Lett., 1973, vol. 18, N 3, p. 391—407.
- Aubouin J.** Téthys, Atlantique et Pacifique: Regard tectonique.— C. R. Somm. Soc. géol. France, 1977, fasc. 4, p. 170—179.
- Aubouin J., Debelmas J., Latreille M.** Les chaînes alpines issues de la Téthys: Introduction générale.— Mém. Bur. rech. géol. et minières, 1980, N 115, p. 7—12.
- Bergh H. W.** Mesozoic sea floor off Dronning Maud Land, Antarctica.— Nature, 1977, vol. 269, p. 686—687.
- Bergh H. W., Norton I. O.** Prince Edward fracture zone and the evolution of the Mozambique Basin.— J. Geophys. Res., 1976, vol. 81, N 29, p. 5221—5239.
- Bohnenberger O.** Plate tectonic hypothesis as related to Central America. Mexico, 1978. (Bol. Inst. geol. Univ. Nac. Auton. Mexico; N 101).
- Bowen R.** The new global tectonics.— Sci. Progr., 1971, vol. 59, N 235.
- Brock B. B.** Global approach to geology. Capetown: Balkema, 1972.
- Bullard E. C., Everett J. E., Smith A. G.** The fit of the continent around the Atlantic.— Philos Trans. Roy. Soc. London A, 1965, vol. 258. Symp. of continental drift, p. 41—51.
- Carey S. W.** The rheid concept in geotectonics.— J. Geol. Soc. Australia., 1954, vol. 1, p. 67—117.
- Carey S. W.** The expanding Earth. Amsterdam: Elsevier, 1976.
- Chevallier J.-M., Cailleux A.** Essai de reconstitution géométrique des continents primitifs.— Zeitschr. Geomorphol. N. F., 1959, Bd. 3, H. 4, S. 257—268.
- Chorley R. J.** The application of quantitative methods to geomorphology: Frontiers in geogr. teaching. L.: Methuen, 1965.
- Condie K. C.** Plate tectonics and crustal evolution. N. Y. etc.: Pergamon press, 1976.
- Curry J. R., Moore D. G.** Sedimentary and tectonic processes in the Bengal deep-sea fan and geosyncline.— In: Geology of continental margins/Ed. C. A. Burke, C. L. Drake. N. Y., 1974, p. 617—627.
- Dewey J. F., Bird J. M.** Mountain belts and the new global tectonics.— J. Geophys. Res., 1970, vol. 75, N 14, p. 2625—2647.

- Douglas R. G., Moullade M. Age of the basal sediments on the Shatsky Rise Western North Pacific Ocean.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1972, vol. 83, N 4, p. 1163—1168.
- Emiliani C., Gartner S., Lidz B. Neogene sedimentation on the Blake Plateau and the emergence of the Central American isthmus.—Paleogeogr., Paleoclimatol., Paleoecol., 1972, vol. 11, N 1, p. 1—10.
- Fisher A. G. et al. Geological history of the Western North Pacific.—Science, 1970, vol. 168, N 3936, p. 1210—1214.
- Gardner J. V. Submarine geology of the Western Coral Sea.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1970, vol. 81, N 9, p. 2599—2614.
- Garrels R. M., Mackenzie F. T. Evolution of sedimentary rocks. N. Y.: Norton, 1971.
- Gravity and tectonics/Ed. K. A. de Long, R. Schotlton. N. Y.: Wiley, 1973.
- Gutenberg B., Richer C. F. Seismicity of the Earth. Princeton: Univ. press, 1954.
- Hack J. T. Interpretation of erosional topography in humid temperature regions.—Amer. J. Sci., 1960, vol. 258-A, p. 80—97.
- Haug E. Les géosynclinaux et les aires continentales: Contribution à l'étude des transgressions et des régressions marines.—Bull. Soc. géol. France. Ser. 3, 1900, t. 28, p. 617—710.
- Heezen B. C., Fornari D. J. Geological map of the Pacific Ocean, 1 : 35 000 000.—In: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. Wash. (D. C.); 1975, vol. 30.
- Heezen B. C., Tharp M., Ewing M. The floors of the Ocean. I. The North Atlantic. Wash. (D. C.), 1959. 122 p. (Geol. Soc. Amer. Spec. Pap.; N 65).
- Heirtzler J. R., Dickson G. O., Herron E. M. et al. Marine magnetic anomalies, geomagnetic field reversals and motions of the ocean floor and continents.—J. Geophys. Res., 1968, vol. 73, N 6, p. 2119—2136.
- Herron E. M. Sea-floor spreading and the Cenozoic history of the East-Central Pacific.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1972, vol. 83, N 6, p. 1671—1692.
- Horton I. O., Sclater J. G. A model for the evolution of the Indian Ocean and the breakup of Gondwanaland.—J. Geophys. Res., 1979, vol. 84, N B-12, p. 6803—6830.
- Indian Ocean geology and biostratigraphy: Studies following deepsea drilling legs 22—29/Ed. J. R. Heirtzler et al. Wash. (D. C.): Amer. Geophys. Union, 1977.
- Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. Wash. (D. C.): US Gov. print. off., 1974—1975. Vol. 22—29.
- Isacks B., Oliver J., Sykes L. R. Seismology and the new global tectonics.—J. Geophys. Res., 1968, vol. 73, N 18, p. 5855—5899.
- Iturralde-Vinent M. A. Problems in application of modern tectonic hypotheses to Cuba and Caribbean Region.—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1975, vol. 59, N 5, p. 838—855.
- Johnson B. D., Powell C. Mc. A., Veevers J. J. Spreading history of the eastern Indian Ocean and Greater India's northward flight from Antarctica and Australia.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1976, vol. 87, N 11, p. 1560—1566.
- Karig D. E. Origin and development of marginal basins in the Western Pacific.—J. Geophys. Res., 1971, vol. 76, N 11, p. 2542—2561.
- Krebs W. Formation of Southwest Pacific island arc-trench and mountain systems: Plate or global vertical tectonics? —Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1975, vol. 59, N 9, p. 1639—1666.
- Ladd J. W. Relative motion of South America with respect to North America and Caribbean tectonics.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1976, vol. 87, N 7, p. 969—976.
- Le Pichon X. Sea-floor spreading and continental drift. —J. Geophys. Res., 1968, vol. 73, N 12, p. 3661—3697.
- Le Pichon X. Témoignage: La naissance de la tectonique des plaques.—La Recherche, 1984, vol. 15, N 153, p. 414—423.
- Lilienberg D. A. Morphotectonics and recent geodynamics of the interaction region between Cuba microplate and Bartlett deepwater trench.—In: Problems of morphotectonics. Sofia: Bulg. Acad. Sci., 1983, p. 204—232.
- Lilienthal Th. Ch. Die Gute Sache der Göttlichen Offenbahrung. Königsberg: Hartung, 1756.
- Lugendyk B. P. Gondwanaland dispersal and the early formation of the Indian Ocean.—In: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. Wash. (D. C.), 1974, vol. 26, p. 945—952.

- Maljait B. T., Dinkelman M. G.* Circum-Caribbean tectonic and igneous activity and the evolution of the Caribbean Plate.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1972, vol. 83, N 2, p. 251—272.
- Marcl R. G.* Evidence for the breakup of eastern Gondwanaland by the early Cretaceous.—Nature, 1974, vol. 251, N 5472, p. 196—200.
- McKenzie D. P., Sclater J. G.* The evolution of the Indian Ocean since the late Cretaceous.—Geophys. J. Roy. Astron. Soc. 1971, vol. 25, p. 437—528.
- Menard H. W.* The deep ocean floor.—Sci. Amer., 1969, vol. 221, N 3, p. 127—142.
- Menard H. W., Chase T. E., Smith S. M.* Galapagos Rise in the Southeastern Pacific.—Deep-Sea Res., 1964, vol. 11, N 2, p. 233—242.
- Morgan W. S.* Rises, trenches, faults and crustal blocks.—J. Geophys. Res., 1968, vol. 73, N 6, p. 1959—1982.
- Penck W.* Die morphologische Analyse: Ein Kapitel der physikalischen Geologie. Stuttgart, 1924.
- Potter P. E.* Significance and origin of Big Rivers.—J. Geol., 1978, vol. 86, N 1, p. 13—33.
- Problems of morphotectonics. Sofia, 1984.
- Schlisch R.* Structure et âge de l'Océan Indien occidental.—Mém. Soc. géol. France. Hors-Sér., 1975, N 6.
- Sclater J. G., Fisher R. L.* Evolution of the east central Indian Ocean, with emphasis on the tectonic setting of the Ninetyeast Ridge.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1974, vol. 85, N 5, p. 683—702.
- Sclater J. G., Heirtzler J. R.* An introduction to deep sea drilling in the Indian Ocean.—In: Indian Ocean geology and biostratigraphy. Wash. (D. C.), 1977, p. 1—24.
- Seely D. R., Vall P. R., Walton G. G.* Trench slope model.—In: The geology of continental margins. N. Y., 1974, p. 249—260.
- Sheppard S. M. F.* The Cornubian batholith, SW England: D/H and 180/160 studies of kaolinite and other alteration minerals.—J. Geol. Soc., 1977, vol. 133, pt 6, p. 573—591.
- Simpson E. S. W.* et al. Site 249.—In: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. Wash. (D. C.), 1974, vol. 25, p. 287—346.
- Smith A. G.* Plate tectonics and orogeny — a review.—Tectonophysics, 1976, vol. 33, N 3/4, p. 215—285.
- Snider A.* La création et ses mystères dévoilées. P.: Frank et Dentu, 1858.
- Stille H.* The present tectonic state of the Earth.—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1936, vol. 20, pt 2, p. 849—880.
- Suess E.* Das Antlitz der Erde. Prag; Leipzig. Bd. 1. 1883; Bd. 2. 1888; Bd. 3. 1901—1909.
- Taylor F. B.* Bearing of the Tertiary mountain belt on the origin of the Earth's plan.—Bull. Geol. Soc. Amer., 1910, vol. 21, p. 179—226.
- Thornbury W. D.* Principles of geomorphology. N. Y.: Wiley, 1969.
- Uchupi E., Emery K. O., Bowin C. O., Phillips I. D.* The continental margin of Western Africa: Senegal to Portugal.—Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geol., 1976, vol. 60, N 5, p. 809—878.
- Veevers J. J.* Models of the evolution of the Eastern Indian Ocean.—In: Indian Ocean geology and biostratigraphy. Wash. (D. C.), 1977, p. 151—163.
- Veevers J. J., Heirtzler J. R.* Bathymetric, seismic profiles and magnetic anomaly profiles.—In: Initial reports of the Deep Sea Drilling Project. Wash. (D. C.), 1974, vol. 27, p. 339—382.
- Weissel J. K., Hayes D. E.* Magnetic anomalies in the southeast Indian Ocean.—In: Antarctic oceanology. Wash. (D. C.), 1972, pt II. The Australia-New Zealand sector, p. 165—196. (Antarct. Res. Ser.; Vol. 19).

ВЫДАЮЩИЙСЯ СОВЕТСКИЙ ГЕОГРАФ И ГЕОМОРФОЛОГ АКАДЕМИК И. П. ГЕРАСИМОВ (очерк жизни и деятельности)

Советская география понесла тяжелую утрату — 30 марта 1985 г. скончался академик Иннокентий Петрович Герасимов, выдающийся ученый-энциклопедист нашего века, признанный лидер советской географической науки, один из ведущих географов мира. Он ушел из жизни в расцвете своего многогранного таланта, полный сил, энергии и обширных планов на будущее. Его труды вошли в «золотой фонд» общей теории и методологии современной географии, почвоведения, геоморфологии и палеогеографии.

Академик И. П. Герасимов был настолько яркой личностью, необычайно разносторонним ученым и общественным деятелем, что охарактеризовать в полном объеме его жизнь и оценить огромное научное наследие в кратком очерке, к тому же написанном сразу после его смерти, не представляется возможным. Как отметил в выступлении на траурном митинге вице-президент АН СССР академик А. Л. Яншин, И. П. Герасимов относится к той категории людей, жизни и трудам которых должны посвящаться целые книги, о чем должны позаботиться их соратники и ученики. Создание такой книги — дело будущего. Здесь же мы постараемся осветить лишь некоторые наиболее важные моменты деятельности академика И. П. Герасимова, какими они видятся сегодня, уделив особое внимание геоморфологии.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ ЖИЗНИ И ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

И. П. Герасимов родился 9 декабря 1905 г.¹ в г. Костроме, в семье врача. Его детские годы прошли сначала на Верхней Волге, а затем в Петербурге (Петрограде), куда позднее переехала семья. Отец Петр Владимирович Герасимов погиб в 1916 г. во время первой мировой войны, и в дальнейшем И. П. Герасимов воспитывался своим отчимом, известным ленинградским врачом-отоларингологом М. С. Моисеевым (впоследствии полковником медицинской службы, заведующим кафедрой Военно-Морской академии), к которому до конца своей жизни сохранил самые теплые чувства.

