

И. И. Чебаненко

**ОСНОВНЫЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАЗЛОМНОЙ
ТЕКТониКИ
ЗЕМНОЙ КОРЫ**

ИЗДАТЕЛЬСТВО АН УССР · КИЕВ · 1963

И. И. ЧЕБАНЕНКО

ОСНОВНЫЕ
ЗАКОНОМЕРНОСТИ
РАЗЛОМНОЙ ТЕКТОНИКИ
ЗЕМНОЙ КОРЫ
И ЕЕ ПРОБЛЕМЫ

В книге собраны сведения о разломных деформациях земной коры, известных под названием «линеаменты». На примерах разломных структур Азии, Европы, Африки, Австралии, Северной и Южной Америки и площадей океанов автор анализирует закономерности ориентировки и строения линеаментов и рассматривает их тектоорогеническое значение в общей структуре земной коры. На этой основе освещается связь планетарных разломов с процессами вулканизма, эндогенного рудообразования, седиментации и горообразования.

Основной причиной возникновения планетарной трещиноватости верхней оболочки Земли — литосферы — автор считает действие сил неравномерного вращения планеты вокруг оси; подкоровые (глубинные) физико-химические процессы превращения вещества земной коры и верхней мантии развиваются, по мнению автора, на фоне общей ротационной динамики Земли, приспособившаяся к которой и вместе с которой они создают единый процесс геотектогенеза.

Книга рассчитана на геологов и специалистов смежных наук, интересующихся проблемами деформаций земной коры и возможными причинами их возникновения.

Ответственный редактор
академик АН УССР В. Г. БОНДАРЧУК

ВВЕДЕНИЕ

Основные представления о разломной тектонике земной коры изложены в работах А. П. Карпинского (1883, 1894, 1919), В. Хоббса (1911) и Р. Зондера (1938). Последующее развитие этих представлений отражено в работах А. В. Пейве (1945, 1956, 1960), В. Г. Бондарчука (1946, 1949, 1955, 1961), Е. Хиллса (1947), Ф. Венинг-Мейнеца (1947), Г. Клооса (1948), Дж. Муди и М. Хилла (1960), Н. С. Шатского (1945—1955) и других авторов.

В настоящей работе автор сделал попытку дальнейшего обобщения материалов по разломной тектонике земной коры, накопленных геологической наукой за последнее десятилетие. В своих исследованиях он исходит из позиций теории тектоорогении (В. Г. Бондарчук, 1946—1961), в основе которой лежит понятие о диалектическом единстве внешних и внутренних процессов развития вещества и структуры земной коры и представление о существовании соподчиненности между этими процессами.

Последовательное рассмотрение и сравнение разломных структур Азии, Европы, Африки, Австралии, Северной и Южной Америки и площадей океанов дали возможность обнаружить в системе разломных деформаций коры такие основные особенности: 1) планетарный масштаб разломов (линеаментов) земной коры, 2) преобладание линейных структур, 3) вытянутость на многие сотни километров, 4) симметричное положение по отношению к линиям меридианов, т. е. оси вращения Земли, где два главных направления располагаются по азимутам 305—310° и 35—40°, 5) унаследованный характер, обусловленный сохранением азимутальной ориентировки и наложением друг на друга основных структурных направлений земной коры на протяжении геологической истории, 6) блоковый характер строения земной коры, 7) связь процессов магматизма и эндогенного рудообразования с глубинными разломами.

Эти особенности, а главное линейный характер разломов и их симметричное положение по отношению к оси вращения Земли, невозможно объяснить действием только физико-химических процессов внутри Земли. Внутренние (подкоровые) процессы и связанные с ними тектонические преобразования в области литосферы развиваются, по нашему убеждению, на фоне вращательной динамики планеты и в условиях уже существующей сегментации (раздробленности) земной коры на блоки. Поэтому форма и пространственная ориентировка основных структурных элементов литосферы (платформы, щиты, массивы, антеклизы, синеклизы, рообразные впадины и др.) определяются в первую очередь структурными зонами ротационного происхождения. Движения подкоровых масс приспособляются к уже готовой сетке вращательной трещиноватости земной коры и, развивая ее дальше, создают таким образом единство внешних и внутренних сил общего процесса геотектогенеза.

Полученные за последние годы сведения об ориентировке структур на других планетах солнечной системы, в частности на Луне и Марсе,

показывают, что и на этих планетах зоны разломных нарушений располагаются не беспорядочно, а по строго выдержанным направлениям и симметрично по отношению к осям их вращения. Астрофизики считают, что линейные структуры Луны и Марса возникли под действием сил осевого вращения планет.

Практическое значение расшифровки закономерностей глубинных разломов земной коры очень велико. Практика геологоразведочных работ все убедительнее подтверждает тесную связь геохимии и металлогении с планетарными разломами. Глубинные разломы выступают как связующее звено между литосферой и мантией Земли. Знание особенностей строения и расположения планетарных разломов — путей движения рудных веществ из глубин — предоставит геологам широкие возможности для прогнозирования и поисков новых, глубинных, рудных месторождений. В свете представлений о глубинных разломах земной коры новый смысл приобретает понятие о структурном контроле оруденений и рудоподводящих каналах. Структурный контроль становится одним из определяющих составных элементов металлогенических провинций.

Сделанные в работе выводы следует рассматривать не как категорические утверждения, а скорее как основу для дальнейших исследований и обмена мнениями. Не все положения работы в равной степени детализированы и обоснованы, что объясняется как небольшим объемом работы, так и недостаточной изученностью данной проблемы. Многие положения выдвинуты автором в порядке постановки вопросов.

Работа выполнена при отделе геотектоники Института геологических наук АН УССР, которым руководит академик АН УССР В. Г. Бондарчук.

При подготовке к печати текстового и графического материалов настоящей работы большую помощь оказали инженер-геолог О. Л. Аверина и техник-геолог Т. П. Стась, которым автор выражает свою благодарность.

Автор очень признателен академику АН УССР С. И. Субботину и старшему научному сотруднику Института геологических наук АН УССР А. И. Чердниченко за просмотр рукописи, ряд ценных советов и рекомендацию работы к печати.

Большую благодарность автор выражает академику АН УССР В. Г. Бондарчуку за многочисленные советы в процессе подготовки настоящей работы.

«Изучение показывает, что земная кора в целом оказывается гораздо более «хрупкой», чем это принято думать, и разломы, а не складки, играют ведущую роль в структуре Земли».

А. В. Пейве

КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗЛОМНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ПО РЕГИОНАМ

РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ ТЕРРИТОРИИ СССР

На обширной территории Советского Союза выделяются такие основные тектонические элементы:

I. Докембрийские платформы.

1. Русская платформа.
2. Сибирская платформа.

II. Области палеозойской складчатости.

1. Каледониды Средней Азии и южной Сибири.
2. Герциниды Алтая, Центрального Казахстана и Тянь-Шаня. Урал и Новая Земля. Таймыр и острова Северной Земли. Западно-Сибирская плита. Эпигерцинская платформа юга Европейской части СССР. Складчатость Забайкалья и Приамурья.

III. Области мезозойской складчатости востока СССР. Верхояно-Чукотская складчатая область. Восточно-Забайкальско-Приамурская складчатая область. Сихотэ-Алиньская складчатая область.

IV. Область кайнозойской складчатости Тихоокеанского пояса (Камчатская складчатость).

V. Область альпийской складчатости юга СССР. Северные окраины альпийских структур между Карпатами на западе и Куэнь-Лунем на востоке и их краевые прогибы.

Выделенные геоструктуры СССР характеризуются еще и тем, что границы раздела между ними представлены зонами разломных деформаций. Эта особенность взаимоотношений между основными тектоническими элементами территории Советского Союза не нашла до настоящего времени полного отражения на имеющихся тектонических картах. Однако работы А. П. Карпинского (1883—1919) пронизаны идеей о ведущей роли разрывных деформаций в геологической структуре земной коры и о глыбовом характере ее строения. На тектонической карте СССР (1957) в группе разрывных нарушений выделены, по существу, структуры второго порядка, связанные с деформацией осадочных толщ. Если же рассматривать всю толщу земной коры, включая кристаллический фундамент и осадочный чехол, то в ее структуре следует выделять в первую очередь глубинные разрывные деформации кристаллического фундамента (рис. 1).

КРАЕВЫЕ РАЗЛОМЫ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Русская платформа занимает восточную и северную части Европейского материка и представляет область континентальных равнин с почти горизонтальным и слабо складчатым залеганием пород осадочного чехла. На северо-западе платформа ограничена каледонскими

структурами Норвегии, на юге — альпийскими структурами Карпат, Крыма и Кавказа, а на востоке — герцинскими структурами Урала. По мнению редакторов тектонической карты СССР Н. С. Шатского и А. А. Богданова (1957), «одной из важнейших особенностей очертаний Русской платформы является то, что на значительных расстояниях ее границы образуют прямолинейные отрезки, длина которых достигает 1500—2500 км. Второй особенностью ее очертаний является резко выраженная угловатость формы. Так, северо-западная и юго-западная ее границы сходятся в области Северного моря под прямым углом. Форму, близкую к прямому углу, имеет ее северо-восточный конец, находящийся в восточной части Большеземельской тундры. Несколько сглаженную, но также прямоугольную форму, имеет и юго-восточное ограничение платформы» (стр. 23).

Отсюда ясно, что форма платформы обусловлена крупными разломами.

На северо-западной окраине платформы расположена полоса надвига общего простирания 25—40°, по которой норвежские каледониды надвинуты на кристаллические породы Балтийского щита или прислонены к ним по шву. На севере граница платформы усложнена молодыми прямолинейными разломами Кольского полуострова и берегов Баренцева моря, где они располагаются по двум направлениям: 35—40 и 305—310°. По направлению 310—325° простираются нижнепалеозойские структуры Тимана, и в этом же направлении складчатые структуры Урала резко поворачивают через хребет Пай-Хой в сторону Новой Земли.

На востоке Русская платформа ограничена разломами Уральской геосинклинальной области, расположенными в виде полосы исключительно прямолинейных деформаций по азимуту 10—15°. Ширина полосы уральских разломов 300—350 км, длина — 2700 км. Кроме основных субмеридиональных разломов Урала, в его системе выделяется группа поперечных структурных направлений, полностью совпадающих с направлением разломов Тимана, Пай-Хоя, Кольского полуострова, Тянь-Шань-Алайских структур и разломов южной и юго-западной окраин Русской платформы.

В южном направлении продольные уральские разломы тянутся до Аральского моря, где встречаются и пересекаются, с одной стороны, с разломами Пачелмского и Днепровско-Донецкого ровообразных прогибов, а с другой — со структурами Тянь-Шаня. В связи с этим нам кажется, что правы были Г. Штилле, С. Бубнов и А. Д. Архангельский, которые проводили юго-восточную границу Русской платформы по окраине плато Усть-Урт. Граница Русской платформы, проведенная на тектонической карте СССР (1957) в виде плавной дуги, выпуклой на юго-восток, очевидно, неточна, так как она не согласуется с особенностями разломной тектоники земной коры и с представлением об угловатых формах блоков. Эта граница сечет на своем пути вкрест простирания известные разрывные структуры.

От устья р. Волги на запад граница Русской платформы снова становится четкой и проходит по склонам краевых прогибов альпийских складчатых областей. Положение и направление южной и юго-западной границы платформы контролируется крупными краевыми разломами, расположенными по азимуту 300—305°. Эти разломы известны под названием линий Карпинского и Чирвинского, а в Европе — линии Торнквиста. Можно предполагать, что в доальпийское время юго-западная граница Русской платформы была еще более прямолинейной.

В современных контурах юго-западной границы Русской платформы обращает на себя внимание полоса разломов Днепровско-Донецкого ровообразного прогиба и Донецкого синклинория, расположенная

на одной линии с разломами Кумо-Манычского прогиба на юго-востоке и разломами линии Торнквиста в Польше и Дании. При изучении этих разломов становятся более понятными представления М. М. Тетяева об Украинском щите как герцинском срединном массиве, окруженном по бокам палеозойскими структурами. Другой (южный) обломок окраины платформы раздроблен и переработан, вероятно структурами Кавказа, Крыма и Карпат.

Таким образом, фактическими геологическими материалами подтверждается, что глыба Русской платформы ограничена со всех сторон крупными глубинными разломами с такими главнейшими направлениями: 15, 35—40, 75—80, 305—310 и реже 325—330°. На северо-западной окраине, в Норвегии и Швеции, господствуют разломы по направлению 35—40°, на юго-западной, южной и северной окраинах — по линиям 305—310°, на юго-восточной окраине преобладает сочетание северо-западных и уральских направлений. Уральские структуры располагаются в какой-то степени несогласно по отношению к основному северо-восточному направлению разломов, лежащих в интервале азимута 25—40°. Какими причинами это отклонение вызвано, сейчас трудно сказать. Для ответа на этот вопрос требуется детальное изучение внутренней кинематики складчатых и разрывных деформаций Уральского складчатого сооружения. По наблюдаемому в настоящее время характеру изгибов складок Урала и по положению разрывных деформаций в них можно думать, что в каледонское время вся Уральская полоса структур располагалась в направлении 25—40°, но в герцинский ортогенез она испытала сжатие и была повернута против часовой стрелки вследствие осевых вращений глыб Русской и Сибирской платформ. Такое движение может показаться более правдоподобным, если предположить, что складки северной части Урала соединялись когда-то в единую полосу со структурами Таймырского полуострова.

ВНУТРЕННИЕ РАЗЛОМЫ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Структура внутренней части Русской платформы кажется, на первый взгляд, лишенной геометрических закономерностей, но детальное ознакомление показывает, что это не так. Глубинные разломы существуют и внутри платформы. «Было мнение, — пишет А. П. Карпинский, — когда считалось, что основание, на котором покоятся осадочные толщи Европейской России, состоящие главным образом из гранитогнейсовых пород, имеет древний денудационный рельеф, являющийся то относительно ровным, то имеющим холмистый или даже гористый характер. С расширением наших знаний выяснилась необходимость допущения дизъюнктивной дислокации различной древности, игравшей значительную роль в геологической истории нашей страны» (1947, стр. 174).

Это было научное предвидение о разломном и глыбовом характере внутреннего строения Русской платформы. Результаты глубокого опорного и разведочного бурения, проведенного за последние 10—15 лет, а также геофизические работы полностью подтвердили предположения А. П. Карпинского.

Кристаллический фундамент Русской платформы неоднороден по составу, возрасту и строению. На дневную поверхность породы фундамента поднимаются в виде больших массивов в областях Балтийского и Украинского кристаллического щитов и в форме небольших выступов по долинам Дона и Днестра. В настоящее время породы кристаллического фундамента достигнуты во многих местах скважинами опорного бурения.

По существующим представлениям, в строении кристаллического фундамента Русской платформы участвуют три комплекса метамор-

фических горных пород: архейский, нижнепротерозойский и среднепротерозойский, составляющие самостоятельные структурные этажи и структурные направления. Взаимоотношения между указанными комплексами пород фундамента изучены недостаточно. На площадях Балтийского и Украинского кристаллических щитов архейские породы простираются преимущественно в северо-западном направлении, а протерозойские — в северо-восточном, хотя имеется много отклонений, обусловленных купольным, а не линейным характером структур гнейсовых толщ, что приближает их к платформенному типу складчатых деформаций.

На схемах простираний магнитных аномалий Европейской части СССР и докембрийских пород Русской платформы, приложенных к работе А. Д. Архангельского (1947), выделяются два основных направления положительных и отрицательных магнитных аномалий, отражающих положение кристаллических пород: северо-восточное и северо-западное. На площади Украинского кристаллического щита эти направления зафиксированы на существующих структурно-петрографических картах. На участке между Новгородом и Москвой преобладают северо-восточные направления по азимуту 35—40°, на участке между Москвой и Саратовым — северо-западные по азимуту 305°, на участке между Куйбышевом и Кировом — снова северо-восточные по азимуту 35—40 и 65—70°. В области Балтийского щита докембрийские кристаллические породы располагаются в виде нескольких полос общего северо-западного направления. Среди них выделяются: Финляндская, сложенная породами архея и протерозоя; Карельская, в составе которой есть архейские и протерозойские антиклинории и синклинории; Кольская, сложенная главным образом протерозойскими породами. Между Карельской и Кольской полосами размещается большой Беломорский массив, образованный нижнеархейскими сильно гранитизированными гнейсами. В строении перечисленных докембрийских полос Балтийского щита наблюдается известная на примере Африки и Австралии закономерность расположения архейских пород в центральных (ядерных) частях структур.

Кроме докембрийских пород, в строении нижнего структурного этажа Русской платформы принимают участие структуры так называемой байкальской и каледонской складчатости (на северо-восточной окраине) и структуры каледонской и герцинской складчатостей (на юге и юго-западе), известные под названием эпиплатформ соответствующих возрастов.

В морфотектоническом отношении площадь Русской платформы расчленяется на поднятия и понижения различных величин и амплитуд. На тектонической карте СССР (1957) в пределах Русской платформы выделены следующие структуры:

Поднятия	Понижения
Балтийский щит	Балтийская синеклиза
Украинский щит	Московская синеклиза
Белорусская антеклиза	Глазовская синеклиза
Воронежская антеклиза	Польско-Литовская синеклиза
Волго-Уральская антеклиза	Прогиб Большого Донбасса
Поднятие Тимана	Пачелмский прогиб
	Прикаспийская синеклиза и много
Много мелких поднятий и валов	мелких понижений

Перечисленные составные части Русской платформы отличаются друг от друга не только размерами и формой, но и процессами развития. Согласно представлениям В. Г. Бондарчука (1955, 1960), одним из наиболее важных качественных отличий платформенных структур является характер зон сочленения выступов и впадин фундамента плат-

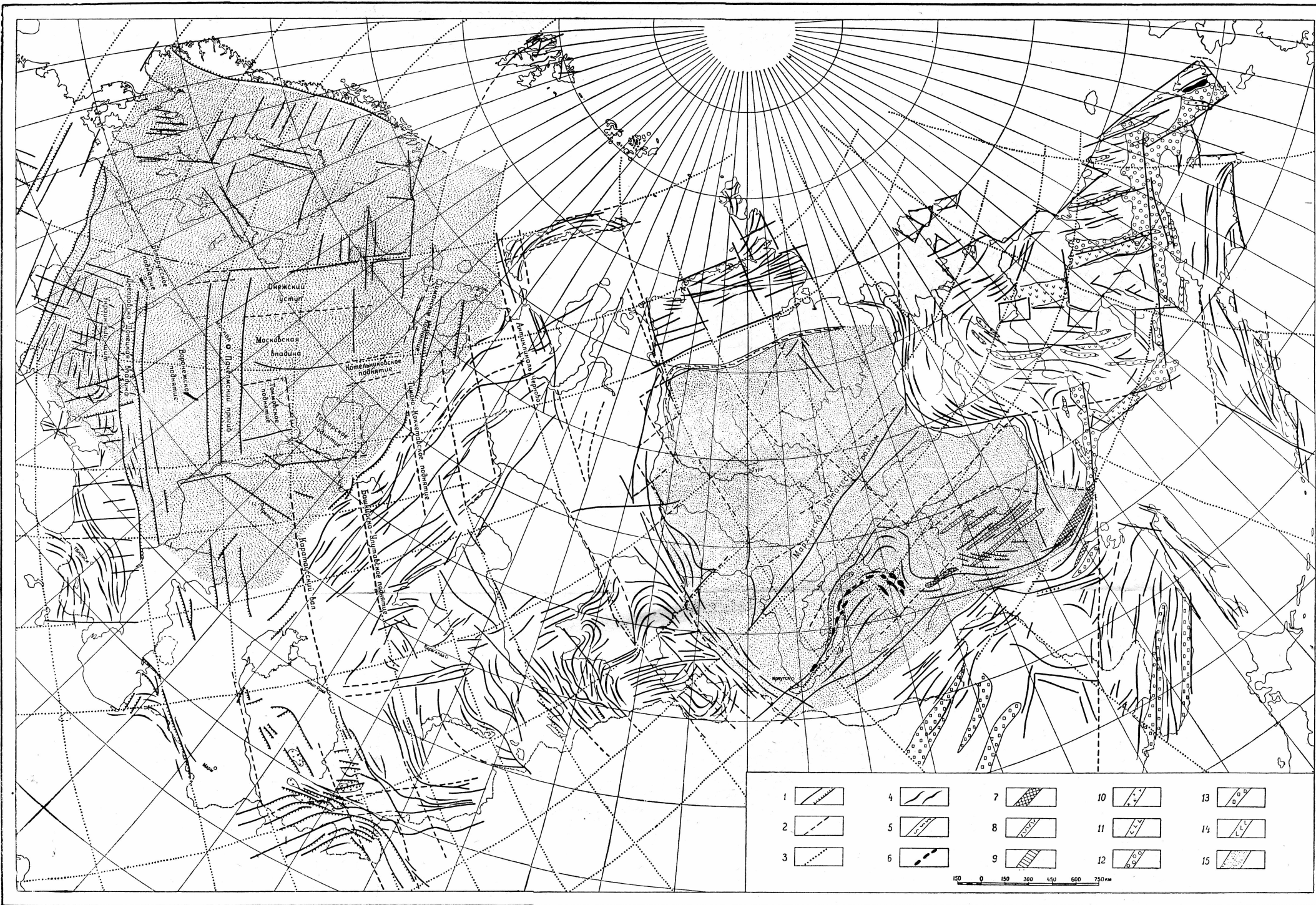


Рис. 1. Схематическая карта расположения главнейших разломных структур (линеаментов) территории СССР.

1 — разломы достоверные, 2 — разломы предполагаемые, 3 — преобладающие направления планетарной трещиноватости земной коры на территории СССР, 4 — антиклинальные складки, 5 — зона разломов и милонитизации вдоль западного и северо-западного краев Сибирской платформы, 6 — зоны офиолитовых интрузий Прибайкалья, 7 — габбро-норитовые интрузии внешних Байкал и Джугджурского пояса, 8 — интрузии кварцевых порфиров Прибайкалья, 9 — зоны интродурирования и щелочноземельных пород Алданского щита, 10 — интрузии гранитоидов, 11 — верхнеюрские эффузивные породы Верхояно-Чукотской области, 12 — верхнеюрские палеогеновые эффузивные породы Верхояно-Чукотской области, 13 — кайнозойские вулканические пояса с базальтами, 14 — четвертичные вулканические пояса, 15 — блоки Русской и Сибирской платформ.

формы и наличие или отсутствие в их структуре разломных дислокаций. С последними связано наличие или отсутствие вулканизма и продуктов вулканической деятельности (1960 б, стр. 18).

Другими качественными особенностями платформенных структур являются унаследованность и эпигенетичный (наложенный) характер их развития. При таком понимании платформенных структур среди поднятий выделяются: кристаллические щиты, кристаллические массивы, подземные горсты и другие поднятия. Среди понижений выделяются: большие впадины, или синеклизы; промежуточные прогибы, или парасинеклизы; ровообразные прогибы, или тафросубгеосинклинали; краевые прогибы и понижения меньших масштабов.

Перейдем теперь к непосредственному рассмотрению разломной тектоники Русской платформы по отдельным участкам, начиная обзор с юго-западной части и беря за основу схему тектоники Причерноморья (рис. 2) В. Г. Бондарчука (1957). Первое, что обращает на себя внимание при рассмотрении схемы строения юго-западной части Русской платформы — это расчленение территории Украины и прилегающих районов на блоки, ограниченные системами разломных нарушений двух основных направлений: $35-40$ и $305-310^\circ$, где главенствующее значение имеют разломы северо-западного простирания. Здесь они определяют направление и форму юго-западного края Русской платформы. В пределах Предкарпатского краевого прогиба разломы северо-западного направления образуют, согласно материалам В. Б. Соллогуба (1960), систему ступенчатых сбросов с постепенным погружением краевых блоков платформы под Карпаты.

Другой областью интенсивного развития разломов северо-западного простирания являются Днепровско-Донецкий ровообразный прогиб и Донецкий бассейн, отделяющие глыбу Украинского щита от Воронежской антеклизы. В структурном отношении зона прогиба представляет собой узкий ров, образованный двумя полосами симметрично расположенных сбросов. Наличие во многих местах прогиба эффузивных пород базальтового состава может свидетельствовать о том, что днепровско-донецкие и донбасские разломы возникли вследствие растяжений и разрывов земной коры на данном участке, и эти разломы были настолько глубокими, что достигли пород базальтового слоя, т. е. поверхности Мохоровичича.

Направления предкарпатских и днепровско-донецких разломов северо-западного простирания не единичны на площади юго-западной окраины Русской платформы и прилегающих районов. Параллельно этим направлениям располагаются: главная ось и разломы Кавказа, ереванские разломы, сбросы, ограничивающие Иранский межгорный массив и Месопотамскую впадину, и др. На территории Ирака и Саудовской Аравии к этим направлениям относятся также разломы-сбросы Персидского залива и Красного моря. В этом же направлении простираются разломы южных и северо-восточных побережий Турции, где они оконтуривают Галатский массив. Не случайным, вероятно, является резкий и угловато-прямолинейный поворот Волги в районе г. Волгограда и простирание в этом направлении структур Мангышлака и Копет-Дага. Из всего этого видно, что разломы северо-западного направления широко развиты и сохраняют свои простирания не только на платформе, но и в пределах соседних геосинклинальных областей, являясь крупными и глубокими деформациями земной коры.

Вторая система разрывных деформаций южных и юго-западных окраин Русской платформы представлена разломами северо-восточного направления. Отчетливо видно, что вторая система разрывных деформаций лежит почти под прямым углом к северо-западным дислокациям. На схеме Причерноморья эти разломы показаны в пределах Днепров-

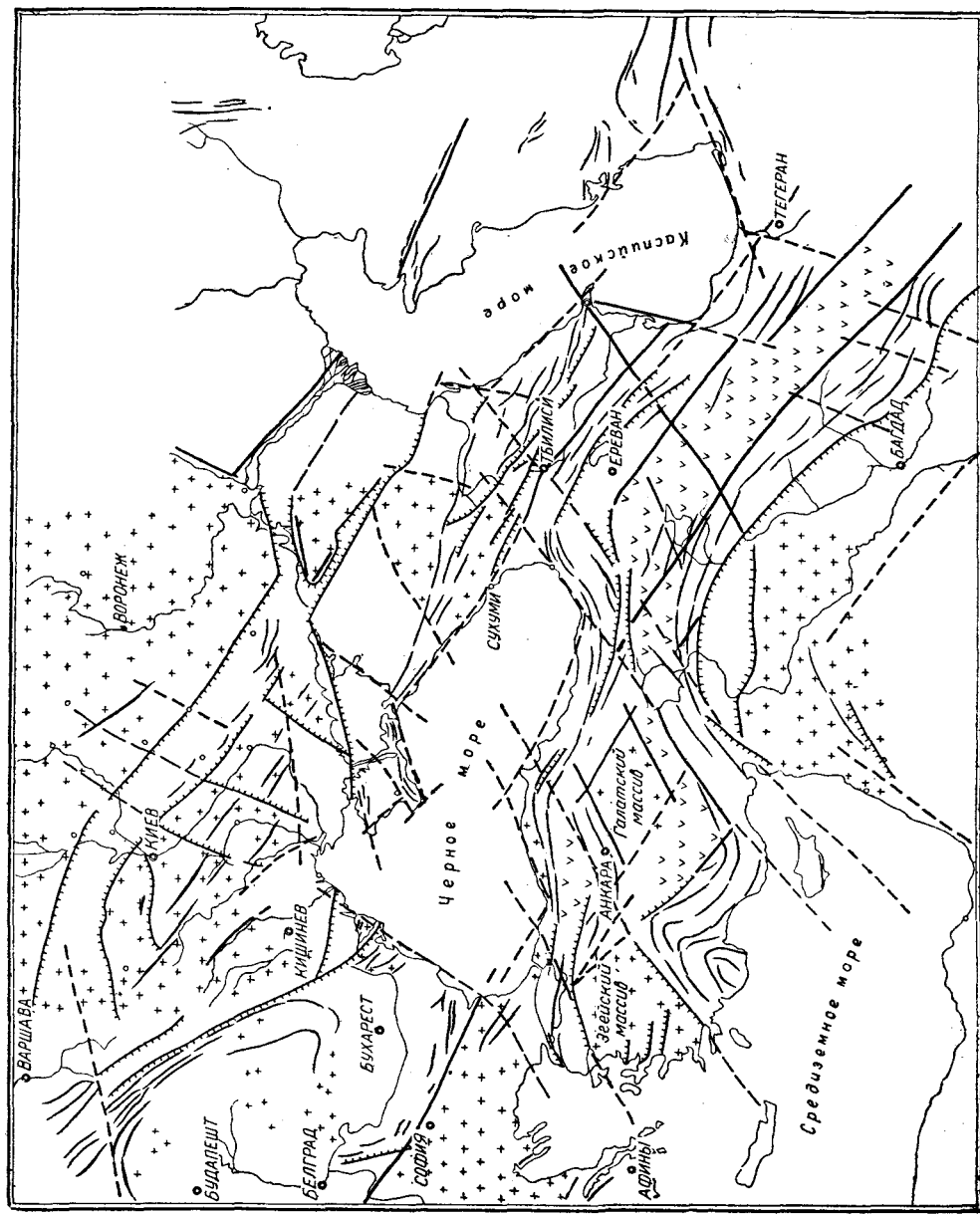


Рис. 2. Схема разломных структур Причерноморья (по В. Г. Бондарчуку, 1957, с дополнениями).

1 — разломы, 2 — предполагаемые разломы, 3 — оси складок, 4 — докембрийские массивы, 5 — герцинские и более молодые массивы.

ско-Донецкого прогиба, Украинского щита, Предкарпатского краевого прогиба, на Кавказе, в Закавказье и в Таврах. Разломы этого направления короче северо-западных, но вместе с последними они образуют систему прямоугольных блоков параллелепипедальной формы.

По представлениям В. Г. Бондарчука (1957), область Причерноморья расположена в зоне планетарных структур, связанных с развитием и деформациями фигуры трехосного эллипсоида вращения Земли. Мы присоединяемся к этому мнению и стремимся в целях дальнейшего развития этих представлений показать, что региональные деформации и на других участках земной коры обусловлены той же всеобщей земной причиной — действием напряжений вращательного движения Земли вокруг оси. По В. Г. Бондарчуку (1957, стр. 4), в пределах Русской платформы к системе древних разломов относятся: деформации Днепровско-Донецкого ровообразного прогиба; разломы, окаймляющие по длине Украинский щит и Воронежский массив; разломы Пачелмского прогиба и другие нарушения северо-западного направления. Если судить по степени активности разрывных нарушений в мезозойское и кайнозойское время, то разрывы северо-восточного направления кажутся моложе северо-западных. В действительности они очень древние и образуют вместе с северо-западными разломами единую систему сопряженных деформаций. Отличия состоят в том, что в одно время более интенсивно проявлялись подвижки по разломам северо-западного направления, а в другое время — по разломам северо-восточного направления.

Кроме этих двух главных направлений разломных структур, на площади юго-западных и южных окраин Русской платформы имеются другие, менее выраженные, зоны разломов. Это разломы вдоль северного берега Азовского моря, в Крыму, на северо-западной окраине Украинского щита (Припятский прогиб), Токаревская флексура на северной окраине Прикаспийской синеклизы и другие. Общее простирание разломов этого направления $70-75^\circ$. Их структурные взаимоотношения с разломами главных деформаций еще не изучены. Если ориентироваться по структурам Азовского моря и Припятского прогиба, то они кажутся наложенными, а следовательно, и более молодыми по сравнению с разломами направлений $305-310^\circ$ и $35-40^\circ$.

В некоторой степени самостоятельно выступают разломы типа криворожских деформаций, развитые главным образом на правобережной части Украинского кристаллического щита и простирающиеся по азимуту $12-15^\circ$. На площади Украинского щита криворожские разломы наложены вкрест простирания на северо-западные и моложе последних. В пределах Днепровско-Донецкого ровообразного прогиба взаимоотношения меняются. Криворожские структуры там перекрыты и секутся палеозойскими разломами-сбросами северо-западного направления.

С направлениями основных систем разрывных нарушений Причерноморья тесно связаны геоморфологические особенности территории. Прежде всего обращает на себя внимание совпадение контуров береговых линий Черного, Каспийского и восточной части Средиземного морей с положением глубинных разломов. Например, северо-западный берег Черного моря и отдельные участки западного берега Каспийского моря полностью совпадают с разломами северо-восточного направления. Восточные берега Черного моря (на участке от Керченского полуострова до устья р. Роны и вдоль восточного побережья Турции), отрезок берега Каспийского моря на участке Баку — Махачкала, а также юго-западный и северо-восточный берега Крымского полуострова лежат в плане северо-западных разломов. Береговая линия Каспийского моря в северных (устье Волги — устье Эмбы) и южных участ-

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

ках (Баболь — Бендер-Шах), северо-западный и юго-восточный берега Крымского полуострова и участок берега Черного моря в Западной Турции (Синоп — Карасу) совпадают по своему направлению с положением припятских и азовских разломов северо-восточного простиранья.

С. А. Ковалевский (1960) высказал предположение, что по линии 38-го меридиана в районе Черного моря проходит большой линеймент. Доказательством его существования автор считает такие факты (с севера на юг по линии меридиана): разломы вдоль р. Кальмиус, цепочка вулканоидов Богдановича, Абиха, Шуго, Краснова, Леончевой, Штернова и горы Крессе-Даг (Турция). Нам кажется, что нет ни структурных, ни геоморфологических фактов, подтверждающих выделение такого линеймента. В районе Причерноморья не обнаружено ни одной структурной линии протяженностью хотя бы до 50—100 км, (а не то что 800 км, как утверждает С. А. Ковалевский), которая располагалась бы по азимуту 360°.

Разломный характер структур юго-западной границы Воронежской синеклизы подтверждается системой разрывных деформаций Днепровско-Донецкого ровообразного прогиба, начало формирования которых относится, по мнению В. Я. Клименко (1957), к девонскому времени. В. Б. Порфирьев (1939) предполагал наличие во впадине силурийских отложений. О. В. Крашенинникова (Атлас палеогеографических карт УССР и МССР, 1960) считает, что впадина покрывалась также рифейскими бассейнами.

Восточная граница Воронежской антеклизы определяется дономедведицкими и ульяно-саратовскими дислокациями северо-восточного простиранья по азимуту 25—30°. На существующих тектонических схемах этого района значительные разломы не показаны, что, однако, еще не дает оснований считать, что их здесь нет. Наличие их, кроме положения линий стратоизогипс, подтверждается простираньем Доно-Медведицкого вала, направлением долины р. Волги на участке между Саратовым и Волгоградом и существованием Волгоградской флексуры вдоль восточного берега Волги. Известно, что Волгоградская и Токаревская флексуры, обозначающие северо-западную и северную границы Прикаспийской синеклизы, созданы крупными сбросовыми дислокациями, по которым произошло опускание блоков фундамента. На этой основе возникли резкие перегибы пластов осадочного чехла.

С северной стороны Воронежская антеклиза отделяется от Токмовского поднятия Пачелмским прогибом, который расположен параллельно Днепровско-Донецкому ровообразному прогибу и имеет с последним общие особенности не только в направлении, но и в строении и в условиях образования. По мнению Н. С. Шатского (1955), Пачелмский прогиб создан системой крупных разломов северо-западного простиранья, развивающихся с начала нижнего протерозоя.

Дальше на север среди наиболее значительных структур Русской платформы выделяются: Московская, Глазовская и Печерская синеклизы, на фоне которых выступают отдельные небольшие валы и плакантиклинали, и разделяющие их Татарское и Котельниковское поднятия. Московская синеклиза своей длинной осью ориентирована в северо-восточном направлении и повторяет направления криворожских, дономедведицких и ульяно-саратовских структур. Контуры Глазовской и Печерской синеклиз менее четкие, но по направлениям Вятского и Камского валов для Глазовской синеклизы определяются разломы северо-восточного простиранья.

В заключение можно сказать, что площадь Русской платформы имеет резко выраженную блоковую тектонику. Геологические и геофизические работы все больше и больше подтверждают тектонический

характер контактов между антеклизмами и синеклизмами, поднятиями и прогибами фундамента Русской платформы, а общая мозаика структуры укладывается в строгую сетку разломов.

ТЕКТОНИЧЕСКАЯ ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ПОРОД РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Трециноватость пород Русской платформы изучена очень слабо. В настоящее время выяснены только самые общие закономерности положения и морфологии трещин (Е. Н. Пермяков, 1949) и то не для всей территории платформы, а только для ее центральной и юго-восточной частей в треугольнике Москва — Пермь — Волгоград. Таким образом, еще нет достаточных сведений о положении трещин в основных стратиграфических и литологических комплексах пород осадочного чехла и подстилающего фундамента.

На площади кристаллических пород фундамента, обнажающихся в северо-западной части Кольского полуострова, А. А. Полканов (1935) провел изучение азимутального положения дайковых и трещинных образований. Дайки пикрит-порфиритов располагаются по таким основным направлениям: 15, 35, 300, 330 и 350°, где главными являются системы 35, 300 и 330° (рис. 3). А. А. Полканов считает, что общее тектоническое давление, приведшее к образованию трещин, было направлено с севера на юг и имело тенденцию постепенного поворота в юго-западном направлении. В расположении разрывных нарушений этой части Кольского полуострова наблюдается частичное несовпадение древних (дайки) и молодых (пустые трещины) разрывов. Более молодые нарушения, представленные различного рода разломами, зонами дробления и милонитизации, секут дайки с видимыми смещениями разорванных частей жильных тел. Кроме того, молодые разрывы смещены в плане относительно древних в направлении против часовой стрелки на 20—30°, что может указывать либо на горизонтальные вращения данного блока земной коры, либо на смену направления сжимающих усилий.

В период 1939—1948 гг. Е. Н. Пермяков (1949) изучал трещиноватость пород осадочного чехла на площадях Московской и Глазовской синеклиз с целью выяснения генезиса тектонических форм Русской платформы. Автором проведено около 20 тыс. замеров трещин, на основе которых составлены участковые и сводные диаграммы трещиноватости осадочных пород и получена характеристика трещин, приуроченных к различным тектоническим формам. Главный теоретический вывод работы — трещиноватость пород осадочного чехла Русской платформы в основном тектоническая, а не диагенетическая.

Механизм изгибания слоев осадочного чехла в пологие куполовидные складки и возникновение трещин Е. Н. Пермяков объясняет вертикальными поднятиями блоков кристаллического фундамента. Причем в движениях отдельных блоков могли быть значительные смещения вращательного характера. Так, К. Г. Войновский-Кригер, изучив трещиноватость меловых пород в бассейне р. Леймвы, пришел к выводу,

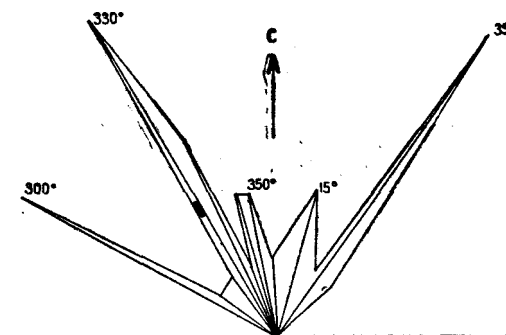


Рис. 3. Роза-диаграмма простиранения порфиритовых даек в районе Карелинской наволоки на Кольском полуострове (по А. А. Полканову, 1935).