¹ Здесь и далее даты и ссылки на работы приводятся по справочнику «Иннокентий Петрович Герасимов» (Материалы к библиографии ученых СССР. Сер. геогр. наук, 1976, вып. 6. 159 с.) с отдельными уточнениями.

Великую Октябрьскую социалистическую революцию И. П. Герасимов встретил учащимся младших классов петербургской гимназии. В 1918 г. родители его стали работать в передвижном госпитале только что организованной Красной Армии. Годы гражданской войны он провел в разных городах Урала — Екатеринбурге (ныне Свердловске), Перми и других, куда перемещался военный госпиталь, в котором работали его родители.

В 1922 г., успешно закончив Пермскую опытную (среднюю) школу, он возвратился с семьей в Петроград, где поступил в учебный Географический институт, в 1925 г. преобразованный в Географический факультет Ленинградского государственного университета.

Склонность к естественным наукам и путешествиям проявилась у И. П. Герасимова еще в ученические годы во многом под влиянием семейной обстановки, увлечения родителей медициной, частых переездов семьи в разные города, под воздействием могучей природы Урала и Прикамья. В выборе конкретной профессии сыграл роль также пример близких родственников, в частности его дяди профессора А. П. Герасимова, крупного русского геолога, известного исследователя недр Кавказа. Во всяком случае в своей автобиографии И. П. Герасимов уверенно писал, что «выбор высшего учебного заведения был сделан совершенно сознательно, так как уже в старших классах средней школы у меня проявился особенно большой интерес к изучению окружающей природы, который был углублен и превратился в научную специальность при первых студенческих и аспирантских работах».

Еще будучи студентом И. П. Герасимов увлекся почвенно-географическими исследованиями. С 1924 г. он участвует в сложных и трудных экспедициях в степях и пустынях Средней Азии и Казахстана (плато Устюрт, северо-восток Прикаспия, низовья Аму-дарьи). В этих поездках проявились многие черты его будущего характера ученого — пытливость ума, широта интересов натуралиста и страсть путешественника, тонкая наблюдательность и аналитическая оценка объектов изучения, энергичность, целеустремленность и огромная работоспособность.

В студенческие годы были опубликованы и первые научные работы И. П. Герасимова, в которых уже тогда наметились зачатки двух генеральных направлений научных интересов всей его последующей жизни. В 1925 г., ровно 60 лет назад, в «Географическом вестнике» (1925, т. 2, вып. 3—4) была напечатана его первая небольшая статья «Почвенные и ботанико-географические работы на Устюрте», а в следующем году в журнале «Природа» (1926, № 9—10) — вторая статья «История поверхности Земли». Как не трудно заметить из названий работ, в них были заложены истоки таких научных направлений, как почвенно-географическое и геоморфолого-палеогеографическое, которым впоследствии И. П. Герасимов посвятит не одну сотню своих работ.

В 1926 г. И. П. Герасимов блестяще заканчивает Ленинградский университет и оставляется на Географическом факультете в аспирантуре при новой кафедре географии почв, впервые создан-

ной С. С. Неуструевым. В 1929 г. он зачисляется научным сотрудником Почвенного института АН СССР. В эти и последующие годы И. П. Герасимов продолжает участвовать в почвенно-ботанических экспедициях по Средней Азии (Туранская низменность, Каракумы, Кызылкумы), по югу Западной Сибири и Центрально-Казахстанскому мелкосопочнику. Помимо чисто почвенных и ботанических исследований, он занимается изучением геологии Западного Туркестана, Кызылкумов и древнекаспийских отложений, общих вопросов геоморфологии пустынь, такирообразования и формирования песчаного рельефа, геоморфологии речных долин (Эмбы, Амудары), гидрогеологии Кызылкумов, палеогеографии и климата пустынь. Эти работы заложили основы широкого комплексного подхода к изучению аридных территорий. Уже в них И. П. Герасимов проявляет себя зрелым мастером общегеографического анализа. Можно только поражаться необыкновенному тематическому разнообразию публикаций молодого ученого. В них проявились не только талант и многообразие научных интересов И. П. Герасимова, но и то счастливое обстоятельство, что его учителями в этот период были такие крупнейшие русские ученые-энциклопедисты, как С. С. Неуструев (почвовед докучаевской школы, видный геоморфолог), Л. С. Берг (физико-географ и зоолог), А. Е. Ферсман (геолог, геохимик и минералог). Особенno большое влияние оказал на него руководитель аспиранта С. С. Неуструев, о котором он неоднократно с благодарностью вспоминал и памяти которого посвятил несколько своих работ.

В 1934 г. за совокупность работ по географии почв сухих степей и пустынь Средней Азии без защиты диссертации И. П. Герасимову была присуждена ученая степень кандидата наук в области почвоведения. В 30-е годы начинается его активная педагогическая деятельность. Он читает курс геологии четвертичных отложений и избирается доцентом Горного института в Ленинграде (1930—1935 гг.), выступает с лекциями по геоморфологии и географии в Ленинградском университете.

С 1934 г. начинается московский период в жизни и деятельности И. П. Герасимова. В это время Академия наук СССР перемещается из Ленинграда в столицу. Вместе с Почвенным институтом АН СССР в Москву переезжает и И. П. Герасимов. Особенno знаменательным для него был 1936 г. К этому времени он обобщил свои многолетние и разносторонние исследования рельефа и палеогеографии аридных территорий в фундаментальной сводке «Основные черты развития современной поверхности Турана (опыт геоморфологической монографии)», представленной в качестве диссертации, за которую Президиумом АН СССР ему была присуждена ученая степень доктора географических наук. Эта монография составила определенную эпоху в развитии отечественной региональной геоморфологии, с одной стороны, закрепляя широкий географический и палеогеографический подход к анализу рельефа, а с другой — показывая пример возможности решения на ограниченном региональном материале крупных глобальных проблем аридного рельефообразования.

В 1936 г. И. П. Герасимов избирается заведующим отделом географии и картографии почв — одного из крупнейших в Почвенном институте АН СССР, сменив на этом посту выдающегося советского ученого академика Л. И. Прасолова. Он бессменно возглавлял отдел в течение двух десятилетий, вплоть до 1956 г. С его именем и его руководством связаны выдающиеся работы по классификации почв, изучению почвенных процессов и подготовке почвенных карт мира, материков, СССР и отдельных регионов, принесшие Поченному институту АН СССР и отечественному почвоведению широкую международную известность.

Предвоенные годы отличались большой насыщенностью исследованиями. И. П. Герасимов по-прежнему принимает участие в крупных комплексных экспедициях по Средней Азии. Но одновременно круг его научных интересов географически резко расширяется. Он работает также в Прикаспии, Заволжье, на Урале, в Западной Сибири, Центральном Казахстане, на Памире и Тянь-Шане, на Северном Кавказе и в Закавказье, совершает поездки в Восточную Сибирь и на Дальний Восток.

Эти исследования, помимо получения огромного фактического материала, позволили создать крупные обобщающие работы. В области почвоведения под руководством академика Л. И. Прасолова и И. П. Герасимова разрабатывается общая классификация почв Советского Союза, которая заложила основы создания будущей генеральной почвенной карты страны. Большое значение для выделения и обоснования отдельных генетических типов почв имели региональные монографии и карты по различным районам Европейской части СССР, Средней Азии и Сибири. В работах И. П. Герасимова довоенного периода начинает четко проявляться ресурсная направленность исследований, оформившаяся в 70-х годах в новое научное направление, получившее название конструктивной географии. Истоки этого направления можно видеть в его почвенно-мелиоративных работах, четырехтомной монографии «Природные ресурсы Каракумов» (1940), в работах по естественно-историческому районированию СССР и ряде других исследований.

Крупные обобщения делаются в области геоморфологии и палеогеографии. Они посвящены прежде всего рельефу пустынь, проблемам лёсса и лёссообразования, которые привлекали внимание И. П. Герасимова в течение всей его жизни, а также проблемам четвертичной истории Каспийского моря, формированию ярусного рельефа в горах и на равнинах, роли тектонических движений в создании крупных и локальных форм рельефа. Однако творческим венцом исследований этих лет явилась фундаментальная монография И. П. Герасимова и К. К. Маркова «Ледниковый период на территории СССР» (1939), которая своим пионерным подходом и новизной научных выводов не имела аналогов ни у нас в стране, ни за рубежом. Она составила целую эпоху в палеогеографии и получила широкое международное признание.

Помимо научной работы, И. П. Герасимов продолжает активную педагогическую деятельность теперь уже в стенах Московско-

го университета, где с 1936 г. читает курсы лекций по общей геоморфологии, проблемам почвоведения и по географии почв. Он избирается профессором Географического факультета, и в 1947 г. основывает на нем кафедру географии почв, которую возглавляет вплоть до 1950 г., а затем в 1954—1957 гг. Совместно с К. К. Марковым был издан известный учебник «Четвертичная геология (Палеогеография четвертичного периода)» (1939), ставший на долгие годы настольным пособием для целого поколения советских географов и геологов-четвертичников.

В годы Великой Отечественной войны И. П. Герасимов все свои знания и энергию ученого-патриота отдал делу изучения ресурсов страны и их мобилизации для нужд фронта и обеспечения победы над фашистской Германией. Находясь в эвакуации с учреждениями Академии наук СССР, он участвует в изучении природных ресурсов Центрального Казахстана, юга Западной Сибири и Урала. После разгрома немецко-фашистских войск под Москвой он возвращается в столицу, где на базе Института географии возглавляет межинститутскую группу ученых по созданию специальных карт и военно-географическому описанию природных условий фронтовых зон и театров военных действий. За успешное выполнение этих заданий И. П. Герасимов был награжден боевым орденом Красной Звезды и медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941—1955 гг.» В победном 1945 г. он был принят в члены Коммунистической партии Советского Союза.

В период Великой Отечественной войны И. П. Герасимов понес и тяжелые личные утраты: в блокадном Ленинграде скончались мать Мария Павловна Герасимова (Моисеева) и старший брат.

Первые послевоенные годы ознаменовались необыкновенным подъемом в научно-исследовательской и научно-организационной деятельности И. П. Герасимова. Продолжая работать в Почвенном институте АН СССР, он все больше сближается с Институтом географии АН СССР, где с 1947 г. возглавляет по совместительству отдел геоморфологии и палеогеографии. Работа в комплексном географическом учреждении особенно широко раскрывает перед ним возможности реализации его многогранного таланта натуралиста и интеграционного способа мышления. В 1949 г. И. П. Герасимов окончательно переходит на основную работу в Институт географии АН СССР, в котором назначается заместителем директора по научной работе (сохраняя при этом руководство отделом географии и картографии почв в Почвенном институте АН СССР). В 1951 г. он избирается директором Института географии АН СССР — крупнейшего в мире академического географического центра, который он бессменно возглавлял в течение целой трети века до последних дней своей жизни.

На посту директора Института географии АН СССР И. П. Герасимов сменил другого выдающегося советского географа — академика А. А. Григорьева, основателя института и его руководителя на протяжении трех предыдущих десятилетий. Надо сказать, что Институту географии как научному учреждению сильно «по-

вездо»: в течение почти семидесяти лет во главе его стояли только два руководителя, которые были выдающимися учеными своего времени, что обеспечило институту высокий уровень научных исследований и их неизменную актуальность, унаследованность развития, большую сплоченность и взаимопонимание творческого коллектива.

На посту директора Института географии АН СССР проявился незаурядный талант И. П. Герасимова как крупного организатора науки, государственно мыслящего деятеля, руководителя и идейного вдохновителя крупных коллективов географов, призванных решать наиболее актуальные проблемы географической науки, имеющие важное практическое значение. Работа по руководству институтом на долгие годы стала его вторым «я».

Научная и научно-организационная деятельность И. П. Герасимова получает высокую оценку. В 1944 г. ему присваивается почетное звание заслуженного деятеля науки Казахской ССР. В 1946 г. он избирается членом-корреспондентом АН СССР, а в 1953 г.—академиком, действительным членом Академии наук СССР.

В 50—60-х годах, продолжая традиции института по комплексному изучению районов хозяйственного освоения, И. П. Герасимов становится организатором крупных коллективных комплексных исследований по проблемам преобразования природы Европейской части СССР в связи с осуществлением государственного плана создания сети полезащитных лесных полос, а позднее — в связи с освоением целинных земель юга Западной Сибири и Северного Казахстана. Эти работы явились этапными для коллектива Института географии АН СССР, поскольку они позволили перейти от традиционной регионально-описательной географии к географии проблемной и преобразовательной, нацеленной на решение общегосударственных практических задач строительства социализма в нашей стране. Благодаря такой направленности исследований усилились связи института с родственными академическими и ведомственными организациями; он стал играть роль общегосударственного центра и научного координатора исследований в области географии.

Научные и практические результаты комплексных географических исследований оказались настолько актуальными и значительными, что им было посвящено специальное заседание Президиума АН СССР, на котором с докладом об общих итогах выступил И. П. Герасимов. Это заседание было запечатлено на большой картине, написанной группой художников во главе с народным художником СССР А. М. Грицаем и хранящейся ныне в Государственном Русском музее в Ленинграде.

В тот же период И. П. Герасимов выступает как инициатор, идеолог и организатор фундаментальных обобщающих работ по географии СССР и мира, к которым он привлекает ведущих географов нашей страны. Среди этих работ прежде всего выделяется 15-томная серия «Природные условия и естественные ресурсы

СССР» (1963—1972 гг.), которая представляет собой исследование нового типа не только для советской, но и для зарубежной географии. Помимо общей характеристики природных условий, в каждой книге этой серии, посвященной крупным природно-экономическим регионам, дается также оценка ресурсного потенциала, рассматриваются главные инженерно-географические проблемы хозяйственного освоения и перспективы социально-экономического развития. Работы над книгами серии явились не только обоснованием новых теоретических и методологических подходов советской географии, но и конкретной реализацией потенциальных возможностей вклада географической науки в развитие хозяйства страны. В те же годы под руководством И. П. Герасимова завершается составление сводной Государственной почвенной карты СССР в масштабе 1 : 1 000 000 (1955), которая позволила обобщить многолетние исследования генетического разнообразия почв нашей страны и послужила базой для общей оценки почвенных ресурсов и анализа географической региональной дифференциации их плодородия и природного потенциала.

Поскольку территория Советского Союза занимает одну шестую часть всей суши земного шара, то познание и обобщение природных закономерностей ее развития, как считал И. П. Герасимов, неизбежно приводят к необходимости изучения и обобщения планетарных, глобальных закономерностей. Результатом такой стратегической установки задач советской географии явилось создание фундаментального и до сих пор не превзойденного в мировой науке по своему научному содержанию «Физико-географического атласа мира» (1964), капитальной монографии «Рельеф Земли» (1967), уникальной Мировой почвенной карты (изданной в 1956 и 1964 гг.), почвенной карты Европы и других крупных произведений. К этому же периоду относятся разработка И. П. Герасимовым более широкого варианта концепции о почвенно-климатических фациях, дополнившей закон мировой географической зональности, и учение о морфоструктурах и морфоскульптурах Земли, которое легло в основу теории современной геоморфологии.

По своему характеру И. П. Герасимов не был кабинетным ученым. Обладая необыкновенной широтой мысли, умением охватить предмет во всем его многообразии и сложности, склонностью к глубоким обобщениям, он всегда оставался в душе экспериментатором и неутомимым полевым исследователем, видя в конкретных фактических данных неисчерпаемый источник научного анализа. Поэтому подобно тому, как географические обобщения в масштабах нашей страны явились результатом его многолетних полевых экспедиционных работ в различных районах СССР, так и глобальные обобщения 50—60-х и последующих годов стали результатом осмысливания не только научных данных, накопленных учеными разных стран, но и синтезом собственных полевых материалов, собранных во время экспедиционных поездок в различные страны мира. Из каждой поездки даже на небольшой международный симпозиум или рабочее совещание он привозил полевые дневники, заполнен-

ные детальными маршрутными записями, ящики образцов для анализа, книги, карты, бесчисленные фотографии и диапозитивы.

Поэтому работы по созданию глобальных сводок и обобщений в значительной мере опирались на результаты многочисленных поездок И. П. Герасимова за рубеж. Их началом следует считать 1947 г., когда группа советских почвоведов во главе с В. И. Антиповым-Каратаем и И. П. Герасимовым выехала в Болгарию для проведения совместных исследований почв, а затем составления сводной почвенной карты страны и подготовки первой обобщающей научной монографии. Эти работы были продолжены в последующие годы в серии совместных комплексных исследований, результатом которых явилось создание фундаментальных монографий-сводок по физической и экономической географии Болгарии. Аналогичные совместные исследования, также завершившиеся созданием крупных научных сводок и карт, были проведены в Румынии, Монголии и Китае. Они получили широкую международную известность, продемонстрировав высокий научный потенциал географов молодых социалистических стран. Инициатором этого сотрудничества и идейным вдохновителем всех работ был И. П. Герасимов.

Подготовка научных сводок сопровождалась совместными экспедиционными исследованиями, которые дали разносторонний фактический и теоретический материал о природных закономерностях отдельных регионов Европы и Азии, различных географических зон и провинций. Ценнейшие и оригинальные фактические данные И. П. Герасимов буквально по крупицам собирали во время своих поездок в Алжир, ГДР, Польшу, Венгрию, Финляндию, Бразилию, Гвинею, Грецию, Швейцарию, Италию, Чехословакию, Новую Зеландию, Кубу, Мексику, США, Канаду, Чили, Уругвай, Нигерию, Кению, Австралию, Индию, Шри-Ланку, т. е. в страны практически всех континентов, за исключением Антарктиды.

Широкий круг зарубежных исследований способствовал не только глобальным научным обобщениям и общетеоретическим разработкам, но во многом повлиял и на педагогическую деятельность И. П. Герасимова. В это время совместно с М. А. Глазовской он пишет учебные пособия «Курс почвоведения (Элементы географии почв)» (1956) и «Курс почвоведения (Почвы и почвенный покров СССР и зарубежных стран)» (1957), превратившиеся позднее в известный учебник «Основы почвоведения и география почв» (1960), ставший стабильным вузовским учебником, переведенным также на английский, испанский и японский языки. В 1952—1954 гг. И. П. Герасимов избирается по совместительству заведующим кафедрой физической географии зарубежных стран Географического факультета Московского университета.

Всякая периодизация в творчестве ученого, конечно, в достаточной мере условна и не охватывает всех сторон его разнообразной деятельности. Но в научной деятельности И. П. Герасимова все же можно в самом общем виде выделить три крупных периода, не всегда разделенных четкими границами, поскольку он неоднократно

возвращался к одним и тем же проблемам, рассматривая их на новом, более высоком и современном уровне. Ими условно можно считать период детальных и широких региональных исследований, период создания крупных научных сводок и теоретических обобщений в масштабе всей страны и период глобальных обобщений и мировых сводок. Наконец, можно наметить и четвертый период, охватывающий 70—80-е годы, который стал венцом его творческой деятельности и который можно охарактеризовать как период общенаучных поисков и разработки новых путей и генеральных направлений современной географии.

В этот период им наиболее полно обосновывается общая концепция современной географии как науки конструктивной, преобразовательной, прогнозной, призванной обслуживать экономическое и социальное развитие человеческого общества. Он неустанно и последовательно пропагандирует новые задачи географии, видя в этом прогресс советской географии и оказывая существенное идеиное влияние на развитие мировой географической науки. С этой целью И. П. Герасимов осуществляет структурную перестройку Института географии АН СССР, в котором создаются такие новые интеграционные подразделения, как например, отдел инженерно-географических проблем, отдел преобразования природы, постоянно действующие комплексные региональные экспедиции. Постепенно, но настойчиво и целеустремленно он изменяет генеральную проблематику центрального географического учреждения страны, влияет на характер исследований других академических географических учреждений, по-новому намечает проблематику и формы сотрудничества с географическими центрами социалистических стран. Общую перестройку и переориентацию географической науки он видит не только в разработке теоретических концепций и новой методологии, но и в конкретных конструктивных исследованиях, которые позволяют выявить нераскрытые до сих пор большие потенциальные возможности географии, преодолеть известную ограниченность традиционного мышления и методики, подготовить необходимую базу для новых разработок. Он идеино и организационно возглавляет конструктивно-географические исследования, связанные с осуществлением таких крупномасштабных региональных народнохозяйственных проектов, как комплексное использование и охрана природы Байкала, проблемы Аральского и Каспийского морей, обводнение пустынь Средней Азии, создание Каракумского канала, проблема хозяйственного освоения и прогноза развития природы горных территорий (Кавказа, Альп, Балкан). И как всегда, сочетая теорию и практику конкретных исследований, параллельно ставит задачу глобальных конструктивно-прогнозных обобщений, которым посвящены известные коллективные монографии «Человек, общество и окружающая среда» (1973), «Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет» (1982) и его итоговая монография «Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира» (1985). Впервые в мире им основана новая научная серия фундаментальных изданий «Проблемы конструктивной

географии», в которой вышло уже около 20 книг. Развивая идеи «Физико-географического атласа мира» на новой теоретической и прогнозной основе, по его инициативе начата подготовка уникального «Атласа природной среды и естественных ресурсов мира».

Помимо общегеографических работ, И. П. Герасимов искал новые пути в развитии отдельных научных дисциплин. В этом отношении его особенно беспокоили известный разрыв между морской и континентальной геоморфологией и наметившийся кризис теоретической глобальной геоморфологии, пути разрешения которых он видел в разработке геоморфологического варианта теории неомобилизма и тектоники литосферных плит. Уже на склоне лет он принимает участие в нескольких длительных океанологических экспедициях, пересекает Атлантический, Тихий и Индийский океаны. Результатом этих многолетних исследований явились фундаментальные монографии «Новые пути в геоморфологии и палеогеографии» (1976) и «Проблемы глобальной геоморфологии» (1986).

Одно из обязательных условий прогресса современных географических исследований в эпоху научно-технической революции И. П. Герасимов видел в необходимости быстрейшего внедрения в их арсенал математических, геофизических, геодезических, геохимических, дистанционных и других точных инструментальных методов. Поэтому его постоянной заботой были укрепление приборной и лабораторной базы института, привлечение высококвалифицированных специалистов технического профиля с переориентацией их на специфику географии. В институте были созданы новые лаборатории экспериментальных географических исследований и аэрокосмического дешифрирования.

Но главной экспериментальной базой (естественным полигоном) географии И.П. Герасимов считал саму природу, где можно изучать в естественном виде природные процессы, их направленность, интенсивность, структуру и взаимосвязи, эффект преобразования, оценить потенциал для хозяйственного использования. Как председатель Комиссии по комплексному использованию экспериментальных станций и баз АН СССР он предлагал создать сеть полевых стационаров в различных географических зонах и природных областях. Под его руководством была организована Курская полевая экспериментальная база ИГ АН СССР, ставшая крупнейшим многоцелевым географическим стационаром в нашей стране и вошедшая базовым стационаром в международную сеть экспериментальных биосферных станций; создается аналогичная Северо-Кавказская горная станция; в течение многих лет действовал Поллярно-Уральский гляциологический стационар.

И. П. Герасимов был многогранным общественным деятелем. Он известен не только как ученый-энциклопедист и теоретик географии. Не менее ярко в нем проявился талант **крупного организатора современной науки**. Организаторскую работу он любил, она отнимала у него, пожалуй, не меньше времени, чем чисто научные исследования. И. П. Герасимов отчетливо понимал, какую большую ответственность накладывают на него руководство крупными

научными коллективами и координация широкомасштабных исследований по наиболее актуальным направлениям, проявлял при этом присущую ему мудрость, известную дипломатическую гибкость и твердый государственный подход.