Разрывные деформации в породах центральной части Украинского кристаллического щита
(По материалам Ю. Ю. Юрка, 1953)

Район	Характер структуры	Простираание трещин	
		северо-восток	северо-запад
с. Березовка	Интрузивный контакт гранодиорита с биотит-амфиболовыми гнейсами	—	330°, <40°
с. Лещевая	Зона милонитизации, секущая амфиболиты и гнейсы	10°	СВ
с. Глыбочек	Жилы гранит-аплита	30—35°, <75° СЗ	—
с. Глыбочек—с. Довгеньке	Массив розового гранита	40°	—
с. Кривые Колена	Контакт розового гранита с мелкозернистыми чарнокитовыми породами	10—15°, <75° ЮВ	—
с. Франковка	Инъекции аплитоидного гранита в мигматитах	20°	—
с. Кайтановка	Пегматитовые жилки по трещинам отдельности в граните	75—85°	300, 330°
Западнее села Вербовец	Пегматитовая жила	30—40°, <78° СЗ	—
Там же	Апофизы от главной пегматитовой жилы	—	310—315°, <60—75° ЮЗ
Северо-западнее с. Пальчик	Пегматитовая жила	—	320—325°, ЮВ
с. Ново-Архангельск	Пегматитовые жилки в чарнокитовых породах	—	300°, <?
с. Тарновица	Гранит-аплитовые жилки в чарнокитах	15—30°	—
с. Каменечье	Ксенолиты габбровых пород в граните	40—45°	—
с. Песчаная	Массив габбро-амфиболитов	—	300—310°
Между с. Тальное—с. Глыбочек	Гранодиоритовое тело	—	320—325°
с. Каменный Брод	Разрыв складки разгнейсованного гранита	35°	—
с. Звенигородка	Динамосланцеватость в плагиогранитах	15—25°	—
Уманский гранит	Трещины отдельности	20, 34, 50°	310, 330°
с. Искренное	То же	25, 70°	335°
Основные направления на территории		12, 22, 36, 72°	302, 315, 332°

что трещины в этом районе формировались в условиях ротационных стрессов. Автор предполагает, что либо восточный край района сдвинут по отношению к западному на юг по часовой стрелке, либо южный край местности более интенсивно переместился на восток (против часовой стрелки).

Согласно материалам Е. Н. Пермякова (1949), на площади Русской платформы определяются такие основные направления тектонической трещиноватости: 15, 36, 57, 74, 285, 310, 330°, которые полностью совпадают с направлениями региональных разломов. Положение трещин на отдельных участках иллюстрируется табл. 1.

Таблица 1

Расположение трещин в породах осадочного чехла Русской платформы
(По материалам Е. Н. Пермякова, 1949)

Район и структура	Простираание трещин		Возраст
	северо-восток	северо-запад	
Окско-Цнинский вал	20—39°	310—329°	Пермь
Сарапульская возвышенность в Удмурдской АССР	37°	307°	
Район нижнесурских поднятий в Сурско-Ветлужском прогибе	63°	325°	»
Пензо-Саратовский район	24, 48, 80°	324°	Карбон, пермь, триас
Балыклейский район Нижнего Поволжья	20, 70°	347°	Мел, палеоген
Район Московской синеклизы:			
а) Старицкий район Калининской области	15, 35, 66°	285, 305°	Карбон
б) Район г. Подольска	15, 35, 65°	285, 315°	Средний карбон
Барановский район Куйбышевской области			
а) меловые породы	25, 55°	283, 315, 335, 355°	
б) палеогеновые породы	35, 55, 82°	335, 350°	
Основные общие направления по всей территории	15, 36, 51, 74°	285, 311, 330°	

Положение разрывных нарушений в породах кристаллического фундамента Русской платформы можно показать на примере Украинского щита. Ю. Ю. Юрк (1953) провел детальное изучение пространственного положения жильных образований и трещин отдельности в породах района Уманского и Антоновского плутонов. Результаты его наблюдений представлены в виде табл. 2.

Сравнение материалов Е. Н. Пермякова и Ю. Ю. Юрка показывает довольно точное совпадение пространственной ориентировки разрывных нарушений в породах осадочного чехла центральных районов Русской платформы с положением жильных образований и трещин в породах кристаллического фундамента платформы на площади Украинского щита. При этом необходимо иметь в виду, что сравнению подверглись не только разновозрастные, но и лежащие в разных местах комплексы горных пород, а план разрывных деформаций остался неизменным. Это, по нашему мнению, может служить существенным возражением против всевозможных идей значительных перемещений блоков и целых континентов земной коры. Всякие такие движения обязательно приводили бы к перераспределениям тектонических напряжений в сфере земной коры, а напряжения, в свою очередь, создавали бы какие-то новые пространственные ориентировки разрывных деформаций, что в действительности не наблюдается.

Н. П. Семененко (1957) указывает на наличие в породах Украинского кристаллического щита решетчатых структур (пересечение структур различных направлений). В нижних структурных этажах гнейсов и мигматитов наблюдается явление наложения на старые структуры новых тектонических деформаций верхних структурных этажей. Наложение осуществляется почти вкрест простираания древней складчатости. В связи с этим происходит переориентировка стресс-минералов, возникают новые трещины и совершается повторный инъекционный магматизм вдоль новых трещин. Инъекционные жилы первой фазы в нижнем структурном этаже располагаются по азимуту 315°, угол падения 70—80° на юго-запад, жилы второй фазы — по азимуту 40—45°, угол падения 60—50° на северо-запад. Формирование описанных Н. П. Семененко (1957, стр. 44—45) решетчатых структур Украинского кристаллического щита обусловлено, по нашему мнению, существованием в земной коре двух почти взаимно-перпендикулярных и постоянно действующих плоскостей напряжений и деформаций. Согласно другим представлениям, переориентировка структур на 90° вызывается пере-

распределением главных сжимающих усилий, но чем обуславливаются такие переориентировки тектонических напряжений в земной коре никто и нигде еще не объяснил. Особую трудность для объяснения решетчатых структур с позиций перераспределения напряжений составляет факт прямоугольного расположения пересекающихся зон складок, разломов и магматических образований. Геологам пока не известны такие геологические процессы, которые вызывали бы перераспределения тектонических напряжений, а вместе с ними и деформаций ровно на 90°.

СВЯЗЬ ОРОГРАФИИ И РЕЧНОЙ СЕТИ РУССКОЙ ПЛАТФОРМЫ С РАЗРЫВНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ

Изучение гипсометрической карты Европейской части СССР показывает, что в рельефе этой территории можно выделить определенные закономерности в распределении ее возвышенностей и низменностей. На юге находятся Причерноморская, Азово-Кубанская и Прикаспийская низменности, которые создают как бы единую полосу субширотного протяжения, но более детальный анализ обнаруживает, что в действительности единая полоса южных впадин распадается на колечатую систему понижений, каждое из которых вытянуто в северо-западном или северо-восточном направлениях. Так, Причерноморская впадина имеет общее северо-западное простираие, Азово-Кубанская низменность — северо-восточное, а Кумо-Манычская — вновь северо-западное, параллельное днепровско-донецким структурам. Возвышенности западной половины — Прикарпатская, Воыно-Подольская, Приднепровская и Донецкий кряж, так же как и Приднепровская низменность, имеют согласное (с Карпатами и Кавказом) северо-западное простираие. В восточной части центральной полосы Русской равнины преобладают меридиональные направления форм рельефа, выраженные в простираиях Среднерусской и Приволжской возвышенностей, но с удалением от полосы Уральских гор снова вырисовываются северо-западные формы (Бугульминско-Белебеевская возвышенность и др.).

Своеобразием орографического плана северной половины Русской равнины является островной характер контуров возвышенностей, которые то собраны в гирлянды, то разбросаны поодиночке на обширных пространствах низменностей. На этом фоне обращают на себя внимание северо-западные простираия форм рельефа, которым следуют Тиманский кряж, хребет Пай-Хой, гряда полуострова Канина, Мурманский и Кандалакшский берега Кольского полуострова, русла рек Северной Двины, Мезени, Вятки, Ветлуги и Волги (на участке между Рыбинском и Горьким).

Вторым выразительным направлением форм рельефа и гидросети в северной половине Русской платформы является северо-восточное. В этом направлении тянутся многие возвышенности: Белорусская, Смоленско-Московская и ее продолжение — Клиско-Дмитровская гряда, а также гряды Галичская, Угличская, Валдайская и реки Сухона с Вычегдой и Волга (на участке от Зубцова до Рыбинска).

На основании таких материалов К. И. Геренчук (1960) приходит к выводу, что поверхность Русской равнины действительно обладает ориентированным орографическим планом и выдержанностью направлений рельефных линий, среди которых господствуют два: северо-западное и северо-восточное. На востоке и на юге эти направления усложняются субмеридиональными и субширотными линиями. «Трудно допустить, — пишет К. И. Геренчук, — что все эти черты орографии Русской равнины: выдержанная ориентировка орографических элементов, закономерная группировка рельефных контуров по степени раз-

дробленности, устойчивая экспозиция крутых склонов асимметричных возвышенностей были случайными явлениями. Более правдоподобным будет предполагать, что современный орографический план Русской равнины обусловлен глубокими факторами, важнейшими среди которых являются тектоническая структура платформы и различный геологический возраст ее поверхности» (1960, стр. 31).

Географы и геологи уже давно обратили внимание на выдержанность направлений, параллелизм положений долин многих рек Русской равнины. Связь плана речной сети с тектонической структурой Русской платформы предполагали А. П. Карпинский (1883, 1894), А. П. Павлов (1887, 1899), В. Г. Бондарчук (1946, 1949) и другие. В настоящее время эта связь установлена для многих рек. Направление долин рек совпадает с положением глубинных структур. Так, отдельные отрезки Волги, Днепра, Южного Буга, Днестра и Прута располагаются параллельно северо-западным структурам, а их левые притоки тянутся в северо-восточном направлении, повторяя азимуты соответствующих геологических деформаций. Связь направлений речных долин с тектоническими линиями видна также на примерах Западного Буга, Западной Двины, рек Предкарпатского, Предуралья и Предкавказского краевых прогибов. Особенно отчетливо видна связь тектоники с планом гидросети на участках перехода из одной структурной области в другую. В этих местах реки резко меняют свои направления, приспособляясь к новым тектоорогеническим формам данной местности. Такие повороты ярко выражены у Волги, Днепра, Южного Буга, Северной Двины и других рек. Зависимость плана речной сети Русской платформы от тектоники и главным образом от положения разрывных нарушений проявляется не только в выдержанности отдельных участков долин в определенных направлениях, но и в закономерном расположении речных систем и бассейнов. Со временем, при более всестороннем изучении связи гидрографической сети с разломной тектоникой района, можно будет решать обратную задачу: определять наличие и простираие разрывных нарушений по речным системам.

КРАЕВЫЕ РАЗЛОМЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Сибирская платформа занимает восточную часть Советского Союза и представляет собой вторую большую докембрийскую платформу, окруженную со всех сторон складчатыми сооружениями. По современным геологическим и геофизическим представлениям Сибирская платформа занимает междуречье рек Енисея и Лены, а также площадь бассейна р. Алдана. На севере граница платформы тянется от южной части Енисейской губы (вдоль Хеты и Хатанги) до Нордвика, где поворачивает параллельно береговой линии моря Лаптевых и подходит к устью р. Лены. Отсюда восточная граница Сибирской платформы резко поворачивает на юго-восток, повторяя изгибы р. Лены и Алдана и доходя до берегов Охотского моря. Здесь начинается следующий резкий поворот в юго-западном направлении — вдоль внешнего края структур Байкальского складчатого сооружения. На широте Улан-Удэ южная граница платформы показывается обычно на тектонических картах в виде плавной дуги, выпуклой на юг. Западная граница докембрийской платформы проводится по долине р. Енисея.

Рассматривая в целом форму Сибирской платформы, нельзя не заметить того, что ее контур обусловлен двумя системами взаимноперпендикулярных направлений. Северо-западный и юго-восточный края платформы располагаются параллельно друг другу и тянутся в северо-восточном направлении, а юго-западный и северо-восточный — простираются в северо-западном направлении. Некоторое отклонение

наблюдается на участке долины р. Енисея, где линия границы платформы показывается обычно в виде плавной линии общего меридионального направления, но слабо выпуклой на запад, т. е. с постепенным поворотом на север.

Нам кажется, что западная граница Сибирской платформы должна быть откорректирована в соответствии с закономерностями разлоновой тектоники и представлена в виде угловатых линий общего северо-западного простирания. Основанием для этого может служить коленчатый характер долины р. Енисея на участке от г. Красноярск до порта Дудинки, обусловленный, вероятно, линиями разломов северо-восточного и северо-западного направлений.

Сибирская платформа, аналогично Русской, характеризуется большой прямолинейностью структурных направлений и угловатостью внешней формы.

По материалам В. А. Вакара (1958), северный край платформы представлен зоной региональных дизъюнктивных нарушений, расположенных между Анабарской антеклизой и Тунгусской синеклизой, с одной стороны, и Хатангским понижением — с другой. Может быть, более правильно было бы эту границу вести вдоль южного разлома палеозойских структур Таймыра. Северо-восточный и восточный края платформы ограничиваются крупными прямолинейными разломами. На участке от устья р. Лены до Жиганска разломы тянутся по азимуту 20° , на участке от заворота Лены на юго-восток и вдоль р. Алдана до Усть-Амгинского разломы лежат по азимуту 295° , длина их 600 км. От Усть-Амгинского разломы этого направления протягиваются, вероятно, до берега Охотского моря. Вместе с поворотом р. Алдан на юго-запад поворачивают мезозойские складчатые структуры, и в этом же направлении тянется зона разломов, которая точно повторяет направление жиганских дислокаций в низовьях р. Лены.

Юго-восточный край Сибирской платформы имеет более сложное строение. В восточной части южный край Алданского щита ограничивается дугообразными разломами субширотного направления, но более детальный анализ показывает, что эти дугообразные дислокации сложены двумя системами разрывных нарушений: северо-восточными и северо-западными. В районе габбро-анортозитовых интрузий внешних Байкалид северо-восточные разломы юго-восточной окраины Сибирской платформы разъединяются на две ветви. Одна ветвь круто поворачивает на север и окаймляет с внутренней (платформенной) стороны систему складок байкальского комплекса (верхи протерозоя — низы палеозоя). Другая ветвь простирается на юго-запад, располагаясь вдоль внешней границы байкальских складок и образуя собственно край платформы. Направление байкальских разрывных дислокаций характерно не только для восточного края глыбы Сибирской платформы, но и для всего комплекса расположенных южнее герцинских и мезозойских структур, которые повторяют азимуты таймырских дислокаций на другом конце платформы.

В районе южных окраин Байкала происходит сочленение байкальских и саянских дислокаций, расположенных почти под прямым углом. Структурные взаимоотношения между ними еще окончательно не выяснены. Некоторые исследователи объединяют их в единую дугообразную полосу.

Тенденция закруглять и соединять полосы складчатых и разрывных деформаций в непрерывные зоны затушевывает самые существенные отношения между ними. Примером этого может быть тектоническая схема Сибирской платформы Т. Н. Спичарского (1958), на которой соединены в единую полосу структуры Забайкалья и Предбайкалья под названием «Байкальская складчатая система». Однообразны ли

структуры этих районов? Нам кажется, что они разновозрастны. Авторы тектонической карты СССР (1957) частично исправили эту ошибку, разделив структуры Забайкалья и Предбайкалья на две зоны.

Вдоль юго-западного края Сибирской платформы располагаются саянские разломы, их общее простирание 310° , протяженность около 1000 км. Когда-то М. М. Тетяев высказал предположение о том, что каледонские структуры надвинуты в этих местах на край платформы. Позже от этой идеи отказались. В 1959 г. Л. П. Зоненшайн (1959)

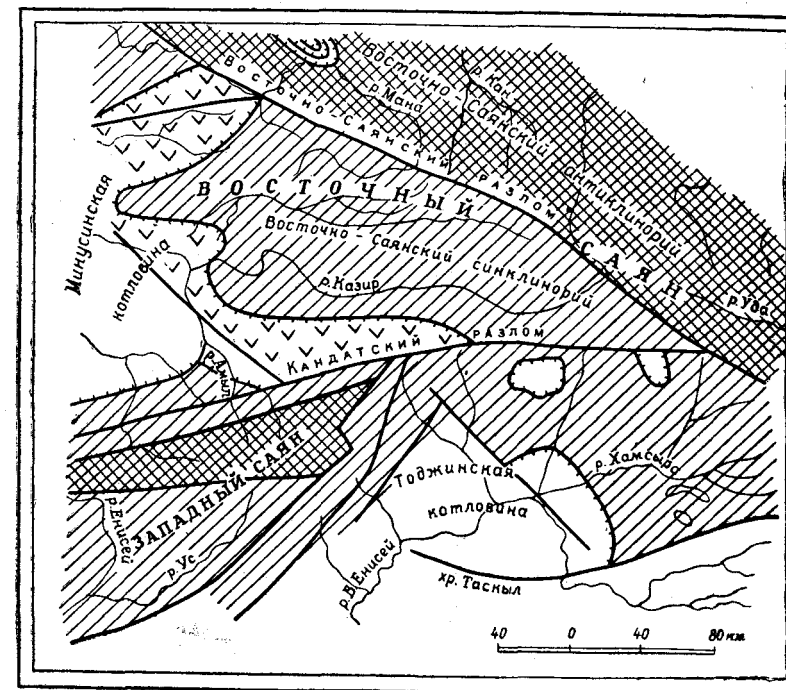


Рис. 4. Положение разломов в области сопредельных частей Восточного Саяна, Западного Саяна и Северной Тувы (по Л. П. Зоненшайну, 1959).

провел детальное изучение разрывных деформаций зоны Восточных Саян и Северной Тувы и дал им такую характеристику. Сочленение структур (рис. 4) выражено в этих местах резко и осуществляется по крупнейшим разломам. Так, Восточно-Саянский разлом, имеющий северо-западное простирание по азимуту $305-295^\circ$, отделяет Восточно-Саянский антиклинорий от Восточно-Саянского синклиниория, и в полосе разлома соприкасаются протерозойские и кембрийские породы. Разлом сопровождается зоной милонитизации и имеет амплитуду не менее 4 км. Зарождение разлома относится к докембрийскому времени. Кандатский разлом северо-восточного направления по азимуту $72-75^\circ$ проходит по северному краю Западного Саяна и тянется на расстоянии 500 км. Структурно он представлен полосой сближенных меньших разрывов и трещин с общим крутым падением плоскостей на юг. Предполагается, что общее движение масс было направлено с юга на север. Возник Кандатский разлом также в докембрийское время.

Развитие региональных структур и разломов Л. П. Зоненшайн (1959, стр. 67) характеризует так: «Учитывая одновременность заложения региональных структур и разграничивающих их разломов, естественно сделать вывод, что обособление этих структур и внутренние их особенности тесно связаны с жизнью названных разломов, развитие которых обусловило главнейшие специфические черты геологического

строения смежных с ними участков. По характеру эти разломы относятся к так называемым глубинным, которые имеют большую глубину заложения и длительную историю развития. Действительно, Кандатский и Восточно-Саянский разломы на протяжении длительного времени служат рубежами между крупными региональными структурами с различными фаціальными условиями». Кроме указанных главных разломов, на площади Северной Тувы и Восточного Саяна выделяются средне- и позднепалеозойские разрывные нарушения с меньшими амплитудами (от десятков метров до 1—2 км) и небольшой протяженности (10—20 км), но все эти разрывы лежат в общем плане древних разломов, повторяя северо-западное простирание Восточно-Саянского разлома и северо-восточное Кандатского разлома, что указывает на унаследованный характер их развития, постоянство тектонического плана и стабильность структурно-динамических условий на данном участке земной коры.

По новейшим материалам Г. И. Кириченко (1958), структуры Восточного Саяна на севере переходят в структуры Енисейского кряжа, представляющего собой горст докембрийского складчатого сооружения, который расположен вдоль западной границы Сибирской платформы. С запада Енисейский горст ограничен зоной разрывных нарушений, о которых было сказано, что они обозначаются на картах в виде дуг, поворачивающих на север и тем самым нарушающих общее северо-западное положение структурных линий юго-западного края платформы. Дальнейшие детальные исследования выяснят, насколько соответствуют действительности слишком генерализированные линии разрывных нарушений западной границы Сибирской платформы. Но уже сейчас можно сказать, что в этом районе при картировании недооцениваются разломы северо-восточного простирания, зафиксированные изгибами складок Енисейского кряжа и долины р. Енисей. Одна полоса таких разломов проходит, вероятно, вдоль красноярского изгиба р. Енисей и соединяется с разрывными дислокациями Ангаро-Канской дуги, показанной на карте Г. И. Кириченко в виде дуги, резко заворачивающей (район устья р. Чуны) на юг и юго-восток и не продолжающейся на юго-запад. Изгиб р. Енисей и завороты в этих местах складчатых структур на юг дают нам некоторые основания считать, что северная часть разрывных дислокаций Ангаро-Канской дуги продолжается на юго-запад, примерно по азимуту 35°. Вторая и третья полосы северо-восточных разломов такого же направления проходят, по нашему убеждению, в районах Подкаменной Тунгуски и Курейки. Из всего этого следует, что краевые разломы западной части Сибирской платформы лучше показывать не в виде непрерывных линий, заворачивающих дугой на север, а как разделенные на отрезки и кулисообразно расположенные системы двух направлений: северо-западного и северо-восточного; причем первые из них длинные, а вторые короткие.

Из рассмотренных материалов видно, что контуры и форма Сибирской платформы, подобно Русской и другим платформенным структурам, определяются разломными деформациями, для которых характерны большие протяженности, прямолинейность и постоянство направлений. Некоторое отличие краевой разломной тектоники Сибирской платформы, по сравнению с Русской, состоит в меньшей выраженности (или меньшей изученности) поперечных разломов.

ВНУТРЕННИЕ РАЗЛОМЫ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Хотя современная поверхность платформы очень сглажена и имеет форму обширной равнины, в ее глубинном строении хорошо картируются поднятия и понижения кристаллического фундамента, вместе с которыми опускаются, образуя синклинали, или подымаются, создавая

пологие антиклинали, породы осадочного чехла. По существующим материалам, на площади Сибирской платформы выделяются такие поднятия и впадины: Анабарский массив, Алданский кристаллический щит, Яблоново-Становое поднятие, Енисейское и Туруханское поднятия, Хантайско-Рыбинское антиклинальное поднятие, Тунгусская синеклиза, Вилюйская синеклиза, Оленекский прогиб, Ангаро-Ленский прогиб, мезозойские прогибы южных окраин платформы и много меньших валов и понижений. Поднятия и опускания фундамента, как показывают детальные геологические материалы, представляют собой не волнообразные изгибы земной коры (ундуляции), а являются блоками кристаллического основания с тектоническими контактами и смещениями относительно друг друга. Тектонические нарушения, разделяющие блоки поднятий и прогибов, повторяют направления краевых разломов.

Одним из крупнейших тектонических нарушений внутренней части Сибирской платформы является Мархинско-Катангский разлом, делящий платформу на две почти равные половины: Анабарскую и Алданскую. Общая длина разлома 1800 км, простирание по азимуту 40°. По своему положению Мархинско-Катангский разлом повторяет направления северо-западного и юго-восточного краев платформы. В структурном отношении разлом приурочен к полосе валообразных поднятий фундамента, где он представляет северо-западную границу Вилюйской синеклизы и Прибайкальского передового прогиба. Амплитуда и направление смещений по разлому пока еще не установлены.

Вторыми по величине являются байкальские разломы, ограничивающие складчатые структуры байкальского комплекса и образующие юго-восточную границу Прибайкальского прогиба. В связи с общей изогнутостью Байкалид разломы также изгибаются и окаймляют поднятие складчатого сооружения. Длина полосы байкальских разломов, не считая южно-вилюйских дислокаций, около 1200 км. По контурам Вилюйской синеклизы и по ее структурным взаимоотношениям с Алданской антеклизой можно предполагать, что с северо-восточной стороны к дуге Байкалид подходят южно-вилюйские и якутские разломы северо-восточного простирания. В этом же плане и в таком же направлении располагаются зоны интродирования мезозойских щелочноземельных и щелочных пород западной и центральной частей Алданского щита (Ю. К. Дзевановский, 1958).

Для глубинных разломов Байкальской и Джугджуро-Становой складчатых областей характерно интенсивное развитие зон дробления, милонитизации и даже диафоритизации боковых пород, особенно на границе между древними платформенными глыбами и подвижными областями. По описаниям Л. И. Салопа (1958) и Ю. К. Дзевановского (1958), развитие глубинных разломов этих областей относится к времени появления геосинклиналей, где они разделяли участки различного тектонического режима. К ним в нижнем протерозое были приурочены наиболее интенсивные излияния лав и внедрения интрузий основных пород (офиолитовый пояс Байкалид), габбро-анортозитовых интрузий внешних Байкалид и кварцевых порфиров Прибайкалья.

О постоянстве плана расположения байкальских разрывных дислокаций во времени можно судить по их поведению в палеозойское и мезозойское время. Л. И. Салоп (1958) сообщает, что структуры кембрийских отложений межгорных впадин Байкало-Витимского поднятия расположены в полосе длительно развивавшихся глубинных разломов и сами ограничены разрывами, начало заложения которых относится к нижнему протерозою. Отдельные впадины наследуют аналогичные формы верхнего протерозоя. Такие структурные взаимоотношения ме-

жду глубинными разломами и разновозрастными структурно-литологическими этажами земной коры указывают на постоянство плана тектонических напряжений, на большую глубину заложения разломов и на то, что эти разломы, несмотря на структурно-петрографическую перестройку верхних горизонтов земной коры и залечивание дислокаций магматическими породами, снова и снова возрождались в том же положении.

Очень важно указание Л. И. Салопа (1958, стр. 68) на то, что складчатые формы дислокаций в этих районах обычно подчинены разломам. Это означает, что сначала появились разломы, а потом на площадях их дальнейшего развития возникали широкие подвижные зоны, шли процессы осадконакопления и формировались складчатые структуры. Это означает также, что наши представления о процессах складкообразования как ведущих процессах и разрывообразованиях как подчиненных, по-видимому, не совсем верны. На это могут возразить, что структурные условия Прибайкалья не обязательно переносить на всю земную кору. Однако проанализировать материалы других складчатых областей в свете наблюдений и выводов Л. И. Салопа не только желательно, но и необходимо.

СВЯЗЬ ГИДРОСЕТИ И ТЕКТониКИ СИБИРСКОЙ ПЛАТФОРМЫ

Сравнение плана речной сети с положением краевых и внутренних разломов Сибирской платформы показывает, что общие направления рек совпадают с основными структурными линиями. По преобладающим направлениям рек площадь платформы делится на две области: северо-западную (анабарскую) и юго-восточную (алданскую). На площади анабарской половины платформы реки текут в основном на северо-запад, а на площади алданской половины они вытянуты больше в северо-восточном направлении. Такое расположение рек находится в тесной связи с преобладающими направлениями разломов.

Река Лена на всем своем протяжении делает несколько изгибов, которые повторяют направления главных разломов. В направлении этой реки выделяются почти прямолинейные отрезки долины. В верховьях, на участке от Усть-Кута до Мухтуя, Лена тянется почти прямой линией по азимуту 46° через всю длину Прибайкальского нижнепалеозойского краевого прогиба. На участке Мухтуя — Нохтуйск складчатые и разрывные дислокации внешних Байкалид резко заворачивают на юго-восток по азимуту 305° и вместе с ними поворачивает Лена. В районе Нохтуйска Лена снова резко поворачивает на северо-восток и течет в этом направлении до Якутска, повторяя простирания южных бортовых разломов Вилюйской синеклизы и основных структурных магматических линий Алданского щита. На участке, где Лена обходит Верхоянский хребет, линия простирания ее долины менее угловата, но также приспособлена к двум направлениям краевых разломов платформы. Отсюда видно, что изгибы р. Лены повторяют направления разломных дислокаций. Реки Вилюй, Амга и Алдан (на участке от Усть-Мая до своих верховьев) текут в северо-восточном направлении, находясь в согласии с общим структурным планом алданской половины Русской платформы.

На площади анабарской части платформы наблюдаются те же два основных направления рек, что и на алданской, но с той разницей, что здесь господствуют северо-западные линии, а северо-восточные характерны только для небольших коленчатых изгибов рек. Особенно отчетливые северо-западные направления рек наблюдаются на площади Тунгусской синеклизы.

В деталях связь гидросети с основными структурными направле-

ниями и трещиноватостью пород была изучена Г. В. Чарушиным (1960) на площади Иркутского амфитеатра.

Таким образом, из всего сказанного очевидно, что гидрографическая сеть Сибирской платформы, как и Русской, теснейшим образом связана с основными структурными направлениями кристаллического фундамента.

РАЗЛОМНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ ПАЛЕОЗОЙСКИХ СКЛАДЧАТЫХ ОБЛАСТЕЙ И ПОСЛЕПАЛЕОЗОЙСКИХ ПЛАТФОРМЕННЫХ УЧАСТКОВ

Урало-Новоземельская складчатая область

Уральская складчатая область обладает двумя структурными особенностями: во-первых, она располагается между докембрийскими платформами, во-вторых, она является единственной в своем роде зоной прямолинейного и почти меридионального положения геосинклинальных складчатых структур, общая протяженность которой достигает 2700 км при ширине самой зоны 300—350 км. По простиранию Урал делится на несколько отдельных тектонических зон общего северо-северо-восточного простирания. По ширине Уральское складчатое сооружение делится на восточную и западную части, где восточная полоса значительно опущена. Главной особенностью восточной части является интенсивное развитие магматических образований.

Западная зона представлена крупными поднятиями и прогибами, главнейшими среди которых являются Башкирский, Колво-Вишерский и Урал-Тауский антиклинории, Зилаирский, Лемвинский и другие синклинории. Синклинории выполнены типичными геосинклинальными породами палеозойского возраста.

В расположении разрывных нарушений Урала выделяются два направления: северо-северо-восточное, согласное с общим простиранием складчатой области, и северо-западное, выраженное диагональными поднятиями, вздутиями и валами.

На западе структуры Урала отделяются от краевого прогиба Русской платформы полосой надвиговых дислокаций, плоскости смещения которых направлены на восток, что служит основанием для утверждения об общем движении масс с востока на запад. Кроме этих краевых разломов, вся полоса уральских структур сечется большим количеством продольных разрывных нарушений, повторяющих контуры антиклинориев и синклинориев, впадин и поднятий. Самым крупным среди них является продольный разлом, отделяющий западную, седиментационную, зону от восточной, вулканогенной.

Второй по величине является система диагональных структур Урала, лежащая под углом $45-50^\circ$ к главному направлению всей складчатой области. На геологической карте эти структуры представлены (с севера на юг): Пай-Хойским антиклинорием, антиклиналью Чернова, двумя безыменными поднятиями на участке Северного Урала, Тимано-Кокчетавской зоной поднятий, Башкирско-Улутавской зоной поднятий и поднятием Каратаусского вала. Всего насчитывается семь зон поднятий, в положении которых наблюдаются три структурные особенности: исключительная прямолинейность, выдержанность по простиранию в интервале азимутов $312-315^\circ$ и сохранение одинаковых расстояний между отдельными зонами, равных 400—450 км.

В современном тектоогеническом облике Урала диагональные структуры выглядят как большие продольные ундуляции (перегибы). И. И. Горский (1958) характеризует их следующим образом: «В структуре Урала, кроме перечисленных крупных складчатых сооружений (антиклинориев и синклинориев), заложенных и формировавшихся с

докембрия, но оформленных в основном герцинским диастрофизмом, наблюдаются следы позднейших движений в виде зон поднятий, прослеживающихся на громадном расстоянии не только в пределах собственно Уральской структуры, но и в пределах Русской платформы и Казахской складчатой страны. Эти зоны поднятия имеют северо-западное простирание и являются весьма крупными структурными элементами, создавая своды, валы, уступы, флексуры, скопления куполовидных структур и проч. В Уральской складчатой структуре они создают как бы перегибы складчатой структуры, сказывающиеся в расширении площадей выходов древних образований, в расширении всей складчатой структуры Урала» (стр. 81).

По представлению И. И. Горского, поперечные структуры являются следами позднейших движений, когда основные горообразовательные процессы в пределах Уральской подвижной зоны были закончены. Однако из положения и масштаба северо-западных структурных направлений Урала нельзя сделать вывод, или согласиться с ним, что эти структуры являются всего лишь «поступными» подвижками Уральской складчатой области. Если поперечные дислокации Урала рассматривать в широком плане тектоники Русской платформы и окружающих областей, то они представляются не второстепенными, а основными структурами района и являются, возможно, еще более древними, чем продольные структуры Уральской подвижной зоны. Они имеют удивительно одинаковое направление с разломами Днепровско-Донецкого и Пачелмского ровообразных прогибов и дислокациями юго-западной и северо-восточной окраин Русской платформы. На юго-востоке уральские поперечные нарушения лежат в одном плане с тянь-шаньскими структурами. При таких регионально-тектонических взаимоотношениях поперечные разломные зоны Урала можно понимать как структуры более глубокого заложения, чем основные продольные разломы и складки; последние, по-видимому, наложены на существовавшие здесь северо-западные дислокации.

Кроме крупных диагональных разломов, связанных с зонами поперечных поднятий, в системе уральских деформаций имеются еще косые нарушения, расположенные по азимуту 343—345° и под углом 15—17° к простиранию складчатости Урала. Одно такое нарушение описано Е. А. Кузнецовым (1939) на участке средней полосы Урала под названием «северо-западный сдвиг». Сдвиг тянется примерно по линии Кыштым — Полевской Завод — Первоуральск и фиксируется такими явлениями: разрывом и смещением полосы зеленокаменных пород на расстоянии до 75 км, заворотами пластов в зоне нарушения, сильной милонитизацией и серицитизацией боковых пород. В общем виде нарушение выступает как левый сдвиг. Северо-западный сдвиг Е. А. Кузнецова лежит точно на юго-восточном продолжении полосы тиманских дислокаций. Кроме того, направления смещений вдоль северо-западного сдвига согласуются с предположениями о вращательных движениях Русской и Сибирской платформ.

Таймырско-Североземельская складчатая область

На севере складчатые структуры Урала раздваиваются на две ветви. Одна, более узкая, ветвь поворачивает в районе Байдарацкой губы на северо-запад по азимуту 310—315° и соединяется со структурами Новой Земли. Вторая ветвь палеозойских структур тянется вдоль Таймырского полуострова по азимуту 45—50°. Соединение новоземельских структур с уральскими через Пай-Хойский антиклинорий общеизвестно и не вызывает сомнения, особенно для каменноугольных и пермских отложений юго-западного склона. Наряду с этим О. Л. Эйно (1946,

1960) указывает на определенную самостоятельность Пай-Хойского антиклинория по отношению к Уралу, которая проявляется в таких явлениях. Ось Пай-Хойского антиклинория образует с осью Полярного Урала почти прямой угол и погружается при приближении к Уралу, тогда как структуры самого Урала в этих местах приподнимаются и, вероятно, надвинуты на опущенную ось Пай-Хоя или приподняты по зоне Карского надвига, расположенного по азимуту 35°. Следует упомянуть также о структурных взаимоотношениях между разрывными деформациями зоны сочленения Пай-Хоя и Урала. На геологической схеме О. Л. Эйна (1946), кроме Карского надвига, с обеих сторон Пай-Хойского антиклинория показаны два разрыва северо-западного направления (305—310°) — Нерусовейский и Сезымский, которые секут и смещают линию Карского надвига по принципу левых сдвигов, что согласуется с направлениями смещений аналогичных по простиранию разломов других районов и может быть косвенным подтверждением того, что вся система уральских структур представляет собой подвижную зону правых сдвигов. Структурные взаимоотношения Урала с Таймырской складчатой областью скрыты под мезо-кайнозойскими отложениями Западно-Сибирской синеклизы. Только по общему простиранию складок можно предполагать, что, возможно, они когда-то соединялись между собой. Продолжаются ли таймырские структуры в погруженном состоянии на юго-запад в сторону Урала или нет, сейчас трудно сказать. Известно только, что по мере приближения к Енисейскому заливу таймырские складки резко обрываются, а в районе острова Диксон поворачивают на северо-запад. В этом месте параллельно положению Енисейской губы нами предполагается наличие системы разломов северо-западного направления по азимуту 320—325°.

Относительно структурного положения Новой Земли можно высказать предположение, что этот участок земной коры является смещенным на северо-запад блоком, лежавшим когда-то на продолжении между Уралом и Таймыром. Доказательством возможности такого движения Новой Земли на северо-запад могут быть следующие факты: соответствие ее длины расстоянию перерыва структур между Уралом и Таймыром, равное 700—750 км; согласованные завороты складок Новой Земли, Урала и Таймыра; наличие крупных разделяющих разломов северо-западного направления и характер смещений вдоль урало-пайхойских нарушений. Но все эти чисто геометрические предположения не следует считать достаточными, тем более, что автор не причисляет себя к сторонникам так называемого мобилизма и не верит в значительные горизонтальные перемещения континентальных блоков земной коры. С другой стороны, у нас нет также никаких оснований верить, что на месте Карского моря находится какая-то жесткая глыба, вокруг которой могли бы расположиться новоземельские и таймырские складчатые структуры.

Собственно Таймырская складчатая область тянется вдоль одноименного полуострова на протяжении 1050 км. В строении области с севера на юг выделяются четыре параллельные зоны общего северо-восточного простирания по азимуту 60—65°: зона протерозойских структур, частично переработанных каледонской складчатостью, зона нижнепалеозойских структур, зона герцинских структур и зона мезо-кайнозойских структур промежуточного типа (в пределах Хатангского прогиба). Перечисленные зоны, особенно зоны каледонских и герцинских структур, разделены большими продольными разломами, чем напоминают полосчатую структуру Урала. Другой структурной особенностью таймырских зон является положение осей главных антиклиналей. Оси главных антиклиналей протерозойских (северных) структур располагаются под острым углом (10°) по отношению к линиям раздела между

южными зонами. Если к такому положению северо-таймырских складок, острые углы которых обращены на северо-восток, применить «принцип сдвиговой тектоники» Дж. Муди и М. Хилла (1956), то можно придти к выводу, что Таймырская подвижная зона представляет собой систему правых сдвигов.

На фоне общего северо-восточного простирания Таймырской складчатой зоны выделяются поперечные поднятия и понижения. Крупное Тарейское поднятие, выраженное местным воздыманием шарниров всех верхнепалеозойских складок, лежит на участке между бассейнами рек Тарей и Верхн. Таймыры. С востока и запада поднятие ограничено Восточно-Таймырской и Западно-Таймырской впадинами. Наличие во впадинах мощных пермо-триасовых туфолавовых образований трапповых формаций свидетельствует, по нашему мнению, о том, что поднятия и впадины развивались на основе крупных поперечных разломов, служивших местами сочленения двигавшихся блоков и путями подъема дифференциатов базальтовой магмы. Впадины, в свою очередь, ограничены Эфремо-Карским и Северо-Восточным поднятиями и серией крупных горстов вдоль северного борта Таймырской депрессии.

В. А. Вакар (1958) указывает на наличие трех субмеридиональных региональных разломов: вдоль побережья моря Лаптевых, по долине Нижней Таймыры и вдоль восточного берега Енисейского залива, совпадающих по простиранию с линиями предполагаемых нами нижне-енисейских разломов.