Его организаторская деятельность проявлялась как бы в трех сферах разного масштаба. Первая из них тесно связана прежде всего с Институтом географии АН СССР. В течение 35 лет исследования, проводившиеся институтом, испытывали сильное влияние личности И. П. Герасимова: он был признанным руководителем коллектива, идеологом и вдохновителем его творческих начинаний, поисков и свершений. За эти годы численность сотрудников института увеличилась почти в десять раз, отвечая растущей масштабности возлагаемых на него новых задач. Под руководством И. П. Герасимова происходили периодические структурные перестройки института, радикальные пересмотры планов исследований, нацеленные на решение главных проблем географии, внедрялись крупные коллективные работы, которые сплачивали и объединяли ученых. И хотя в институте работали сотни известных в нашей стране и за рубежом специалистов, каждый из которых имеет свою индивидуальность и четко выраженное научное лицо, тем не менее Институт географии АН СССР не без оснований нередко называли «институтом Герасимова», настолько тесно соединились в нем личность директора и творческий почерк коллектива. Вероятно, и в будущей истории института этот этап его развития будет именоваться «периодом Герасимова».

И. П. Герасимов не был мягким руководителем, в нужные моменты он умел проявлять твердость и власть директора. Но наиболее характерной чертой стиля его руководства была сила убеждения. Он любил и умел убеждать людей. Сильно загруженный делами, он не боялся потратить время, чтобы еще и еще раз обсудить с руководителем лаборатории, темы или с отдельным сотрудником полученные результаты, сущность проблемы, планы работы, перспективы на будущее. И он искренне радовался, когда видел, что убедил собеседника, заразил его энтузиазмом поисков новых перспектив исследований, сделал своим научным единомышленником. В то же время он умел прислушиваться к мнению своих коллег, не стеснялся вносить корректизы в собственные представления и даже менять отдельные выводы в результате критических обсуждений. Поэтому появление новых тем в планах института и новых научных направлений начиналось не с административного приказа, а с многочисленных обстоятельных выступлений И. П. Герасимова на заседаниях дирекции, Ученого совета, научных отделов, на партийных и профсоюзных собраниях, что позволяло всесторонне обсуждать нововведения и сделать их понятными для специалистов всех уровней. Подобный стиль руководства на многие годы стал общим стилем института.

Вторая сфера организаторской деятельности И. П. Герасимова была связана с координацией географических исследований в масштабах всей страны. Здесь особенно широко проявился его госу-

дарственный подход к необходимости объединения усилий многих коллективов географов — ученых и практиков, преподавателей вузов и специалистов планирующих органов, независимо от их ведомственной принадлежности, для решения наиболее актуальных научных проблем и крупномасштабных народнохозяйственных проектов. И. П. Герасимов был «мотором» и генератором новых идей в руководящих органах многих межведомственных научных координационных советов, возглавлял ответственную комиссию по охране окружающей среды в Научном совете по проблемам биосфера, развивал сотрудничество и связи института с другими учреждениями для решения конкретных комплексных проблем. Как координатор и лидер научных географических работ Институт географии АН СССР под его руководством завоевал высокий авторитет в нашей стране.

И. П. Герасимов неоднократно подчеркивал, что география как конструктивная наука на современном этапе играет все более широкую общественную и социальную роль, что ей принадлежит большое будущее в системе наук о Земле. Однако к этой роли она должна заранее и серьезно готовиться. Новым масштабам работ должна соответствовать разветвленная сеть сильных географических центров в различных районах нашей страны. Поэтому большой государственной заслугой И. П. Герасимова перед советской наукой является то, что на протяжении нескольких десятилетий он разрабатывал направленную стратегию организации новых географических учреждений. Он был инициатором создания или принимал активное участие в организации Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР в Иркутске, Тихоокеанского института географии СО АН СССР во Владивостоке, институтов географии в Академиях наук Азербайджана, Грузии, Туркмении, Казахстана, секторов или отделов географии в родственных институтах Академий наук Армении, Литвы, Эстонии, Белоруссии, Украины, Молдавии, Киргизии, Узбекистана, Таджикистана, в Коми и Бурятском филиалах АН СССР, в ряде региональных комплексных институтов и т. д.

В целях активизации научной мысли, своевременной информации о полученных результатах и объединения географов всех специальностей в 1951 г. по инициативе И. П. Герасимова создается общесоюзный журнал «Известия Академии наук СССР. Серия географическая», бессменным главным редактором которого он оставался до конца своей жизни. Благодаря широте своей тематики, представительности авторов и высокому научному уровню «Известия» быстро превратились в главный географический журнал нашей страны. Он стал также одним из ведущих географических журналов мира, содержание которого в последние годы полностью или частично переводится на английский язык и переиздается за рубежом. Совместно с Ю. А. Мещеряковым И. П. Герасимов в 1970 г. основывает другой общесоюзный академический журнал «Геоморфология», который также превратился в одно из наиболее авторитетных периодических изданий в мире в этой области.

Третья сфера организаторской деятельности И. П. Герасимова связана с развитием международных связей и международного сотрудничества советских географов. После Великой Октябрьской социалистической революции и в довоенный период эти связи были довольно ограниченными. Перелом наступил в послевоенные годы, когда стало развиваться сотрудничество советских географов с географами социалистических стран, а в 1956 г. на XVIII Международный географический конгресс, состоявшийся в Бразилии, выехала представительная советская делегация во главе с И. П. Герасимовым. Советские ученые-географы активно включились в работу различных органов МГС, ИНКВА, МОП, КАПГ, ЮНЕП и т. д., чему в немалой степени способствовали дипломатические способности и авторитет И. П. Герасимова. По его инициативе в целях объединения усилий советских географов для участия в международных организациях и научных мероприятиях в 1953 г. при Академии наук СССР был создан Национальный комитет советских географов, который все эти годы бессменно возглавлял И. П. Герасимов. Он был душой и организатором тесного сотрудничества с географами всех социалистических стран, крупных международных проектов совместных исследований с географами Франции, США, Англии, Индии и многих других стран (о чем более подробно будет сказано ниже).

Заботясь о судьбах географии, И. П. Герасимов много внимания уделял **подготовке научных кадров**. Большую роль в этом ответственном деле он отводил вузам. В течение многих лет он читал постоянные курсы лекций в Московском и Ленинградском университетах, Ленинградском горном институте, с большим желанием выступал с отдельными проблемными лекциями во многих университетах нашей страны и за рубежом, участвовал в создании университетских учебников. В последние годы И. П. Герасимов был сильно озабочен уровнем вузовской подготовки студентов в связи с новыми проблемами, которые встали перед географией при изучении и преобразовании окружающей среды в условиях НТР, общей экологизации науки и производства. В связи с этим им были внесены предложения по улучшению и перестройке подготовки студентов на географических факультетах. Проблему географического образования он рассматривал во всем ее объеме, считая, что развитие эколого-географического мышления в широких кругах общества нужно начинать со школьной скамьи. И. П. Герасимов принял активное участие в реализации школьной реформы. По его предложению Министерство просвещения СССР и Академия педагогических наук РСФСР поручили Институту географии АН СССР подготовить новое экспериментальное учебное пособие для старших классов средней школы и учителей — «Основы конструктивной географии» (1986).

Будучи от природы «генератором идей» и человеком, который щедро делился с другими своими мыслями и результатами научных поисков, И. П. Герасимов всегда был окружен учениками, перед которыми он никогда не выступал в роли высокомерного мен-

тора, а держался просто, с вниманием и на равных обсуждал любые, даже самые мелкие, научные вопросы. Его ученики работают сейчас во многих уголках нашей Родины, в зарубежных странах. Им подготовлено большое число кандидатов и докторов наук, которые занимают руководящие посты в научных, производственных и учебных организациях; некоторые из них, в свою очередь, стали известными учеными, академиками и членами-корреспондентами республиканских академий наук, членами-корреспондентами АН СССР.

И. П. Герасимов отличался неиссякаемой энергией и необычайной работоспособностью. По сути дела он никогда не отдыхал: работа и жизнь были для него неразделимы. Даже возвращаясь из формального отпуска, он тут же сдавал на машинку серию подготовленных за это время новых статей, сборник или монографию. Эффективность его трудолюбия и разносторонней деятельности были поразительно высокими. Он работал в субботние и воскресные дни. Даже больничную палату превращал в рабочий кабинет. Своей энергией и фанатичной преданностью делу он заражал и вдохновлял окружающих. Работать в его напряженном темпе и ритме было нелегко, но всегда интересно. Поэтому И. П. Герасимов воспитал среди своих учеников и соратников особый тип ученых и руководителей географических подразделений.

И. П. Герасимов был всецело предан советской географической науке, считая ее делом всей своей жизни. В делах он всегда был целеустремленным, организованным и обязательным, прививая эти качества окружающим. Особенно важным принципом ученого он считал необходимость доводить начатые исследования до завершающего труда. Не раз он говорил своим ученикам: «последнее дело ученого — не доводить начатое дело до конца». Сам И. П. Герасимов утверждал этот девиз жизни и труда личным примером. Будучи тяжело больным, он подготовил к печати новаторскую монографию по экологическим проблемам в географии. Менее чем за месяц до смерти завершил свой последний прижизненный труд — настоящую монографию по глобальным проблемам геоморфологии.

Следует отметить, что как человек и коммунист И. П. Герасимов вел большую **общественно-политическую деятельность**, всегда занимая принципиальные гражданские позиции. Этот подход четко прослеживается в его неустанных заботах о неразрывности связей советской географии с насущными задачами строительства социалистического общества и конкретными запросами практики. По этим проблемам он не раз выступал на страницах теоретического органа ЦК КПСС журнала «Коммунист», журнала «Вопросы философии», центральных органов печати — газет «Правда» и «Известия», в изданиях Всесоюзного общества «Знание». С большим достоинством он пропагандировал достижения советской науки во время зарубежных поездок.

В последние годы И. П. Герасимов много сил отдавал развитию дружбы между народами Советского Союза и других стран, принимал активное участие в международных форумах ученых и обще-

ственности по проблемам борьбы за мир, за сокращение вооружений и против угрозы атомной войны. В условиях обостренной международной обстановки он стал инициатором обращения географов социалистических стран к географам мира — «За мир, против гонки вооружений и угрозы ядерной войны», с которым они выступили на XXV Международном географическом конгрессе во Франции в сентябре 1984 г.

Научная и общественная деятельность И. П. Герасимова была высоко оценена Советским правительством: он был награжден двумя орденами Ленина, орденами Красной Звезды и «Знак почета», несколькими медалями. Правительства Болгарии и Кубы также удостоили его своих государственных наград.

ВКЛАД И. П. ГЕРАСИМОВА В ТЕОРИЮ И РАЗВИТИЕ НАУКИ

В истории географии найдется немного ученых, чей вклад в теорию и методологию науки оказался бы столь определяющим для выработки новых генеральных путей ее развития и новой роли в жизни общества. Это был не только уникальный исследователь-энциклопедист XX века, но и представитель особого типа ученых-новаторов. Разносторонность его научной деятельности и творчества удивительно многообразна. При этом в каждую научную дисциплину, к которой обращалась его творческая мысль, он сумел внести столь существенный новый вклад, что его имя прочно вошло в число ведущих ученых различных наук о Земле. Он был основателем нескольких фундаментальных научных школ и ряда новых научных направлений, получивших широкое международное признание. Советские географы считали его своим ведущим лидером и признанным авторитетом, геоморфологи — создателем новой теории и самобытной отечественной научной школы, почвоведы — главой советского генетического почловедения и картирования почв, палеогеографы и геологи-четвертичники — одним из основателей своей науки. И. П. Герасимов внес крупный вклад в физическую географию и страноведение, картографию, биогеографию и экологию.

Его научное наследие огромно: он является автором около 1300 работ, в том числе нескольких десятков монографий, атласов и карт. Естественно, что полностью оценить его многосторонний вклад в науку сейчас еще не представляется возможным. Большое видится на расстоянии и, видимо, с годами будут еще не раз возвращаться к анализу его трудов и различных сторон деятельности. Отдельные краткие обзоры уже появлялись у нас в печати² и за рубежом.

² См., например: Изв. АН СССР. Сер. геогр., 1965, № 6; 1975, № 6; 1985, № 3, 5; Геоморфология, 1975, № 4; 1985, № 3; Почвоведение, 1965, № 12; 1976, № 1; 1985, № 9; Землеведение, 1976 (Сб. МОИП. Нов. сер., т. 11); персоналии к книгам: «Структурная и климатическая геоморфология» (1966), «Генезис и география почв» (1966), «Изучение и освоение природной среды» (1976) и др.

И. П. Герасимов обладал способностью одновременно и параллельно разрабатывать многие проблемы из совершенно отличных областей знаний, рассматривать их на разных теоретических и методических уровнях, на примерах диаметрально противоположных районов земного шара. Поэтому в его творчестве постоянно переплелись различные тенденции и направления. В этом сложном комплексе все же выделяются несколько характерных для него черт и особенностей. Красной нитью через все его творчество проходят некоторые «сквозные» направления и темы. К ним он периодически постоянно возвращался в разные годы, привлекая новые фактические данные, новые представления, нередко существенно пересматривая первоначальные выводы и поднимая их на новый теоретический уровень. Динамичность мысли и преданность выбранной тематике были наиболее яркой чертой его характера ученого.

Другой, не менее типичной особенностью его системы мышления было умение увидеть даже в частном явлении общие закономерности. Поэтому во многих его, казалось бы, узко региональных работах, как правило, рассматриваются проявления более широких процессов, нередко глобального масштаба. И. П. Герасимов был мастером широких обобщений. Он относился к числу тех редких и удивительных ученых, природный склад ума которых способен был охватывать предмет науки в целом, или, как мы говорим сегодня, он обладал ясно выраженным системным подходом.

И. П. Герасимов обладал также природной склонностью к строгой систематизации материала и в разных научных дисциплинах неизменно разрабатывал принципиально новые классификационные системы, обогатившие наши теоретические представления и ставшие основой научного анализа, картирования, вошедшие в учебники.

Наконец, одна из наиболее характерных особенностей научного творчества И. П. Герасимова — это исторический подход к изучению и объяснению природных явлений и процессов, независимо от того, относятся ли они к области геоморфологии, почвоведения, биogeографии, физической географии или окружающей среды в целом, а также взаимоотношений человеческого общества с окружающей средой.

Примечательна общая эволюция направленности научных интересов И. П. Герасимова. Начав свои исследования с двух конкретных наук — почвоведения и геоморфологии, он все больше переходил на позиции широкого комплексного изучения природы, рассматривая все явления в их единстве и целостности, разрабатывая, особенно в последние десятилетия, интеграционные закономерности географии в целом, проблемы окружающей среды, социально-экологические процессы. Известным подтверждением этой эволюции могут служить последние обобщающие монографии, которые И. П. Герасимов рассматривал как подводящие итоги его научных многолетних исследований. Свой 70-летний юбилей он ознаменовал публикацией трех монографий, посвященных новым путям разви-

тия геоморфологии и палеогеографии, генетическому почвоведению и проблемам конструктивной географии. К 80-летнему юбилею он также подготовил три монографии, посвященные глобальной геоморфологии, докучаевскому почвоведению и экологическим проблемам в географии.

Научное творчество И. П. Герасимова, как уже отмечалось, чрезвычайно многогранно. Но среди его разносторонних научных интересов несомненно одним из «любимых детищ» была **геоморфология**, которой он был особенно предан и где его вклад в теорию и методологию науки особенно велик. Геоморфологии была посвящена одна из самых первых, еще студенческих статей И. П. Герасимова. Ей же посвящена и его последняя прижизненная работа — настоящая монография. Интересно, что и в той, и в другой работе, разделенных периодом в 60 лет, рассматриваются общие особенности строения и развития рельефа Земли, однако охват проблемы, глубина анализа и теоретический уровень показывают огромную эволюцию научных представлений не только автора, но и всей науки о рельефе в целом.

В отношении геоморфологии как науки у нас в стране и за рубежом долгие годы велись горячие споры: следует ли относить ее к системе геологических наук или она принадлежит системе географических знаний. К тому же нередко ставилась под вопрос сама правомерность выделения геоморфологии в самостоятельную науку. В этой дискуссии И. П. Герасимов с самого начала занял четкую и последовательную позицию, убедительно обосновав самостоятельность геоморфологии как одной из ведущих наук о Земле. Споры же о ее статусе он считал чисто формальными, полагая, что это особая, пограничная между геологией и географией наука, но имеющая исторические корни, уходящие в указанные сферы знаний, которые он назвал «двумя истоками геоморфологии» — геологическим и географическим.

Эта позиция была научным кредо И. П. Герасимова, которое он неустанно проводил в жизнь. Как никто другой в нашей стране, он много сделал для того, чтобы утвердить и развивать геоморфологию как самостоятельную науку. По его и Ю. А. Мещерякова инициативе был основан академический журнал «Геоморфология», отражающий на своих страницах наиболее крупные достижения советских ученых в этой области и ставший одним из наиболее серьезных и известных изданий в мире, содержание которого полностью или частично переводится и переиздается на английском языке. В целях объединения усилий ученых различных ведомств и учреждений страны и нацеливания их на решение наиболее актуальных проблем геоморфологии и прикладных задач по инициативе И. П. Герасимова в 1962 г. при Академии наук СССР создается межведомственная координационная Геоморфологическая комиссия, которую он бессменно возглавлял в течение почти четверти века. Под его руководством систематически проводились всесоюзные совещания по наиболее крупным проблемам геоморфологии, собирающие сотни специалистов со всех концов страны и получив-

шие широкий научный резонанс. И. П. Герасимов прилагал настойчивые усилия для утверждения геоморфологии в различных международных организациях. При его активном содействии в 1968 г. была создана Комиссия по геоморфологическому картированию в рамках Международного географического союза, а в 1984 г.—группа по глобальной геоморфологии в составе рабочей группы по морфотектонике МГС. Он был инициатором включения геоморфологической тематики в программы последних международных геологических конгрессов, Международной ассоциации по изучению четвертичного периода (ИНКВА), КАПГ, организации тематических международных симпозиумов.

За 60 лет своей активной и плодотворной деятельности И. П. Герасимов существенно обогатил общую теорию геоморфологии. Им создана отечественная научная школа и разработано новое учение о морфоструктурах и морфоскульптурах Земли, ставшее теоретической базой современных представлений о морфогенезе нашей планеты.

В конце XIX—начале XX в. в теории геоморфологии господствовали научные концепции В. Девиса и В. Пенка, сформулированные в виде модных в то время «триад». Эти концепции считались классическими, хотя периодически вокруг них разгорались острые дискуссии. Уже в процессе своих первых конкретных исследований И. П. Герасимов увидел ограниченность и известную механистичность построений В. Девиса и В. Пенка. «Триада» В. Девиса «структура — процесс — стадия» возникла как результат успехов эволюционной теории в науках о Земле. По отношению к рельефу равнин и гор Средней Азии она в определенной мере была еще применима к объяснению цикличности эволюции древних аллювиальных и молодых эоловых образований, хотя имела изъяны в их генетическом истолковании. Однако И. П. Герасимов считал ее совершенно неудовлетворительной в объяснении роли структуры в рельефообразовании. В. Девис отводил структуре сугубо пассивную роль, только как субстрату рельефа, вынося анализ самой структуры вообще за рамки геоморфологии и считая его прерогативой чисто геологических исследований. И. П. Герасимов, наоборот, на конкретных примерах обосновал активную роль тектонических движений и геологических структур в формировании рельефа разного ранга и определяющее значение исторически развивающегося динамического взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов как сущности морфогенеза Земли.

Геоморфологическая «триада» В. Пенка «эндогенные процессы — экзогенные процессы — геоморфологический результат их взаимодействия» была известным шагом вперед по сравнению с триадой В. Девиса и, в частности, способствовала приданию морфологическому анализу самостоятельного значения в науке. Но она явно уступала концепции В. Девиса в объяснении цикличности рельефообразования. В своих работах «Опыт геоморфологического анализа небольшого района» (1946) и «Основные черты геоморфологии Среднего и Южного Урала в палеогеографическом освеще-

ния» (1948) И. П. Герасимов подверг взгляды В. Пенка критике за их схематизм, особенно концепцию о механизме и формировании лестницы предгорных поверхностей выравнивания, а также представления о формах развития склонов.

Критическая проверка теоретических взглядов классиков геоморфологии в процессе полевых исследований в различных географических районах побудили И. П. Герасимова углубленно заняться изучением и развитием теории. Эта работа продолжалась многие десятилетия и привела к выработке новой теоретической концепции также в форме «триады» «геотектура — морфоструктура — морфоскульптура». Таким образом, эволюция теории современной геоморфологии на протяжении XX в. шла от триады В. Девиса к триаде В. Пенка и завершилась триадой И. П. Герасимова. Хотя концепция И. П. Герасимова является новым словом в геоморфологии, она зародилась не на пустом месте, а развивала традиции отечественной школы науки о рельефе, опирающейся на труды А. П. Карпинского, И. В. Мушкетова, А. П. Павлова, В. А. Обручева, В. В. Докучаева, П. А. Кропоткина, С. Н. Никитина и др.

Следует отметить, что концепция И. П. Герасимова отражает его системное, целостное представление о рельефе Земли. Он не раз подчеркивал, что каждый элемент триады — это не размерная, а генетическая категория рельефа, отражающая направленность его историко-динамического развития. Это тем более важно, что иногда наблюдается тенденция выделить из триады только две последние категории рельефа, искусственно разделить их и противопоставить морфоструктуру морфоскульптуре, против чего И. П. Герасимов всегда возражал.

Для геоморфологических исследований И. П. Герасимова был характерен особый методологический подход, который состоял из нескольких взаимосвязанных звеньев: формулировки научных основ теории на базе уже накопленного фактического материала, разработки метода исследований, последующей проверки теории и метода в виде серии конкретных исследований, уточнения общих закономерностей рельефообразования. Такой подход не допускал разрыва теории с практикой, позволял непрерывно проверять правильность теории и метода, совершенствовать их, ассимилируя новые достижения смежных наук о Земле (особенно геофизики, геологии, геохимии, космогонии и др.).

В разработанных И. П. Герасимовым новых теоретических представлениях особенно важную роль получило учение о морфоструктурах и морфоскульптурах Земли. Формирование этого учения базировалось на трех «сквозных» направлениях: морфоструктурном, морфоскульптурном и их интегральной взаимосвязи. Раздельное изучение морфоструктур и морфоскульптур И. П. Герасимов считал лишь методическим приемом, специализированным анализом ради общего геоморфологического синтеза. В каждом из этих направлений он создал основополагающие концепции, общие теоретические положения, обосновал и способствовал разработке специальной методики исследований.

Истоки учения о морфоструктуре и морфоскульптуре рельефа зародились у И. П. Герасимова в процессе комплексных исследований в Средней Азии и прослеживаются уже в работе «Структурные и скульптурные особенности рельефа Казахстана» (1946). В геоморфологии в это время преобладало экзогенное направление, которое достигло значительных успехов, но, по мнению И. П. Герасимова, давало одностороннее, а не целостное представление о рельефе. Изучение взаимосвязей форм рельефа с геологическим строением и молодыми тектоническими движениями увлекло его. С этого времени он начинает разрабатывать новую концепцию структурной геоморфологии и морфоструктурного анализа. Рассмотрев ее на примере крупного региона, И. П. Герасимов начинает проверять новый методологический подход и выявленные закономерности на примере огромной территории всей нашей страны. Этому способствовало создание к тому времени мелкомасштабной геологической карты СССР и нескольких оригинальных схем тектонического строения. В 1946 г. появляется его скромная статья «Опыт геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР», которую сам он рассматривал всего лишь как «предварительный опыт», но которая сыграла историческую роль и вошла ныне во все учебники как начало создания нового научно-теоретического направления. Полученные морфоструктурные закономерности и взаимосвязи носили принципиальный характер, и их проявление выходило далеко за рамки геоморфологических особенностей территории нашей страны, носило в общих чертах глобальный характер. Поэтому И. П. Герасимов со свойственной ему последовательностью и целеустремленностью продолжил более углубленный морфоструктурный анализ рельефа СССР с привлечением все более широкого и разностороннего фактического материала. Результатом его стала известная монография «Структурные черты рельефа земной поверхности на территории СССР и их происхождение» (1959), в которой концепция структурной геоморфологии изложена в полном объеме и стала быстро осваиваться геоморфологами различных направлений как в чисто научном отношении, так и особенно в прикладных целях. Можно сказать, что последующие 60—70-е годы были периодом расцвета, своего рода «золотым веком» в развитии советской структурной геоморфологии, которая стала стержневым направлением большинства геоморфологических исследований. Этому способствовали прежде всего широкие перспективы, которые открывал морфоструктурный анализ для поисков полезных ископаемых разного типа. Морфоструктурные исследования завоевали полноправное представительство в работах, проводимых Министерствами геологии, нефте-газовой промышленности, угольной промышленности, Гидропроектом и др. Запросы этих организаций к теории структурной геоморфологии и новому арсеналу методов морфоструктурного анализа стали настолько острыми, что под руководством И. П. Герасимова подготавливается специальное научно-методическое руководство «Применение

геоморфологических методов в структурно-геологических исследованиях» (1970), которое не имело аналогов в мире.