Западно-Сибирская синеклиза и Тургайский прогиб

С востока и юга к Уральской и Таймырской складчатым областям причленяется обширная Западно-Сибирская низменность, именуемая синеклизой или эпигерцинской платформой. По вопросу строения фундамента низменности существует несколько различных мнений. Делоне, Г. Штилле, А. Д. Архангельский и Н. С. Шатский, М. М. Тетяев, Н. М. Страхов, В. В. Белоусов и другие считают, что метаморфизованный фундамент Западно-Сибирской низменности сложен герцинскими породами. А. Грабау, М. К. Коровин, Б. А. Петрушевский и другие предполагают наличие в фундаменте срединного массива каледонского возраста, окруженного герцинскими структурами. Л. Кобер, Д. В. Наливкин и другие видят в Западно-Сибирской низменности опущенные западные склоны Сибирской платформы. На тектонической карте СССР (1957) площадь синеклизы отнесена к районам относительно неглубокого залегания палеозойского фундамента в пределах плит эпигерцинских платформ.

Западно-Сибирская низменность имеет четко выраженное двухэтажное строение. Нижний этаж, называемый складчатым фундаментом, сложен сильно дислоцированными и метаморфизованными породами палеозойского возраста. Можно предполагать, что в западной и северной частях синеклизы преобладают верхнепалеозойские, а в южной и восточной — нижнепалеозойские структуры. Верхний структурный этаж — осадочный чехол — представлен рыхлыми неметаморфизованными отложениями мезо-кайнозойского возраста. Согласно материалам Н. Н. Ростовцева (1958), глубинное строение Западно-Сибирской синеклизы существенно отличается от строения окружающих ее с юга и востока складчатых структур. Различие состоит в том, что Западно-Сибирская синеклиза, Урал с Пай-Хоем, Усть-Енисейская впадина и северная часть Тургайского прогиба отличаются повышенными значениями гравитационного поля и наличием многочисленных положительных гравитационных аномалий. «Это обстоятельство, — пишет Н. Н. Ростовцев, — указывает на приближение к поверхности

базальтового слоя в пределах Западно-Сибирской низменности и на резкое увеличение мощности сиалической оболочки в окружающих ее областях». По-видимому, на границах раздела этих областей располагаются крупные глубинные разломы, вдоль которых произошло опускание крупнейшей в мире впадины.

В пределах Западно-Сибирской синеклизы выделяют три основных направления глубинных разломов: меридиональное, северо-восточное и северо-западное. Меридиональные разломы прослеживаются в центральной и восточной частях синеклизы, где их наличие предполагается по направлениям магнитных и гравитационных аномалий. Северо-восточные разломы сосредоточены главным образом на площади между Иртышом и Енисеем, в юго-восточной части синеклизы. С направлением этих разломов совпадают изгибы рек в районе Новосибирска и Омска.

Северо-западные разломы разбросаны по всей площади синеклизы, но особенно густая их сеть зафиксирована в южных частях.

В области Тургайского прогиба главное значение имеют разломы уральского направления по азимуту 15—20°, а сам прогиб в структурном отношении представлен полосой закономерно чередующихся антиклинорий и синклинорий. Говорить о положении поперечных (северо-западных) разломов пока нет возможности.

Казахстанская, Тянь-Шаньская и Алтае-Саянская складчатые области

По существующему геотектоническому районированию Казахстанская, Тянь-Шаньская и Алтае-Саянская области выделяются как самостоятельные структурные единицы, но для краткости изложения и наглядности материала мы рассматриваем их вместе.

На современных структурно-геологических картах Казахстанской складчатой области четко выделяется мозаичный (глыбовый) характер ее строения. В докембрийское время Казахстанская область развивалась в условиях существовавших тогда геосинклиналей, в ее строении главное значение имели складчатые структуры. Среди крупных структурных элементов докембрийского возраста выделяются: Кокчетавская глыба, Улутауское поднятие, Каратауский антиклинорий и в южной части — Кандыктасский и Алатауский антиклинорий.

К этому же времени относится возникновение главнейших разломов области. На тектонической схеме Центрального Казахстана Б. И. Борсука (1957) показаны две системы почти прямолинейных разрывных нарушений: северо-западные по азимуту 305—310° и северо-восточные по азимуту 45—50°. В расположении разрывных дислокаций по площади обращает на себя внимание полоса Спасской и Успенской зон смятия, простирающихся по азимуту 55° и разделяющих территорию Центрального Казахстана на две примерно одинаковые части. Общая протяженность Спасско-Успенской зоны смятия и разломов около 900 км. В северо-восточном направлении зона этих разломов продолжается в разрывных нарушениях юго-восточной окраины Западно-Сибирской синеклизы и северо-западных окраин Алтая, лежащих на участке Барнаул — Новосибирск. Спасско-Успенская зона разрывных дислокаций является главной границей раздела между Западно-Сибирской синеклизой и Центральным Казахстаном, на северо-западе, и Балхашско-Алтайской складчатой областью, на юго-востоке.

На площади балхашской части казахстанских структур преобладают деформации исключительно северо-западных направлений. С юго-запада на северо-восток среди них выделяются: важнейшая структурная линия Николаева В. А. (она же Главный Каратауский разлом), Джелаирнайманская зона разломов, улутауские разломы, Центральный

Джунгарский и Жамшинский разломы, Джунгарский разлом, Чингизский и Аягуз-Ашисуйский разломы и др.

Такова общая схема расположения основных разрывных деформаций Казахстанской складчатой области в целом. Наиболее характерной особенностью ее развития является ослабление складчатых и интенсификация разрывных нарушений в средне- и верхнепалеозойское время, что обусловлено консолидацией древних геосинклинальных формаций.

С восточной стороны, примерно по линии Иртыша (в районе Семипалатинска), к балхашской части казахстанских структур примыкает Алтае-Саянская складчатая область, в которой различают две части: северо-восточную (Саянскую) — каледонского тектогенеза и юго-западную (Алтайскую) — герцинского структурообразования. По характеру ориентировки складчатых структур Алтае-Саянская область делится на три участка: два крайних участка, в районах Семипалатинска и Красноярска, характеризуются северо-западными простираниями структур, а центральный участок, в районах Тувинского прогиба, Куртушибинского антиклинория, Усинского синклинория и Минусинской впадины, имеет северо-восточные простирания. Возможно, что эти участки отделяются один от другого крупными глубинными разломами, выраженными в более резкой форме, чем это показано на тектонической схеме В. А. Унжсова (1958).

В общем плане на площади Алтае-Саянской складчатой области развиты разломы тех же направлений, что и в Казахстане. В положении разломов наблюдается та же закономерность окаймления ими основных блоковых структур (поднятий и понижений). Для Алтайской и Восточно-Саянской провинций характерны крупные продольные разломы северо-западного простирания по азимуту 310° . В центральной части Алтая северо-западные разломы намного короче северо-восточных.

Восточно-саянские разломы были охарактеризованы при описании краевых разломов Сибирской платформы.

На широте озера Иссык-Куль к казахстанским структурам присоединяются субширотные хребты Тянь-Шаньской складчатой области. Граница раздела между ними весьма условна. На юге северо-западные разломы балхашской части Казахстана дугообразно поворачивают на восток и пристраиваются к структурам тянь-шаньских хребтов, образуя вместе с ними единую полосу.

Со времени составления первой тектонической схемы Д. В. Наливкина (1926) в структуре Тянь-Шаньской складчатой области выделяются северные, центральные и южные дуги, характеризующиеся уменьшением с севера на юг палеозойских и увеличением альпийских деформаций. Важным моментом в изучении тектоники Средней Азии было выделение В. А. Николаевым (1933) структурной линии Тянь-Шаня, известной в настоящее время под названием Ферганского, или Главного Каратауского, разлома. Дальнейшее изучение структуры Тянь-Шаньской складчатой области отражено в работах А. В. Пейве (1938), Б. А. Петрушевского (1955), П. Д. Виноградова (1958) и многих других авторов. Все исследователи согласны с тем, что в тектоогеническом развитии Тянь-Шаня выделяются два основных этапа: палеозойский и мезо-кайнозойский. В палеозойское время Тянь-Шаньская область развивалась в обычных геосинклинальных условиях, для которых характерны соответствующие формации, складчатость и магматизм; при этом отмечается выраженность срединных глыб и окаймляющих их складчатых структур. Особенно настойчиво идея срединных массивов и облекающих складок отстаивалась для Тянь-Шаня А. Д. Архангельским (1947).

В мезозойское и третичное время Тянь-Шаньская горная система испытала деформации яксартского (германотипного) — по Г. Штилле, или складчато-глыбового типа — по В. А. Обручеву. Вследствие жесткости деформируемого субстрата площадь была разбита на блоки, разделенные крупными разрывными нарушениями. В этом процессе поражает единство плана расположения древних и молодых разломов Тянь-Шаньской складчатой области.

На имеющихся схемах тектоники Тянь-Шаня выделяется несколько крупных разломов. Самым значительным нарушением в этой области является Ферганский разлом, располагающийся по азимуту 305° , имеющий длину 850—900 км и отделяющий Северо-Тянь-Шаньскую зону от Ферганской впадины. Следует отметить, что под Ферганским разломом мы понимаем только западную ветвь «важнейшей структурной линии» В. А. Николаева с предполагаемым продолжением ее в юго-восточном направлении. Соединить западную и восточную ветви в единую дугу, как это сделал В. А. Николаев, нет, по нашему мнению, структурно-динамических оснований. Более правдоподобно считать их двумя самостоятельными разломными направлениями. Это предположение вытекает из закономерностей разломной тектоники Земли. В конечном счете может оказаться, что Ферганский разлом не только частично продолжается на юго-восток, но, перейдя через линию Чонмуздукского разлома, соединяется с деформациями Момукского разлома в Китае. С северо-западной стороны Ферганский разлом лежит на линии разломов Каратауского вала южных окраин Уральской подвижной зоны. Таким образом, положение Ферганского разлома мы понимаем в представлении А. В. Пейве (1938), но в более широком масштабе, т. е. считаем, что зона разлома продолжается на северо-запад и юго-восток.

С востока к зоне Ферганского нарушения прилегают три полосы других разломов: восточные ветви структурной линии В. А. Николаева, зоны разломов на границе северного и южного Тянь-Шаня, и восточная ветвь бывшего Чонмуздукского разлома. С западной стороны к Ферганскому разлому подходят: западная ветвь зоны разломов, отделяющая северный и южный Тянь-Шань, и западная ветвь Чонмуздукского разлома.

В заключение характеристики палеозойских структур Средней Азии необходимо упомянуть о так называемой Кызылкумской эпипалеозойской платформе, расположенной на междуречье Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи. Основной особенностью геологического строения этой территории является выдержанное северо-западное простирание линейной складчатости, отраженное в направлениях долин Аму-Дарьи и Сыр-Дарьи. Линейные складки осложнены чешуйчатыми надвигами, вдоль которых тянутся палеозойские интрузии. Верхний структурный этаж Кызылкумской пологой синеклизы представлен меловыми и третичными породами, сложенными в брахиантиклинальные и синклинальные складки различных размеров и очертаний. По отношению к структурам герцинского этажа у них наблюдается единое северо-западное простирание главных осей складок, что указывает на унаследованность структурного плана области. Мезо-кайнозойские складки с выступающими в их ядрах палеозойскими породами нарушены обычно разрывными дислокациями двух направлений: северо-восточного и северо-западного, что согласуется с положением разломов в других районах Средней Азии.

Верхояно-Чукотская область

На тектонической карте СССР (1956) области мезозойской складчатости выделены в самостоятельные структурные участки только на востоке, где они размещаются на двух отдельных площадях: Верхояно-Чукотская — на севере, Сихотэ-Алиньская — на юге. Мезозойские структуры южных районов Средней Азии и Европейской территории СССР, в связи с тем, что они слабо выражены и не выделяются в самостоятельные тектонические области, нами не рассматриваются.

Верхояно-Чукотская область мезозойской складчатости занимает площадь около 2,5 млн. км² и располагается в бассейнах рек Яны, Индигирки и Колымы. На западе ее граница проходит по правым берегам рек Лены и Алдана, на востоке она ограничивается дугообразной линией северо-восточного направления (через верховье р. Анадыря с поворотами на Чукотский полуостров и в пределы Берингова залива). В пределах площади располагаются грандиозные дугообразные структуры Верхоянского и Черского хребтов. На западе Верхояно-Чукотская складчатая область граничит с Сибирской платформой, на востоке — со структурами кайнозойской складчатости. На севере граница области определяется нынешним положением береговых линий Восточно-Сибирского и Чукотского морей.

В тектоорогеническом отношении Верхояно-Чукотская область мезозойской складчатости делится на две части: Колымско-Омолонский срединный массив и окаймляющие его дуги складчатых сооружений, выпуклые на запад и север. О строении вертикального разреза области известно, что мезозойские структуры в подавляющей части несогласно наложены на более древние образования, сложенные докембрийскими и палеозойскими породами.

Колымско-Омолонский срединный массив располагается в центральной части мезозойской складчатой области. Массив внутри разнороден, однако по отношению к структурам мезозойской складчатости он выступает как монолитная жесткая глыба. Согласно геологическим наблюдениям Л. А. Сняtkова и Б. А. Сняtkова (1958), внешние контуры срединного массива определяются глубинными разломами, подчеркнутыми рядами интрузий гранодиоритов. Внутри Колымско-Омолонский массив представлен системой поднятий и понижений, также разделенных крупными разломами. Среди внутренних прогибов Абынский и Нижне-Асаченский грабены имеют четкие прямоугольные контуры и выполнены неогеновыми и четвертичными континентальными отложениями.

Основные продольные разломы, оконтуривающие глыбу Колымско-Омолонского срединного массива, простираются по азимуту 305°. На востоке массив ограничен крупным прямолинейным разломом северо-восточного простирания по азимуту 46°, являющимся границей раздела между мезозойскими и кайнозойскими складчатыми областями. Вдоль западного берега залива Шелехова этот разлом установлен непосредственными геологическими наблюдениями; в северо-восточном направлении его можно продлить дальше по линии контакта между двумя складчатыми областями и по простиранию полосы верхнемеловых-нижнепалеогеновых эффузивных пород. Общая длина Шелеховского разлома достигает 1500—1600 км. На северо-востоке (с западной стороны) от разлома отходят два других нарушения северо-западного простирания, зафиксированные прямолинейными полосами верхнеюрских и нижнемеловых эффузивных пород и гранитоидов.

Вдоль северо-западного побережья Охотского моря тянется второй крупный разлом общего северо-восточного направления, совпадающий

с полосой верхнемеловых эффузивов и, возможно, продолжающийся далеко на юго-запад, в пределы северо-восточного Китая, о чем свидетельствует конфигурация складчатых структур в бассейнах рек Селемджи, Буреи и Амгуни. На западе, в районе нижнего течения р. Лены, лежит третий большой разлом северо-восточного направления, являющийся одновременно краевым разломом Сибирской платформы.

В районе соединения Лены и Алдана складчатые дуги колымско-чукотских структур секутся краевым разломом северо-западного простирания (по азимуту 293°), продолжение которого в юго-восточном направлении можно усматривать в разломах северного берега Тауйской губы (на северном побережье Охотского моря). В центральных частях мезозойской складчатой области выявлено много меньших продольных нарушений, изгибающихся вместе с поворотами складок.

Такова общая схема расположения региональных разломов Колымо-Чукотской складчатой области. Главное, что следует отметить, — это наличие двух основных направлений разрывных нарушений и их взаимные пересечения под углами, близкими к прямым. Все отклоняющиеся направления представлены, как правило, второстепенными разрывами. Основные краевые разломы, образующие фаму окаймления области, простираются независимо от направлений складчатых структур; во многих местах они секут складки и образуют главные каналы подъема магматических пород. Вряд ли можно найти лучший пример подчиненности складчатых деформаций разрывным нарушениям фундамента, чем это наблюдается на площади Колымо-Чукотской области.

Сихотэ-Алиньская область

Область располагается на самом крайнем востоке СССР, в пределах Приморского и частично Хабаровского краев. Ее границы четко не определены. Предполагается, что западная граница области проходит вдоль восточных склонов Буреинского хребта и восточной окраины Буреинского срединного массива.

По Н. А. Беляевскому (1958), Сихотэ-Алиньская область отделяется от Монголо-Охотской области зоной крупных разломов общего северо-восточного простирания в интервале азимутов 35—40°. В свете закономерностей разломной тектоники можно было бы предполагать, что граница раздела между Сихотэ-Алиньской и Монголо-Охотской областями проходит где-то вдоль долины р. Амгунь. Основанием этому может служить явление пересечения в этих местах складчатых структур и наличие крупных разрывных нарушений, которые тянутся в северо-восточном направлении и соединяются с разломами Колымско-Чукотской области. Восточная граница области скрыта под водами Японского моря.

Н. А. Беляевский (1951) выделил на площади Сихотэ-Алиньской области три основных структурных шва общего северо-восточного направления: Западный, Центральный и Восточный. Протяженность швов около 800 км, а отстоят они друг от друга на расстоянии 85—100 км. По характеру строения и масштабам сихотэ-алиньские структурные швы сходны с глубинными разломами А. В. Пейве (1945) и В. А. Николаева (1933). Характеризуя, в частности, Западный Сихотэ-Алиньский разлом, Н. А. Беляевский пишет следующее: «Анализ истории развития Западного Сихотэ-Алиня свидетельствует, что рассматриваемый структурный шов имел большое значение в предшествующие геологические эпохи. В течение их Западный Сихотэ-Алиньский структурный шов всегда неизменно играл роль отчетливо выраженного рубежа между двумя крупными внутренними элементами Восточно-Азиатской геосинклинали, из которых возникли Уссурийская межгорная впадина

и горное поднятие Сихотэ-Алиня.» (стр. 1080—1081). Другая структурная особенность области состоит в связи излияний порфиров с зоной сочленения разнородных геотектонических элементов. Полосы порфиров и других ассоциирующих с ними эффузивов следуют вдоль скрытых под ними глубинных разломов, масштабы которых находятся в некоторой зависимости от величины эффузивных покровов.

ОБЛАСТИ КАИНОЗОЙСКОЙ СКЛАДЧАТОСТИ

Приохотская область

Структуры береговых участков Дальнего Востока СССР, Сахалина, Курильских островов, Камчатки и Корякского нагорья выделяются в самостоятельную геосинклинальную область молодых образований альпийского тектогенеза. Районы Японских и Курильских островов рассматриваются как современные аналоги геосинклиналей. В связи с этим особый интерес представляют закономерности расположения разрывных деформаций земной коры в этих местах и их сравнение с положением разломов древних областей.

На тектонических схемах Дальнего Востока СССР, видно, что контуры побережий обусловлены прямолинейными разломами северо-восточного направления. Линейные структуры Сахалина, как и сама форма острова, вытянуты в меридиональном направлении. Вдоль западного берега Сахалина предполагается наличие крупного разлома. На Камчатке и Корякском нагорье установлены разломы таких же направлений как и на площади Колымо-Чукотской складчатой области. Полоса Курильских островов совпадает с зоной северо-восточных деформаций земной коры, параллельных разломам северных побережий Охотского моря. Следовательно, разломы Приохотской области кайнозойских структур простираются по тем же направлениям, что и структуры соседних площадей мезозойской складчатости. Отличие состоит в меридиональном направлении некоторых сахалинских и камчатских разломов, являющихся, возможно, внутрискладчатыми деформациями второго порядка.

Область Восточных Карпат, Крыма, Кавказа, Копет-Дага и Памира

На юго-западных и южных окраинах Советского Союза к палеозойским складчатым структурам и участкам эпигерцинских платформ приключаются деформации альпийского тектогенеза. На территорию СССР они заходят только своими внешними дугами. К этим структурам относятся Восточные Карпаты, Крым, Кавказ, Копет-Даг и Памир. На обзорных геологических картах Восточные Карпаты, Крым с Кавказом, Копет-Даг и Памир выглядят как асимметричные дуги больших складчатых сооружений, западные ветви которых изогнуты круче, чем восточные (рис. 5). По своему положению они напоминают полосу складок волочения большого масштаба, которые обычно наблюдаются на правых крыльях антиклинальных структур. Если внешняя форма альпийских складчатых дуг юга СССР сопоставима со складками волочения, то можно проводить аналогию и в направлении смещений. Из структурной геологии известно, что движение всегда направлено в сторону опрокидывания складок волочения. Поскольку складки альпийских дуг юга СССР повернуты на запад, можно предполагать, что они формировались в условиях сопряженного смещения двух больших континентальных глыб: Евразии по направлению на запад и Гондваны — на восток.

В структурной геологии давно ведутся дискуссии о первичном или

вторичном происхождении дугообразных форм складчатых структур. Одни исследователи считают, что форма складчатых дуг обусловлена глубинными структурами, другие утверждают, что дуги создаются в результате действия горизонтальных тектонических давлений и изгибаний первоначально линейных структур. А. П. Марковский, Д. В. Наливкин, М. В. Сеницын и другие придерживаются мнения, что дугообразная форма Памирской складчатой дуги имеет первичное (унаследованное) происхождение. Работами Н. А. Беляевского установлено, что элементы складчатых структур Памира имеют одинаковое простираение

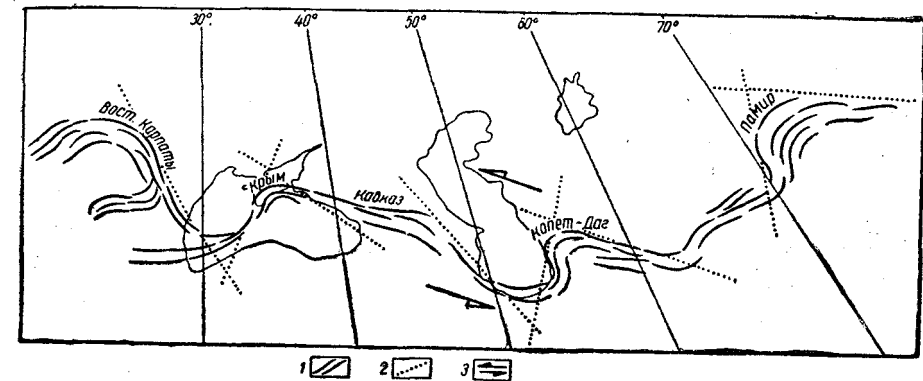


Рис. 5. Схема расположения альпийских складчатых зон юга СССР.
1 — линии складок, 2 — предполагаемые разломы, 3 — направление сдвиговых смещений.

с фациальными зонами и границами разделов между прогибами и поднятиями. Это указывает на прямую связь фациальных зон и складчатых структур с разрывными деформациями земной коры.

На схеме структурно-фациальных зон, составленной П. Д. Виноградовым и другими (1958), разрывные нарушения показаны в виде непрерывных линий, параллельных общему простираению и изгибанию складчатых структур.

Возможно и другое толкование сущности Памирской складчатой дуги и сопровождающих ее разрывных нарушений. Каждая складчатая дуга представляется нам как структура, расположенная в угловатых секторах (заливах) платформенных глыб, а окаймляющие ее разрывные деформации как ветви двух пересекающихся систем разломов. В дополнение к тому, что было сказано о Тянь-Шаньских разломах, можно добавить, что западные и восточные ветви разрывных нарушений Памира свободно могут быть соединены в виде непрерывных линий с восточными и западными ветвями структур Тянь-Шаня.

Детальный анализ показывает, что западные ветви Момукского и Упрангского разломов Памира располагаются на юго-западном продолжении Средне-Тянь-Шаньского и Чонмуздукского разломов Тянь-Шаня и могут, следовательно, пониматься как непрерывные линии деформаций. С другой стороны, восточная ветвь того же Момукского разлома размещается на одной линии со знаменитым Ферганским разломом, а восточная ветвь Упрангского разлома трассируется к разломам Кызылкумской эпигерцинской синеклизы. В таком виде складчатые и разрывные структуры Памира и Тянь-Шаня выступают как системы пересекающихся складок и разрывных нарушений.

Аналогичные структурные взаимоотношения между складчатыми и разрывными нарушениями предполагаются нами для районов Копет-Дага, Крымско-Кавказской дуги, Карпат и Альп. Отличия состоят в том, что в этих местах еще не закартированы все разрывности и направления глубинных разрывных нарушений. Основное внимание уде-

ляется складчатости как главной форме деформаций земной коры. Разломной же тектонике не придается еще должного значения. Особенно много возражений вызывают поперечные разломы геосинклинальных зон. Примерами могут быть работы А. А. Габриэляна (1956) и Г. П. Тамразяна (1960), развивающих идеи о разломной тектонике Кавказа. Известно, что геологическая общественность восприняла с недоверием сообщение А. А. Габриэляна о зоне Севано-Зангезурского глубинного разлома, являющегося обычным продольным нарушением. Недавно Г. П. Тамразян (1960) показал существование Восточно-Кавказского поперечного разлома, секущего вкрясть простирания всю систему складчатого сооружения Кавказа и являющегося, по мнению автора, «отрезком одного из крупнейших глубинных разломов, простирающихся почти прямолинейно на 1600 км и более» (стр. 34). Значение этого сообщения трудно переоценить. Мы считаем, что это начало развития новой концепции геологического строения Кавказа и других оротенических областей мира, в основе которой лежат понятия о разломной тектонике земной коры. На основании структурно-морфологических признаков можно предполагать существование другого (западного) поперечного разлома Кавказа, секущего всю полосу Главного антиклинория примерно по линии устье р. Кумы — Алагир — Кутаиси — Батуми.

Значение разрывных деформаций в системе Карпатской складчатой дуги частично показал Г. Штилле (1953) в работе «Геотектоническое становление Карпат». Как и в работах предыдущих лет, Г. Штилле продолжает развивать свои идеи о континентах и обрамляющих их горных сооружениях, в основу которых положены понятия о формах и направлениях краевых частей континентов, т. е. понятия о краевых разломах платформ, щитов и массивов. В широком масштабе Европы и Северной Америки Г. Штилле выделяет три основных направления структурных линий, или, как он называет, «складчатых сфер»:

северо-восточное — гебридшское (рейнское, рудногорское) структурное направление — 20—35°;
северо-западное — герцинское (подольское) структурное направление — 290—305°;
субширотное — тегисское (азовское) структурное направление — 60—75°.

На развитии и расположении складчатых и разрывных нарушений Карпатского региона отразились, согласно мнению Г. Штилле (1953, стр. 15), все три направления: на северо-западе, в пределах Чехословакии, — гебридшское; на северо-востоке, в пределах Польши и СССР, — подольское и на юге и юго-востоке — субширотное (валлахское) направление. Структурные направления Г. Штилле полностью совпадают с основными простираниями разломных деформаций земной коры на площадях Европы и Америки. В структурно-теоретических построениях Г. Штилле подошел вплотную к вопросу о «первичности» разломной тектоники Земли, но сделать такой вывод он не смог, так как стоял на позициях контракции и был одним из основоположников учения о фазах складчатости.

РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ АЗИИ

Северная половина Азии описана нами в составе территории Советского Союза. Остается рассмотреть центральную и южную части (Монгольская Народная Республика, Китай, Индо-Китай, Индия, Пакистан, Афганистан, Иран и страны Малой Азии).

Территория Азии характеризуется широким развитием складчатых структур, имеющих форму дуг и коленчатых изгибов, приспособленных к контурам срединных массивов или краевых выступов древних плат-

форм. Взаимоотношения между контурами жестких глыб и формами окаймляющих складчатых структур в Азии хорошо прослеживаются на примере альпийско-гималайских горных сооружений. Вся полоса альпийско-гималайской складчатости тянется по азимуту 285—290°, а ее внутренние изгибы закономерно повторяют два направления: северо-запад 305—310° и северо-восток 35—50°, что обусловлено глубинной тектоникой земной коры.

Альпийско-Гималайско-Восточно-Азиатская складчатая система делится на две полосы общего северо-западного (285—290°) и северо-восточного (45—50°) простирания: Альпийско-Гималайскую и Восточно-Азиатскую, образующих большой клин, направленный острым углом на юг. Первая начинается в Европе, на широте 50°, и тянется в форме извилистой полосы на юго-восток, достигая длины 18 000 км. Вторая начинается в этом месте на экваторе и тянется на северо-восток до линии северного полярного круга, расположенного на широте 67°. Общая длина полосы Восточно-Азиатской складчатой системы около 10 500 км.

Отсюда видно, что распределение складчатых сооружений Евразии не находится в зависимости от положения параллелей 35 и 62°, как это утверждают некоторые исследователи. Их направления контролируются иными факторами — положениями разломных деформаций земной коры; последние располагаются в подавляющем большинстве не в широтном, а в северо-западном и северо-восточном направлениях. Подтверждением такого положения структур могут служить обзорные геологические карты Евразии, а также схемы строения отдельных регионов.

Положение разрывных нарушений на территории центральной части Азии (Монгольская Народная Республика) можно показать на схеме строения пустыни Гоби (рис. 6), составленной В. М. Сеницыным (1956). Пустыня Гоби располагается между горными хребтами Монгольского Алтая и Хангая, лежащими на севере, и горными цепями Наньшаня — Алтын-Тага, расположенными на юге. В геоморфологические границы Гоби попадают различные глубинные структуры. Северо-западная часть включает восточную оконечность Джунгарского срединного массива и ответвления подвижных зон Тянь-Шаня и Алтая, северо-восточная часть лежит на структурах Забайкальского складчатого пояса, а южная часть, представленная плоскогорьем, располагается на Синийском щите. Согласно В. М. Сеницыну (1956), «на структурное развитие Гоби большое влияние оказали региональные (глубинные) разломы, представленные тремя основными системами: северо-западной, проявляющейся на Алтае и в Наньшане; северо-восточной, господствующей в Бэй-Шане, Алашане и в Забайкальской зоне, и широтной, характерной для восточного Тянь-Шаня. От региональных разломов, группирующихся в поясах, получают направление структурно-фациальные зоны, их складчатые образования и хребты. Этими тремя различно простирающимися и взаимно-пересекающимися системами региональных разломов обусловлено многообразие направлений дислокаций на территории Гоби и их ярко выраженный глыбовый характер» (стр. 15).

Таковы представления о тектонике Гоби одного из лучших знатоков геологии Центральной Азии. Следует упомянуть, что редакция журнала «Бюллетень Московского общества испытателей природы» сочла необходимым заявить при публикации статьи В. М. Сеницына, что «представления автора о чисто глыбовом характере тектоники Гоби, нашедшее выражение не столько в тексте, сколько в рис. 2 (имеется в виду приведенная нами схема — И. Ч.) настоящей статьи, не разделяются другими исследователями данной территории и при современном состоянии ее изученности не могут считаться доказанными». Будем надеять-

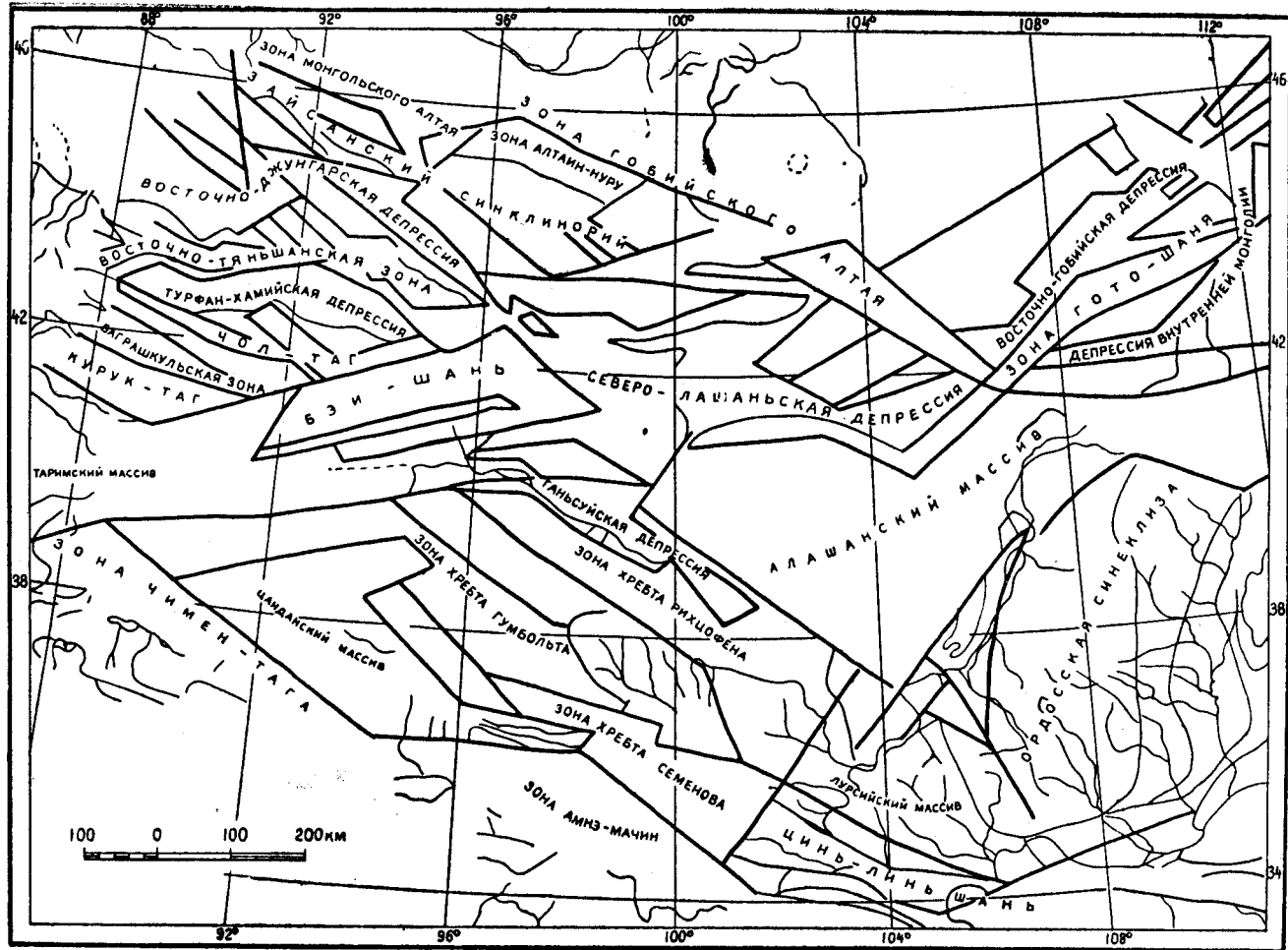


Рис. 6. Положение разломов на площади пустыни Гоби и Центральной Азии (по М. В. Силицыну, 1956). Разломы показаны черными линиями.

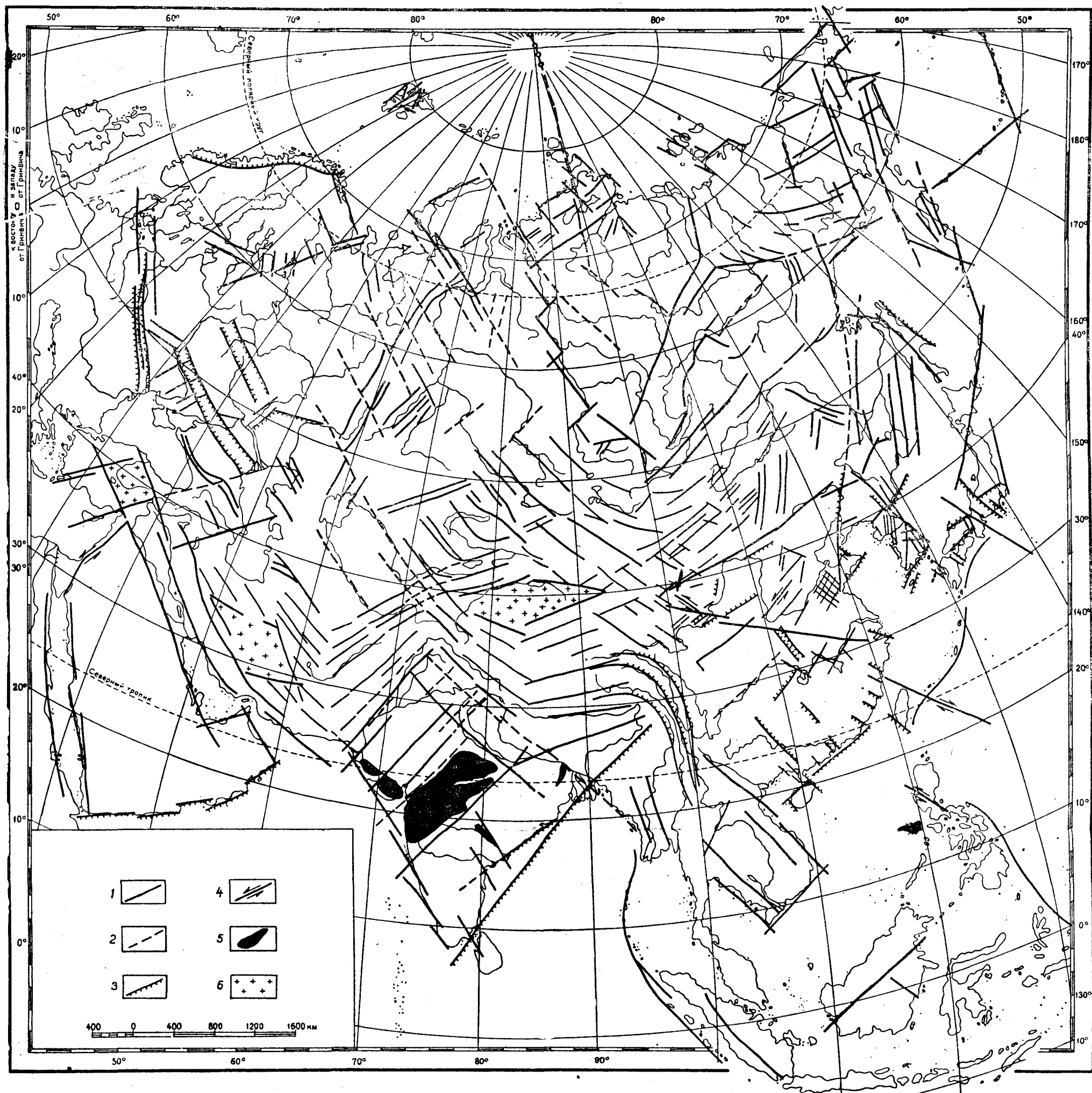


Рис. 7. Карта разломных структур Азии.

1 — разломы, 2 — предполагаемые разломы, 3 — сбросы, 4 — сдвиги, 5 — платобазальты Декана, 6 — срединные массивы.

ся, что в ближайшее время мнение журнала БМОИП изменится в пользу В. М. Синицына.

Основные черты тектонического строения Китая описаны Хуан Боцинем (1952). Мы не будем перечислять все многообразие структур, расположенных на территории Китая, а рассмотрим только главные особенности строения и пространственного положения, а именно: взаимоотношения между складчатыми структурами и глыбами жестких массивов и основные пространственные направления тектонических структур Китая. Первая особенность очень четко охарактеризована Хуан Боцинем, который пишет, что «многие из дугообразных складчатых систем непосредственно граничат с жесткими докембрийскими массивами, платформами или более древними консолидированными складчатыми зонами и, во-вторых, они обнаруживают поразительное соответствие с формой этих массивов» (стр. 126).