Новые теоретические представления И. П. Герасимов начал затем проверять и развивать на глобальном уровне, обобщая материалы по земному шару в целом. Среди работ этого периода выделяются «Морфоструктура и морфоскульптура земной поверхности» (1964), «Структурный анализ рельефа и его содержание» (1967) и, наконец, обобщающая коллективная монография «Рельеф Земли» (1967), за которыми последовал новый цикл исследований, связанных уже с глобальной геоморфологией и теорией неомобилизма.

Развитие морфоструктурного анализа обогатило не только теорию геоморфологии, но в значительной мере изменило содержание и направленность геоморфологических исследований как у нас в стране, так и за рубежом. Морфоструктурный анализ позволил дать не только интерпретацию геолого-структурной основы и геодинамики современного рельефа, но и показал самостоятельность и независимость геоморфологических методов, их широкие возможности для решения чисто геологических задач изучения строения недр Земли, в том числе поисков полезных ископаемых. Поскольку методологической базой морфоструктурного анализа является концепция образования рельефа Земли в результате непрерывного взаимодействия эндогенных и экзогенных процессов, то этот метод нашел широкое применение как в динамическом, так и историческом аспектах, стал основой общего генетического анализа. В частности, И. П. Герасимовым была показана неразрывность связи морфоскульптуры с морфоструктурой. Он считал, что в общем виде морфоструктуре любого ранга соответствует свой характер морфоскульптуры, что для выделения и картирования морфоструктур должны использоваться также экзогенные критерии рельефообразования.

Проверка объективности совместного использования морфоструктурных и морфоскульптурных типов взаимодействия для целей общегеоморфологического, комплексного изучения рельефа была проведена им на примере отдельных регионов — Средней Азии, Урала, Заволжья, Кавказа, Западных Альп, Балкан и др. Крупным событием стала подготовленная под его руководством 5-томная серия монографий «Геоморфология СССР» (1972—1980 гг.), раскрывшая богатство возможностей морфоструктурно-морфоскульптурного анализа. Эти принципы были положены в основу составления ряда геоморфологических карт и получили блестящее завершение в упомянутой уже фундаментальной монографии «Рельеф Земли» (1967), имеющей специальный подзаголовок «Морфоструктура и морфоскульптура» и представляющей глобальную геоморфологическую сводку с новых теоретических позиций.

Начиная с середины нынешнего века, морфоструктурные исследования благодаря трудам И. П. Герасимова, его последователей и учеников вывели советскую геоморфологию на передовые позиции современной науки. Советская структурно-геоморфологическая школа в последние десятилетия оказала существенное влияние на развитие геоморфологии во многих странах мира.

Доказывая активное, ведущее влияние процессов тектогенеза на формирование крупных категорий рельефа Земли, И. П. Герасимов одним из первых обратил внимание на известный кризис в теории геоморфологии, возникший в результате попыток признания универсальности господствовавшей до 50-х годов концепции физизма и примата вертикальных движений. Выход из этого кризиса он видел в концепции неомобилизма и теории тектоники литосферных плит. Своей главной задачей в последние годы он считал внедрение в геоморфологию идей тектоники плит, позволивших вскрыть новые закономерности в формировании крупных категорий рельефа Земли, с чем связывал перспективу дальнейшего прогресса нашей науки и ее практической ценности. Не случайно последняя монография И. П. Герасимова посвящена именно глобальным проблемам геоморфологии с позиций тектоники плит и стала своего рода его научным завещанием. Очень важно, что в «теоретическом споре века» И. П. Герасимов занимал позицию активной роли геоморфологии в разрешении геологических и геофизических проблем, а не простого интерпретатора достижений смежных наук. В этом отношении показательны его последние доклады на XXVII Международном геологическом и XXV Международном географическом конгрессах, где он предложил самостоятельную геоморфологическую терминологию для крупных категорий рельефа, рассматриваемых с новых позиций тектоники плит, но резко отличную от традиционных геологических и геофизических понятий и терминов.

И. П. Герасимов явился родоначальником и другого научного направления в геоморфологии — **современной геодинамики рельефа**. Он одним из первых обратил внимание на возможности применения инструментальных методов (геодезических, океанографических, гидрологических, астрономических и др.) для количественной оценки современной геодинамики активных морфоструктур, для их классификации не только с историко-геологических, но и геодинамических позиций в целях прогноза сейсмичности, строительства долговременных сооружений, поисков месторождений ряда полезных ископаемых. Под влиянием трудов И. П. Герасимова и его последователей в Советском Союзе сформировалась советская школа изучения современной эндодинамики рельефа, которая получила международное признание. По его инициативе для развития этого направления в Институте географии АН СССР был создан отдел современной геодинамики рельефа.

И. П. Герасимов успешно разрабатывал новый подход к изучению экзогенного рельефообразования. Получившее широкую известность представление об эндогенном контроле экзогенных процессов в историческом плане он дополнил динамическим толкованием общего экзогенеза Земли. Отмечая количественную соизмеримость интенсивности современных денудационно-аккумулятивных процессов, направленных на уменьшение гравитационных градиентов земной поверхности, с современными тектоническими движениями, направленными на восстановление этих градиентов,

И. П. Герасимов выдвинул представление о подвижном динамическом равновесии при формировании скульптурного рельефа, имеющем исторически обусловленную тенденцию. Такой историко-динамический подход, свойственный новому направлению геоморфологии вообще, оказался очень важным не только в теоретическом, но и в прикладном отношении, поскольку позволил И. П. Герасимову противопоставить природное динамическое саморегулирование рельефообразования антропогенным нарушениям естественного развития рельефа.

Применяя морфоструктурно-морфоскульптурный подход к изучению планетарного распространения поверхностей выравнивания, И. П. Герасимов выдвинул совершенно новую концепцию о «геоморфологическом этапе» в истории Земли, который по длительности охватывал мезозой и кайнозой. Эта концепция имела принципиальное значение, так как выявила древний возраст современного рельефа, уходящий далеко за рамки так называемого неотектонического этапа.

Геоморфологический этап позднее был подразделен И. П. Герасимовым на три планетарных макроцикла. Первый из них характеризовался развитием юрского пенеплена в условиях относительной стабилизации континентов, второй — формированием денудационного и ярусного рельефа в условиях активизации движений и расхождения континентов, настоящий третий этап — развитием террасовых равнин и ледниковых событий. Тем самым были заложены основы независимой методики геоморфологической хронологии. И. П. Герасимов предполагал углубить и расширить представления о геоморфологическом этапе и посвятить ему отдельную работу.

Наряду с крупными глобальными проблемами И. П. Герасимов всегда уделял большое внимание детальным региональным исследованиям, в которых видел неисчерпаемую базу для своих теоретических обобщений. Подводя итоги своих исследований в области региональной геоморфологии и палеогеографии, он выделял пять групп тематических работ. В них отражены новые идеи в конкретных региональных исследованиях, новые аспекты в традиционных проблемах, новые методические подходы, научные основы глобальных обобщений, различного рода «геоморфологические парадоксы».

Из его региональных работ родились новые научные концепции о поверхностях выравнивания и ярусах рельефа, развитии овражно-балочного рельефа, ледниковом и лёссовом рельефе, о роли смены периодов увлажнения и аридизации в формировании рельефа пустынь, о классификации и типизации морфоскульптур.

Большое значение он придавал комплексному и тематическому картографированию, которое во многом благодаря его усилиям вышло на передовые рубежи мировой науки. Венцом этих теоретических и методических разработок явились уникальные «Карта поверхностей выравнивания и кор выветривания СССР» (1978) и «Геоморфологическая карта СССР» (1986) в масштабах 1 : 2 500 000, а также серия геоморфологических карт мира, отдельных материков и регионов страны.

Развивая различные направления геоморфологических исследований, И. П. Герасимов явился одним из основоположников **палеогеоморфологии**. Это новое направление зарождалось в недрах геологических истоков геоморфологии и было связано с проблемами реконструкции древнего рельефа в целях поисков и прогноза мест и условий формирования некоторых видов полезных ископаемых, таких как нефть, газ, каменный и бурый уголь, бокситы, соли, россыпи и т. п., а также широких географических реконструкций разновозрастных категорий палеорельефа в минувшие геологические эпохи. В статье «Палеогеоморфология и ее проблемы» (1970) он определял, что объектом изучения палеогеоморфологии должны быть погребенный рельеф, экспонированный (реликтовый, откопанный) и реконструированный (воссоздаваемый после уничтожения) рельеф. Палеогеоморфологический метод, по его мнению, имеет большое будущее для познания общей эволюции рельефа Земли.

И. П. Герасимов ушел из жизни, полный обширных планов на будущее. Его мечтой в последние годы было желание создать обобщающую фундаментальную монографию или учебник по геоморфологии нашей планеты, написанный на современном уровне знаний о рельефе, который подытоживал бы самые последние фактические данные и наиболее новые теоретические положения. Он уже начал собирать материалы для такой книги, но смерть оборвала эти планы, и книга осталась незавершенной.

Начав заниматься проблемами геоморфологии и геологии четвертичного периода, И. П. Герасимов видел ограниченность существовавших тогда узких литолого-стратиграфических подходов к воссозданию природной обстановки древних эпох. Развивая исторический и комплексно-географический подходы к изучению четвертичного периода, а затем и более древних эпох, они вместе с К. К. Марковым стали основоположниками нового научного направления — **палеогеографии** — как самостоятельной отрасли именно географии, а не геологии, как это было раньше. По инициативе И. П. Герасимова в Институте географии АН СССР был создан специальный отдел палеогеографии и сформировалась советская школа палеогеографов, получившая международное признание.

Одним из главных достижений этой школы стали реконструкции палеогеографических обстановок ледниковых и межледниковых эпох четвертичного времени. Уже в известной монографии И. П. Герасимова и К. К. Маркова «Ледниковый период на территории СССР (физико-географические условия ледникового периода)» (1939) был сформулирован закон о синхронности и метахронности оледенений в различных районах СССР и земного шара в зависимости от специфики региональных особенностей географической среды. Этот закон в те годы вызвал острые дискуссии, главным образом среди геологов-четвертичников. Однако географический анализ был принят учеными, получил подтверждение на материалах исследователей других стран мира и вошел в вузовские учебники.

Развитие палеогеографического метода позволило ограничить шаблонное применение так называемых унифицированных страти-

графических схем, основанных на однозначной интерпретации природных событий в совершенно различных, удаленных районах земного шара. Дифференцированный пространственно-географический подход позволил установить такие парадоксальные, казалось бы, противоположные по своей географической сущности природные феномены, как развитие в одно и то же время в разных областях мира наземных и подземных форм оледенения, резкие различия в истории ледниковых событий, региональные различия перигляциальных эпох и формирования лёссов. Комплексно-исторический подход обеспечил быстрый прогресс палеогеографии и ее превращение из узкого научного направления по сути дела в одну из самостоятельных наук о Земле со своими объектом, предметом и методикой изучения.

Пользуясь палеогеографическим методом, И. П. Герасимов создавал блестящие региональные шедевры научного анализа, своего рода изящные научные эссе. К ним можно отнести, например, такие его работы, как «Современные пережитки позднеледниковых явлений вблизи самой холодной области мира» (1952), «Палеогеографическая загадка Иссык-Куля» (1953), «Палеогеографический парадокс Памира» (1964), «Палеогеоморфологические загадки Молдавских Кодр» (1980), «Поднятие Дарвина в Тихом океане и связанные с ним палеогеографические проблемы» (1981) и многие другие.

Рассматривая древние природные обстановки как многофакторные развивающиеся геосистемы, И. П. Герасимов использовал для их изучения новые методические приемы. Будучи одновременно геоморфологом, почвоведом, географом и палеогеографом, он поднял на новый уровень палеопедологию, превратив изучение ископаемых почв в одно из актуальных направлений палеогеографии. Их детальный анализ показал, что выведенные из биологического круговорота ископаемые почвы утрачивают многие важные признаки, что не позволяет сопоставлять их прямолинейно с современными почвами, а также проводить по чисто внешним признакам аналогии между ископаемыми почвами, сформировавшимися в разных природных обстановках. Под руководством И. П. Герасимова для выделения устойчивых признаков палеопочв развивается методика изучения микроморфологии почв, фракционного состава гумуса, его радиоуглеродных датировок и др.