На примере Центральной Азии также подтверждается зависимость направления складчатых структур от формы краевых частей жестких массивов, а контуры жестких массивов обусловлены глубинными разломами. Схема разломной тектоники Азии (рис. 7) показывает, что основные разрывные деформации располагаются по уже известным нам направлениям северо-восточной и северо-западной ориентировки. На всей территории Азии не найти фактически ни одного более или менее значительного разлома, который имел бы меридиональное или широтное направление, кроме предполагаемой планетарной трещины в районе Северного полюса (Е. Р. Хоуп, 1959), расположенного вдоль хребта Ломоносова. Сейчас еще трудно сказать, действительно ли там есть единая трещина или же полоса кулисообразных разломов общего субмеридионального направления, как это наблюдается вдоль западного края Сибирской платформы.

Положение основных структурных направлений на территории Китая можно показать на примере структур северной части, расположенных в бассейне р. Хуанхэ и описанных Ли Сы-гуаном (1958) в работе «Вихревые структуры северо-западного Китая». Структура северо-западного Китая имеет вид двух пересекающихся полос складчатых и разрывных нарушений северо-восточного (Шаньси) и северо-западного (Ганьсу) направлений, простирающихся по азимутам 30—45 и 305—310°. Обе симметрично расположенные полосы образуют дополнительные изгибы в направлениях 18—25 и 330—345° и могут рассматриваться как дислокации второго порядка на фоне главных линейных нарушений. В районе реки Хуанхэ зоны главных нарушений располагаются, по мнению Ли Сы-гуана, по азимуту 290—305°, а разломы, имеющие простираения 320, 335 и 350°, рассматриваются им как второстепенные поверхности скалывания, сопровождающие главную зону сдвигов. На основании детального картирования структур в поле и постановки лабораторных опытов по изучению деформаций вращательных сдвигов Ли Сы-гуан пришел к выводу, что системы складчатых и разрывных структур северо-западного Китая образовались в результате общего тектонического давления, направленного с севера на юг и, частично, — с востока на запад.

Разломная тектоника Кореи описана японским геологом Т. Кобаяси (1959). На составленной этим автором схеме (рис. 8) выделяются четкие прямолинейные разломы строго выдержанных направлений, которые группируются в четыре системы: 15, 40—45, 295 и 335°. Структурные и возрастные взаимоотношения между разломами еще не изучены. По общей геологической ситуации создается впечатление, что самыми древними являются разломы 45°, после них образовались разломы 15° и последними были созданы нарушения по азимуту 335° с возобновлением подвижек по направлениям древних разломов 45°. Главнейшие

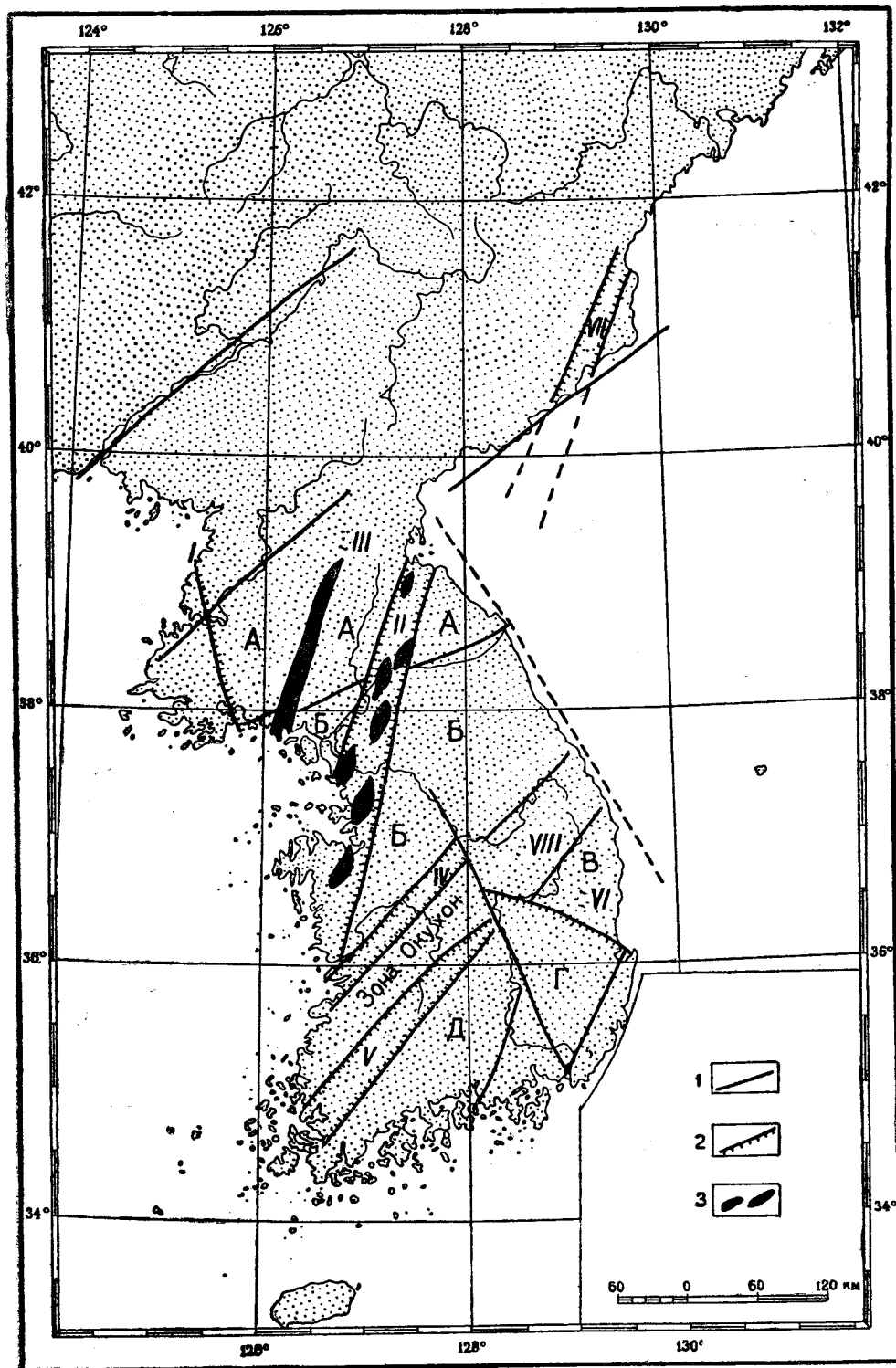


Рис. 8. Карта разломных структур Кореи (по Т. Кобаяси, 1959).

1 — разломы, 2 — сбросы, 3 — интрузии базальтов, I — сброс Аньак, II — рифтовая долина Вонсан-Сеул, заполненная базальтами, III — долина Йечхонган, заполненная базальтами, IV — грабен Кончжу, V — полоса грабенов Йондон, Чинан и Хвасун, VI — надвиг Андон, VII — грабен Килчжу-Мёнчхон, VIII — зона Окчхон. Б л о к и: А — Пхённанская зона, Б — массив Кёнги, В, Г, Д — массив Ренсе (В — блок Тэбксан, Г — Цусимская впадина, Д — блок Токъюсан).

разломы по этому (45°) направлению зафиксированы вдоль р. Ялуцзян (на границе между Кореей и Китаем), вдоль р. Тэдонган, вдоль северного побережья Восточно-Корейского залива и на юге Кореи, где эта группа разломов образует систему грабенов Кончжу, Йондон, Чинан, Хвасун и зону Окчхон.

Разломы по азимуту 15° образуют узкие рифтовые долины Вонсан-Сеул, Йечхонган и грабен Килчжу-Мёнчхон, представляющие собой крупные разрывы растяжения земной коры, заполненные базальтом. Разломы северо-западного простирания по азимуту 335° располагаются параллельно северо-восточному и юго-западному берегам Корейского полуострова. Длина разломов достигает 400 км. В общем виде вся территория Кореи разделена на отдельные блоки и секторы.

Механизм развития разломных деформаций Кореи, или процесс раскалывания кратогена, Т. Кобаяси (1959) описывает так: «Массив Пхенбук может служить отличным примером раскалывания. Он был разбит на небольшие блоки прямолинейными трещинами, направление которых чаще следовало под острым углом, чем параллельно или перпендикулярно к направлению сжатия. Эта особенность раскалывания привела к почти квадратным очертаниям микрократогенов. К аналогичным структурам относятся Колорадское плато, Техасская впадина, Богемский массив, Подольский и Воронежский блоки, Кузнецкий бассейн и погружившийся блок Карского моря» (стр. 223).

По зонам разломов, расположенным между блоками, развивались впадины, которые располагаются в строго выдержанном шахматном порядке (рис. 9). Обращает на себя внимание то обстоятельство, что блокировка (дробление) кратогена на территории Кореи совершалась в результате возникновения разломов (трещин) двух основных направлений: северо-западного и северо-восточного, расположенных, по мнению Т. Кобаяси, по азимутам 45° и 315° .

Характеризуя впадины и грабены, Т. Кобаяси пишет: «Эти впадины и блоки отделены в большинстве случаев друг от друга разломами. У этих своеобразных тектонических линий преобладают северо-восточные и северо-западные направления, а не широтные и меридиональные» (стр. 226).

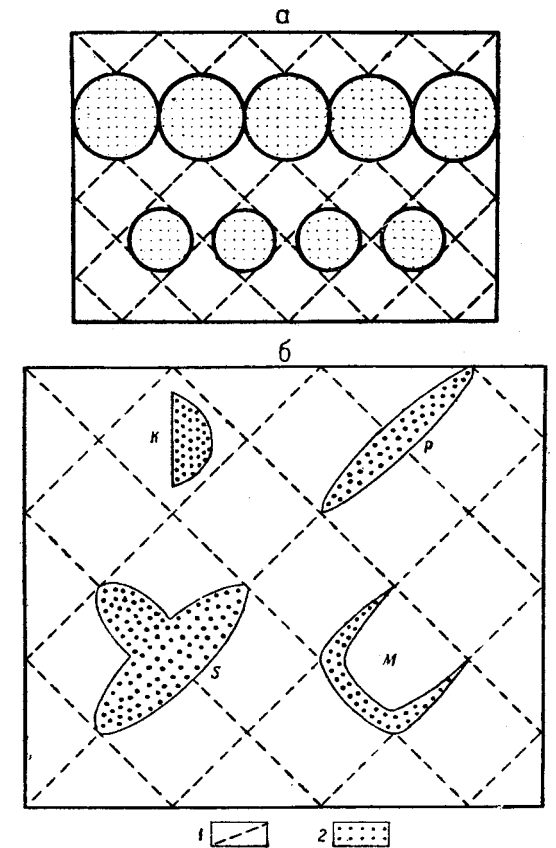


Рис. 9. Схемы идеальных случаев расположения впадин и грабенов на кратогенах (по Т. Кобаяси, 1959).

а — идеальная схема кольцевых впадин на кратогенах, б — контуры некоторых впадин Кореи. К — неполная впадина Хучхан, P — грабен Бадаоцзян, S — Т-образный грабен Чхосан, M — подковообразный грабен Канге. 1 — разломы, 2 — впадины.

В области юго-восточной Азии можно указать на разломы Бирмы, Таиланда, Камбоджи, Лаоса, где Индосинийский массив ограничен крупными разломами северо-западного (320°) и северо-восточного (30°) направлений. Е. С. Постельников (1960) считает, что направление разломов в этих местах определяется простиранием вытянутых интрузий риолитов, гранитов и основных пород. В Индонезии крупные разломы

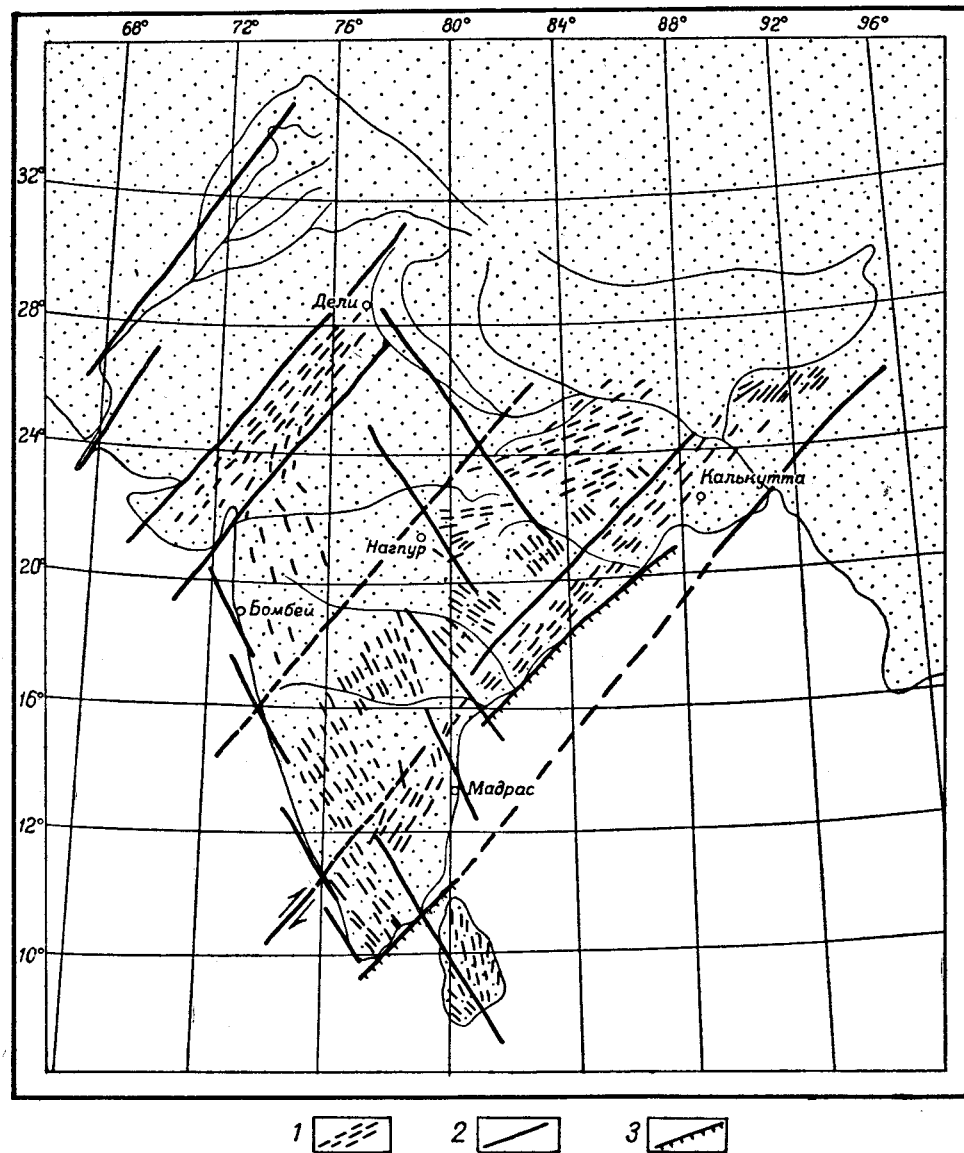


Рис. 10. Главные простирания архейских пород на площади Индийской платформы (по М. С. Кришнану, 1954) и направления разломов.

1 — простирание докембрийских пород; 2 — разломы; 3 — сбросы.

северо-западного и северо-восточного направлений известны на о. Суматра (325°) и о. Борнео ($45-50^\circ$).

В строении архейских пород Индийской платформы выделяется несколько структурных направлений (рис. 10), но главными являются два: северо-восточное ($45-50^\circ$) и северо-западное ($315-325^\circ$), представленные системой чередующихся полос. Делийская (Араваллий-



Рис. 11. Карта разломных структур Европы.

1 — разломы, 2 — предполагаемые разломы, 3 — сбросы, 4 — складчатые структуры, 5 — направление тектонического давления.

ская), Нагпурская и Мадрас-Калькутская полосы характеризуются северо-восточными простираниями, а лежащие между ними Дарварская и Маханадийская полосы включают в себя структуры северо-западного простирания. Северо-западные направления лучше всего выражены на участках между Нагпурской и Мадрас-Калькутской полосами; на остальной площади они перекрыты излияниями базальтовых пород.

Делийская, или Араваллийская, полоса простираний располагается на площади между Дели и Гуджаратом. В северо-восточном направлении она тянется до предгорий Гималаев, а на юго-западе расчленяется на две меньшие зоны, одна из которых продолжает прямой путь к Камбейскому заливу, тогда как восточная поворачивает на юг и на юго-восток, в сторону р. Нарбада, где, пройдя под покровом базальтов (районы Каладиги, Каримнагара и Райнагара), соединяется с Дарварской системой северо-западных простираний. Дарварская полоса находится в юго-западной части полуострова, на участке между городами Дарвар, Майсур, Мадур и юго-западным краем острова Цейлон. Нагпурская ветвь северо-восточных простираний архейских пород Индии размещается между Нагпуром и Биджайгаром. Калькутская (Восточно-Гатская) полоса тянется от Калькутты до Бангалура, т. е. на всем протяжении юго-восточного берега Индостанского полуострова.

М. С. Кришнан (1954) выделяет на площади Индии три направления древнейших пород: северо-восточное (Араваллийское), северо-западное (Маханадийское) и северо-северо-западное (Дарварское). Но структурные карты этой территории показывают, что северо-северо-западное направление приурочено к участкам изгибов структур северо-восточных и северо-западных простираний и поэтому оно не может считаться самостоятельным направлением. По мнению М. С. Кришнана, вся северо-восточная часть Индостанского полуострова разделена сбросами на отдельные блоки. Так, например, участки угольных месторождений Дамодара-Санской, Маханадийской, Чаттисгарской и Годаварийской долин ограничены разломами и опущены на различную глубину, чем объясняется сохранение в этих районах гондванских слоев. Существует также несколько сбросов, секущих весь полуостров. Хорошо известно, например, что западные и восточные берега полуострова ограничены разломами. Тектоническое происхождение имеют, по-видимому, также гряды Лаккадивских и Мальдивских островов и других образований. Общая сетка известных и предполагаемых разломов Индии показана нами на карте докембрийских структур, что делает их более наглядными и сопоставимыми между собой.

Детальный структурно-разломный анализ геологической карты Индостанского полуострова, приложенной к работе М. С. Кришнана (1954), показывает, что вся территория Индии делится на системы соподчиненных блоков, разделенных между собой зонами разломов. Сама Индийская платформа ограничена со всех сторон разломами и представляет собой большой блок первого порядка. Внутри платформы выделяются меньшие блоки второго порядка, но оконтуренные разломами тех же направлений. Один такой блок располагается между р. Инд и горами Аравалли, второй — между Аравалли и горами Винди, третий — между Винди и Восточными Гатами. Все блоки вытянуты в северо-восточном направлении, т. е. их длина в несколько раз больше ширины. Эти внутриплатформенные блоки делятся на еще меньшие глыбы почти квадратной формы. Контуры блоков третьего (квадратного) порядка четко выражены в полосе Калькутско-Мадрасской глыбы, где с юго-запада на северо-восток выделяются такие структуры: Бангалурская, Хайдарабадская, Бастарская и Далмаская, разделенные зонами разломов северо-восточного направления, к которым приурочены речные долины.

Основные структурные особенности Индийской платформы таковы: строгая азимутальная выдержанность простираций архейских пород; наличие только двух основных направлений по азимутам 45—50 и 315—325°; совпадение структурных направлений архейских пород платформы с положением линий более молодых разломных деформаций; расчленение территории на блоки. Трудно себе представить, что такие совпадения структурных линий докембрийского и мезо-кайнозойского возрастов были бы возможными в условиях поступательного и вращательного движения глыбы Индийской платформы, как это предполагают некоторые сторонники горизонтальных перемещений материков.

В заключение краткого обзора разломной тектоники Азии остается упомянуть о дислокациях на территории Ирана, Ирака, Сирии и Турции. На территории Ирана находится крупное разрывное нарушение северо-западного направления по азимуту 315°, известное под названием «Главная взбросовая линия Загрос». Общая протяженность линии Загрос около 2200 км. На северо-западе нарушение начинается в районе озера Ван и тянется на юго-восток, параллельно разломам впадины Персидского залива, до структур Белуджистана. А. Гансер (1956) считает, что смещения масс возле зоны нарушения были направлены в противоположные стороны: западный блок двигался на юго-запад, а восточный — на северо-восток. Следовательно, Загросский разлом можно представить как дислокацию растяжения и разрыва земной коры. Это согласуется с общим планом кинематики и механизма образования арабийских и восточно-африканских разломов.

На площади Турции, согласно уже упоминавшейся схеме тектоники Причерноморья (см. рис. 2), выделяются два главных направления складчатых и разрывных нарушений: северо-восток 50—55° и северо-запад 305—310°, где эти направления выражены в форме складчатых и разрывных структур вокруг Галатского срединного массива. Тектонические линии на территории Турции представляются в виде узла пересечения глубинных деформаций двух направлений: северо-западных (персидских) и северо-восточных (иорданских, или поперечно-кавказских). Складчатые и разрывные нарушения восточной Турции очень напоминают структуры горных систем Тянь-Шаня и Памира.

Антиклинальная зона Восточного Понта, выпуклая на юг, может рассматриваться как аналогия Тянь-Шаньской складчатой дуги, а восточные Тавры и северо-западные Ираниды, которые образуют полосу, обращенную выпуклостью на север,—как аналогия складчатой дуги Памира. Таковы в основных чертах главные структурные особенности Центральной и Малой Азии.

РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ ЕВРОПЫ

Разломными деформациями Западной Европы интересовались многие геологи, но особенно много в отношении их изучения было сделано Р. Швиннером (1936), Р. Зондером (1938), Г. Штилле (1947) и Г. Клоосом (1948). На XVI Международном геологическом конгрессе Р. Швиннер (1936) высказал идею об устойчивом (унаследованном) характере развития горных сооружений Европы, предположив, что структура Европы базируется в своей основе на мозаике ромбовидных блоков докембрийского возраста. Р. Зондер пришел к выводу, что трещиноватость земной коры является решающей для процесса орогенной складчатости и что ее влияние становится определяющим, когда тектоническое сжатие имеет различную величину в секторах фронтальной полосы орогена.

«При взгляде на молодую складчатость Европы,— пишет Р. Зондер,— видим картину нарушений, которые обусловили расчленение

складчатых структур на блоки и вызвали перемещения оси складчатости и которые, с точки зрения механики, не могут быть понятными без допущения выравнивающих листовидных смещений. Кроме того, бросается в глаза еще и то, что складчатость, как таковая, имеет удивительно выдержанное простираение, при котором статистически хорошо устанавливаются ориентировки на северо-восток и северо-запад... Направления простираций альпийской складчатости показывают, что они наложены на линеаменты коры, а из этого следует, что чешуйчатые смещения блоков могли совершиться по уже готовым системам разрывов... Блоковое строение фундамента и этим частично заложенные возможности для проявления орогенического процесса сжатия обусловили наблюдаемые в орогенных областях поперечные зоны нарушений и их интерференции» (стр. 220).

В работе по тектонике Карпат Г. Штилле (1953) показал, что в процессе становления этой складчатой системы важную роль играли строго выдержанные структурные направления. В более ранней работе (1947 г.) «Расположение древних тектонических структур Европы» он проанализировал положение альгонских структурных линий Европы и пришел к такому выводу: «Прямолинейность контуров больших тектонических структур соответствует мыслям о том, что простираение этих контуров могло быть предначертанным существовавшими ранее линеаментами, т. е. «древними сооружениями», «древними путями», «древними зонами ослаблений» земной коры. Это имеет значение особенно тогда, когда эти ограничения структур указывают на направления, игравшие важную роль в тектонике земной коры... Такими направлениями не только в Европе, но, соответственно, во всем мире, являются герцинские, рудногорские и рейнские линии...» (стр. 160). Что касается возраста древнейших структурных направлений Европы, имея в виду не время возникновения, а время активизации зон ослаблений, то Г. Штилле расположил европейские линеаменты в такой последовательности: линеаменты преальгонских, альгонских и послеальгонских разломов. В числе доальгонских структур он выделил две линии по краям древнего Скандинавского полуострова, простиравшиеся в северо-западном и северо-восточном направлениях, и одну прямолинейную структуру вдоль северного берега Бискайского залива. К альгонским направлениям отнесены: зона Каледонского надвига в Норвегии, линия юго-западного края Русской платформы (на всем протяжении от Дании до Черного моря), Уральская подвижная зона, частично дислокации Адриатического моря и атласские структуры в северной Африке. Остальные деформации Европы являются, по мнению Г. Штилле, послеальгонскими, но располагаются они в плане линеаментов древнейших структур, что свидетельствует о постоянстве основных структурных направлений и унаследованном характере более молодых линий.

Постоянство и унаследованность структурных направлений земной коры настойчиво подчеркиваются также в работе Г. Клооса (1948) «Основные глыбы и швы Земли», которую автор понимал как «эскиз консервативности структур земной коры». На площади Западной Европы Г. Клоос выделяет не менее шести субмеридиональных трещин, швов, или, как он их называет, «геосутур», и около восьми полос или полей того же направления. Указанные полосы имеют ширину от 300 до 500 км и могут быть, по мнению автора, обозначены как «основные глыбы». Дальнейшее расчленение территории осуществляется в результате пересечения геосутур и полос складчатых систем. В направлении с запада на восток Г. Клоос выделил такие основные структурные швы или зоны разломов: 1) британская зона (на границе между Ирландией и Великобританией), 2) Мальверн-Шотландская зона, 3) Западно-Норвежская зона, 4) зона разломов вдоль грабена Осло и Рейна, 5) Силезская

зона (Босковицкая борозда вдоль восточного края Чешского массива),
6) субмеридиональные зоны разломов Восточных Карпат.

Следует отметить, что Г. Клоос преувеличивает значение выделенных им зон разломов рейнского направления, считая их главнейшими зонами (геосутурами) Европы. Рейнское направление разломных структур, как это следует из представлений Р. Швиннера, Р. Зондера и Г. Штилле, является одним из многих, но далеко не главнейших направлений разломных деформаций земной коры.

Территория Западной Европы нарушена большим количеством разрывных деформаций (рис. 11), в системе которых выделяются два глав-

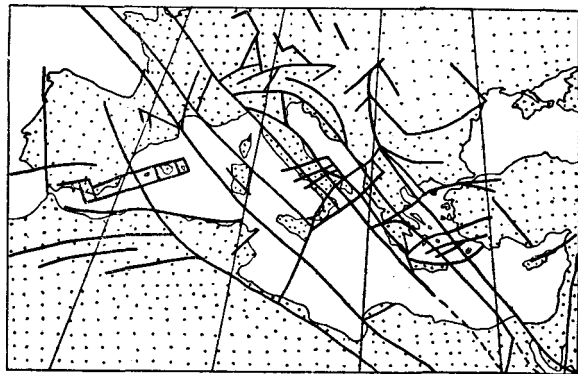


Рис. 12. Сеймотектоническая карта Европы (по А. Зибергу, 1932). Черными линиями показаны разломы.

ных направления: 25—35 и 300—305° и два подчиненных: 55—65 и 335°. Местами наблюдаются существенные отклонения от указанной соподчиненности разломных линий Европы, но в общем плане она сохраняется. Так, например, на площади Скандинавского полуострова господствуют направления 30—35 и 310—315°, совпадающие в этих местах с контурами береговых линий и направлениями рек. На Британских островах выделяются разломы по азимутам 30—50 и 320°. В Центральной Европе количество ведущих систем увеличивается до четырех. На Апеннинском и Балканском полуостровах разломы рейнского направления почти полностью теряют свое значение, но зато усиливаются нарушения по азимуту 45—55°. На Пиренейском полуострове разломы северо-восточного направления повернуты еще больше на восток, где они располагаются в интервале азимутов 60—65°.

Из наиболее ранних схем разломной тектоники Европы следует указать на сеймотектоническую схему А. Зиберга (рис. 12). Схема настолько выразительна, что не требует дополнительных разъяснений. По мнению А. Зиберга, на площади Средиземноморья и южных областей Европы господствует два основных направления разломов: северо-западное по азимуту 305—310° и северо-восточное по азимуту 40—45°. При этом ведущее значение имеют разломы северо-западного направления.

Представление о структурных направлениях Восточной Скандинавии можно получить из работы Х. Вяюрюнена (1959). Главные направления разрывных нарушений Финляндии отражены, по мнению автора, в положениях даек и трещин. «Дайки образуют две взаимно-перпендикулярные системы, из которых одна обычно преобладает. К северу от Выборгского массива рапакиви господствует система даек северо-западного направления (300—320°); реже здесь встречаются дайки северо-восточного простирания (20—30°). На юго-восточном побережье и

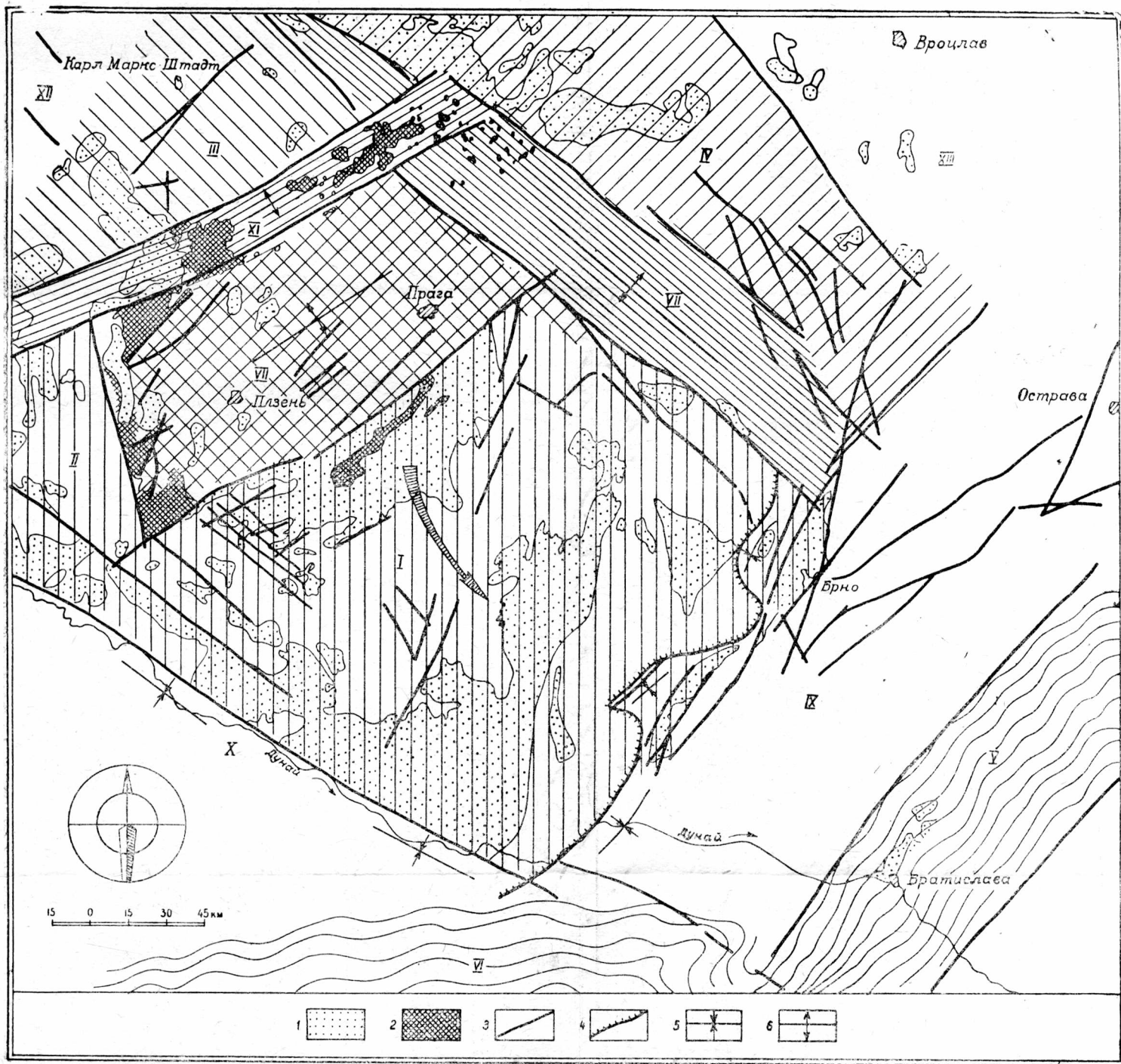


Рис. 13. Схема блоковой тектоники Чешского массива.

1 — интрузии гранитоидов, 2 — интрузии базальтов, 3 — разломы, 4 — зона Молданубийского надвига, 5 — области преобладающих условий сжатия, 6 — области преобладающих условий растяжения.

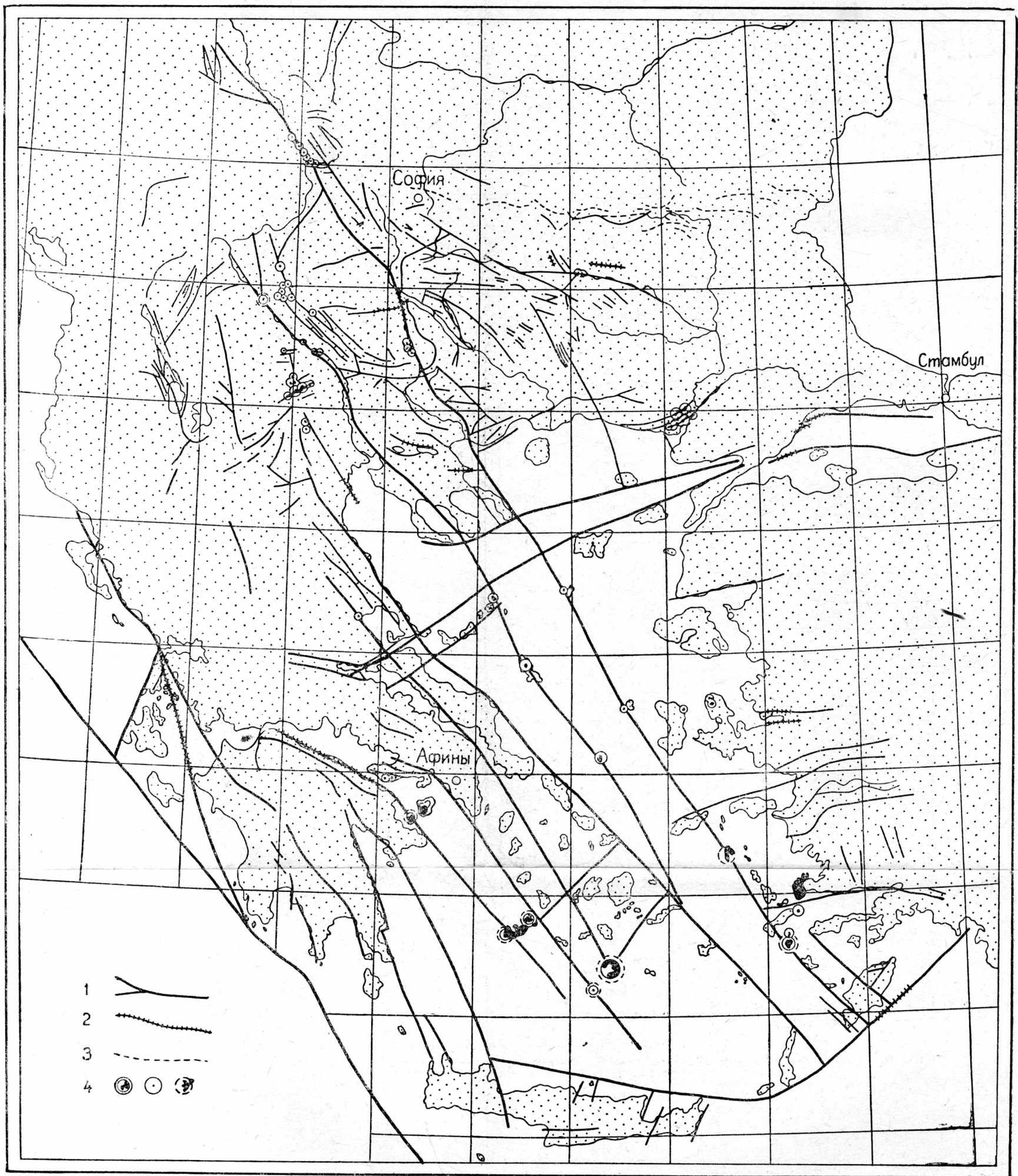


Рис. 14. Положение разломов в области Эгейского моря (по Д. Яранову, 1960а).

1 — плиоценовые и четвертичные разломы, 2 — разломы с высокой сейсмической активностью, 3 — верхнемеловые — плиоценовые разломы, 4 — вулканы.

на Аландских островах простирание даек в общем северо-восточное и лишь иногда восточное. Простирание даек, таким образом, на востоке — юго-восточное, а на западе — юго-западное. Это указывает на то, что расположенный между ними сектор надвинулся в южном направлении» (стр. 279—280). Глубокие долины районов Пайяне имеют северо-западное и северо-восточное направления, нарушаемые в отдельных местах резкими прямоугольными изгибами. Образование долин, обусловлено, по мнению автора, наличием поздних сдвиговых зон тех же направлений. Характеризуя общие закономерности тектоники свекофенид, лапландид и карелид, Х. Вяйрюнен приходит к выводу, что тектонические давления действовали на площади восточной Скандинавии периодически в восточном, западном и южном направлениях.

Анализ положения речных долин и трогов позволяет сделать вывод, что в общих чертах на площади Скандинавии преобладают разломы северо-восточного направления, которые определяют общую вытянутость полуострова и контуры внутренних заливов. С переходом от Балтийского щита на территорию Восточно-Европейской плиты и прилегающих складчатых областей господствующее значение приобретают дислокации северо-западного направления.

На площади Центральной Европы разломы северо-западного и северо-восточного направлений находятся, примерно, в равных соотношениях как по густоте, так и по протяженности. Их положение можно показать на примере структур Чешского массива (рис. 13). Тектоника Чешского массива имеет резко выраженный блоковый характер и обусловлена разломами двух основных направлений: северо-восток $40-55^\circ$ и северо-запад 305° . Строение центральных частей массива представляется в виде таких основных блоковых структур (И. Чебаненко, 1961а): горсты — ядро Чешского массива (Молданубикум), блок Чешского леса, Крушные (Рудные) горы, Судеты, австрийские Альпы, Западные Карпаты; впадины — Баррандиенский синклиниорий, Полабская впадина, Моравская впадина, Баварская впадина, Предкрушногогорский ров, Тюринго-Саксонская и Одерская впадины. Блоки отделяются один от другого большими региональными разломами. На карте выделены также области преобладающих сжатий и растяжений земной коры, локализация которых обусловлена направлением смещения ядра Чешского массива (Молданубикума) в юго-восточном направлении. Доказательством именно такого, а не противоположного направления перемещений Молданубикума являются: на северо-западе — положение Предкрушногогорского рва, заполненного базальтами, на юго-востоке — положение зоны Молданубикского надвига. Предкрушногогорский ров характеризуется условиями растяжений и разрыва земной коры, а Молданубикский надвиг — условиями сжатия.

На блоковый характер строения территории Чешского массива неоднократно обращал внимание австрийский геолог К. Хинтерлехнер (1914). Им выделены пять структурных линий: 1) средне-европейский водораздел, 2) юрские островные горы, 3) восточный край Чешского массива, 4) Альпийско-Карпатская складчатая система, 5) система разломов по линии Босковицкой борозды (г. Брно).

В области Альп, Карпат, Балкан, Апеннин и других районов структурные особенности представляют интерес как результат взаимоотношений между разломными и складчатыми деформациями. Разломы делят территорию на блоки почти прямоугольных очертаний, а складчатые структуры располагаются между блоками и окаймляют их, образуя полосы только двух направлений: северо-восточного (западные и восточные Альпы, западные и южные Карпаты и частично изгиб апеннинских структур в районе Калабрии) и северо-западного (Апеннины, Динары, Балканы и Восточные Карпаты) положения. Других направлений склад-

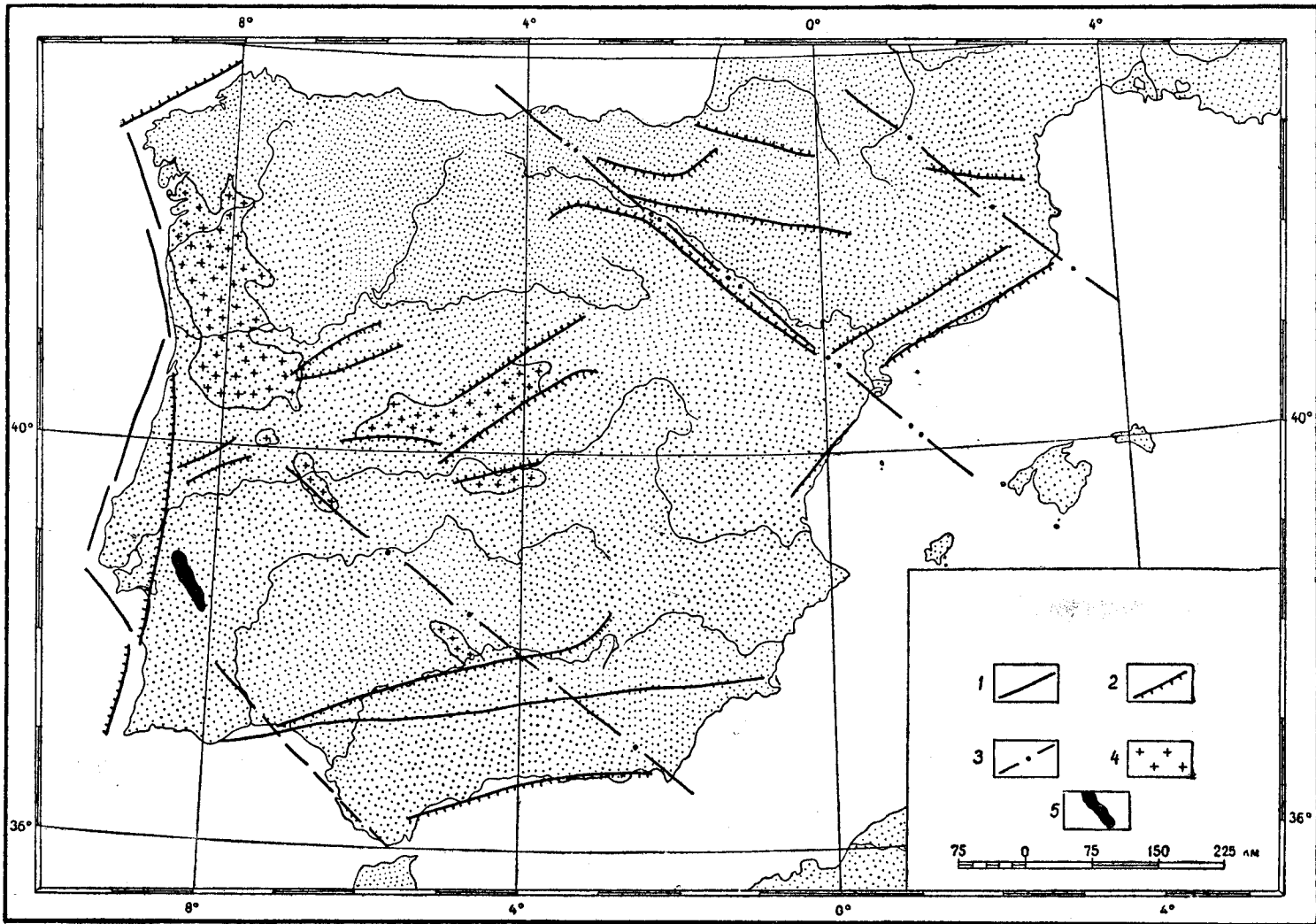


Рис. 15. Схема разломных нарушений Пиренейского полуострова (по В. Г. Бондарчуку, 1958).
 1 — разломы, 2 — сбросы, 3 — сдвиги поперечных поднятий, 4 — интрузии гранитоидов, 5 — полосы основных пород.

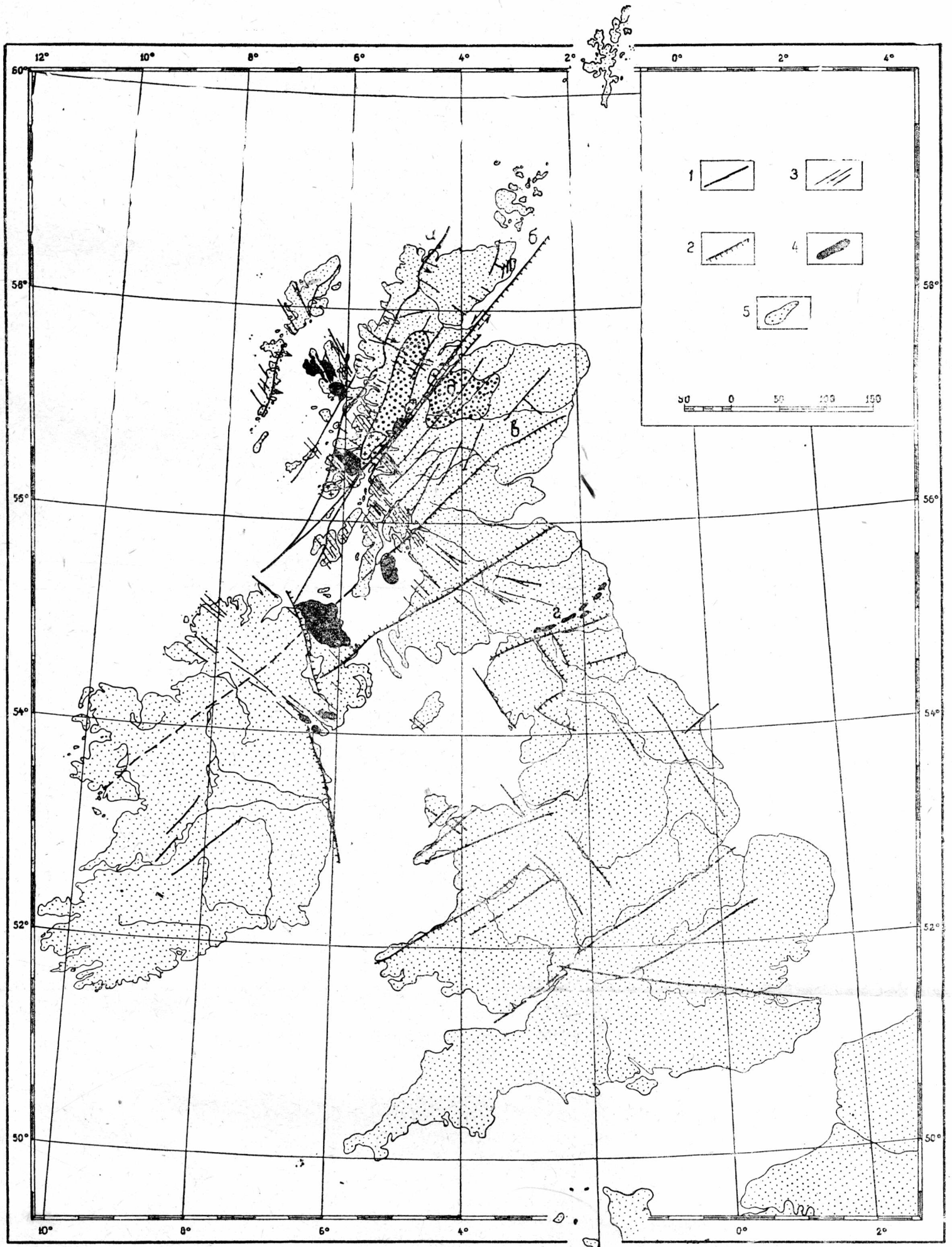


Рис. 16. Разломные структуры Великобритании и Ирландии (по материалам В. Кеннеди, Дж. Фемистера, Г. Риды и Е. Андерсона).
 1 — разломы, 2 — сбросы, 3 — дайки, 4 — интрузии базальтов, 5 — фойерские граниты. а — главный надвиг Мойн, б — большой разлом Клен, в — краевой разлом Хайленда, г — эруптивы английского шельфа.

чатых структур, если не учитывать виргаций на острых углах блоков, в Европе не наблюдается.

Положение разломных дислокаций в области Эгейского моря отчетливо видно на карте (рис. 14) болгарского геолога Д. Яранова (1960а), где автором выделены две главные системы разломов: северо-запад $320\text{—}325^\circ$ и северо-восток $45\text{—}50^\circ$. Преобладающее значение имеют разломы северо-западного направления, которые тянутся параллельно берегам Греции и делят ее площадь на узкие секторы шириной 40—60 км. Эти же разломы продолжаются дальше на северо-запад в пределы Югославии и Болгарии. Родопский, Пелагонийский и Анадольский массивы Д. Яранов (1960б) объединяет в единую Родопско-Анадольскую антеклизу и сопоставляет ее с Украинским кристаллическим щитом. «Мы представляем себе, что большая Родопско-Анадольская антеклиза и большая Черноморская синеклиза отделены одна от другой зоной разломов, которая начала образовываться еще в палеозое, но интенсивно проявилась в верхнемеловое и палеоценовое время. На западе и на юге Динарская и Таврская геосинклинали отделяют Родопско-Анадольскую антеклизу от Гондваны» (1960б, стр. 2).

На площади Пиренейского полуострова (рис. 15), с одной стороны, полностью сохраняются разломы по азимутам 305 и $25\text{—}45^\circ$, известные в Центральной Европе, с другой — существенное значение приобретают дислокации по азимутам $60\text{—}65^\circ$. Они грубо параллельны складчатым структурам в районе Гвадалквивира, полосе альпийских складок на участке от р. Роны до р. Дуная и направлению горных сооружений Атласа. Само по себе это направление разломов не новое, но в центральной и юго-восточной частях Европы оно выражено слабее.

Разломные деформации Британских островов детально описаны в работах В. Кеннеди (1946), Дж. Фемистера (1948), Г. Риды (1948), Е. Андерсона (1951) и др. Сводная карта этих материалов (рис. 16) показывает, что господствующее значение здесь имеют разломы северо-восточного направления, расположенные по азимутам $25\text{—}50^\circ$. Среди этих разломов (с северо-запада на юго-восток) выделяются: Главный надвиг Мойн (25°), большой разлом-сдвиг Клен (35°) календонского возраста, краевой разлом Хайленда (45°), далее идут разломы и эруптивные зоны английского шельфа и дислокации района Уэльс и бассейнов рек Эйвон и Уз. Максимальная закартированная длина британских разломов около 500 км. Анализируя положения стронциенских и фэйерских гранитов, В. Кеннеди пришел к выводу, что это два блока единого массива, разобщенные разломом Грейт-Клен, с относительным горизонтальным смещением до 65 миль. Смещение произошло по схеме левого сдвига. На основе смещений Грейт-Кленского и других разломов Е. Андерсон (1951) предполагает, что главные тектонические давления на площади Британских островов происходили в меридиональном направлении.

Вторая система британских дислокаций простирается по азимуту 320° . На площади Шотландии они представлены полосой кварц-долеритовых даек, секущих нижние горизонты древних красных песчаников девона и синхронных пермо-карбовым дайкам долины Минленд. Базальтовые дайки юго-западной части Шотландии предполагаются в том же направлении, но, по мнению местных геологов, они третичного возраста. Висячем и лежащем боках Главного надвига Мойн размещается много даек лампрофировых пород и удлиненных интрузий базальтов.

Таковы в общих чертах основные закономерности пространственного размещения разломных деформаций Европейского материка. Их связи и взаимопереходы со структурами Азии и Африки очень выразительны и поэтому можно предполагать, что и условия формирования, т. е. динамика и кинематика этих структур, были сходными. Но имеются,

вероятно, и местные отклонения, которые не должны рассматриваться в качестве основных возражений против единства структурного плана Евразии и Африки. На территории Африки обнаружены некоторые факты, свидетельствующие о том, что разломы северо-западного направления представлены там левыми сдвигами, а северо-восточного — правыми, т. е. преобладающее давление действовало в широтном направлении. Для Европы такой вывод пока сделать нельзя. Наоборот, по кинематике разломов британских островов установлено, что разломы северо-восточного направления представлены левыми сдвигами, следовательно, господствующее давление (стресс) было ориентировано в меридиональном направлении. Но решение вопросов кинематики и динамики — дело будущих исследований.

РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ АФРИКИ

Из всех площадей поверхности Земли в Африке наиболее ярко выражена линейность и значительная протяженность разломных структур, что обусловлено длительным пребыванием территории в платформенном (жестком) состоянии и отсутствием маскирующих глубинную тектонику геосинклинальных структур молодого возраста. Восточноафриканские грабены и разломы всегда приводились в качестве примеров развития крупных разломов земной коры; именно эти структуры способствовали развитию гипотезы растрескивания и перемещения континентов. Африканские разломы настолько явны, что не вызывают ни у кого сомнения.

Сведения о разломной тектонике Африки разбросаны в многочисленных работах, но наиболее полно они собраны и обобщены в двух работах: Е. Кренкель «Геология Африки» (1925—1934) и Г. Клоос «К большой тектонике Африки и окружающих ее территорий» (1937). Многолетними и детальными исследованиями Е. Кренкель выяснил, что на площади Африки и окружающих ее океанов выражены два основных структурных направления: северо-восточное (сомалийское) и северо-западное (эритрикское). Основные структурные направления определяются простираниями складчатости и линий разломов, положением впадин и поднятий. Согласно Е. Кренкелю, обе тектонические системы, преобладающие в структурном плане всей Африки, могут быть обнаружены на всем протяжении геологической истории, начиная с архея. Вместе с тем Е. Кренкель ничего не говорил о влиянии докембрийских структур на пространственное положение молодых африканских разломов.

Г. Клоос обратил внимание на связь структурных направлений Африканского континента с топографическими линиями окружающих океанических площадей. Карты Г. Клооса характеризуют основные черты докембрийских и более молодых структур. Концентрические структуры, названные им «полями», особенно четко видны на юге Африки. «Поля» Г. Клооса соответствуют «ядрам» Е. Хиллса в Австралии. В промежутках между «полями» (ядрами) располагаются «зоны раздела». В структурном отношении «поля» выступают как монолитные глыбы, в пределах которых могут быть различные направления структур, но в большинстве случаев они напоминают концентрическую или кубическую форму, где структуры пересекаются почти под прямыми углами. «Зоны раздела» окаймляют «поля», или «ядра», характеризуются однообразными, почти линейными или слабо волнистыми простираниями структур.

Согласно существующим представлениям (Е. Кренкель, А. Борн, Е. Хенниг, П. Фурмарье, А. Д. Архангельский), Африка является докембрийской плитой, на которой слабо развиты палеозойские, мезозойские и кайнозойские геосинклинальные структуры. По сравнению с

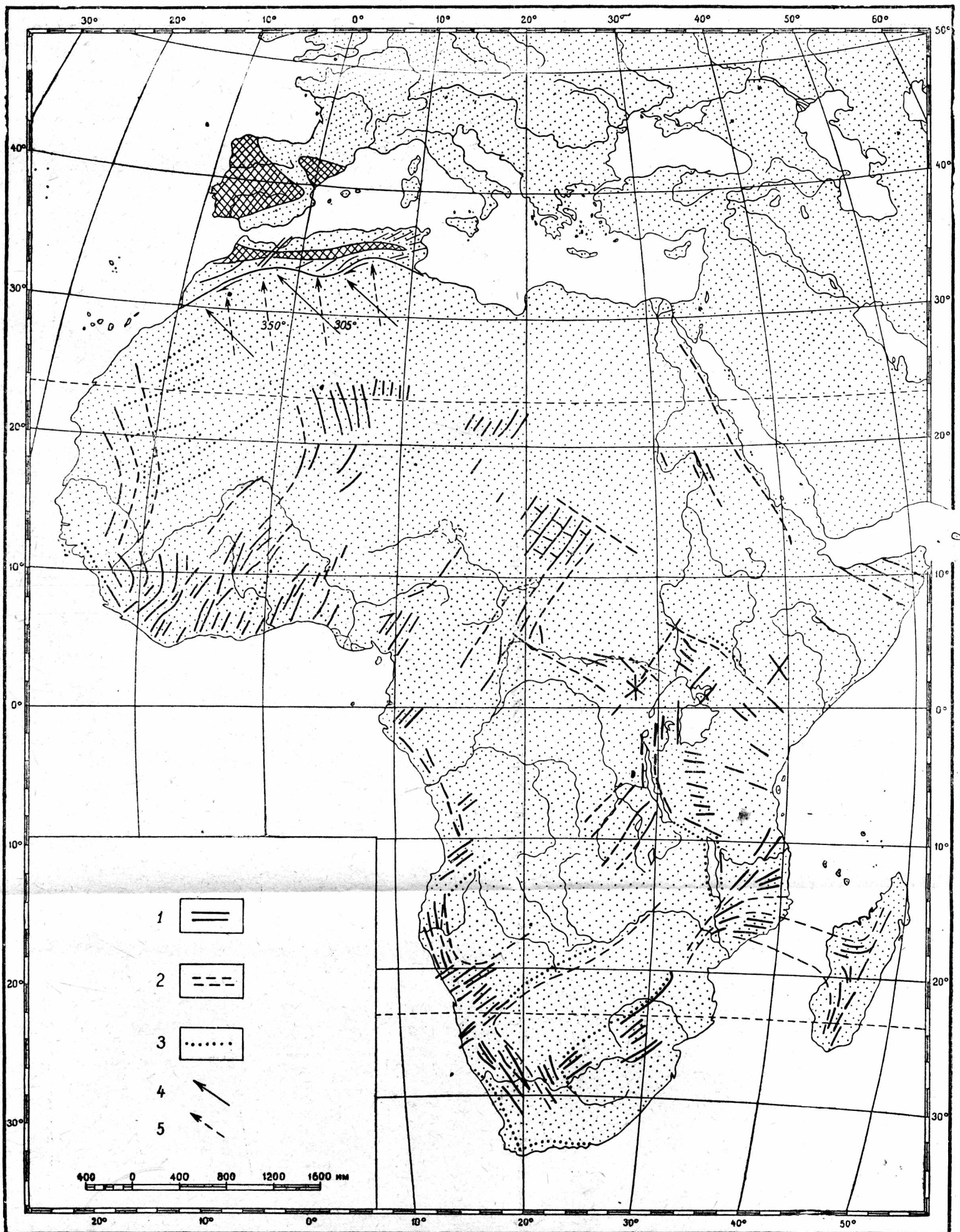


Рис. 17. Карта простираения докембрийских структур Африки.

1 — докембрийские структуры, 2 — предполагаемое продолжение докембрийских структур, 3 — положение молодых структур, 4 — направление постэоценовых стрессов (по Г. Шуберту, 1952), 5 — направление постмиоценовых стрессов (по Г. Шуберту, 1952).

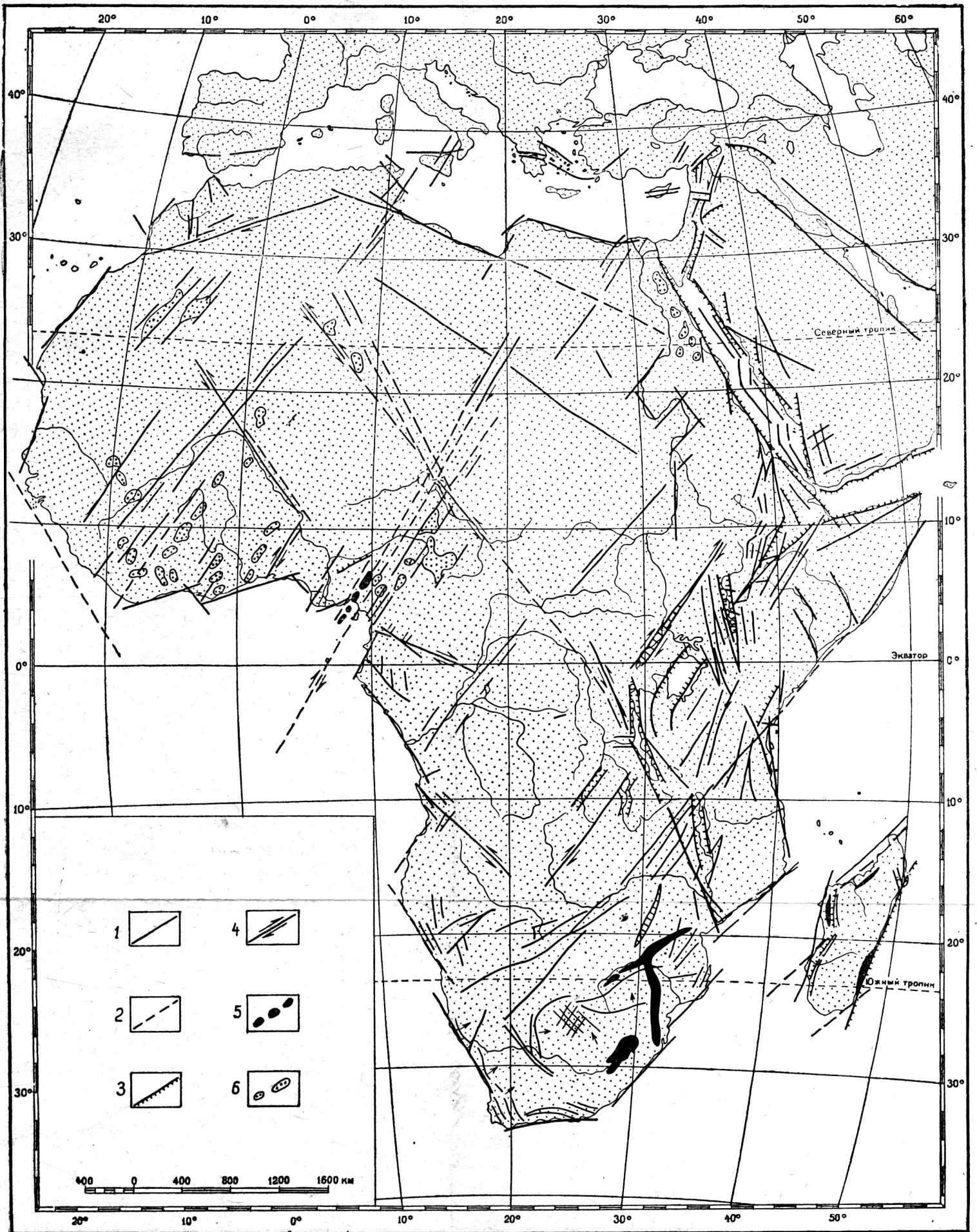


Рис. 18. Карта разломных структур Африки.

1 — установленные разломы, 2 — предполагаемые разломы, 3 — сбросы, 4 — направление сдвиговых смещений, 5 — интрузии базальтовых пород, 6 — интрузии гранитоидов.

другими континентами, в Африке на обширной площади наблюдается высокий подъем докембрийского кристаллического фундамента. Изучение африканского докембрийского фундамента может дать много сведений о его строении на других участках земной поверхности, где породы фундамента перекрыты мощными толщами осадочных пород и недоступны для непосредственного наблюдения.

Одной из главных особенностей строения африканской докембрийской плиты является расчленение ее на отдельные глыбы различной глубины залегания. С севера на юг выделяются такие основные поднятия и опускания: Предатласское понижение палеозойских пород, поднятие массива Туарег, понижение озера Чад, поднятие Банда, понижение Колахари.

Согласно исследованиям Г. Клооса (1937) и Е. Хиллса (1947), на площади африканского материка выделяется несколько направлений докембрийских структур, среди которых преобладают два: северо-западное и северо-восточное (рис. 17), располагающиеся в интервале азимутов 325—335 и 30—50°. В территориальном отношении докембрийские структурные направления Африки распадаются на три области: северо-западную, включающую Алжир, Французскую Западную Африку, Нигерию и Камерун; северо-восточную, включающую Египет, Судан, Эфиопию, Кению и Танганьики; и южную, включающую Конго, Анголу, Федерацию Родезии и Южно-Африканский Союз. Северо-западная область характеризуется преобладанием северо-восточных простираний докембрийских структур, северо-восточная — северо-западных. На площади южной области отмечены простирания смешанного типа и наблюдаются резкие контакты северо-западных и северо-восточных структур. Е. Хиллс нанес на карту докембрийских структур Африки также положение основных направлений более молодых деформаций и получил полное совпадение древних и мезокайнозойских структур. Однако ни Е. Кренкель (1925—1934), ни Г. Клоос (1937), ни Е. Хиллс (1947) не проанализировали причину совпадения простираний докембрийских и более молодых структур; они ограничились только констатированием факта, что структуры совпадают по простиранию.

Изучив имеющуюся геологическую литературу по африканскому континенту, мы составили карту разломной тектоники этой территории (рис. 18) и сделали попытку проанализировать ее структурные особенности. Карта показывает, что весь континент Африки покрыт густой сеткой разломов. Последние имеют большие протяжения и расположены не беспорядочно, а в строго определенной закономерности.

При рассмотрении карты разломной тектоники Африки обращает на себя внимание совпадение направлений основных разломов материка с очертанием береговых линий. Резко угловатые контуры континента объясняются тем, что по существу он весь ограничен крупными разломами. Например, районы Красного моря и Аденского залива давно являются классическими образцами тектонических структур, возникших на месте крупных сбросов и погружений отдельных блоков земной коры. Прямое совпадение направлений береговых линий с разломами наблюдается также в районах Сомали, Мозамбика, Южно-Африканского Союза, Анголы, Ливии и в других местах.

Вторая особенность разломной тектоники Африки состоит в совпадении простираний разломов с направлениями гидрографической сети материка и линиями основных геоморфологических форм. Связь разломной тектоники Африки с геоморфологией детально описана в работах Ф. Махачека (1955) и Л. Каэна (1958). Нам остается только повторить основные закономерности этой связи. Прежде всего наблюдается тесная связь резких поворотов больших рек с простираниями крупных разломов. Река Нигер три раза меняет направление своего

течения. На участке Бамако—Бурем она течет в северо-восточном направлении и в этом же направлении располагаются крупные разломы; на участке Бурем—устье р. Бенуэ—резко поворачивает на юго-восток, приспособившись к северо-западным разломам; на участке от устья р. Бенуэ до берега Гвинейского залива течет на юго-запад, снова приурочиваясь к положению нигерских разломов северо-восточного простиранья. Река Конго и ее левый приток Луалаба также три раза меняют направление течений. Луалаба течет в северо-восточном направлении. Конго, на участке от устья Луалабы до Стэнливиля, течет в северо-западном направлении, затем плавной дугой поворачивает в сторону Кокийавиля и дальше продолжает свой путь почти по прямой линии в юго-западном направлении. Все завороты р. Конго обусловлены положением крупных разломов.

Другими примерами прямой связи направлений русел и простиранья разломов могут служить долины рек Замбези и Нила. Замбези меняет три раза направление течения, а Нил, на участке от Омдурмана до Каира—шесть раз, и каждый раз в связи с разломами.

Согласно детальным геоморфологическим исследованиям Ф. Махачека, линии денудационных уступов и краевых частей денудационных уровней на территории Африки связаны с крупными разломами типа сбросов и взбросов. Особенно тесная связь основных форм рельефа с разломами наблюдается в районах южной и центральной Африки, где преобладают северо-западные и северо-восточные направления. На территории Конго Л. Каэн выделили три уступа эрозионных поверхностей выравнивания: меловой, среднетретичный и современный. Линии денудационных уступов располагаются в основном по северо-западному и северо-восточному направлениям.

Следует сказать несколько слов о направлениях и территориальной приуроченности африканских разломов. В общем плане на площади Африки выделяются два основных направления разломов: северо-западное и северо-восточное и почти нет значительных разломов меридиональных и широтных простиранья. В связи с такими направлениями разломов на Африканском континенте становится непонятным утверждение австралийского геолога Е. Хиллса (1947) о том, что основные разломы Африки хорошо согласуются с теоретической сеткой Ф. Венинг-Мейнеца (1947). Здесь нет не только хорошего, но даже более или менее удовлетворительного согласия. На сетке Ф. Венинг-Мейнеца основные разломы располагаются вдоль меридианов и параллелей, а в Африке господствуют северо-западные и северо-восточные направления.

Северо-западные разломы. Начиная от крупных разломов Персидского залива и кончая такими же большими деформациями, расположенными на побережье Гвинейского залива, вся Африканская платформа рассечена относительно ровными линиями разрывных нарушений северо-западного направления. В расположении разломов этого направления наблюдается удивительная выдержанность простиранья в интервале азимутов 320—330°. Протяженность разломов колеблется от 100 до 4000 км. В районе Персидского залива выделяются в первую очередь два главных разлома, которые совпадают с береговыми линиями впадины. Оба разлома простираются по азимуту 320° и имеют протяженность до 2000 км. На юго-востоке, в районе Договорного Омана, персидские разломы причленяются к оманским разломам северо-восточного направления; на северо-западе персидские разломы тянутся до Таврийской складчатой дуги, где они снова обрезаются иорданскими разломами северо-восточного направления. Положение долин рек Евфрата и Тигра и форма Персидского залива обусловлены наличием на этом участке земной коры разломов северо-западного направления. На

территории Ирана, параллельно персидским разломам, тянется главная взбросовая линия «Загрос». Еще дальше на северо-восток, в районах Афганистана и Советского Союза, тянутся северо-западные разломы персидского направления. Их можно видеть в структурах Копет-Дага и Памира.

Совершенно аналогичные структурные взаимоотношения наблюдаются на участке западной Аравии, где разломы северо-западного направления простираются по азимуту 325° и достигают длины 2600 км.

Согласно общепринятому мнению, разломы Красного моря являются крупными сбросами, возникшими в результате некоторого отхода Аравии от Африки, или наоборот Африки от Аравии, и опускания промежуточных блоков земной коры на значительные глубины. Как и в Персидском заливе, на юго-восточном окончании система разломов Красного моря обрывается деформациями северо-восточного направления, образующими Аденский залив. Кроме главных нарушений северо-западного простиранья, в районе Красного моря имеется много менее значительных разломов меридионального и других направлений, создающих картину коленчатого строения берегов.

Крупные разломы северо-западного направления оконтуривают также депрессию оз. Чад. Вдоль северо-восточного края депрессии проходит разлом по азимуту 305—310°, длиной 2600 км; вдоль юго-западного края депрессии и через середину массива Туарег тянется вторая полоса разломов по азимуту 325° и протяженностью 4400 км. На юго-востоке эта группа разломов соединяется с деформациями оз. Танганьики. Значительный разлом тянется вдоль среднего течения р. Нигер.

Из древних разломов северо-западного направления (простиранья по азимуту 325°) должны быть упомянуты нарушения вдоль западных берегов Африки. В системе этих разломов Гвинейский залив выглядит как отколовшаяся и опустившаяся глыба материка. В единую и непрерывную полосу можно объединить разломы вдоль побережий Португальской Гвинеи или Либерии с разломами побережий пустыни Нагиб, в районе городов Уолфиш-Бей и Кейптаун. Кроме чисто структурного фактора, подтверждающего недавнее опускание глыбы Гвинейского залива, об этом же свидетельствует продолжение подводного каньона р. Конго на значительном расстоянии под водами Атлантического океана.

На северном побережье Африки известны крупные разломы северо-западного направления вдоль берегов Ливии и Египта, но там они отклоняются от описанных дислокаций центральных районов, простираясь по азимуту 290 и 295°. Такого же направления, но меньших размеров, разломы наблюдаются по обоим берегам Красного моря, в Камеруне и других местах. В общем среди разломов северо-западного простиранья в Африке выделяются два главных направления: по азимуту 325° и по азимуту 290°. Первые из них длинные, вторые—короткие.

Северо-восточные разломы. Описание северо-восточных разломов удобно начинать с о-ва Мадагаскара и продвигаться на северо-запад, в сторону Атласских гор. Остров Мадагаскар ограничен с восточной и западной стороны двумя крутыми сбросами, которые полностью совпадают с контурами береговых линий и простираются по азимутам 15 и 20°. Северо-западная часть острова обрешена разломом иного направления—по азимуту 40°, которое является главным для основной части Африканского материка. С прибрежными разломами о-ва Мадагаскара связаны интрузии и излияния базальтовых пород, залегающие в форме узких полос.

За нарушениями Мадагаскара следуют разломы Южно-Африканского Союза, Мозамбика и Сомали. Разломы в этих районах прости-

раются по азимутам 39—42°, протяженность их от 600 до 3200 км. Наиболее значителен Сомалийский разлом, протягивающийся от о-ва Сокотра (устье Аденского залива) через Могадиш и Момбасу до северной окраины оз. Ньяса. Можно предполагать, что Сомалийский разлом соединяется с разломами восточной части Родезии и Бечуаналенда (Дю Тойт, 1957), доходя до системы северо-западных разломов на р. Оранжевой. Протяженность его 5600 км. Вдоль зоны сомалийских разломов располагается большое количество мелких, возможно оперяющих, разрывов, лежащих по азимутам 10° (Танганьика) и 60—65° (Бечуаналенд и западная Африка), т. е. под углами 30—25° к основной полосе сомалийских нарушений.

Вторую полосу северо-восточных разломов составляют нарушения западного берега Анголы, нижнего течения р. Конго и большой разлом через Судан. Общая длина конголезского и суданского разломов приблизительно равно 3200 км, а общее простираие — по азимуту 41°.

Третья полоса северо-восточных разломов Африки известна в геологической литературе под названием камерунской. Разломы этой полосы начинаются на берегу Камеруна и в виде удивительно ровных нарушений по азимутам 30—35° тянутся через депрессию оз. Чад, Ливию, устье Нила и соединяются с персидскими разломами в районе Таврийских гор, образуя с последними большую дугу планетарных разломов, выпуклую на север. Имеются убедительные доказательства того, что камерунские разломы продолжают дальше в пределы Гвинейского залива, а их непосредственным продолжением является цепочка вулканических островов Фернандо-По, Принсипе, Сан Томе и Аннобон. Протяженность третьей полосы северо-восточных разломов Африканского материка 5700 км. К плоскостям камерунских разломов приурочены трещинные излияния молодых базальтовых пород, но анализ геологической карты показывает, что в полосе этих разломов лежат также удлиненные тела древних гранитоидов, вытянутые в северо-восточном направлении. Генетическая связь интрузий гранитоидной магмы с камерунскими разломами не вызывает, по-видимому, сомнения.

Четвертая полоса северо-восточных разломов материка начинается в Либерии и тянется (параллельно долине р. Нигер) через всю Сахару, доходя до Средиземного моря и соединяясь с разломами восточного берега Туниса и острова Сицилия. В среднем либерийско-тунисские разломы простираются по азимуту 40° и имеют общую протяженность до 4600 км. На территории Либерии и в области верховьев р. Нигер параллельно зонам разломов располагаются цепочки удлиненных интрузий гранитоидных пород.

Вдоль северо-западного побережья Африки проходит пятая полоса северо-восточных разломов, но здесь она не выражена так резко, как в других районах, что объясняется, вероятно, ее положением на краю материка, где наблюдается только восточная часть крупной зоны разрывных деформаций, а остальные погружены под воды Атлантического океана. Главные разломы этого направления располагаются в районе Дакар-Сен-Луи и на побережье Испанской Сахары. Меньшие по размерам разломы тянутся вдоль Марокканского побережья. В виде кулисообразных уступов они доходят до Гибралтара. Параллельно южной окраине Атласских гор проходит зона крупных разломов по азимуту 65—70°, которая совпадает с направлениями береговой линии в районе Орана и Алжира.

Между главными зонами африканских разломов северо-восточного направления располагается много мелких одиночных и групповых разрывных нарушений. Самое большое количество таких разломов обнаружено в районах восточноафриканских озер и рифтовых впадин, в бассейне р. Нил и в верховьях р. Нигер. Все разломы этой группы

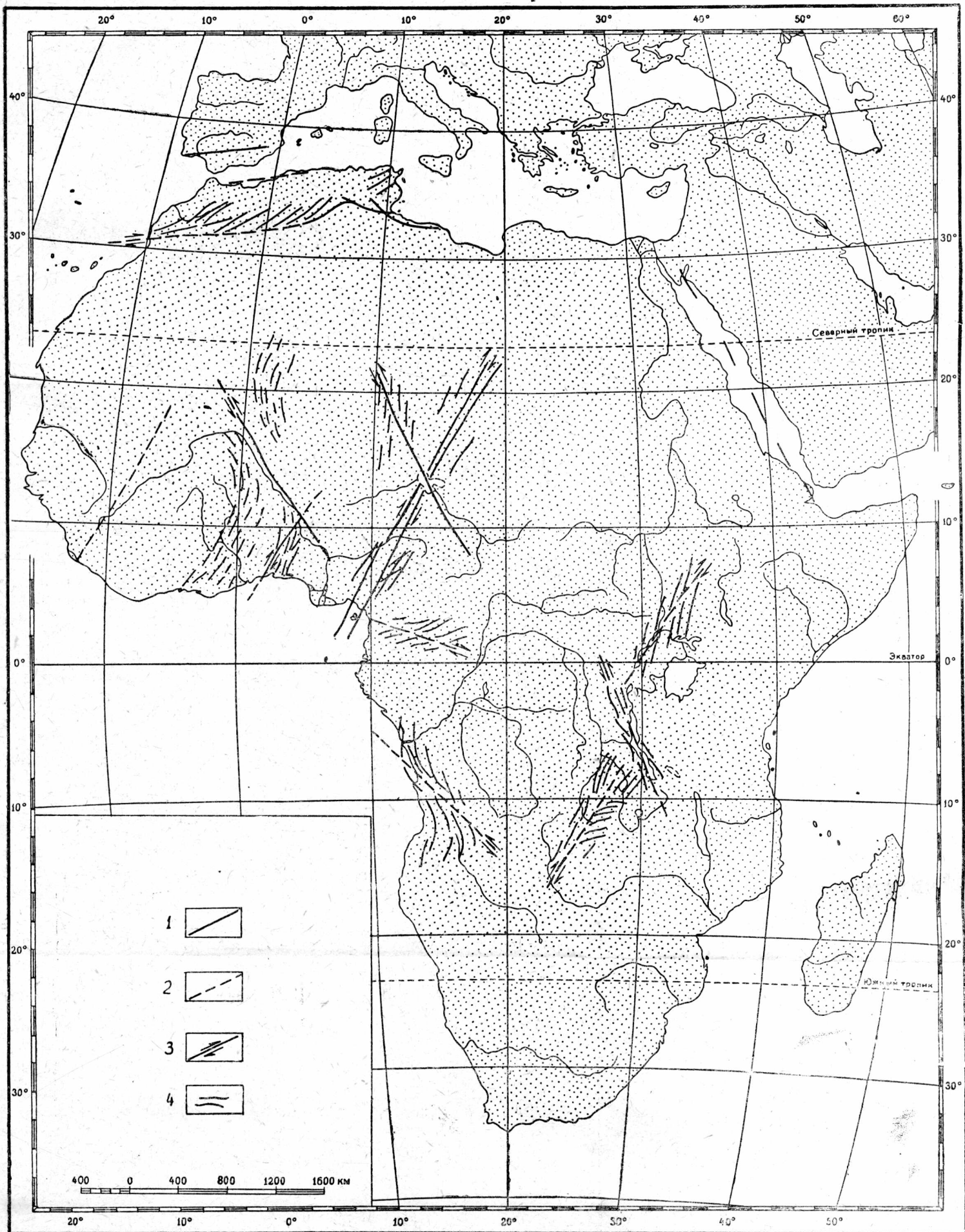


Рис. 19. Схема сдвиговых смещений вдоль основных разломов Африки.