И. П. Герасимов был ведущим авторитетом в проблемах лёссообразования. Одним из немногих ученых он вывел дискуссии о лёссе из сферы споров о генезисе и путях формирования собственно лёссообразующих отложений в сферу проблемы почвенно-элювиальной трансформации последних в процессе выветривания и превращения их в лёсс. Процессы аккумуляции породы могут быть разными (водно-ледниковыми, эоловыми и т. п.), а вот механизм образования — общим, хотя и в нем выделяются разные типы (протогенез, сингенез, эпигенез). Ядро концепции И. П. Герасимова составляла одновременность накопления лёссообразующей породы и самого лёссообразования.

В своих трудах И. П. Герасимов высказывал принципиально новые взгляды о характере перигляциальных обстановок и перигляциальных процессов, о роли вечной мерзлоты и стабильности криогенных условий, о смене плювальных и аридных, холодных и теплых обстановок.

Палеогеографию он понимал не только как смену древних эпох, но и как историческую основу современных природных условий, придавал ей отчетливое научно-прикладное значение. С этой методологической позицией связан целый цикл аналитических и обобщающих работ по изучению взаимосвязей человеческого общества с окружающей средой, экологических кризисов, использования трендов развития природной обстановки в голоцене и позднем плейстоцене для долгосрочных прогнозов возможной направленности изменений современного климата.

На основании отраслевых, поисковых и методических разработок И. П. Герасимов выступал в роли организатора и идеального руководителя при создании крупных палеогеографических сводок, выполненных как советскими учеными, так и в порядке международного сотрудничества. В качестве примеров можно привести такие коллективные монографии, как «Последний Европейский ледниковый покров» (1965), «Природные условия первобытного общества на территории СССР» (1969), «Лёсс — перигляциал — палеолит на территории Средней и Восточной Европы» (1969), «Палеогеография Европы в позднем плейстоцене» (1973), наконец, такое уникальное произведение, как атлас-монография «Палеогеография Европы за последние сто тысяч лет» (1980), получившая высокую оценку на последнем конгрессе ИНКВА. Готовится советско-французская монография «Динамика взаимодействия природной среды и доисторических цивилизаций». Проведены советско-американские исследования по проблеме палеоклиматологии.

Создание всех этих крупных научных произведений и международных проектов неразрывно связано с именем И. П. Герасимова, с его энергией, целеустремленностью и обостренным чувством нового в науке. Он принимал самое активное участие в деятельности ИНКВА, ее комиссий и рабочих групп, в 1959—1962 гг. возглавлял Советскую секцию ИНКВА, а на Международном конгрессе ИНКВА в 1983 г. избран ее почетным членом.

Как известно, вторым «любимым детищем» в научном творчестве И. П. Герасимова были почвоведение и география почв, где он был признанным советским и международным авторитетом, создателем отечественных научных школ почвоведов-географов и почвоведов-картографов. Начав свои исследования под руководством С. С. Неуструева, а затем пройдя школу широкого научного синтеза академиков Л. И. Прасолова и Б. Б. Польнова и школу тонкого лабораторного анализа академика К. Д. Гедройца, он уже в молодые годы проявил задатки первоклассного ученого особого типа.

И. П. Герасимов внес крупный вклад в развитие регионального почвоведения, охватив своими исследованиями большинство районов Советского Союза и многие районы мира. Эти работы заложи-

ли основы генетической классификации почв и почвообразующих процессов. Он был непревзойденным мастером регионального анализа почв, причем большинство его региональных работ заканчивалось ресурсными оценками и почвенно-мелиоративными рекомендациями. Органическое соединение теории и практики проявлялось здесь в еще более высокой степени, чем мы это отмечали в области геоморфологии.

В результате его исследований были выделены многие специфические, географически обусловленные типы почвообразующих процессов, таких, как такырные солонцово-солончаковые, аридно-солонцеватые и экстрааридные в Средней Азии, лугово-степные в Западной Сибири; затем последовало выделение лугово-черноземных, лугово-каштановых, лугово-сероземных почв и др. Большим событием в почвоведении было выделение субтропических коричневых почв сухих лесов и кустарников на примере Балканского полуострова и Восточного Средиземноморья, которые прочно вошли в мировую классификацию. И. П. Герасимов обосновал специфику образования бурых лесных почв Центральной Европы с их процессами псевдооподзоливания как отражением зональных природных условий, субполярных почв Якутии, болгарских «смолниц». В последние годы он много занимался изучением влажных тропических почв в различных районах мира.

Большое влияние на разработку мировой классификации почв оказало учение И. П. Герасимова о почвенно-климатических фациях и провинциях. Истоки его прослеживаются еще в работах Л. И. Прасолова. Но именно И. П. Герасимов вложил в него не узкорегиональный, а широкий географический смысл. Основные принципы этого учения он изложил в своей ранней статье «О почвенно-климатических фациях равнин СССР и прилегающих стран» (1933), не раз возвращаясь к этим проблемам в последующих своих работах и рассматривая их на фоне общей почвенно-биоклиматической зональности Земли.

Исследования по классификации и систематике почв стали научной базой почвенной картографии, сделавшей имя И. П. Герасимова широко известным как у нас в стране, так и в мире. Под его руководством создавались карты самых разных масштабов, начиная от крупномасштабных карт отдельных колхозов и совхозов, среднемасштабных областных и региональных карт (например, Европейской части СССР, Урала, Казахстана, зоны целинных и залежных земель), мелкомасштабной Государственной почвенной карты СССР и вплоть до обзорных карт отдельных материков и мира, что принесло международную славу отечественному почвоведению.

И. П. Герасимов рассматривал почвоведение как фундаментальную науку о Земле, а сами почвы — как особый класс природно-антропогенных тел географической оболочки Земли и биосферы. Он был главой советской докучаевской школы генетического почвоведения, принципы которого отстаивал и развивал до последних дней своей жизни. Основой так называемой «докучаевской па-

дигмы» И. П. Герасимов считал «неодокучаевскую триаду» «факторы — процессы — образующиеся тела», концепцию элементарных почвообразующих процессов, концепцию абсолютного и относительного возраста эволюции и динамики почв во времени. Почвенный покров Земли он рассматривал как общий интегратор и регулятор всей системы поверхностно-планетарных процессов, своего рода «зеркало ландшафтов». Во время полевых экспедиций он любил повторять: «Завяжите мне глаза, отвезите в любую часть мира, поставьте перед почвенным разрезом, и я по его строению скажу, в какой природной зоне мы находимся и в каком географическом районе». Свои научные представления, подытоживающие исследования всей его жизни, он обобщил в последних монографиях «Генетические, географические и исторические проблемы современного почвоведения» (1976) и «Учение В. В. Докучаева о почвообразовании в современном свете» (1986).

Организаторская работа И. П. Герасимова также во многом способствовала развитию географического почвоведения. 20 лет он возглавлял отдел географии и картографии почв в Почвенном институте им. В. В. Докучаева АН СССР, создал отдел географии почв и геохимии ландшафтов в Институте географии АН СССР, кафедру географии почв в Московском университете. В 1960—1972 гг. он возглавлял Всесоюзное общество почвоведов; дважды избирался вице-президентом Международного общества почвоведов; в течение нескольких десятилетий был активным членом редколлегии журнала «Почвоведение». За выдающийся вклад в области почвоведения он был избран членом-корреспондентом АН СССР и награжден Золотой медалью им. В. В. Докучаева АН СССР.

С первых же лет научной деятельности И. П. Герасимова важное место заняли проблемы **картографии**. Он был одним из ведущих географов-картографов нашего времени. При этом его талант особенно ярко проявился в двух сферах: в области тематического и комплексного (атласного) картографирования. Выше уже отмечалось, что выполненные под его руководством работы по почвенному и геоморфологическому картографированию далеко вперед продвинули тематическое картографирование в нашей стране. Они способствовали не только созданию соответствующих научных школ, но и выделялись новаторскими решениями проблемы, оказав большое влияние на развитие тематического картографирования и за рубежом.

Особенно заметен этот новаторский подход в создании комплексных географических атласов, в которых И. П. Герасимов последовательно отходил от традиционных инвентаризационных подходов и переходил на актуальные современные пути ресурсного анализа и прогнозных оценок. Подобная тенденция характерна не только для процессов создания известных национальных атласов Кубы, Вьетнама и Монголии, подготовленных под его руководством, но и для качественного изменения научного содержания фундаментальных глобальных атласов, таких как «Физико-географический атлас мира» (1964) и подготавливаемый сейчас «Атлас природных усло-

вий и естественных ресурсов мира». Эти атласы стали заметным событием в мировой картографии.

Значительное место в научной деятельности И. П. Герасимова как комплексного исследователя занимали проблемы **физической географии**. Здесь роль его не менее велика, чем в области геоморфологии и почвоведения. Однако установить четкие границы отнесения конкретных работ к данному направлению не всегда легко, так как в его творчестве постоянно переплетаются исследования отраслевые с исследованиями комплексными. В своих комплексных работах и в коллективных исследованиях, осуществлявшихся под его руководством, И. П. Герасимов проявил себя непревзойденным мастером географического анализа и синтеза. Его смелые идеи обще-географического характера нередко опережали сложившиеся представления на десятилетия. В системе природных наук физическая география понимается в разном объеме и о ее содержании существуют различные точки зрения. И. П. Герасимов рассматривал ее в качестве фундаментальной интегрирующей науки и в последних своих работах включал в нее три главные научные ветви: ландшафтоведение с землеведением, биогеографию и палеогеографию.

Труды И. П. Герасимова способствовали развитию физико-географического и общего страноведения. Начав с комплексных региональных работ в отдельных районах Средней Азии, он постепенно переходил к организации изучения крупных регионов, стремясь сочленять их природные рамки с административно-хозяйственными границами с тем, чтобы дать наиболее полный анализ их естественных ресурсов, прогнозных оценок, рекомендаций по охране природы и путей рационального хозяйственного освоения. Эти идеи и общая стратегия нацеленности географических работ на современном этапе их развития наиболее полно отражены в упоминавшихся уже фундаментальных книгах серии «Природные условия и естественные ресурсы СССР» и серии «Проблемы конструктивной географии», но уже на новом качественном уровне.

Большой вклад внес И. П. Герасимов в физико-географическую характеристику зарубежных стран, существенно расширив рамки отечественного страноведения. За книгу «Очерки по физической географии зарубежных стран» (1959) Географическое общество СССР присудило ему Золотую медаль имени Н. М. Пржевальского.

И. П. Герасимов считал региональную концепцию одной из основ физической географии при изучении и описании территорий различных иерархических рангов. При этом им было обосновано положение о необходимости создания в условиях перестройки хозяйства и ускоренного экономического развития страны нового, проблемного страноведения, основанного на анализе взаимодействия территории, природно-ресурсной базы, населения, хозяйства и окружающей природной среды.

Вершиной интегрального подхода И. П. Герасимова к изучению окружающей среды являются его труды по общей теории и методологии современной географии, рассматриваемые с позиций обще-научных проблем. Он был сторонником единства географии, хотя и

подчеркивал известную автономность органически составляющих ее «двух крыльев» — физической и экономической географии. Специальном анализируя роль в истории развития географии трендов дифференциации и интеграции составляющих ее наук и научных направлений, он пришел к выводу о преобладании на современном этапе и объективной необходимости именно интеграционных тенденций. Этим проблемам посвящены его работы «Научная методология советской конструктивной географии» (1981), «Интеграционный потенциал современных географических исследований» (1976), «Роль географии в познании современного мира» (1976), «Методологические проблемы экологизации современной науки» (1979), «Научно-техническая революция и тенденции развития географической науки» (1978), «Современные тренды развития советской физической географии» (1980) и др. В предмет современной географии И. П. Герасимов включал широкий спектр объектов изучения: природу, хозяйство, население, антропогенное преобразование окружающей среды, историю их взаимодействия на разных уровнях, включая глобальный.