1 — установленные разломы, 2 — предполагаемые разломы, 3 — направление сдвигов, 4 — структуры оперения (волочения) возле разломов.

лежат в строго выдержанных направлениях и простираются в основном параллельно зонам главных разрывных нарушений. Среди основных разломов северо-восточного простирания выделяются три постоянных направления: по азимуту 15—20°, по азимуту 40—45° и по азимуту 65—75°. Наиболее значительны разломы, которые тянутся по азимуту 40—45°.

На карте разломной тектоники Африки нами показаны далеко не все имеющиеся в действительности разрывные деформации этой территории. Со временем эта карта пополнится новым фактическим материалом, но положение основных структурных линий существенно не изменится.

Африканский материк рассечен двумя системами разломов на большие блоки. Преобладают формы ромбоидов и прямоугольников. Северо-восточные разломы расчленяют Африканский материк на пять удлиненных блоков, достигающих ширины 1000—1800 км; северо-западные разломы в свою очередь образуют четыре блока, ширина которых колеблется в интервале 1200—1400 км. Крупные блоки делятся на меньшие секторы, а все они вместе создают единую картину блокового строения материка.

Имеющиеся материалы по разломной тектонике Африки не позволяют судить о том, какие из двух групп разломов выражены более четко: северо-восточные или северо-западные. В первом приближении они выступают как две равноценные группы деформаций, возникающие и действующие в системе единого комплекса напряжений. Достоверных сведений о возрасте главных и второстепенных разломов Африканского материка нет, но зато ясно видно, что наблюдающиеся ныне разломы лежат в плане докембрийских и палеозойских структур, сохраняя одни и те же простирания. Отсюда можно сделать два существенных вывода: 1) совпадение направлений докембрийских, палеозойских и более молодых структур может указывать на одинаковое азимутальное положение действовавших на данной территории тектонических напряжений; 2) многие так называемые «молодые» разломы заложены, возможно, еще в докембрийское время и представляют собой многократные повторные подвижки в зонах постоянного расслабления.

Совсем слабо изучены вопросы динамики и кинематики африканских разломов, хотя для понимания их генезиса эти сведения имеют большое значение. Во всех известных нам геологических работах по Африканскому матерiku изучение разрывных деформаций ограничивается обычно нанесением на карту линий разломов без детальной характеристики морфологии нарушений и указаний, к какой категории они относятся: к сбросам или взбросам. Указание Ф. Венинг-Мейнеца (1947) о том, что все крупные разломы Земли являются плоскостями скальвания, представляется нам слишком общим и не всегда верным. Из основных положений механики и тектонофизики известно, что разрывные деформации развиваются по правилу эллипсоида деформации, в системе которого возникают две группы разрывных нарушений: трещины скальвания и трещины разрыва. В связи с этим относить все крупные разломы без разбора к типу деформаций скальвания нет никакого основания. Перед геологами в этом отношении стоит очень ответственная задача — разделить уже известные разломы отдельных регионов на деформации скальвания (сжатия) и деформации отрыва (растяжения).

На основании геологической карты Африки масштаба 1 : 10 000 000, составленной Р. Фюроном (1956), мы сделали попытку (рис. 19) определить несколько возможных направлений сдвиговых смещений вдоль разломов. В построениях были использованы такие структурные особенности, могущие указывать на направления смещений вдоль плоскостей

(или зон) разрывных нарушений: характер положения (смещения) одних и тех же структур или пластов горных пород с одной и с другой стороны разлома; положение осей складчатых структур волочения по отношению к линии разлома; направления заворотов складчатых структур возле разлома; положение оперяющих трещин и другие признаки. На основе такого структурного анализа геологической карты Африки можно выделить несколько предположительных направлений сдвиговых смещений вдоль зон основных разломов. Например, разлом, проходящий через оз. Альберт и простирающийся по азимуту 35° , имеет такие взаимоотношения с окружающими структурами. С юго-восточной и северо-западной сторон к разлому причленяются под углом 25° складчатые образования, которые могут быть приняты за складки волочения. Согласно представлениям Дж. Муди и М. Хилла (1956), острый угол между направлением оперяющих складок волочения и линией разлома колеблется в интервале $25-35^\circ$ и указывает на направление смещения данного блока нарушения. На основании такого положения, подтвержденного для многих районов Северной Америки, можно сказать, что юго-восточный блок Альбертовского разлома испытал смещение на юго-запад, а северо-западный блок двигался на северо-восток. Вся крупная дислокация оз. Альберт выступает как правый сдвиг. Такое же общее направление смещений показывает Камерунский разлом, разлом на территории Золотого берега и разлом, параллельный северо-восточному течению р. Карфуэ, в Родезии. Создается впечатление, что большинству основных северо-восточных разломов Африки являются правыми сдвигами.

Смещения по зонам северо-западных разломов лучше всего прослеживаются на примерах Нигерского, Чадского (проходящего через оз. Чад) и Ангольского разломов. Большинство разломов этого направления показывают структуры левых сдвигов, у которых юго-западные блоки смещены на юго-восток, а северо-восточные сдвинуты на северо-запад. Такие направления горизонтальных смещений по плоскостям основных разломов Африки согласуются с представлениями об эллипсоиде деформации, в системе которого северо-восточные и северо-западные зоны разломов выступают как две большие плоскости скалывания, а максимальные сжимающие усилия ориентированы по линии восток—запад.

Оз. Танганьика лежит в зоне разломов, вдоль которых участок земной коры, примыкающий к озеру с востока (территория Танганьики), сместился по отношению к участку, расположенному на территории Родезии, на северо-запад. Вся область восточноафриканских грабенов представляет собой не зону единого меридионального разлома, как это принято считать, а полосу пересекающихся разрывов северо-восточного и северо-западного направлений, в системе которой более приоткрыты (растянутыми) оказались северо-восточные нарушения. В участках растяжений создавались условия для опускания блоков и возникновения на их месте рифтовых впадин и озер, ориентированных в основном на северо-восток.

О связи магматизма с африканскими разломами имеется мало сведений. На карте Р. Фюрона (1956) и других исследователей наблюдается, хотя и недостаточно четкая, но явно прямая связь между направлениями крупных разломов материка и положением магматических образований. Магматические тела Африки располагаются в большинстве случаев параллельно зонам крупных разрывных нарушений. Особенно заметна связь магматических образований с разломами северо-восточного направления. Среди них можно указать на мадагаскарские, камерунские, верхненигерские и другие полосы магматических пород.

Для Австралии характерен рельеф равнин и холмистых возвышенностей. В структурном отношении вся территория Австралии делится на две части: западную и восточную. Западная и центральная части образуют Австралийский щит, восточная представлена складчатыми структурами палеозойского и более молодого возраста. Площадь щита сложена архейскими и нижнепротерозойскими гнейсами, ортогнейсами и гранитами, которые перекрыты широко развитыми сланцами верхнепротерозойского возраста. Во взаимоотношениях между гнейсами и сланцами наблюдается следующая особенность. Архейские и нижнепротерозойские гнейсы и ортогнейсы разбиты системами разломов на блоки, а верхнепротерозойские конгломераты, песчаники и сланцы покрывают их в форме пологих складок антиклинального и синклинального строения, не обнаруживая при этом существенных разрывных деформаций. На границах между архейскими блоками верхнепротерозойские породы подверглись интенсивным складчатым деформациям с образованием складок волочения, моноклинальных флексур и даже горных хребтов.

Е. Хиллс (1960) пишет, что наблюдателя поражают именно размеры этих структур, а также вся система опущенных и приподнятых глыб, разломов и окраинных хребтов, которые определяют направление речного стока и особенности рельефа платформенной части материка (стр. 226).

Особенностью Австралийского щита является также отсутствие на нем верхнепротерозойских и более молодых гранитов, что отличает его от складчатой зоны Восточной Австралии, где широко распространены гранитные интрузии различного возраста — от верхнепротерозойских до меловых.

По наблюдениям Е. Хиллса (1956), вулканическая деятельность на Австралийском щите практически прекратилась со времени излияния нижнекембрийских базальтов. Подобно Г. Клоосу (1937), Е. Хиллс (1946) также выделяет на территории Австралийского щита две основные структуры: регионы концентрических образований, являющиеся жесткими ядрами щита, и длинные пояса извилистых структур, лежащие на окраине ядер и представляющие собой подвижные зоны (рис. 20).

Среди концентрических структур Австралии выделяются: ядро Нулларбор, расположенное на площади Большого Австралийского залива и только своей северной частью заходящее на материк; ядро Илгарн, тянущееся вдоль юго-западного побережья Австралии; ядро Пильбара, расположенное на западной окраине материка и, вероятно, являющееся северным продолжением ядра Илгарн, но отделенное от последнего в верхнепротерозойское и нижнепалеозойское время; ядро Кимберлей, лежащее на северо-западной окраине материка; ядро Стуртиан, расположенное в северной части Австралии, и ядро Карпентария, совпадающее с контурами залива Карпентария. Контурные докембрийских ядер показаны на карте Е. Хиллса линиями простирающихся архейских и нижнепротерозойских пород. Если контуры австралийских древних ядер рассматривать с точки зрения наших представлений о том, что направления основных региональных структур совпадают с направлениями тектонических линий, то в очертаниях ядер можно выделить два преобладающих направления: северо-восточное и северо-западное. Наиболее четко эти направления видны на примере ядер Илгарн, Нулларбор и Карпентария.

По общей структурно-геологической ситуации Австралийского материка можно предполагать, что на площади его восточной части также когда-то располагалась глыба докембрийского ядра (средин-

ный массив), раздробленная и переработанная тектоническими движениями палеозойского и мезозойского времени.

Между ядрами Е. Хиллс и Т. Эджеворт выделили только две подвижные зоны: западную и центральную геосинклинальные области. В действительности их больше и они окаймляют жесткие ядра со всех сторон. При этом различаются докембрийские и послекембрийские ядра и подвижные пояса. В палеозойское время архейские ядра и верхне-

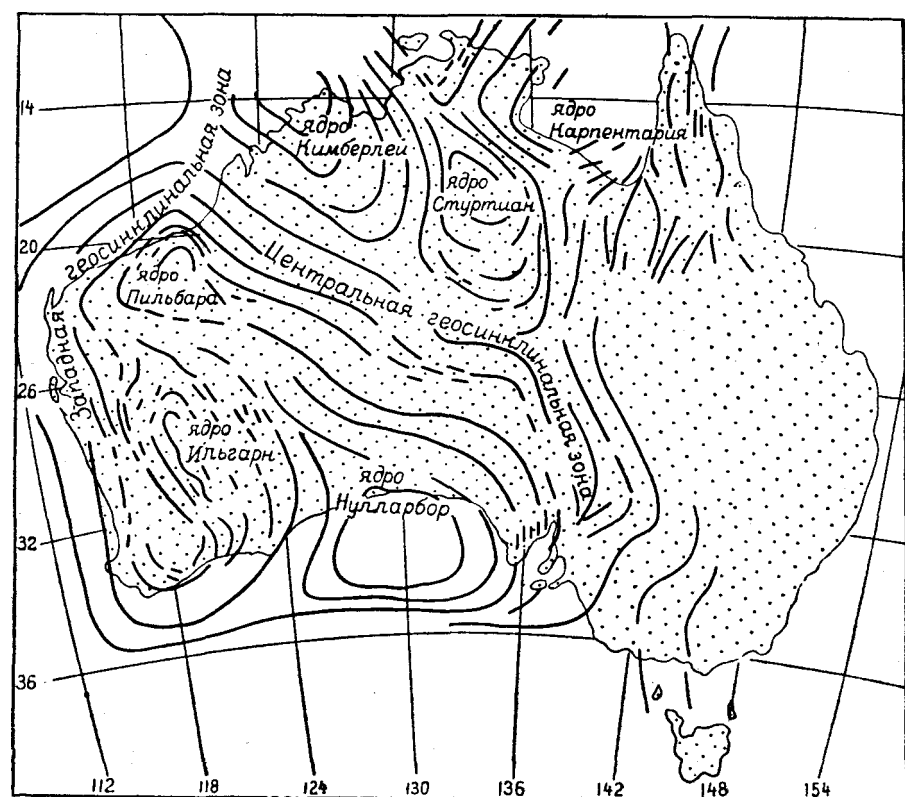


Рис. 20. Докембрийские стабильные ядра Австралии (по Е. Хиллсу, 1946). Сплошными и пунктирными линиями показаны простирания докембрийских пород.

протерозойские пояса объединились в единую жесткую глыбу Австралийского щита и играли роль большого ядра по отношению к подвижным зонам палеозойского и мезозойского возраста. В современном очертании Австралии сохранилась только часть палеозойской подвижной зоны, расположенная вдоль восточного побережья.

На картах Т. Эджеворта (1950) докембрийские структуры Австралии располагаются по нескольким основным направлениям, которые делятся на северо-восточные и северо-западные. Нижнедокембрийские структуры простираются по азимутам: 43, 73 и 315°, а верхнедокембрийские — по азимутам: 20, 47, 72, 312 и 334°, т. е. их простирания совпадают и свидетельствуют об унаследованности структурного плана данного участка земной коры.

На карте разломной тектоники Австралии (рис. 21) выделяются две основные группы структур: 1) древние структуры и разломы и 2) молодые структуры и разломы. Каждая группа структур состоит из двух взаимно-перпендикулярных направлений. Группа древних структур сдвинута по отношению к линиям молодых разломов примерно на

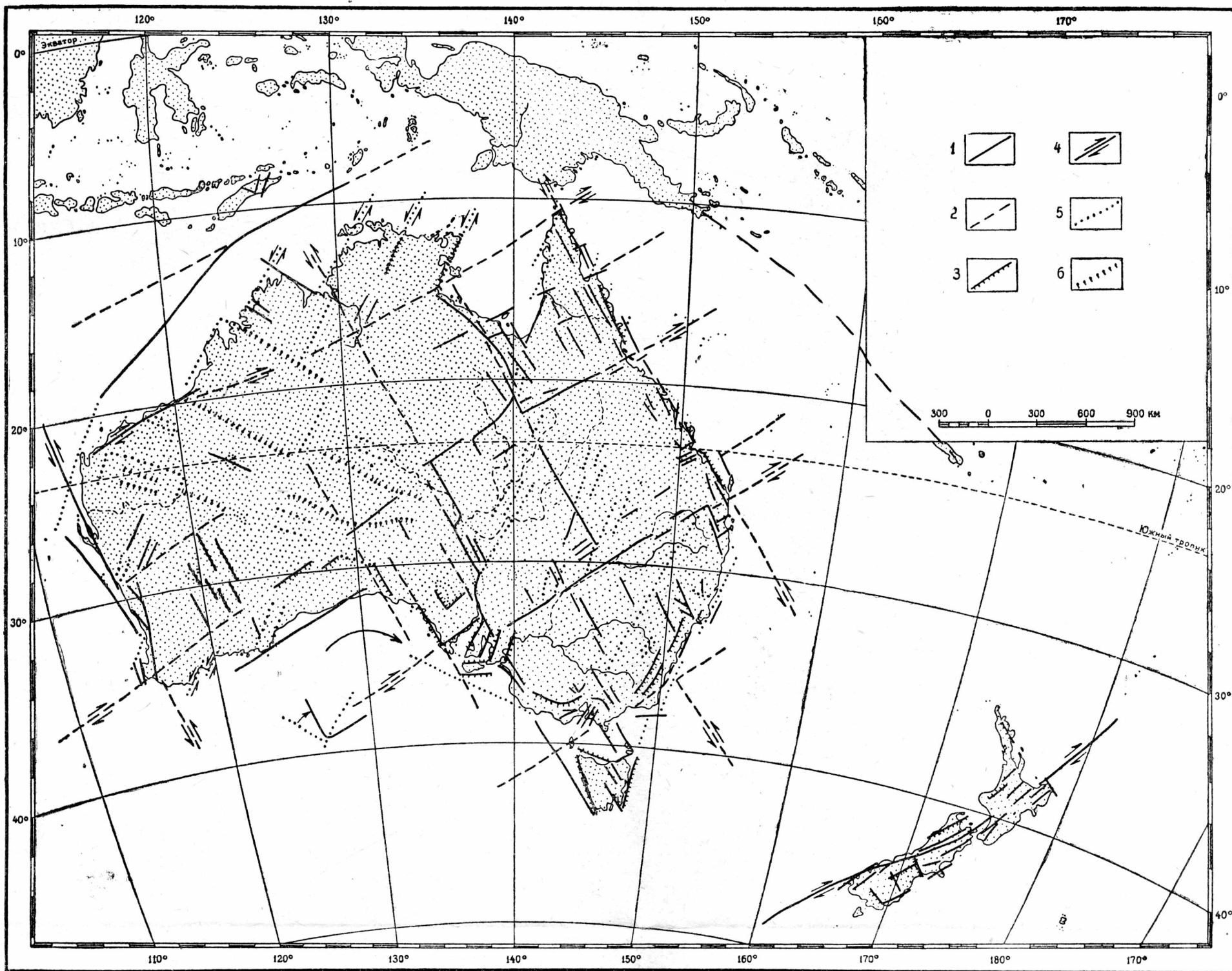


Рис. 21. Карта разломных структур Австралии (по Е. Хиллсу, 1956, с дополнениями).

1 — установленные разломы, 2 — предполагаемые разломы, 3 — сбросы, 4 — направление сдвигов, 5 — молодые структуры и разломы, 6 — молодые сбросы.

30—35° в направлении вращения часовой стрелки. Этим австралийские структуры отличаются от африканских, где молодые структуры и разломы в общих чертах совпадают с древними структурными направлениями кристаллического фундамента.

Разделяя австралийские структуры на древние и молодые, мы стремились показать не то, что одни из них образовывались давно, а другие недавно. Среди древних структур, и особенно разломов, имеется много таких, которые появились еще в докембрии и продолжают свое развитие в настоящее время. Примерами таких структур является разрыв Маклефорд протяженностью до 40 миль (≈ 72 км), сброс Дарлинг (юго-западный край Австралии) и др. Основное отличие древних структур от молодых, показанных на карте, состоит в различной пространственной ориентировке. Молодые разломы располагаются косо по отношению к линиям древних структур; они не совпадают со структурными направлениями нижележащих горизонтов и лишены свойств унаследованности.

По вопросу происхождения древних и молодых разломных структур Австралии можно высказать два предположения: 1) молодые разломы являются разрывами скальвания второго порядка возле древних разломов, 2) молодые разломы представляют собой совершенно самостоятельную систему разрывных деформаций земной коры. Исходя из структурных условий Африки, можно считать, что молодые разломы — это всего лишь трещины оперения возле более крупных разломов общепланетарного значения. Но, с другой стороны, сильная выраженность молодых разломов Австралии превращает их до некоторой степени в самостоятельную систему планетарных деформаций.

Древние линеаменты Австралии сильнее выражены в структуре и морфологии материка. В плане они разделяются на две взаимно-перпендикулярные системы северо-восточного и северо-западного направления. Разломы северо-восточного направления простираются по азимуту 55—60° и делят территорию Австралии на четыре блока шириной 750—1000 км. Общая протяженность разломов этого направления достигает 3600 км, и есть все основания считать, что они продолжают дальше в пределы океанов. Всего выделяется четыре зоны разломов северо-восточного простираения. К этому же направлению относится широко известный Ново-Зеландский разлом-сдвиг.

Разломы северо-западного направления простираются по азимутам 325—330° и группируются в шесть зон, каждая из которых тянется через всю территорию Австралии. Длина северо-западных разломов около 1800—3000 км. Разломы северо-восточного и северо-западного направлений делят площадь Австралии на удивительно правильные секторы прямоугольной формы, которые четко выступают в современном рельефе материка. В общем плане площадь Австралии имеет вид решетчатой тектонической структуры.

По мнению Е. Хиллса (1960, стр. 233), осадочные бассейны Австралии (рис. 22) «обрамлены» линеаментами, как это видно на примере бассейна Муррей, Большого Артезианского бассейна, бассейна Большой песчаной пустыни и, в меньшей степени, на примере бассейна Юк-лы. На тектонической карте Австралии эти разломы обычно не показываются, но их существование не вызывает сомнения. Уже сама прямоугольная конфигурация осадочных бассейнов является доказательством наличия бортовых разломов, скрытых под осадочными породами.

Крупными разломами ограничены также плато Кимберли, Арнхемленд, восточный край Австралийского щита и другие структуры. Выясняется, что и складчатые пояса Австралии, несмотря на их дугообразную форму, не являются плавными дугами, а представляют собой пересечения линейных структур большой протяженности, о чем еще в

1938 г. писал Р. Зондер, анализируя внутреннюю структуру Альп и Карпат.

Движения по зонам главных разломов Австралии носили, вероятно, строго определенный характер. Уступ Дарлинг является, по мнению местных геологов, сбросо-сдвигом, потому что западный блок испытал значительное опускание. Многие разрывы Восточного нагорья

обусловлены искривлениями по долготе и широте. В действительности для каждой точки поверхности Земли, если она показана на карте не в смещенной проекции, сетка Венинг-Мейнеца дает два основных направления: меридиональное и широтное. При таком понимании сетки Венинг-Мейнеца нельзя говорить о неопровержимом (Е. Хиллс, 1960, стр. 237) совпадении ее линий с направлениями австралийских разломов. В действительности главные разломы Австралии не совпадают с сеткой Венинг-Мейнеца, так как разломы располагаются по северо-восточному и северо-западному направлениям, а линии сетки тянутся вдоль меридианов и параллелей.

Нами предпринята попытка определить хотя бы в самых общих чертах структурно-динамические условия австралийских разломов. Из-за отсутствия детальных материалов геологических карт, освещающих строение разломов и направления смещений вдоль их плоскостей, для построения взяты разрозненные геологические явления общего характера. На восточной окраине Австралийского щита, т. е. на его границе со складчатыми структурами нагорья наблюдаются колеччатые выступы контакта докембрийских кристаллических пород, причем изгибы таковы, что при прослеживании края щита с севера на юг каждая южная часть смещена на запад. А так как колеччатые изгибы контактов кристаллических пород обусловлены тектоническими нарушениями, то имеющиеся в этих местах разломы северо-восточного направления могут быть правыми сдвигами. Такое же направление смещений известно вдоль Ново-Зеландского сдвига. На основании этих фактов можно предполагать, что и другие разломы северо-восточного направления являются правыми сдвигами.

Еще меньше сведений имеется о направлениях смещений разломов северо-западного простираения. Высказываются предположения, что разлом по линии уступа Дарлинг, расположенный на юго-западном побережье Австралии, является левым сбросо-сдвигом. Приняв, хотя пока и условно, что и остальные разломы северо-западного простираения представлены левыми сдвигами, мы получим вторую группу разрывных нарушений, объединяющуюся с разломами северо-восточного направления в единую систему сопряженных деформаций.

«Подобие и одновременность разломов, по крайней мере вдоль двух сопряженных направлений, расположенных друг к другу под углом, близким к прямому, — очевидно, и поэтому возникает вопрос, не являются ли все главные разломы щита если не сопряженными, то связанными общностью происхождения» (Хиллс, 1960 стр. 227). Указание Е. Хиллса о возможной общности происхождения двух сопряженных систем разломов имеет особо важное значение для расшифровки динамики и генезиса глубинных разломов земной коры.

РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ СЕВЕРНОЙ АМЕРИКИ

Северная Америка в геологическом отношении изучена гораздо лучше, чем Африка и Австралия. Особенно расширились наши представления о геологическом строении этого континента после выхода в свет сводных работ А. Ирдли (1954) и Ф. Кинга (1959).

Основной структурой Северо-Американского континента является Канадский щит, сложенный сильно дислоцированными и метаморфизованными породами докембрийского возраста. Во многих местах докембрийские породы выходят непосредственно на дневную поверхность или прикрыты тонким плащом осадков. Вопрос о положении Гренландского континентального массива пока остается открытым. Раньше его считали частью Канадского щита, но с выходом в свет работы Л. Коха



Рис. 22. Тектоническая карта Австралии (по Е. Хиллсу, 1960).

определяются как сбросы. По Е. Хиллсу (1960, стр. 235), большинство основных нарушений на площади Восточного нагорья являются взбросами. Такое мнение высказано им на том основании, что так якобы легче объяснить воздымание нагорья. Надвиговые структуры известны на площади Нового Южного Уэльса. Е. Хиллс склонен, по-видимому, отдавать предпочтение взбросам и для других площадей Австралии.

Кинематика разломов Австралии не изучена. Единственная попытка, предпринятая в этом отношении, была сделана Е. Хиллсом (1960, стр. 232), который наложил на карту главных линеаментов Австралии гипотетическую сетку Венинг-Мейнеца (1947). Хиллс пришел к выводу, что система сдвигов Венинг-Мейнеца «довольно точно соответствует многим важнейшим направлениям в Австралии и на их окружающем континентальном шельфе».

Нам кажется, что Е. Хиллс не совсем правильно воспользовался сеткой Венинг-Мейнеца для сравнения ее линий с направлениями австралийских разломов, так как контур Австралии и окружающих площадей показан на карте Е. Хиллса в прямой проекции, а линии сетки Венинг-Мейнеца на этой же карте — в косой (сдвинутой) проекции,

(1935) Гренландский массив стали выделять в самостоятельную структурную единицу.

В строении Канадского щита установлено много крупных разломов, располагающихся по двум основным направлениям: северо-восток — 45° и северо-запад — 320° . Среди них преобладают разломы северо-восточного направления, лежащие параллельно простиранию апалачских структур. Крупные разломы повторяют в общих чертах основные структурные направления метаморфических пород, хотя в литературе имеются и противоположные высказывания. Так, например, Дж. Уилсон (1948), производя замеры трещин и разрывов в породах Канадского щита, пришел к выводу об отсутствии определенной закономерности в их размещении и связи со структурным планом древних пород. Р. Зондер (1956) не соглашается с мнением Дж. Уилсона и считает, что последний не разобрался в существе вопроса. Ф. Кинг, анализируя связь контуров внутренних озер Канады и речной системы с геологическим строением территории, приходит к выводу, что «трудно избежать заключения о том, что эта часть Канадского щита была разбита разломами позднего геологического времени на блоки с почти вертикальными плоскостями, которые поднимались параллельно берегам Лабрадора и Земли Баффина, а участки озер вдоль их краев опускались» (1959, стр. 11).

В пределах внутренних равнин и понижений, или внешней части Центрального стабильного региона, докембрийские породы перекрываются палеозойскими и более молодыми осадками, лежащими почти в горизонтальном или слабо наклонном положении. Равнины и понижения располагаются в районе бассейна р. Миссисипи и ее притоков — Огайо, Миссури, Арканзас и других, которые текут в Мексиканский залив. В Канаде — это бассейны рек Нельсон и Макензи. В геоморфологическом отношении внутренние понижения представляют собой обширные континентальные равнины, лежащие в большинстве своем на уровне всего лишь нескольких десятков или сотен метров и переходящие в юго-восточном и западном направлениях в предгорное плато.

По естественным обнажениям, буровым и геофизическим материалам установлено, что кристаллический фундамент равнин и впадин того же характера и возраста, что и породы Канадского щита. Поверхность докембрийского фундамента характеризуется значительными неровностями. Среди больших поднятий выделяются такие: поднятие Сиукс в юго-восточной части Южной Дакоты, поднятие Озарк на Миссури, поднятие Лпано в Техасе, поднятия Арбакл и гор Вичита в Оклахоме и другие. На фоне крупных поднятий и понижений фундамента располагаются меньшие неровности, имеющие во многих случаях тектоническое происхождение. Пользуясь методом структурно-геоморфологического анализа (В. Г. Бондарчук, 1949), можно обнаружить, что контуры поднятий и понижений характеризуются двумя направлениями: северо-восточным и северо-западным.

Складчатые пояса Северной Америки делятся на три группы: нижнепалеозойская (вдоль восточного края Гренландии), средне- и верхнепалеозойская (вдоль южного и юго-восточного края Канадского щита), мезозойская и третичная (вдоль юго-западной и западной окраин щита). Таким образом, складчатые пояса окружают Канадский щит со всех сторон, делая его классическим примером окаймления докембрийского ядра более молодыми подвижными зонами.

Каледониды восточного края Гренландии изучены очень слабо и в настоящее время нет возможности описать их строение и выяснить основные закономерности разломной тектоники. По аналогии с другими складчатыми поясами можно только предполагать, что они надвинуты по продольным разломам в сторону Гренландского массива.

Кроме продольных надвигов в их пределах должны быть поперечные разломы северо-западного направления.

От устья р. Миссисипи до острова Нью-Фаундленд тянется складчатая система Аппалачей средне- и верхнепалеозойского возраста. Простирание системы северо-восточное по азимуту $35-40^\circ$. Внутри Аппалачи делятся на две параллельные зоны, известные под названиями осадочных и кристаллических Аппалачей, или мио- и эвгеосинклинали в понимании М. Кея (1951). От склонов Канадского щита Аппалачи отделяются крупными надвигами. Внутренние зоны Аппалачей, в свою очередь, разделены большими надвиговыми нарушениями, в системе которых юго-восточные блоки надвинуты на северо-западные.

В районе устья р. Миссисипи к Аппалачам подходит восточная ветвь другой палеозойской складчатой зоны, известной под названием системы Уачита. Ее стратиграфия и тектоника во многих отношениях напоминают строение Аппалачской системы, с той разницей, что в современном тектоорогеническом выражении система Уачита представлена в основном своими краевыми, или миогеосинклиналиными, структурами, а центральные (эвгеосинклиналиные), вероятно, погружены в пределах Мексиканских равнин. От расположенных севернее структур Арканзаса, складчатой системы Вичита и прогиба Пермского соленосного бассейна система Уачита отделяется продольными надвигами — Чоктавским, Уиндингстерским и Октавским. На западе система Уачита примыкает к Кордильерам, под которые она погружается и которыми она срезается.

Ф. Кинг (1959, стр. 69) отмечает, что вопрос структурных взаимоотношений Уачиты и Аппалачей еще окончательно не решен, хотя за последнее десятилетие достигнуты большие успехи. По данным бурения, складчатый пояс Уачиты в районе Арканзаса изгибается в юго-восточном направлении и тянется дальше в погруженном виде под осадками восточной части Мексиканской прибрежной равнины. Бурение в Алабаме показало, что аппалачские структуры сохраняют свое юго-западное простирание под отложениями Прибрежных равнин. Обе системы сходятся на меридиане Миссисипи. Но как раз в том районе, где это явление вызывает наибольший интерес, структуры уходят на большие глубины и перекрывают столь мощными отложениями Прибрежных равнин, что пока нет возможности достичь их бурением. По аналогии со структурными взаимоотношениями Уачиты и Вичиты Ф. Кинг считает, что на стыке Уачиты и Аппалачей также располагается зона тектонических нарушений.

Подтверждением тектонических контактов между системой Уачита и Кордильерами могут быть такие явления: 1) пересечение обеих систем почти под прямым углом, 2) опрокидывание структур Сиерра Мадре в восточном направлении, 3) погружение структур Уачиты под Кордильеры. Возможно, что Техасский линеамент не тянется в пределы Пермского соленосного бассейна, как это показано на схеме главных линеаментов США в работе Дж. Мууди и М. Хилла (1956), а, минуя южный край плато Колорадо, поворачивает на юг и проходит на стыке структур Сиерра Мадре Ориентале и системы Уачита.

Поднятия и впадины Скалистых гор отделяются друг от друга разрывными нарушениями с очень крутыми углами падения, что создает резко выраженную блоковую тектонику. Интенсивная блоковая тектоника характерна и для Кордильер. Современная тектоорогения складчатого пояса Кордильер обусловлена, по мнению Ф. Кинга (1959, стр. 90), не прямым проявлением складчатости, надвиговых разрывов, метаморфизма и плутонизма, как в Аппалачах, а блоковой тектоникой. Все эти процессы имели место в Кордильерах, но в раннюю стадию развития. В третичное и четвертичное время первичные орогенные

структуры Кордильер были сильно переработаны и изменены разломной тектоникой. Они приобретают черты блокового строения и характеризуются интенсивным проявлением вулканизма. Большое значение имело формирование секущих разломов.

При составлении карты разломных структур Северной Америки (рис. 23) нами были сделаны некоторые обобщения, выразившиеся в экстраполяции линий главных линеаментов на юго-восток. К такому относится, например, толкование структурных взаимоотношений между Аппалачами и Уачитой и между Кордильерами и Уачитой, где показаны разделяющие их разломы. Наличием разломов объясняются также резкие изгибы и смещения складчатых структур Скалистых гор и Кордильер.

На площади Северо-Американского континента выявлено много крупных разломов, известных под названием *линеаментов*, или прямолинейных структурных направлений. На западе, в районе Кордильер, такими разломами являются: линеаменты Кёр-Д'Ален, Техасский, Уолкер-Лайн, структурное направление Харрикейн Севир, разрыв Сан-Андреас и другие.

Все указанные разломы, кроме Харрикейн Севир простираются в северо-западном направлении и делятся на две группы. Более крупные, такие как линеаменты Кёр-Д'Ален и Техасский, располагаются по азимутам 285—295°, а разломы прогиба Скалистых гор, Уолкер-Лайна и Сан-Андреас тянутся по азимуту 325° и выглядят как разрывы второго порядка по отношению к зонам больших линеаментов. Структурная линия Харрикейн Севир проходит вдоль северо-западного края плато Колорадо по азимуту 35° и повторяет направления Аппалачей и разломов Канадского щита.

Все разломные нарушения Северной Америки группируются по азимутам 35—40, 285—295 и 325° и совпадают с направлениями разломов Африки и Австралии. Отличие состоит только в том, что на площади Северной Америки большую выраженность имеют разломы северо-западного направления.

С западной стороны к Северной Америке присоединяются разломные структуры Тихого океана, где выделяется четыре или пять узких зон (Г. Менард, 1954). Зоны имеют форму дуг, выпуклых на север, и тянутся на расстоянии до 4800 км. Простираение тихоокеанских разломов в общем широтное, но с тенденцией постепенного поворота на юго-запад, что приближает их к группе разломов северо-восточного направления, располагающихся по азимуту 60—75°. Разломы Тихого океана подходят вплотную к линеаментам Северной Америки и соединяются с ними. Так, разрыв Муррей соединяется с линией линеаментов Техас, а разрывы Клариион и Клиппертон располагаются на западном продолжении мексиканских и колумбийских сдвигов. Не совсем понятно сочленение разлома Мендосино.

Обращает на себя внимание параллельность в положении тихоокеанских разрывов и выдержанность расстояний между ними, равных 800—1000 км. Другой особенностью этих структур является то, что возле побережья Северной Америки они тянутся в широтном направлении и, по мере удаления на запад, поворачивают на юго-запад, повторяя структурный план полуострова Аляски и Алеутских островов. Этим явлением дуги тихоокеанских и аляскинских структур напоминают уже наблюдавшиеся дугообразные сочленения северо-восточных и северо-западных разломов в Африке и Аравии. Возможно, что юго-западные концы субширотных калифорнийских разломов, изгибаясь, соединяются в единые полосы с северо-восточными структурами центральных областей Тихого океана.

Характер сдвиговых смещений вдоль зон разломов Северной Аме-

рики изучен несколько лучше по сравнению с другими участками. Г. Грегори (1950) наблюдал в районе структурной зоны Харрикейн Севир смещения по типу правых сдвигов. О таком же направлении смещений вдоль разломов северо-восточного направления свидетельствуют, вероятно, структуры Аппалачей, формы изгибов складок системы Вичита и Кордильер.

Группа разломов северо-западного направления может быть охарактеризована смещениями, наблюдаемыми вдоль линеаментов Техас и Кёр-Д'Ален. В зонах обоих нарушений установлены смещения по типу левых сдвигов, т. е. северо-восточные блоки у них смещены на северо-запад, а юго-западные — на юго-восток.

Вторую подгруппу разломов северо-западного простираения составляют нарушения типа Уолкер-Лайн и Сан-Андреас, для которых характерны смещения по типу правых сдвигов. Особенно хорошо изучен разрыв Сан-Андреас. В структурном отношении — это целая система разрывов, где Сан-Андреас является самым значительным. По мнению М. Хилла и Т. Диббли (1953), нарушение Сан-Андреас представляет собой крутопадающую зону разломов, состоящую из одного или нескольких параллельных разрывов. Юго-западный блок разрыва смещен на северо-запад, а северо-восточный сдвинут, соответственно, на юго-восток. Амплитуда горизонтального смещения достигает величины нескольких десятков километров. Начало формирования Сан-Андреаского разрыва относится к дотретичному времени. Повторные подвижки установлены и в настоящее время. Дж. Муди и М. Хилл (1956) определяют разрыв Сан-Андреас как один из крупнейших первичных разломов Земли, имеющих, по их мнению, главенствующее значение в механике земной коры. Мы не склонны разделять это мнение и считаем, что разрыв Сан-Андреас по величине и азимутальному направлению (335°) является скорее структурой второго порядка, расположенной на стыке линеамента Техас и разрыва Муррей. Если же судить по контурам береговых линий Тихоокеанского побережья Северной Америки, где направление разрыва Сан-Андреас совпадает с главным направлением береговой линии, то последний можно отнести к структурам первого порядка.

РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И ЮЖНОЙ АМЕРИКИ

Центральная Америка занимает тектоническую область, расположенную на стыке двух континентальных структур: Североамериканской и Южноамериканской, основными составными частями которых являются Канадский и Бразильский кристаллические щиты.

В географическом отношении область Центральной Америки включает: южную часть Мексики, Панамский перешеек, Мексиканский залив, Большие и Малые Антильские острова и северную часть Южной Америки (в пределах Венесуэлы и северной Колумбии). По существующим представлениям территория Центральной Америки представляет собой типичную геосинклиналию область в момент ее погружения. Область расположена между двумя кратогенами и характеризуется большими глубинами, мощными толщами осадков, чередованием поднятий (антиклинориев) и впадин (синклинориев), активной вулканической деятельностью и интенсивной разломной тектоникой.

Существуют два мнения о тектонической структуре Центральной Америки. Согласно А. Борну (1932), складчатость Североамериканских Кордильер проходит через полуостров Калифорния и тянется дальше на юг в пределы юго-западных провинций Мексики. На площади Гватемалы и Гондураса складчатые структуры делятся на две ветви. Одна ветвь, проходя через Коста-Рико и Панаму, тянется вдоль Панамского

перешейка и соединяется со структурами западной ветви северных Анд Южной Америки. Другая ветвь резко поворачивает на восток и уходит в пределы Мексиканского залива, соединяясь, вероятно, со складчатыми структурами Больших Антильских островов. В основе такого представления А. Борна о расположении складчатых деформаций Центральной Америки лежит предположение о существовании на месте Карибского моря погруженной жесткой глыбы, вокруг которой происходят виргации складок.