Результатом теоретических поисков И. П. Герасимова явилось создание концепции **конструктивной географии**, которая получила широкое распространение как у нас в стране, так и за рубежом. По сути дела это концепция новой географии в условиях развитого социализма и научно-технической революции. Основываясь на марксистско-ленинском положении о единстве теории и практики, И. П. Герасимов писал, что «современная география — наука настоящего, ХХ в.— это уже не прежняя, описательно-познавательная по преимуществу наука. Это наука экспериментального направления...; главной задачей современной географии является всестороннее научное обслуживание великой работы человечества по многообразному, все более интенсивному использованию... природных ресурсов, преобразованию природы и хозяйства уже усвоенных районов и стран» (Советская география, 1960, с. 6). Конструктивную географию он рассматривал как новый исторический этап науки, пришедший на смену описательному и объяснительному этапам географии. Многочисленные разработки в этой области И. П. Герасимов обобщил в монографии «Советская конструктивная география» (1976).

В последние годы его внимание привлекало усилившееся антропогенное преобразование и изменение природной среды, неизбежное в условиях активной хозяйственной деятельности человеческого общества, но имеющее иногда необратимые, катастрофические последствия. На передний план науки встала проблема экологизации всех сфер деятельности человека, различных наук и производства. И. П. Герасимов активно включился в разработку международного проекта опустынивания земель по линии ЮНЕСКО, широко используя в качестве примера борьбы с этим разрушительным процессом советский конструктивно-географический опыт. Этим же задачам были посвящены международные конструктивно-географические проекты советско-французского, советско-индийского и советско-

болгарского сотрудничества. Свои мысли и прогнозы на будущее о судьбах географии И. П. Герасимов обобщил в одной из последних своих прижизненных монографий «Экологические проблемы в прошлой, настоящей и будущей географии мира» (1985). Определяя тенденцию развития современной географии в будущем, он считал ее главной задачей разработку «путей превращения биосфера ХХ в. в ноосферу ХХI в.»

Научные достижения и плодотворная научно-организационная деятельность И. П. Герасимова всегда получали высокую оценку. Географическое общество СССР за выдающийся вклад в развитие географической науки наградило его своей высшей наградой — Большой золотой медалью, неоднократно награждало Почетными дипломами. В течение многих лет он избирался вице-президентом Географического общества СССР, являлся его почетным членом.

ВКЛАД В МЕЖДУНАРОДНЫЕ НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

И. П. Герасимов был убежденным **ученым-интернационалистом**. Поэтому большое место в его научном творчестве занимают совместные исследования с учеными зарубежных стран в порядке международного сотрудничества, которые обогатили географическую науку новыми трудами и идеями, способствовали развитию географии в этих странах, формированию национальных научных школ, национальных географических центров, а также развитию и углублению дружбы между советскими и зарубежными географами.

Самое тесное сотрудничество, давшее и наиболее ценные научные результаты, развивалось с географами социалистических стран. На первом месте в творчестве И. П. Герасимова стоит Болгария. Она была первой страной, где он начал проводить совместные многолетние международные исследования, которые проходили в форме болгаро-советских экспедиций и симпозиумов. В результате этих работ были получены выдающиеся научные результаты, заслужившие высокую оценку в обеих странах, а также заслуженное международное признание как пример эффективного сотрудничества географов социалистических стран. Крупной научной сводкой в истории географии балканских стран явилась двухтомная коллективная монография «Физическая география Болгарии» (1966) и «Экономическая география Болгарии» (1961). В последние годы был осуществлен новый совместный проект исследований по сравнительно-конструктивно-географическому анализу горных стран, результатом которого явилась монография «Большой Кавказ — Стара Планина (Балканы)» (1984), изданная на русском и французском языках и получившая высокую оценку на XXV Международном географическом конгрессе³. За участие в создании монографии «Почвите в България» (1960) И. П. Герасимов и В. И. Антипов-

³ В декабре 1985 г. эта монография была удостоена Почетного диплома Географического общества СССР как «выдающийся научный труд в области географических наук».

Каратаев были удостоены Государственной премии Болгарии — «Димитровской награды». За вклад в развитие географической науки и подготовку научных кадров И. П. Герасимов был награжден правительством НРБ орденами «За гражданские заслуги» и «Кирила и Мефодия» I-й степени. Он был избран иностранным членом Болгарской академии наук, почетным членом Болгарского географического общества и почетным доктором наук Софийского университета им. Климента Охридского.

Большой цикл аналогичных совместных комплексных исследований был проведен с румынскими географами. Результатом их явилась трехтомная сводка по географии Румынии. И. П. Герасимов возглавлял также советско-китайские географические и почвенные исследования. Результаты их опубликованы в коллективных региональных характеристиках и монографии И. П. Герасимова и Ма Ючжи «Генетические типы почв на территории Китайской Народной Республики» (1958).

Значительной вехой в международном научном сотрудничестве И. П. Герасимова явились совместные работы советских и кубинских специалистов по подготовке первого в истории страны комплексного «Национального атласа Кубы» (1970), который стал своего рода эталоном национальных атласов для развивающихся стран. Составление карт атласа потребовало огромных усилий, так как карты создавались буквально на «пустом месте», не имея предшественников, и требовали для своей подготовки специальных экспедиционных исследований. Атлас получил широкий международный резонанс. Это, пожалуй, единственное в мировой практике фундаментальное картографическое произведение, на которое в разных странах мира было опубликовано около 50 рецензий. Работы по составлению карт атласа позволили вырастить целое поколение молодых кубинских географов, и сейчас через 20 лет ведутся работы по подготовке нового расширенного издания атласа, основанного на современной прогнозно-ресурсной, конструктивно-географической концепции. За участие в создании «Национального атласа Кубы» И. П. Герасимов в 1953 г. был удостоен почетного звания лауреата Государственной премии СССР, награжден Революционным правительством Кубы медалью «Х-летия штурма казарм Монкада» — «за вклад в строительство социализма на Кубе», а Академией наук Кубы — юбилейной Золотой медалью. Он избран также почетным членом Кубинского географического и Кубинского спелеологического обществ, почетным сотрудником Института географии АНК.

Многолетние и тесные связи И. П. Герасимов поддерживал с географами ГДР, Венгрии, Польши, Чехословакии, Югославии. Результатом сотрудничества были совместные международные программы исследований по проблемам взаимосвязей человека и окружающей среды, палеогеографии ледниковых эпох, лёссообразования, проблемам природопользования и геоэкологии, социально-экономического развития и урбанистике, по тематическим программам СЭВ и Интеркосмоса, давшие ценные научные результаты и активизировавшие географические исследования в этих странах.

И. П. Герасимов пользовался большим авторитетом у географов социалистических стран. Он был избран иностранным членом Венгерской академии наук, Саксонской академии наук, Академии естествоиспытателей «Леопольдина» и Академии наук и литературы «Берулина» в ГДР, членом-корреспондентом Академии наук Чехословакии и Академии сельскохозяйственных наук ГДР, почетным членом географических обществ всех перечисленных выше стран.

И. П. Герасимов и проф. Ж. Дреш разработали крупный международный проект многолетних советско-французских исследований нового типа. Результатом первого этапа исследований стала известная монография «Альпы — Кавказ (Проблемы конструктивной географии горных стран)» (1980), изданная на русском и французском языках и удостоенная Почетного диплома Географического общества СССР. В настоящее время закончен второй этап этого проекта и к печати готовится совместная монография по сравнительно-географической оценке горных систем Западного и Восточного Средиземноморья. За вклад в развитие советско-французского сотрудничества И. П. Герасимов был избран почетным членом Французского географического общества и почетным доктором университета Экс-Марсель.

Академик И. П. Герасимов пользовался уважением географов многих стран мира. Особенно возрос его авторитет после успешного проведения в СССР XXIII Международного географического конгресса, в качестве председателя оргкомитета которого он проделал огромную работу. За вклад в развитие науки и международное сотрудничество он был избран почетным членом Королевских географических обществ Великобритании и Шотландии, а также Географических обществ Швеции, Финляндии, Австрии, Италии, Колумбии, Японии и ряда других зарубежных стран, почетным доктором ряда университетов. И. П. Герасимов одним из первых был удостоен почетного звания Лауреата Международного географического союза, в 1960—1968 гг. избирался вице-президентом МГС.

ОГЛАВЛЕНИЕ

От редактора	5
Введение	7
<hr/>	
I. Постановка задачи и изложение теоретической концепции ее решения	9
<hr/>	
Глава 1. Исчерпан ли вклад глобальной геоморфологии в современную теорию мобилизма Земли?	9
Глава 2. Глобальная тектоника плит (второе рождение фундаментальной теории в истории наук о Земле)	14
<hr/>	
II. Участие в глубоководных океанологических экспедициях и их результаты. Региональные разработки, основанные на теории глобальной тектоники плит	34
<hr/>	
Глава 3. Геоморфологические исследования в системе глубоководных океанологических работ (составление, методика, задачи)	36
Глава 4. Карибский бассейн как переходная межконтинентальная шовная геотектура	47
Глава 5. Поднятие Дарвина (талассократон) в Тихом океане и связанные с ним палеогеографические проблемы	61
Глава 6. Индо-Пасifik как межокеаническая геотектура дробления (крашинга)	66
Глава 7. Проблема Гондваны и образование впадины Индийского океана	78
<hr/>	
III. Глобальные геоморфологические разработки	96
<hr/>	
Глава 8. Геоморфологические и палеогеографические аспекты теории глобальной тектоники плит	100
Глава 9. Архитектура Земли (геотектура) в свете глобальной теории тектоники плит	119
Глава 10. Глобальные аспекты процессов горообразования	129
Глава 11. Геодинамические основы общей теории образования рельефа земной поверхности	139
Глава 12. Современное состояние и перспективы развития глобальной геоморфологии (обзор литературы и научных симпозиумов)	144
Литература	164
Выдающийся советский географ и геоморфолог академик И. П. Георгиев (очерк жизни и деятельности). Д. А. Лилиенберг	173

CONTENTS

Editor's Address	5
Introduction	7
<hr/>	
I. Task formulation and presentation of the theoretical conception of its solution.	9
<hr/>	
Chapter 1. Has the contribution of global geomorphology to the modern theory of mobilism been exhausted?	9
Chapter 2. Global plate tectonics (second birth of the fundamental theory in the history of the Earth's sciences)	14
<hr/>	
II. Participation in deep-water oceanological field research and their outcome. Regional developments based on the theory of global plate tectonics	34
<hr/>	
Chapter 3. Geomorphological research in the system of deep-water oceanological studies (state, methodology, tasks)	36
Chapter 4. The Caribbean basin as the transitional intercontinental suture geotecture	47
Chapter 5. Darwin uplift (talassocraton) in the Pacific and the related paleogeographical problems	61
Chapter 6. Indo-Pacific and the interoceanic geotecture of crashing	66
Chapter 7. The Problem of Gondwana and formation of the Indian Ocean depression	78
<hr/>	
III. Global geomorphological developments	96
<hr/>	
Chapter 8. Geomorphological and paleogeographical aspects of the theory of global plate tectonics	100
Chapter 9. Architecture of the Earth (geotectures) in the light of the global plate tectonics	119
Chapter 10. Global aspects of orogenic processes	129
Chapter 11. Geodynamic foundations of the general theory of formation of the relief of the Earth	139
Chapter 12. Modern state and future development of global geomorphology (Review of publications and scientific symposia)	144
Bibliography	164
Outstanding Soviet geographer and geomorphologist Academician I. P. Gerasimov (outline of life and work). D. A. Lilienberg	173

*Иннокентий Петрович
Герасимов*

**ПРОБЛЕМЫ
ГЛОБАЛЬНОЙ
ГЕОМОРФОЛОГИИ**

*Современная геоморфология и теория
мобилизма в геологической истории Земли*

Утверждено к печати
Институтом географии
АН СССР

Редактор издательства *Л. П. Ладычук*
Художник *Ф. Н. Буданов*
Художественный редактор *Л. В. Кабатова*
Технический редактор *Т. С. Жарикова*
Корректоры *Н. Г. Васильева, В. С. Федечкина*

ИБ № 31246

Сдано в набор 17.10.85
Подписано к печати 6.01.86
Т-03505 Формат 60×90 $\frac{1}{16}$
Бумага для глубокой печати импортная
Гарнитура литературная
Печать высокая
Усл. печ. л. 13,13. Усл. кр.-отт. 13,13. Уч.-изд. л. 15,3
Тираж 1100 экз. Тип. зак. 4631
Цена 2 р. 20 к.

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Наука»,
117864, ГСП-7, Москва, В-485,
Профсоюзная ул., 90.

2-я типография издательства «Наука»,
121099, Москва, Г-99, Шубинский пер., 6.

4564

25-20x