Иную точку зрения высказал Ч. Шухерт (1935), считающий, что между Северной и Южной Америкой непосредственной связи нет и что предположения А. Борна построены на незаконном соединении складчатых и вулканических структур. По мнению Ч. Шухерта, складчатые сооружения Центральной Америки образуют самостоятельную тектоническую область. Эту точку зрения разделял также А. Д. Архангельский (1947).

Совсем недавно вопрос о тектонической связи Северной и Южной Америки специально рассматривался в работе А. Дж. Ирдли (1954). На основе новейших геологических и геофизических исследований автор пришел к выводу, что между обеими Америками существует теснейшая структурная связь и взаимный переход тектонических элементов. По мнению А. Дж. Ирдли, прибрежные орогенические пояса Северной Америки в палеозойское время соединялись, вероятно, между собой и в виде единого пояса протягивались через Центральную Америку дальше на восток в районы Ямайки и Гаити. Пояс мезозойской складчатости простирался от полуострова Калифорния до районов Коста-Рико и Панамы и далее соединялся со структурами колумбийских и эквадорских Анд. А. Дж. Ирдли полностью повторяет схему А. Борна. По его представлениям, в верхнепалеозойское время Северная и Южная Америка соединялись широкой полосой стабильных континентальных структур. Мексиканский залив начал формироваться в нижнем мезозое, а бассейн Карибского моря появился в мелу. Однако детальные геофизические исследования в восточной части Карибского моря, проведенные К. Б. Офисером и другими (1957), показали, что этот участок земной коры не является погружившейся континентальной структурой. По мнению этих исследователей, карибский тип структур относится к промежуточным структурам, расположенным между континентальными и океаническими, но более близок к океаническим. В развитии Карибской области, от состояния океанических структур до современного строения, главную роль, по мнению К. Б. Офисера, играли вулканизм и интрузивная деятельность, вызывавшие принос на поверхность более легких пород и создававшие утолщения коры.

В области Центральной Америки особенно интенсивно развита разрывная тектоника. Основные ее характеристики изложены в работах В. Бухера (1947), Г. Г. Хесса и Дж. К. Максвелла (1953) и других. Х. Альбердинг (1957) обобщил все известные материалы по разломной тектонике Центральной Америки и составил структурно-динамическую схему. На территории Мексики и Панамского перешейка он выделяет две системы разрывов, полностью совпадающих с направлением береговых линий. Одна система располагается по азимуту 20—25°, вторая — 300°. Обе системы разрывов характеризуются в литературе как молодые сбросы. Присутствие в этих районах разрывов по азимуту 20—25° можно рассматривать как определенное дополнение к плану разрывных деформаций Северной Америки, где подобные нарушения выражены слабее.

В области Больших Антильских островов обнаружена система широтных сдвигов, самыми большими среди которых являются два сближенных разрыва вдоль параллели 20°. На восточной окраине о-ва



Рис. 23. Карта разломных структур Северной Америки.

1 — линеament Аляски, 2 — линеament Пис-Ривер, 3 — линеament Кер-Д'Ален, 4 — линеament Техас, 5 — предполагаемый разлом Ред-Ривер, 6 — линеament Уолкер Лайн, 7 — структурное направление Харрикейн Севир.

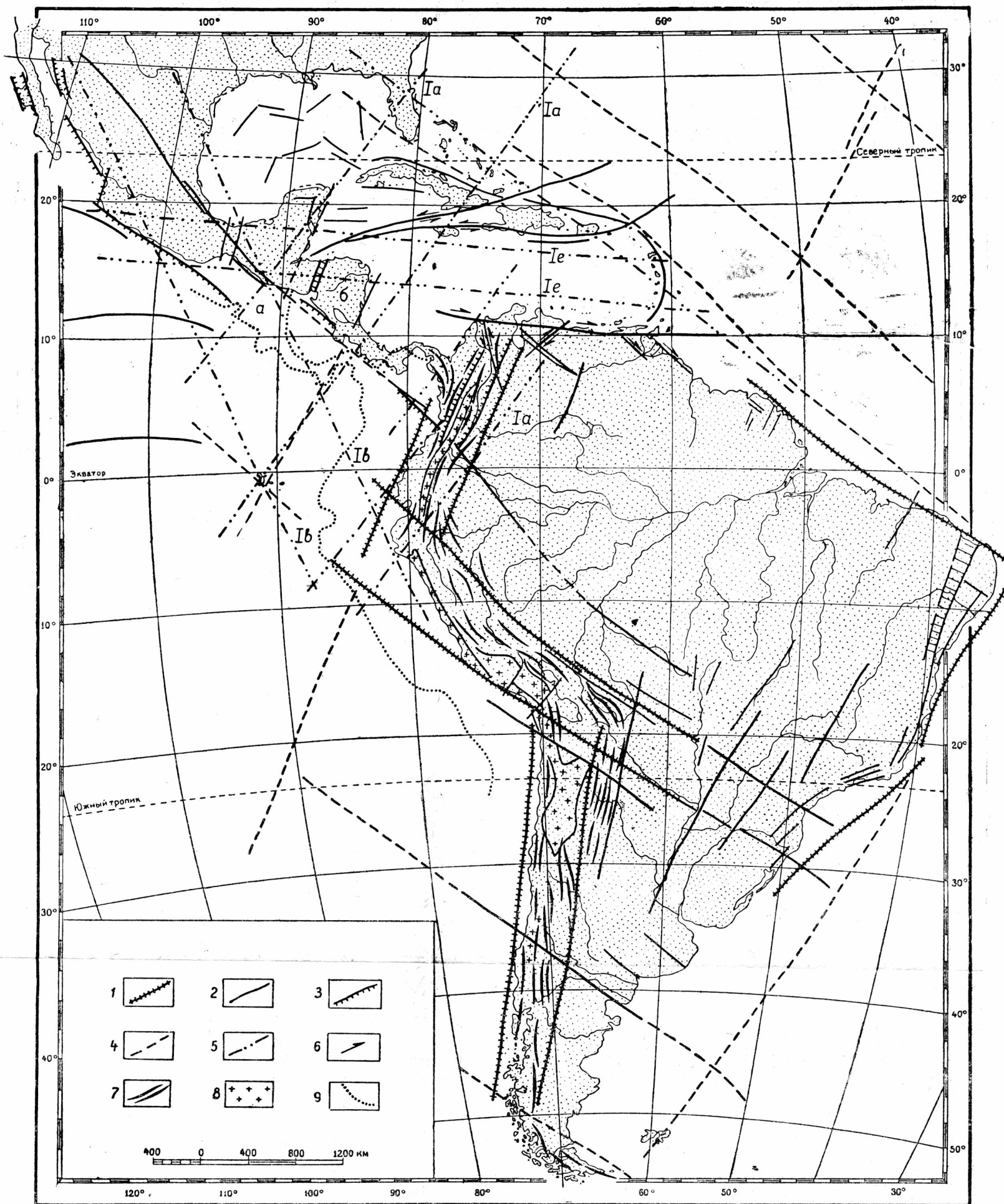


Рис. 24. Карта разломных структур Центральной и Южной Америки.

1 — геофрактуры (по Г. Граберту, 1959), 2 — установленные разломы, 3 — сбросы, 4 — предполагаемые разломы, 5 — направления разломов Центральной Америки, по Р. Зондери, 1956, 6 — направление сдвиговых смещений, 7 — простирание складок, 8 — мезозойские гранитоиды и кайнозойские эффузивы, 9 — бывшее положение Панамского перешейка до смещения вдоль Антильских разломов.

Гаити и о-ва Пуэрто-Рико сдвиги поворачивают на северо-восток по азимуту 70°. В окрестностях о-ва Ямайка они поворачивают на юго-запад по азимуту 250°. В такой конфигурации антильские разрывы могут представляться как промежуточные изгибы разломов северо-восточного направления. Общая протяженность антильских деформаций в известном интервале составляет 3200 км.

Г. Хесс и Дж. Максвелл (1953) полагают, что по зонам антильских сдвигов часть Центральной Америки, занимаемая в настоящее время Гондурасом и Никарагуа, продвинулась на восток, на расстояние до 420 км. В этом же направлении сместился о-в Ямайка, южная часть Гаити, Малые Антильские острова и северные части Колумбии и Венесуэлы.

Вдоль северного побережья Южной Америки располагается зона смещений Эль Пилар. Разрыв Эль Пилар начинается в районе Гоахира и тянется через Фалькон к о-ву Тринидад по азимуту 285°. Общая длина разрыва на карте Х. Альбердинга (1957) около 2000 км. Наличие разрыва Эль Пилар устанавливается по смещению одинаковых пород, расположенных с противоположных сторон нарушения. Предполагается, что участки развития меловых метаморфических и изверженных пород, лежащие на полуостровах Ария и Пария, северном хребте о-ва Тринидад и островах Тобаго и Маргарита, находились до смещения на 475 км западнее по отношению к их современному положению.

С южной стороны к разрыву Эль Пилар причисляются меньшие разрывы второго порядка: Большой разрыв Колумбии, разрывы Бокконский и Лос-Байос, которые располагаются, соответственно, по азимуту 330, 45 и 315°. Сравнение разломов северной части Южной Америки с разломами Северной Америки позволяет составить следующую схему:

Северная часть Южной Америки	Азимуты	Территория Северной Америки
Эль Пилар и Антильские разломы	280—295°	Линеаменты Кёр-Д'Ален и Техасский
Бокконский разрыв	35—40°	Аппалачские надвиги
Большой разрыв Колумбии	325—330°	Сан-Андреас и Уолкер Лайн
Разрыв Лос-Байос	315°	Разрывы Сан-Франциско

Для остальной части Южной Америки характерны очень близкие направления нарушений, окаймляющих жесткие массивы и складчатые зоны. В тектоорогеническом отношении территория Южной Америки делится на две структурные единицы: Бразильский щит и зону складчатых сооружений Анд. А. Д. Архангельский (1947) считает, что по основным чертам геологического строения Южно-Американский континент напоминает Северную Америку. Главное отличие состоит в том, что Южно-Американская платформа не со всех сторон обрамляется складчатыми структурами. Основная часть Южной Америки занята огромной докембрийской платформой. Докембрийский фундамент выходит на дневную поверхность отдельными пятнами и в его структуре различаются выступы и впадины, главнейшими среди них являются Гвианский щит, Центральный Бразильский щит, Прибрежный Бразильский щит, впадина Амазонки, впадина Парнаибы, впадина Сан-Франциско и другие.

По представлениям Х. Дж. Харрингтона (1956), современная структура Южной Америки создана в основном андийскими движениями, начавшимися в сеноманское время и продолжавшимися до конца третичного периода. Хотя эти движения характерны в основном для мезозойских геосинклиналей Анд, они не были свойственны только западным

подвижным областям и проявлялись с различной интенсивностью по всему континенту. В западном складчатом поясе движения выразились в образовании и подъеме горных хребтов. За пределами геосинклинальных областей они создавали, особенно в краевых зонах континента, широко распространенные расколовые деформации и вызывали поднятия и опускания охваченных разломами участков земной коры.

Южная Америка оконтуривается разрывными деформациями северо-восточного и северо-западного простираний. Наиболее выразительно тектоническая природа контуров Южно-Американского континента показана на структурной схеме Г. Граберта (1959). Согласно представлениям этого исследователя, Южная Америка ограничена со всех сторон «геофрактурами», или крупнейшими трещинами земной коры (рис. 24). Вдоль западного и северо-западного краев Южно-Американской платформы Г. Граберт выделяет две параллельные линии геофрактур, расположенные на расстоянии 500—600 км одна от другой и совпадающие с полосой западных складчатых сооружений. Геофрактуры располагаются по направлениям: 15, 25, 45, 305 и 320°. Главнейшими из них являются 25—45 и 305—320°. Основные геофрактуры осложнены большим количеством меньших нарушений, повторяющих направления главных нарушений или расположенных секуще к ним по способу оперяющихся трещин.

На участке Французской Гвианы (рис. 25) Б. Шуберт (1956) выделил два направления нарушений: северо-восток 35—40° и северо-запад 315°. Гвианские разломы отражают положения деформаций платформенной части и свободно могут экстраполироваться на другие участки.

Блоковый характер строения имеют и другие площади платформенной части Южной Америки, что обусловлено системой пересекающихся разломов. Складчатая система Анд делится по простиранию на три ветви: Чилийскую, Перуанскую и Эквадор-Колумбийскую. Хотя в литературе нет четких указаний, но есть все основания считать, что выделенные ветви разделяются разрывными нарушениями. Одно такое нарушение, или система нарушений, располагается на границе Чили и Перу, в районе резкого поворота складчатых структур на северо-запад, второе — на границе Перу и Эквадора, где складки поворачивают на юго-восток. На площади Чили Х. Муньос Кристи (1956) выделяет только меридиональный разлом, косо секущий Береговую Кордильеру, и серию мелких поперечных разрывов, разделивших район на несколько блоков. Образование в каждом блоке своей волноприбойной террасы на берегу океана указывает на дифференциальные движения блоков.

Наиболее примечательной чертой геологического строения Южной Америки являются, по мнению У. П. Дженкса (1956), внезапные изменения простираний орографических и структурных элементов на северной и южной границах Перу. В Аргентине и Чили основные структурные направления располагаются по азимутам 10—15°. В южном Перу цепи Анд поворачивают на северо-запад по азимуту 325°. В центральном Перу простирание складок по азимуту 300° сохраняется на расстоянии более 1000 км. От северной части Перу до Эквадора среднее направление складок становится северо-восточным по азимуту 15°. В системе коленчатых поворотов складчатых структур Анд важным является не столько сам по себе факт поворотов складчатых сооружений на площадях Перу и Эквадора, сколько направления их простираний по азимутам 15, 325, 300° и опять 15—25°, которые повторяют направления глубинных структур земной коры.

Еще в 1884 г. Дарвин сделал вывод, что кратеры вулканов архипелага Галапагос размещаются в местах пересечения трещин земной коры. Дж. Э. Льюис (1956) подтвердил это мнение, показав, что в провинции Галапагос кратеры вулканов приурочены к местам пересечения

двух систем разломов: 47 и 313°. Для нас эти факты и выводы важны в том отношении, что галапагосские разломы являются, с одной стороны, деформациями океанической земной коры, и, с другой, — они убедительно близко повторяют простирания структур континентальной коры на

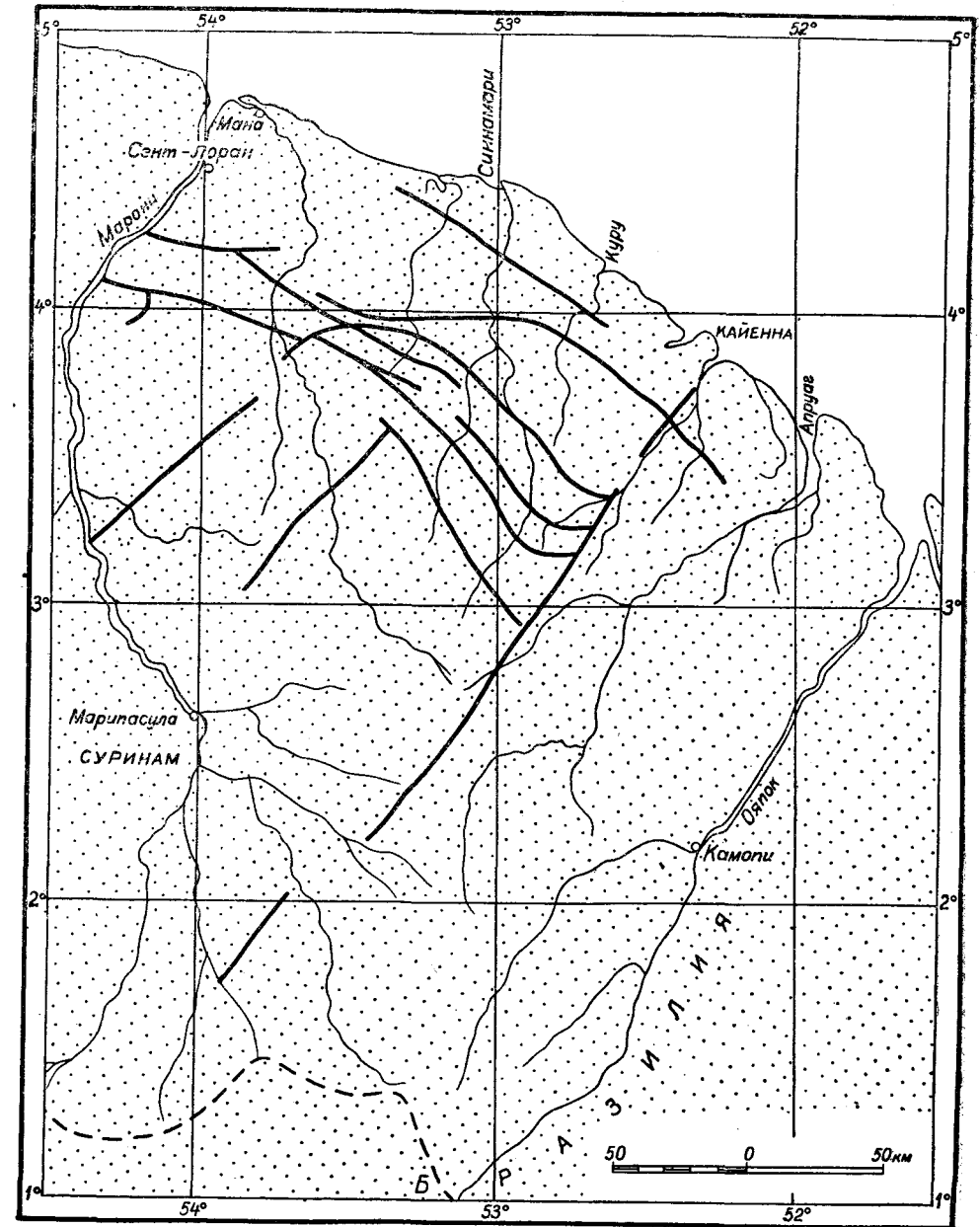


Рис. 25. Расположение разрывных нарушений на территории Французской Гвианы. (по Б. Шуберту, 1956).

площадях Северной и Южной Америки. Считать эти совпадения случайными вряд ли было бы правильным. Они, очевидно, указывают на единство плана деформаций континентальной коры на площадях Северной и Южной Америки и океанической коры в пределах океана.

В заключение краткого обзора разрывных нарушений Централь-

ной и Южной Америки следует указать на работу Р. Зондера (1936), в которой рассмотрены геотектонические структуры Средней Америки. Р. Зондер различает на этой территории несколько систем наблюдаемых и предполагаемых разрывных деформаций: 35° (I_a), 305° (I_b), 333° (I_c) и 275° (I_d). Нет, по-видимому, необходимости доказывать, что первые три системы полностью совпадают с контурами Южно-Американского континента и повторяют направления известных разломов. Четвертая группа разломов, лежащая по азимуту $275-280^\circ$, довольно точно была предугадана Р. Зондером и совпадает, как теперь известно, с зонами антильских сдвигов.

По имеющимся материалам трудно судить о распределении геодинамических напряжений на площади Центральной и Южной Америки. Направления смещений вдоль разломов еще не изучены. Однако по общей ситуации, по удивительно выдержанному положению разломов на больших площадях и по повторению азимутов их простираний можно говорить о структурном сходстве разломов Южной и Северной Америки.

Х. Альбердинг (1957) предполагает, что первоначальное напряжение сжатия на площади северных районов Южной Америки, если исходить из принципов сдвиговой тектоники Дж. Муди и М. Хилла (1956), действовало по азимуту 165° , т. е. в юго-восточном направлении. Мы не можем согласиться с таким мнением на том основании, что в построениях Х. Альбердинга главными плоскостями скалывания эллипсоида деформации приняты второстепенные разрывы, такие как разрывы Сан-Франциско и Лос-Байоса, расположенные по азимуту 315° , и разрыв Тигре в Колумбии, лежащий по азимуту 15° . Угол, созданный этими направлениями, равен всего 60° , тогда как новейшие исследования тектонофизики показывают, что угол между двумя главными трещинами скалывания в системе эллипсоида деформации значительно больше и приближается к прямому. Направление главного стресса в схеме Х. Альбердинга не согласуется также с общим распределением напряжений земной коры, создаваемых вращением планеты вокруг оси.

РАЗЛОМНЫЕ СТРУКТУРЫ ДНА ОКЕАНОВ

Воды мирового океана покрывают более 75% поверхности Земли, но материалов о рельефе и геологическом строении океанов очень мало. Еще меньше есть сведений о характере и закономерностях расположения глубинных разломов на этих площадях. В настоящее время изучаются общие вопросы геологического строения океанической земной коры: глубина залегания поверхности Мохоровичича, толщина коры, наличие или отсутствие сиалического слоя, особенности переходных зон между океанической и континентальной земной корой и др. По вопросу разломной тектоники океанов можно высказать только самые общие предположения, основанные на анализе незначительных материалов океанографических исследований и на применении методов структурно-геоморфологического анализа.

В основе наших представлений о разломной тектонике океанов лежит положение о том, что разломные деформации океанической земной коры подчиняются тем же закономерностям ориентировки и тем же причинам возникновения, что и разломы других участков литосферы. Геодинамика и направленность тектонических движений, по-видимому, общи для всей поверхности Земли. Структурно-петрографические различия участков океанической и континентальной земной коры, мощность которых составляет в среднем $1/300$ часть радиуса планеты, не

могут существенно влиять на общее распределение напряжений и деформаций Земли. В объеме всего земного шара оболочка литосферы имеет вид тонкой пленки, легко реагирующей на воздействия как внешних, так и внутренних тектонических сил. А единство сил создает единство деформаций. Известно, например, что континентальные разломы не заканчиваются у береговых линий материков, а беспрепятственно продолжают в пределы океанов.

Существующие карты поверхности дна океанов позволяют выделить на их площадях обширные платообразные поднятия и понижения и разделяющие их узкие валы (хребты). Для иллюстрации можно воспользоваться схемой хребтов и поднятий Атлантического океана (рис. 26), составленной Г. Вюстом (1939). Из схемы видно, что поверхность дна Атлантического океана гористая; на ней выделяются узкие полосы поднятий и хребтов. Хребты и поднятия располагаются по двум основным направлениям: северо-восток — $35-46^\circ$ и северо-запад — $298-306^\circ$, что полностью соответствует простираниям разломов на материках. Вторая особенность подводных структур Атлантического океана состоит в том, что они лежат на продолжении зон континентальных разломов. Это дает основание считать, что подводные поднятия и хребты приурочены к зонам крупных разломов общепланетарного масштаба, секущим как материки, так и океаны. Среди структур северо-западного направления выделяются (с севера на юг) такие поднятия и соответствующие им зоны разломов: Ньюфаундлендское, Канаренское, Конверденское, полоса Центрального поднятия, Рио-Гранде и Южноантильская дуга; среди северо-восточных — Северная полоса, поднятия Сиерра-Леоне, Гвинейское поднятие, Валфишский хребет, Капское поднятие. Отдельно стоит Южная полоса срединного Атлантического вала, располагающаяся почти по меридиональному направлению (10°) и напоминающая структуру Урала.

На периферии атлантические валы подходят вплотную к материкам и соединяются со структурами последних. Особенно выразительна связь атлантических структур с разломными зонами Африки. Подводные валы Сиерра-Леоне, Гвинейский, Валфишский и Капский располагаются на прямом продолжении гвинейских, камерунских, конголезских и южноафриканских разломов. Со стороны Южной и Северной Америки преобладают валы и поднятия северо-западного направления, которые также соединяются в единые полосы с краевыми разломами материков.

В связи с проведением обширных океанологических исследований по программе Международного Геофизического года, советскими и американскими экспедициями собраны дополнительные сведения о рельефе и строении отдельных участков Тихого океана. Г. Б. Удинцев (1960) и В. Ф. Канаев (1960) сообщили новые данные о рельефе дна западной части Тихого океана, полученные экспедицией судна «Витязь». На основании анализа эхограмм, профилей и бариметрических схем авторы пришли к таким выводам:

1) Западная половина Тихого океана имеет весьма сложный и разнообразный по формам подводный рельеф. В направлении от материка в сторону океана выделяются такие основные формы рельефа: материковая отмель, котловины краевых морей, цепи островных дуг, глубоководные желоба, океанические подводные валы (хребты), океанические котловины.

2) На внешней (океанической) стороне островных дуг располагаются крупнейшие глубоководные желоба. Их профили в большинстве случаев асимметричны, а крутые склоны располагаются чаще всего со стороны островных гряд. Склоны островных гряд имеют местами по несколько уступов и узких ступеней, что свидетельствует о наличии

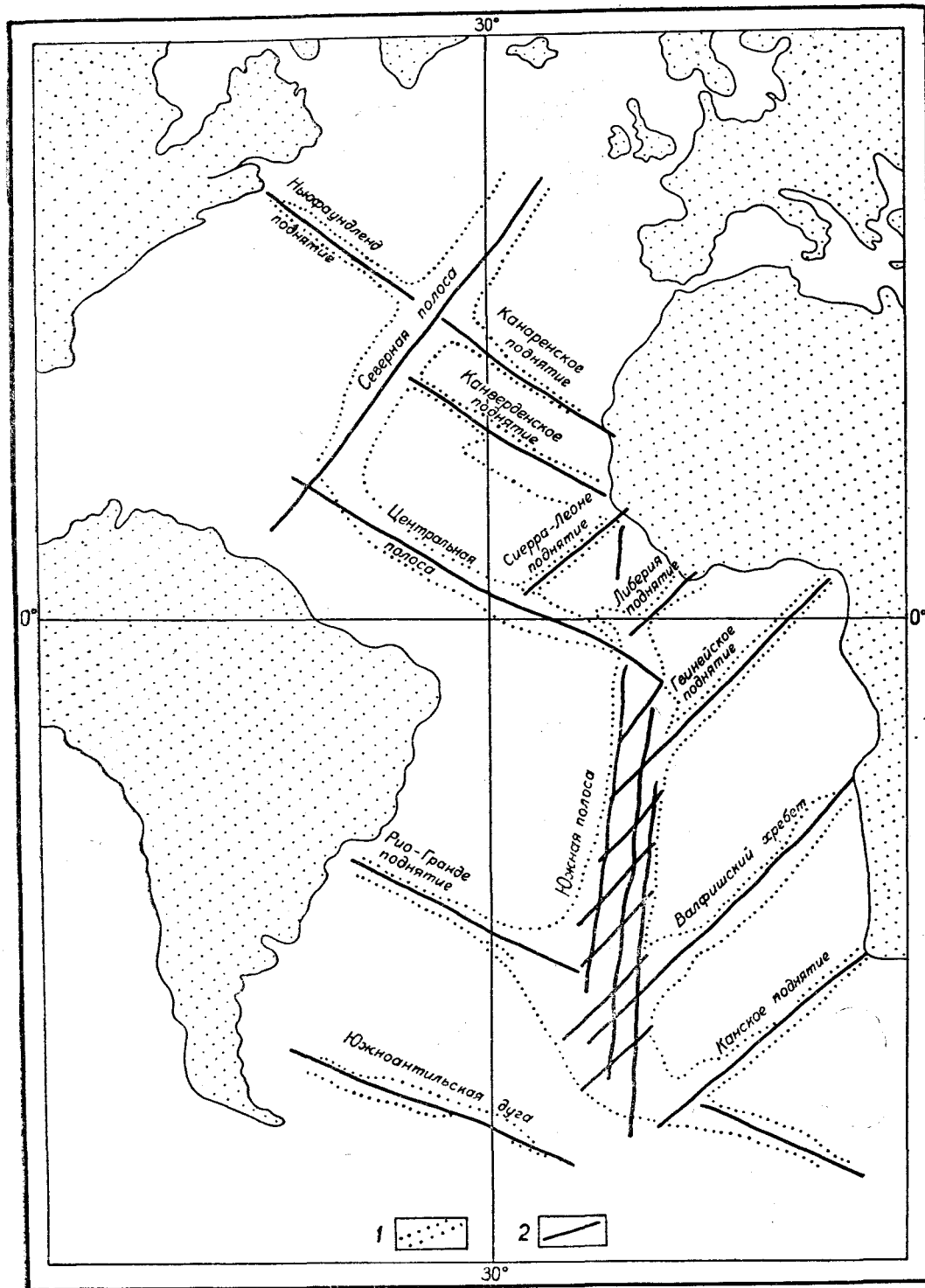


Рис. 26. Схема расположения хребтов и поднятий на площади Атлантического океана (по Г. Вюсту, 1939) и возможные положения планетарных разломов.
1 — поднятия, 2 — разломы.

системы сбросов и разломном характере строения как самих островных гряд, так и сочлененных с ними глубоководных желобов.

3) Характерной особенностью ложа западной части Тихого океана является существование краевых и внутренних валов, или массивных поднятий, с которыми связаны скопления подводных гор, хребтов и островных образований. Склоны валов ограничены в большинстве случаев сбросовыми обрывами и глубокими тектоническими трещинами, что подтверждает их разломное происхождение.

Г. Б. Удинцев (1960) так характеризует значение океанических валов: «Длительное время из-за недостатка систематических данных о глубинах открытых пространств Тихого океана отсутствовало правильное представление даже о самых крупных формах рельефа его ложа. Лишь в последние годы благодаря тому, что рядом экспедиций были получены непрерывные профили дна, удалось выявить существование широких и сравнительно невысоких, но протяженных поднятий, разделяющих ложе океана на ряд котловин... Большинство океанических островных групп и подводных систем оказались связанными с этими валами... Намечился общий план расположения океанических валов, которые охватывают огромные пространства океана и разделяют океаническое ложе на ряд более или менее обособленных котловин» (стр. 23).

Сравнение форм рельефа западной части Тихого океана со структурами Атлантики показывает их полное совпадение—такие же относительно узкие, но очень протяженные валы и заключенные между ними широкие плиты, которые Г. Д. Удинцев не совсем удачно называет «котловинами». Эти котловины похожи больше на обширные подводные равнины. Но сходны не только формы рельефа. Исследованиями последних лет установлено, что дно Атлантического океана сложено стекловатыми породами базальтового состава. Это еще больше сближает структуры обеих площадей.

Исходя из предположения, что подводные валы западной части Тихого океана тектонического происхождения, на что указывал также Г. Хесс (1948), мы показали их на карте Г. Б. Удинцева (1960) в виде зон планетарных разломов. Вместо расплывчатых полос валов на карте (рис. 27) выступили четкие линии структурных направлений западной части Тихого океана. Их основными особенностями являются прямолинейность, большая протяженность, выдержанность простираний по строго определенным направлениям и полное совпадение со структурами прибрежных областей и соседних материков.

Аналогичное строение океанической земной коры обнаружено на площади северо-восточной части Тихого океана. Г. Менард (1954) сообщил, что дно океана в этих местах нарушено крупными трещинами и разделено на блоки. Блоки сдвинуты, в результате чего образовались уступы и резкие перепады рельефа. Всего на этой площади выделено четыре крупные зоны разломов общего субширотного простирания, известные под названиями «трещина Мендосино», «трещина Муррей», «трещина Кларин» и «трещина Клиппертон». Трещины дна океана хорошо согласуются со структурами Северной Америки и с общим положением линий центральных частей Тихого океана. Линии трещин Мендосино и Муррей располагаются на северо-западном продолжении структур типа линеаментов Кёр-Д'Ален и Техас, а Кларин и Клиппертон находятся на прямом продолжении разломов Мексика, Панамского перешейка и Южной Америки. Характерной особенностью трещин северо-западной части Тихого океана является их дугообразная, выпуклая на север форма и ее совпадение с контуром береговой линии в районе Аляски. Очевидно, что в этих местах происходит сочленение структур северо-западного и северо-восточного направлений.

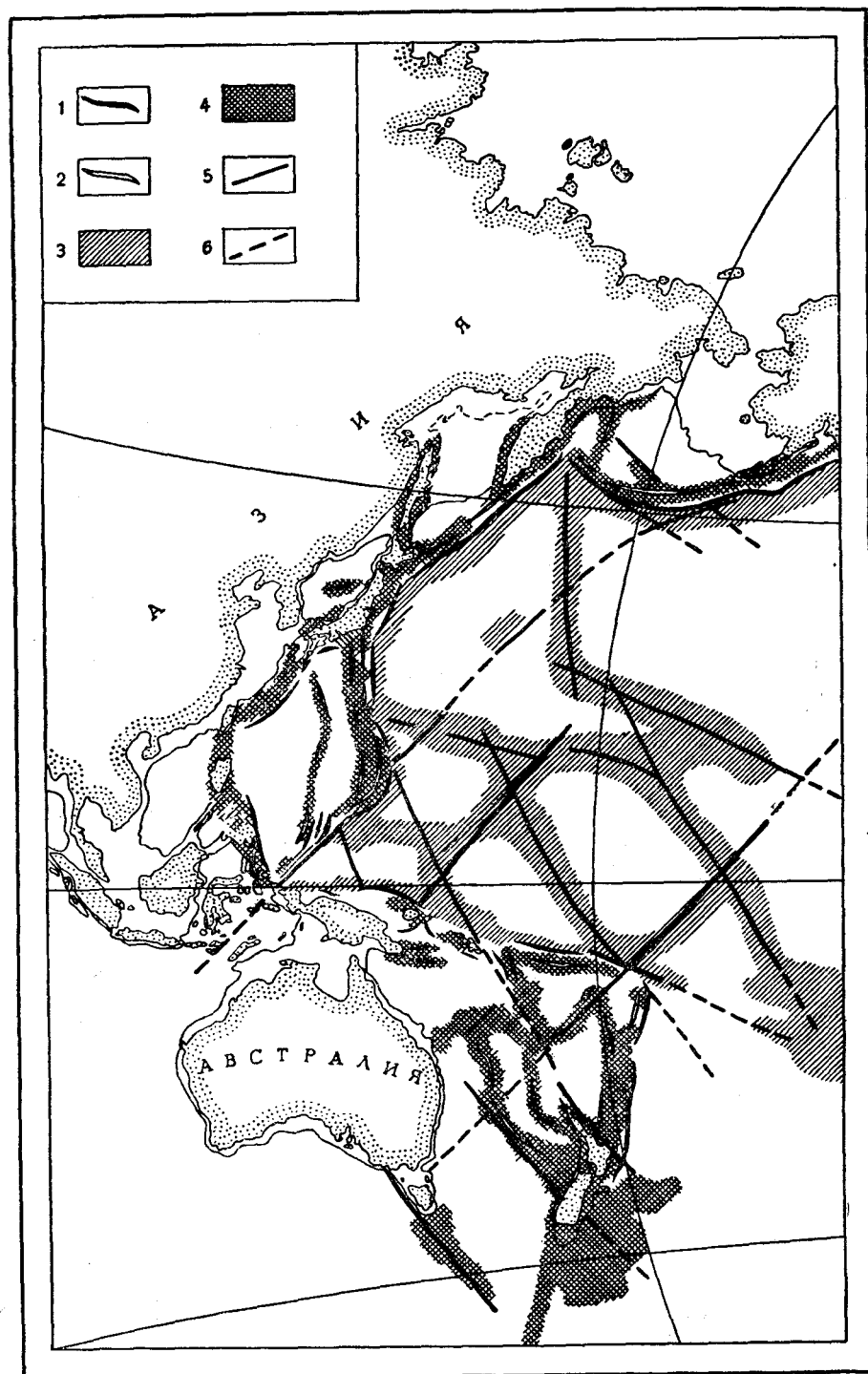


Рис. 27. Схема расположения океанических структур на площади западной части Тихого океана (по Г. Б. Удинцеву, 1960).

1 — глубоководные впадины, 2 — хребты островных гряд, 3 — океанические валы, 4 — океанические подводные хребты, 5 — предполагаемые разломы, 6 — продолжение предполагаемых разломов.

Еще меньше сведений имеется о положении разломных деформаций на площадях Индийского, Северного Ледовитого океанов и районов Антарктики. Пользуясь методом структурно-морфологического анализа, мы показали на этих участках несколько линий возможных нарушений. На площади Индийского океана они совпадают с полосами выступающих там островных гряд и контурами изолиний подводного рельефа. В пределах Северного Ледовитого океана американский геолог Е. Р. Хоуп (1959) выделил большую планетарную трещину по линии меридиана 100° , совпадающую, по его мнению, с известной полосой арктической магнитной аномалии. Свой вывод Е. Р. Хоуп пытается обосновать материалами советских исследователей В. А. Апродова, В. Н. Сакса, Я. Я. Гаккеля и других, но эти материалы не дают, по нашему мнению, оснований для выделения подобной трещины, потому что ее положение находится в противоречии с общими морфотектоническими особенностями Арктического бассейна. Хребет Ломоносова простирается по азимуту $340-345^\circ$ и пересекается линией этой трещины. Контур подводного рельефа, и особенно положение троговых желобов, позволяют выделить в области Арктического бассейна два главных направления: по линии меридиана $50-130^\circ$ и по линии меридиана $40-140^\circ$. Первые зафиксированы простираем хребта Ломоносова и системы троговых желобов в районе о-ва Принс-Патрик, вторые — направлением подводных желобов в районе северных окраин Восточно-Сибирского моря.

Таковы в общих чертах главнейшие особенности разломных структур дна океанических бассейнов. Одинаковая пространственная ориентировка основных структурных линий океанической и континентальной земной коры очевидна.

ГЛАВНЕЙШИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗЛОМОВ (ЛИНЕАМЕНТОВ) ЗЕМНОЙ КОРЫ

ОБЩЕПЛАНЕТАРНЫЙ ХАРАКТЕР ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ

На основании сводной карты разломных деформаций Земли (рис. 28) можно сделать такие предварительные заключения:

- 1) верхняя оболочка Земли — литосфера — нарушена многочисленными разломами, образующими прямоугольную сетку;
- 2) разломы имеют не местный, а общепланетарный характер;
- 3) протяженность разломов достигает сотен и тысяч километров;
- 4) разломы располагаются по строго выдержанным направлениям;
- 5) в морфологии разломов преобладают линейные структуры;
- 6) зоны разломов (305—310 и 35—40°) лежат симметрично по отношению к линиям меридианов, т. е. к линии осевого вращения земли;
- 7) существует какая-то единая (общепланетарная) причина (сила), вызывающая растрескивание земной коры.

Все геологические структуры нарушены разломами. Даже такие «монокристаллические» глыбы земной коры, как массивы и щиты, и те пронизаны множеством плоскостей разрывных деформаций. Теперь выясняется, что разломы существуют повсеместно и что трещиноватость и раздробленность земной коры являются одной из главнейших особенностей ее строения. Они есть как в подвижных, так и в консолидированных областях; пересекают все слои земной коры и опускаются в глубокие горизонты верхней мантии. Разрывные нарушения на континентах беспрепятственно продолжают в пределы океанов. Подобно тому как кусок обычной горной породы бывает нарушен тончайшими трещинами кливажа, так литосфера Земли рассечена множеством разломов.

Планетарные деформации земной коры достигают больших размеров. Они охватывают длинными поясами весь земной шар и во многих местах тянутся на несколько тысяч километров. Так, группа сомалийских разломов соединяется с пакистанскими, афганскими и среднеазиатскими разломами Памира и Тянь-Шаня, в результате чего создается единая полоса деформаций протяженностью до 9000 км. Это уже не отдельный линейный разлом или система трещин, а планетарная полоса нарушений, равная по длине 1/4 части всей окружности земного шара. Если же продолжить трассировку полосы этих деформаций дальше на северо-восток, то в районе Сибирской платформы она соединится с линией Мархинско-Катангского разлома, делящего платформу на две части: Анабарский массив и Алданский щит.

От цепочки вулканических островов Гвинейского залива до устья Нила тянется полоса камерунских разломов Африки. Подойдя к берегу Средиземного моря, камерунские разломы не заканчиваются возле береговой линии, а продолжают дальше в районы Турции и Кавказа, достигая длины 7000 км. Возможно, что на продолжении камерунско-

кавказских разломов находятся разломы-сбросы западной части Прикаспийской впадины.

В Либерии начинается новая группа северо-восточных разломов Африки, которые, пройдя через всю Сахару и бассейн Средиземного моря, соединяются с поперечными нарушениями Италии, Албании и Югославии. Общая длина либерийских разломов около 6000 км. На одной линии с разломами этой полосы лежат нарушения западного крыла Московской синеклизы, района Белого моря и западного берега Новой Земли.

В Азии одна из выразительных зон планетарных разломов находится на восточном побережье Индии, где она тянется непрерывной полосой от Цейлона до предгорий Гималаев и совпадает с положением береговой линии полуострова и направлением долины р. Брахмапутры. В предгорьях Гималаев восточноиндийские разломы не заканчиваются, а только погружаются под складчатые сооружения и, пройдя под ними, выходят снова на дневную поверхность в центральных частях Китая, в восточных районах Монголии и Забайкалья.

Полоса разломов Красного моря простирается, по мнению Р. Зондера (1938), через впадину Средиземного моря, Центральную Европу и соединяется с деформациями Исландии, образуя гигантскую зону разрывов земной коры общей длиной до 9000 км. Параллельно зоне восточноафриканских разломов, на расстоянии примерно 1100—1200 км от нее, располагается полоса разломов впадины Персидского залива и юго-западного края Русской платформы, известная в Европе под названием линии Торнквиста. Дальше на северо-восток располагается зона разломов Днепровско-Донецкого ровообразного прогиба и северного обрамления кавказских и копет-дагских складчатых структур и т. д.

Аналогичная картина наблюдается на площади западного полушария. Разломы тянутся на протяжении многих сотен километров, образуя системы, с одной стороны, взаимно-параллельных, а, с другой, — взаимно-пересекающихся зон. В Северной Америке планетарные деформации земной коры выражены структурами Аппалачей, системы Уачита, Кордильер, краевых разломов плато Колорадо и Канадского щита. Рассматривая их взаимоотношения со структурами соседних участков, видим, что они свободно соединяются в единые зоны с деформациями Атлантического и Тихого океанов и находятся в самой тесной связи со структурами Центральной Америки. Если связь структур различных регионов, в большей или меньшей степени, была известна геологам и раньше, то теперь становится более понятной структурно-геометрическая, а, следовательно, и генетическая основа этой связи, что, в конечном итоге, является решающим для понимания всего процесса геотектогенеза.

Общий рисунок разломных деформаций земной коры характеризуется линейностью отдельных зон и постоянством основных структурных направлений как в пространстве, так и во времени. Трудно сказать, какая из этих особенностей разломной тектоники Земли важнее. Если линейность структурных направлений земной коры указывает на общепланетарный характер и единство силового поля, создавшего сетку разломов, то постоянство азимутальных направлений планетарных разломов и их унаследованность во времени может быть очень веским аргументом в пользу относительного постоянства ориентировки основных векторов силового поля Земли. Вот несколько высказываний известных геологов-тектонистов по вопросу постоянства планетарных разломов Земли. Ф. Веннинг-Мейнец (1947) пишет: «Необходимо представлять себе ясно, что многие плоскости скальвания должны были существовать на протяжении значительных отрезков времени, или, возмож-

но, даже на протяжении всей истории коры... Следовательно, можно предположить, что на поверхности Земли имеет место непрерывное возобновление планетарной сети трещин».

По Клоосу (1948), значительная продолжительность существования и неоднократное возобновление активности разломов могут быть доказаны для большинства примеров, взятых из Центральной Европы.

Дж. Муди и М. Хилл (1956; русский перевод, 1960) пришли к таким выводам: «Движение вдоль многих крупных сдвигов происходит, по-видимому, более или менее непрерывно, начиная с момента их возникновения. В большинстве случаев удастся проследить развитие этих сдвигов на протяжении всего отрезка геологического времени, для которого имеются данные... По мнению авторов, возникновение системы разрывных трещин относится к периоду, когда Земля была очень молодой, и кора ее впервые развилась до степени, достаточной, чтобы противостоять сжатию» (1960, стр. 313—315).

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ РАЗЛОМОВ

В отечественной геологической литературе нет работ, специально посвященных вопросу азимутальных направлений планетарных разломов. В зарубежной литературе известны работы Р. Зондера (1938), Дж. Муди и М. Хилла (1956), в которых сделана попытка выделить главные направления разломных структур земной коры с указанием конкретных азимутов.

Р. Зондер (1938) считает, что главные системы линеаментов земной коры простираются по северо-восточному и северо-западному направлениям, а подчиненные — по меридиональному и широтному. Конкретно им выделены такие направления:

Рейнское — 20°	Антирейнское — 290° (герцинское)
Варисское — 45°	Антиварисское — 315°
Франконское — 340°	Антифранконское — 70° (рудногорское)

Таким образом, Р. Зондер выделял всего шесть основных направлений — три на северо-восток и три — на северо-запад. Примечательно также, что линеаменты, имеющие парные направления, пересекаются под прямыми углами. Обобщив материалы В. Хоббса, Ф. Веннинг-Мейнеца и Р. Зондера, Дж. Муди и М. Хилл, (1956) пришли к выводу, что в любой тектонической области Земли можно выделить по меньшей мере восемь основных направлений сдвиговых смещений в земной коре. Их характеристика сведена нами в табл. 3.

Согласно нашим материалам (рис. 28), в строении земной коры выделяются шесть основных направлений разломных деформаций, азимутальное положение которых таково:

северо-западное	северо-восточное
280—285°	10—15°
305—310° (главное)	35—45° (главное)
335—340°	65—70°

Перечисленные азимуты основных разломных линий земной коры следует понимать как усредненные направления. В связи со структурно-вещественной неоднородностью литосферы в ней возникает много отклоняющихся структурных направлений, маскирующих своим присутствием главные структуры. Явления маскировки и перемежаемости главных и второстепенных деформаций создают большие трудности для выделения основных направлений. В результате многие исследователи приходили к мнению об отсутствии всяких закономерностей в располо-

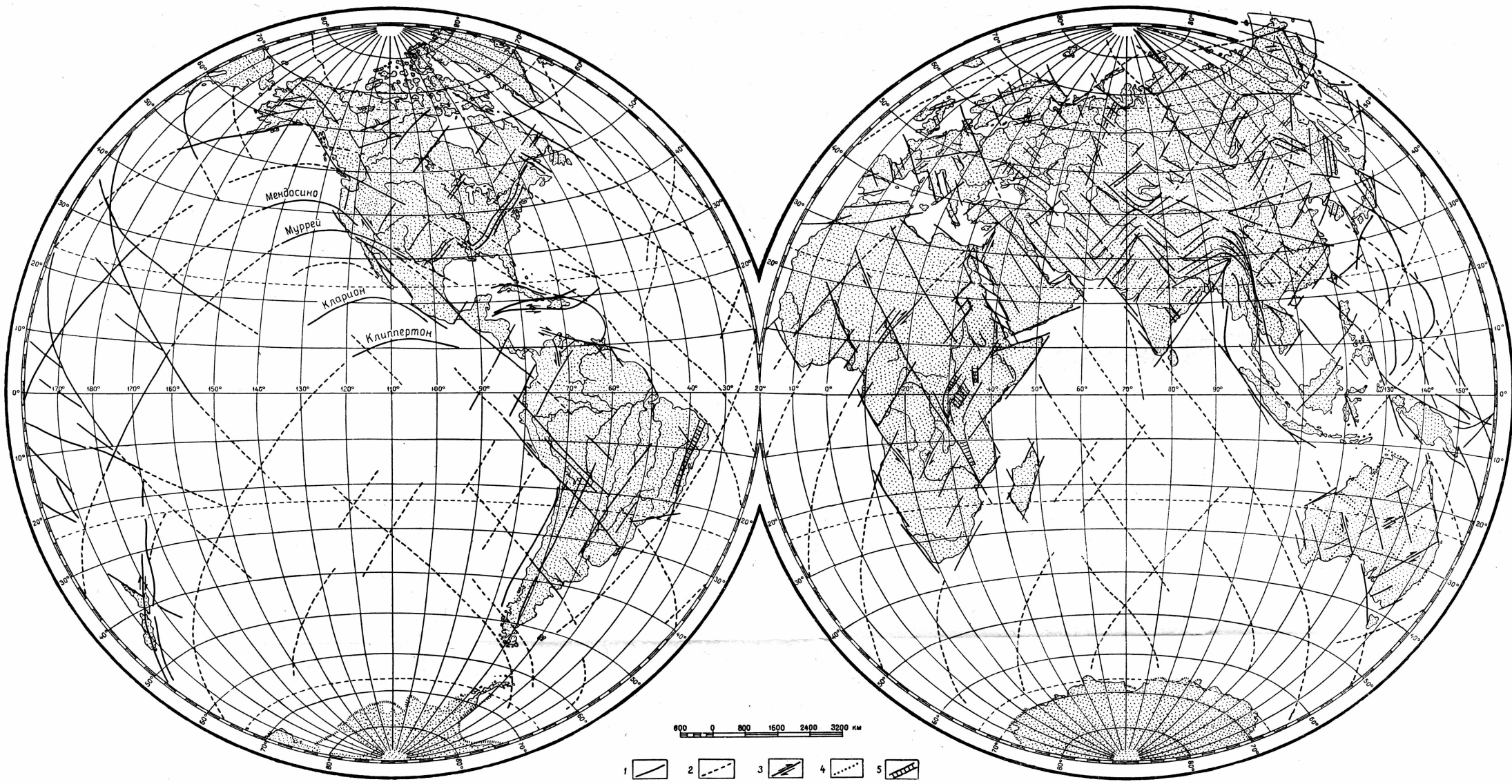


Рис. 28. Схема расположения основных разломов (линеаметов) земной коры.
 1 — разломы, 2 — предполагаемые разломы, 3 — направления сдвиговых смещений, 4 — молодые разломы Австралии, 5 — рифтовые впадины.

Основные направления сдвигов земной коры, по Дж. Муди и М. Хиллу (1956)

Наименование сдвига	Азимут сдвига	Характер сдвига
Невадийское направление (бассейн Невады)	15°	Правый сдвиг
Новозеландское направление (разрыв на Новой Зеландии)	45—60°	То же
Окское направление (разрыв Ока в Венесуэле и Колумбии). Совпадает с направлением южного берега Бискайского залива, простирается Пиренеев и южного берега о-ва Ява	270—285°	» »
Грейт-Кленское направление (Каледонский разрыв в Шотландии). Совпадает с деформациями Харрикейн-Север, впадины Рюкю, рейнских грабен, Курильских островов, долины Иордана в Палестине	15—35°	Левый сдвиг
Колумбийское направление (разрывы северной Колумбии, отделяющие Центральные Кордильеры от Сьерры-Невады де Санта-Марты). Совпадает с направлением разрывов Осло—Каттеган, Филиппинского прогиба, долины р. Оуэнс в Калифорнии и Уэст-Бэй в Иеллоустонском районе северо-западной Канады	340—345°	То же
Техасское (или Хилловское) направление. Тянется от южного Техаса до Лос-Анжелоса	285—300°	» »
Бартлеттское направление (разрывы Бартлеттского трога возле Кубы)	70°	» »
Сан-Андреасское направление (разрыв Сан-Андреас в Калифорнии)	315—330°	Правый сдвиг

жении разрывных нарушений земной коры. Обобщение материалов в общепланетарном масштабе показало, что закономерности существуют и что в их основе лежат, с одной стороны, процессы общепланетарной динамики Земли, а с другой, — процессы направленного развития вещества и структур земной коры. Теперь уже стало известно, что планетарные разломы Земли не только располагаются по определенным направлениям и лежат симметрично по отношению к линиям меридианов (оси вращения Земли), но и сохраняют эти направления с докембрийских времен.

Анализируя общий план разломов Земли, Р. Зондер пришел к выводу, «что в очертаниях континентов выделяются северо-западные и северо-восточные направления. Это обстоятельство указывает на то, что между основными формами континентов и линеамент-тектонической сеткой разрывов должна существовать глубокая связь. Основные формы континентов совпадают с главной линеаментной сеткой коры, или наоборот. Так как континенты определенно являются древними формами, то и совпадающая с этими формами сетка разломов также должна быть очень древней» (1938, стр. 206).

Относительно блокового строения кристаллического фундамента Европы и возраста основных структурных линий Г. Клоос (19486) писал так: «Обычно предполагают, что тектонические черты наших континентов моложе слагающих их деформированных пород. В течение последних двух или четырех десятилетий начали накапливаться материалы, свидетельствующие о том, что некоторые, если только не все, главные разломы или зоны разломов Европы в действительности очень древние и проявляли активность практически на протяжении всех периодов тектонической истории Земли. Это показывает, что кора Земли была расчленена на многоугольные поля или блоки значительной глубины заложения еще на ранней стадии своей истории» (стр. 101).

Дж. Муди и М. Хилл (1960) считают, что «сдвиговые тектонические системы существуют и закономерно протягиваются через крупные участки земной коры, как это было показано Хоббсом, Венинг-Мейнецем, Зондером и др. Устанавливается 8 главных сдвиговых направлений

таких как альпийский разрыв Новой Зеландии, рассматривающихся в качестве основных элементов структуры земной коры. Структурные элементы, приуроченные к этим восьми направлениям, составляют основные черты системы регматического скальвания Зондера. Система скальвания возникла, согласно авторам, в результате напряжений, которые ориентированы, по существу, меридионально и проявлялись, примерно, в одном и том же направлении на протяжении большого отрезка истории земной коры» (стр. 265).

К словам Р. Зондера, Г. Клооса и Дж. Муди необходимо добавить еще и то, — а это в конечном счете самое главное, — что постоянство азимутальной ориентировки главных структурных направлений земной коры является следствием относительной неизменности структурно-динамических условий, т. е. силового тектонического поля, на протяжении длительной, если не всей, геотектонической истории Земли. Установление этого факта имеет важное значение для понимания многих проблем геотектогенеза и некоторых спорных вопросов общей и исторической геологии.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ О ХАРАКТЕРЕ СДВИГОВЫХ СМЕЩЕНИЙ ВДОЛЬ ЗОН ПЛАНЕТАРНЫХ РАЗЛОМОВ

Сведения о направлениях смещений вдоль крупных разломов земной коры можно найти в работах Р. Зондера (1938), Г. Клооса (1948), Е. Андерсона (1951), В. Гафнера (1951), В. Кеннеди (1946) и других исследователей, но наиболее полно они собраны в работе Дж. Муди и М. Хилла (1956), на которую мы уже неоднократно ссылались. В отечественной литературе первые сообщения по этому вопросу относятся к 30-м годам настоящего столетия. Среди них выделяются в первую очередь работы А. В. Пэка (1934) и Е. А. Кузнецова (1939). В 1960 г. вышла интересная статья Г. Д. Ажгирея. В общем можно сказать, что если в отечественной литературе наблюдается некоторая недооценка (или лучше сказать: отсутствие широких обобщений в общепланетарном масштабе) вопросов геометрии планетарных разломов, то в анализе структурно-динамических условий их возникновения советские геологи значительно опередили зарубежных исследователей.

В статье «К вопросу о трещинной тектонике южного Урала» (Труды Петрографического института АН СССР, вып. 6, 1934) А. В. Пэк намного превосходил теоретические построения и выводы английского геолога Е. М. Андерсона, изложенные в его работе «Динамика образования разрывов» (1942, 1951). Анализируя систему габбровых даек в Златоустовском районе (р. Сатка), А. В. Пэк пишет, что если принять для Уральской складчатости направление сил широтное, а смещение масс с востока на запад, то при этом окажется, что тектоническая зона района образована сдвигом. Для района Златоуста А. В. Пэк исходит из предположения, что большая ось эллипсоида деформации располагается перпендикулярно к оси складчатости, и поэтому трещины скальвания лежат в этом районе параллельно осям складок и под углом 45° к горизонту. Автор высказывает мнение, что короткая ось эллипсоида деформации располагается в подавляющем большинстве случаев перпендикулярно к направлению простирания складок, а длинная ось может быть либо параллельной, либо перпендикулярной (вертикальной) по отношению к линиям складчатых структур.

В указанной работе А. В. Пэка рассмотрены два случая ориентировки эллипсоида деформации: большая ось перпендикулярна к линиям складчатости и большая ось параллельна складчатости. В первом случае большая ось перпендикулярна к направлениям складок, т. е.

когда эллипсоид стоит вертикально и его короткая ось перпендикулярна складкам, а средняя параллельна им, разрывы скальвания располагаются параллельно осям складок и лежат под углом 45° к плоскости горизонта. В этом случае образуются надвиги. Во втором случае, когда большая ось параллельна, а средняя вертикальна, возникают сдвиги, потому что плоскости скальвания располагаются вертикально к горизонту и диагонально к линиям складок. Из всего этого видно, что в основу своих теоретических построений А. В. Пэк положил метод ориентировки эллипсоида деформации и с успехом применил его на практике.

Известный в зарубежной геологической литературе «принцип Андерсона» формулируется так: «Под областью, которая по характеру своего рельефа не является альпийской, одно главное направление напряжений в общем примерно вертикально, а два других почти горизонтальны». На основании такой ориентировки эллипсоида напряжений выделяются три основных типа деформаций: надвиги, когда большая ось эллипсоида напряжений горизонтальна, а малая вертикальна; сбросы, когда большая ось эллипсоида напряжений вертикальна, а малая горизонтальна; сдвиги, когда большая и малая оси — горизонтальны. Эти положения ориентировки эллипсоида были выделены А. В. Пэком значительно раньше, поэтому так называемый «принцип Андерсона» является фактически принципом Пэка. Разница состоит только в том, что А. В. Пэк пользовался понятием «эллипсоид деформации», а Е. Андерсон (1942, 1951) — понятием «эллипсоид напряжений».

Как уже упоминалось при характеристике деформаций Уральской складчатой области, в 1939 г. Е. А. Кузнецов выделил в районе Среднего Урала крупное разрывное нарушение, расположенное по азимуту 343° и имеющее амплитуду горизонтального смещения около 80 км. Это было, по существу, одно из первых сообщений в мировой геологической литературе о столь крупном сдвиговом смещении, подтвержденном достоверными геологическими материалами.

В 1948 г. в журнале «Геологише Рундшау» (т. 35, вып. 2) был помещен краткий реферат Г. Клооса на работу В. Кеннеди (1946) «Грейт-Кленский разлом в Шотландии». Г. Клоос отмечает большую величину горизонтального смещения вдоль разрыва Грейт-Клен, достигающую около 117 км, и подчеркивает важность выполненной В. Кеннеди работы. В этом же номере журнала помещено краткое сообщение С. Бубнова о работе Е. А. Кузнецова (1939) и дана краткая характеристика закартированного им крупного горизонтального сдвига на Урале. Это показывает, что работа В. Кеннеди (1946) имела предшественников, хотя Г. Клоос и не считал нужным упомянуть об этом. С. Бубнов, помещая свое сообщение о Е. А. Кузнецове вслед за рефератом Г. Клооса, имел, очевидно, в виду необходимость исправления этой исторической неточности.

Позже Х. Альбердинг (1957) описал крупные сдвиговые перемещения в северных районах Южной Америки, горизонтальная амплитуда смещения которых достигает более 400 км. Это, конечно, еще не дрейфовые перемещения материков, но уже довольно значительные горизонтальные смещения отдельных блоков земной коры, хотя имеются большие сомнения в достоверности этих сведений.

Все это случаи отдельных частных смещений по плоскостям планетарных разломов земной коры. А как же выглядит кинематика всех разломов вместе взятых? Ведь если имеется общепланетарная сетка разломов, то должна быть и общепланетарная схема тектонических смещений вдоль их плоскостей.

Одну из попыток составления схемы сдвиговых смещений земной коры представляет работа Дж. Муди и М. Хилла (1956) под названием «Сдвиговая тектоника» (русский перевод работы помещен в сборнике

«Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, 1960). Сгруппировав все известные направления, авторы выделили (рис. 29) четыре правых и четыре левых сдвига. Динамическое условие Дж. Муди и М. Хилла состоит в том, что главная сжимающая сила действует в направлении с севера на юг.

Разломы-сдвиги располагаются веерообразно и симметрично по отношению к линии меридиана; при этом каждому разлому с западной стороны соответствует одинаковый по величине угол разлом с восточной стороны. Отличие состоит только в направлениях смещений.

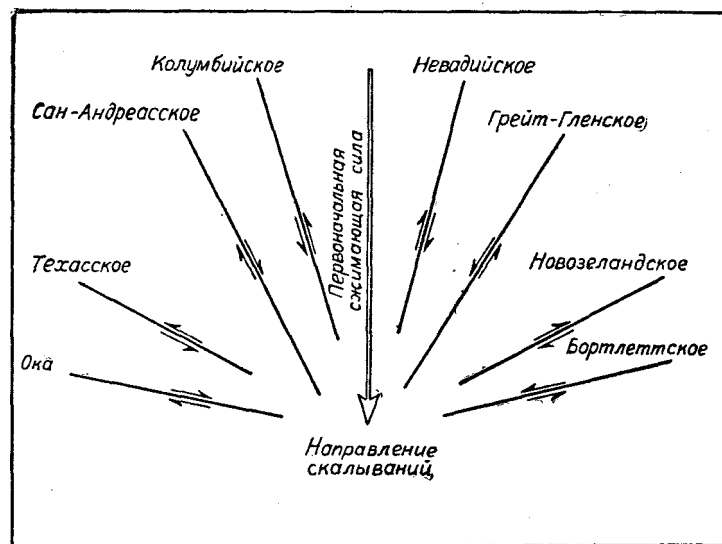


Рис 29. Схема расположения главных сдвиговых смещений региональных разломов по Дж. Муди и М. Хиллу (1956).

Например, колумбийское направление представлено левым сдвигом, а в северо-восточном румбе ему соответствует симметрично лежащая деформация невадийского правого сдвига. Правому сдвигу Сан-Андреас отвечает левый сдвиг Грейт-Клен. Техасскому направлению левого сдвига соответствует новозеландское направление правого сдвига. Окскому правому сдвигу противостоит Бартлеттский левый сдвиг. Такова, по мнению Дж. Муди и М. Хилла, чисто геометрическая схема кинематики сдвиговых деформаций земной коры.

Согласно нашим представлениям (рис. 28), в системе планетарных разломов Земли выделяется не восемь, а максимум шесть основных сдвиговых направлений, главенствующее значение среди которых имеют две сопряженные линии, расположенные по азимутам 305—310 и 35—40°. Главные направления сдвиговых нарушений следует понимать не как отдельные плоскости разломов, а как целые зоны и полосы деформаций земной коры, простирающиеся которых зависят не только от общей кинематики Земли, но и от строения и состава пересекаемых участков земной коры.

Р. Зондер (1938), Г. Клоос (19486), Е. Хиллс (1947) и др. также придерживаются мнения, что на Земле господствуют два главных направления планетарных деформаций и что они пересекаются между собой почти под прямыми углами. На основании этого мы можем и должны говорить о кинематике и динамике двух сопряженных направлений разломных структур земной коры.

На площади Северной Америки выделяются, как было показано выше, два главных направления разломов: северо-западное и северо-во-

сточное. К северо-западным нарушениям относятся такие известные дислокации: Техасский линеамент, линеамент Кёр-Д'Ален, линеамент Уолкер-Лайн, структурное направление Харрикейн-Север и другие. Северо-восточные деформации отражены структурными направлениями Аппалачей, Уачиты, плато Колорадо, Канадского щита и многих разломов Панамского перешейка. Усилиями большого коллектива геологов для многих деформаций этого участка земной коры получены некоторые сведения о направлениях смещений. Так, для группы северо-западных разломов установлены два направления смещений: разломы по азимуту 295—305° (Техасский и Кёр-Д'Ален) развивались по принципу левых сдвигов, а разломы по азимуту 320—325° (Сан-Андреас, Уолкер-Лайн) — правых сдвигов. В общей структуре Северной Америки, учитывая также субширотные разломы Г. Менарда на площади океана, разломы по азимуту 305° кажутся главными, а по азимуту 325° — второстепенными.

Существуют данные о том, что среди северо-восточных разломов Северной Америки преобладают деформации правого сдвига. Если эти сведения можно считать достоверными, то, соединив направления северо-восточных и северо-западных разломов в единую систему, получим картину двух пересекающихся, почти под прямыми углами, плоскостей (зон) деформаций. В каждом таком участке двух взаимно пересекающихся разломов образуются четыре симметрично расположенных блока. Северный и южный блоки составляют одну симметричную пару, а западный и восточный — вторую. Движения блоков распределяются следующим образом. Северный блок смещается на север, а южный движется на юг, т. е. блоки отходят друг от друга. Западный и восточный блоки, наоборот, приближаются один к другому.

Применяя к полученной схеме сдвигов Северной Америки правило эллипсоида деформаций, можно утверждать, что она соответствует случаю, когда главная сжимающая сила (стресс) действует в экваториальном направлении. На вопрос, в какую сторону была направлена главная сжимающая сила — на восток или на запад — ответить пока трудно. Но ориентировка получается противоположной той, которую предполагают Дж. Муди и М. Хилл, когда они говорят об ориентировке главного стресса земной коры в направлении с севера на юг.

Для разломов Центральной и Южной Америки направления сдвиговых смещений известны только в области Карибского моря. Крупный разлом Эль-Пилар представляет собой структуру правого сдвига, направления смещений вдоль которого не соответствуют движениям северо-американских разломов этого простираения.

С южной стороны к разрыву Эль-Пилар причленяется много второстепенных разрывов, среди которых самыми крупными являются Большой разрыв Колумбии (левый сдвиг), Бокконский разрыв (правый сдвиг) и разрыв Лос-Байос (правый сдвиг). Бокконский разрыв по простираению и направлению смещений соответствует северо-восточным сдвигам Северной Америки, но Колумбийский и Лос-Байосский разрывы показывают противоположные направления смещений по сравнению с линеаментами Кёр-Д'Ален и Уолкер-Лайн, хотя по простираению они совпадают с последними. Возможно, что в северных районах Южной Америки была иная ориентировка тектонических напряжений.

Сведений о направлениях смещений вдоль разломов Африки нет. Пользуясь принципом «сдвиговой тектоники» Дж. Муди и М. Хилла (1956), сущность которого состоит в том, что острые углы оперяющихся трещин и складок направлены в сторону смещения, мы составили схему возможных сдвиговых перемещений вдоль разломов этого материка (см. рис. 19). Схема показывает, что разломы северо-западного направления похожи больше на структуры левых сдвигов, а разломы северо-восточные — на структуры правых сдвигов и совпадают с планом сме-

щений линеаментов Северной Америки. Если нашу схему можно считать достоверной, то на площади Африки главное сжимающее усилие действовало в экваториальном направлении.

Достоверные данные о направлениях смещений вдоль разломов Австралии имеются только на карте Р. Спрингга и Р. Уилсона (1958), составленной ими для южных районов континента. В районе горного пояса Масгрейв авторы выделяют две системы разломов: по азимуту 300—305° и по азимуту 55—60°. Северо-восточные разрывы показаны на их карте правыми сдвигами. Смещение правого сдвига установлено также для альпийского разлома Новой Зеландии. Сведений о смещениях вдоль разломов северо-западного направления нет. Принимая во внимание, что уступ сброса Дарлинг, расположенный на юго-западной окраине Австралии, является левым сбросо-сдвигом, можно условно считать, что и другие разломы этого направления представлены левыми сдвигами. Если все сказанное можно рассматривать как элементы рабочей гипотезы, то для Австралии вырисовывается план кинематики разломов, сходный со схемами Северной Америки и Африки.

По вопросу кинематики разломных деформаций Европы и Азии в настоящее время имеются только отдельные разобщенные сведения. Грейт-Кленский разлом Шотландии и дислокации вдоль долины Иордан в Палестине определены как левые сдвиги, что не согласуется с направлениями смещений вдоль северо-восточных разломов Северной Америки, Африки и Австралии. Возможно, что это другая по направлению и времени проявления система северо-восточных деформаций. Северо-западные разрывы в районе Грейт-Кленского нарушения, представленные системой трещин и даек, показывают смещение левых сдвигов.

Г. Штилле, Л. Кобер и другие европейские геологи утверждают, что главное тектоническое давление действовало на территории Европы в направлении с севера на юг. Если это так, то северо-восточные разломы должны быть левыми сдвигами, а северо-западные — правыми. Альпийские и карпатские надвиги Г. Штилле (1953) определяет как поддвиги, считая, что блоки герцинид Европы и краевые блоки Русской платформы поддвинуты под структуры Альп и Карпат.

Трудность однозначного определения смещений вдоль азиатских разломов усложняется тем, что этот участок земной коры пережил многократные и, возможно, разнонаправленные движения отдельных блоков. Движения могли быть не только прямолинейными, но и вращательными. Диагональные (северо-западные) нарушения Уральской складчатой области определяются как левые сдвиги, а точно такого же направления разломы Средней Азии (Ферганский разлом и другие) показывают смещения правых сдвигов. На площадях южной и юго-западной окраин Русской платформы северо-восточные разломы соответствуют больше структурам левых сдвигов, а северо-западные — структурам правых сдвигов.

Структурно-динамические условия Центральной Азии охарактеризованы известным китайским геологом Хуан Бо-цинем: «В центральной и южной Азии миграция геосинклиналей шла в направлении от Палео-Азии, или Ангарской области (Сибирская платформа), к Индии, или области Гондваны. Палео-Азия играла роль древнего массива, а область Гондваны — роль форланда. В восточной и юго-восточной Азии миграция, по-видимому, шла в направлении от берега Тихого океана на северо-запад, где были расположены Красный бассейн, Ордосия, а, возможно, и Буреинский массив, который может рассматриваться в качестве форланда. Древние массивы являются активными областями, области форланда — пассивными. Орогеническое сжатие шло в направлении от древних массивов к форланду» (1952, стр. 124—125).

Таковы те немногочисленные сведения о направлениях и характере

сдвиговых смещений вдоль планетарных разломов Земли, которыми располагает геологическая наука. Сообщая эти материалы, мы не преследовали цели составить окончательную схему геокинематики и геодинамики Земли, а только хотели показать, что известные смещения группируются в закономерные системы общепланетарного масштаба и напоминают собой гигантские эллипсоиды деформаций, главные оси которых ориентированы в основном в меридиональном и экваториальном направлениях.

СРАВНЕНИЕ СЕТКИ РАЗЛОМОВ ЗЕМЛИ С ПОЛОЖЕНИЕМ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ СТРУКТУРНЫХ ЛИНИЙ ЛУНЫ И МАРСА

Сравним сетку разломов нашей планеты с ориентировкой предполагаемых разломных деформаций других планет, в частности Луны и Марса. И если в процессе такого сравнения получится сходство в расположении структурных линий различных планет, то можно будет говорить о какой-то универсально общей причине их возникновения, действующей не только в пределах нашей Земли, но и в масштабах всей солнечной системы.

Самые полные сведения о характере расположения разломов на Луне собраны в работе А. В. Хабакова (1949) «Об истории развития поверхности Луны». Согласно этим материалам, на поверхности Луны зафиксировано более 700, главным образом прямолинейных, структур, протяженностью от десятков до сотен километров, представленных зияющими трещинами, рвами и бороздами. В их положении отмечается заметно выраженная параллельность. По мнению А. В. Хабакова, рвы и борозды Луны представляют собой не что иное, как тектонические деформации верхней твердой оболочки планеты. В самом положении разломных структур Луны отмечается не только параллельность линий, но и выдержанная азимутальная ориентировка. А. В. Хабакову удалось показать, что ориентировка нарушений, несмотря на некоторые изменения структурно-динамических условий во времени, в общих чертах сохранялась, и разновозрастные разломы простираются по одним и тем же направлениям. В геологической истории Луны устанавливается пять моментов активизации тектонических процессов.

Г. Н. Каттерфельд (1959) обработал материалы А. В. Хабакова и составил таблицу процентного распределения разломных деформаций на поверхности Луны по направлениям.

Полушария	
Северное (260 объектов)	Южное (465 объектов)
Ориентация: долготная — 38,3% северо-восточная — 34,7% северо-западная — 24,8% широтная — 2,2%	Ориентация: долготная — 37,6% юго-восточная — 33,2% юго-западная — 27,7% широтная — 1,5%

«В этой таблице, — по словам Каттерфельда, — бросается в глаза закономерное преобладание меридиональных разломов над широтными, типичное для обоих полушарий Луны. В диагональной системе северного полушария господствуют разломы северо-восточного направления; в южном полушарии, напротив, юго-восточное направление нарушений превалирует над юго-западным» (1959, стр. 273). На составленной Г. Н. Каттерфельдом розе разломов Луны, усредненных по 45-градусным

интервалам, выделяются такие основные направления: 360, 45 и 315°, что полностью соответствует простираниям деформаций на Земле, кроме меридионального направления.

На поверхности Марса давно известны многочисленные прямолинейные и дугообразные структуры, известные под названием «каналов» и вызывающие различные догадки о своем происхождении. Существуют

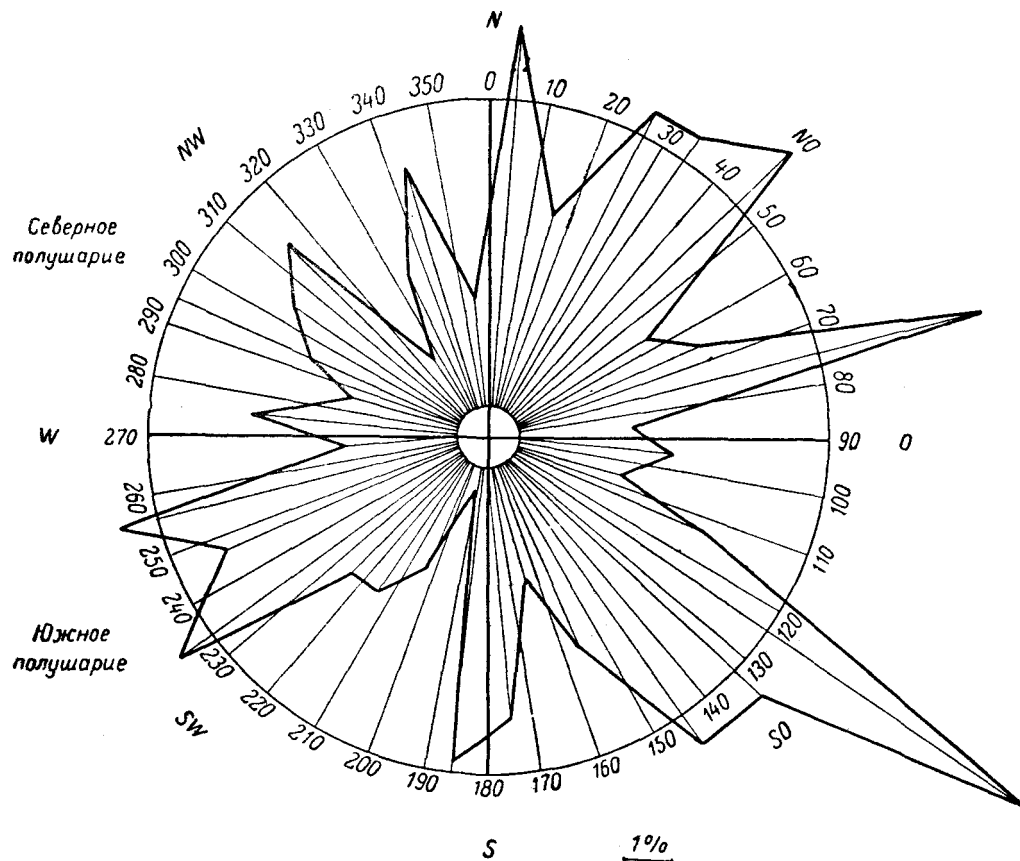


Рис. 30. Роза разломов Марса (по Г. Н. Каттерфельду, 1959).

гипотезы о тектоническом (Скиапарелли), вулканическом (Баумани), астероидно-метеоритном (Джоли), метеорологическом (Пиккеринг) и даже искусственном (Лоуэлл) происхождении «каналов» на Марсе.

Г. Н. Каттерфельд (1959) провел ревизию и переоценку всех известных ареографических материалов, и полученные результаты изложил в работе под названием «К вопросу о тектоническом происхождении линейных образований Марса». В этой весьма интересной работе сообщается, что в настоящее время на поверхности Марса зафиксировано около 260 «каналов», в том числе около восьми двойных линейных «каналов». «В их расположении, — пишет Г. Н. Каттерфельд, — можно подметить некоторые любопытные закономерности. В восточном полушарии двойные каналы имеют направления простираний северо-восточные, а в западном — только северо-западные, и, кроме того, западное полушарие Марса богаче двойными каналами, чем восточное» (стр. 272). И дальше: «При поверхностном взгляде на ареографическое распределение «каналов» Марса бросаются в глаза случайности, но при более глубоком анализе видно, что сквозь бесчисленные случайности пробивает себе дорогу удивительная закономерность. Эта закономерность состоит в преобла-

дании северо-восточных простираний «каналов» в северном полушарии и юго-восточных — в южном... Любопытно, что те же доминирующие направления северо-восток и северо-запад замечаются в естественных линейных структурах планетарного масштаба, наблюдаемых на поверхностях Луны и планет, физически подобных Марсу, а именно Земли и Меркурия. Подобное распределение весьма поучительно и указывает на наличие какой-то общей причины» (стр. 273).

Г. Н. Каттерфельд составил розу разломов Марса (рис. 30). «Рассмотрение розы структур Марса, — пишет автор, — позволяет сделать важный вывод, что преимущественными направлениями разломов коры планеты являются следующие: СЗ—ЮВ и СВ—ЮЗ; С—Ю и В—З; ССЗ—ЮЮВ и СВВ—ЮЗЗ. Эти шесть господствующих направлений попарно ортогональны» (стр. 277).

В конкретных числовых величинах азимуты разломов Марса группируются по таким направлениям: 5, 27—45, 75, 275, 315 и 343°, где главными являются 45, 75 и 315° (для северного полушария) и 125 (315), 235 (55) и 255° (75°) (для южного полушария).

Сравнивая направления «каналов» Марса с направлениями разломов Земли, обнаруживаем не только сходство, но почти полное совпадение основных структурных линий. Что это — случайность или закономерность? Очевидно, закономерность. Но тогда возникает вопрос: какова причина закономерного растрескивания верхних оболочек планет солнечной системы?

СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ О ПРИЧИНАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ РАЗЛОМОВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Разрывные нарушения отдельных пластов и комплексов горных пород изучаются геологами очень давно. В настоящее время в основном уже выяснены главнейшие условия развития разломов — возникновение определенных механических напряжений и реакция горных пород на них. Большое значение при этом имели экспериментальные работы. Главные усилия советских и зарубежных экспериментаторов направлены на моделирование отдельных складок, разрывов и местных структур. Проведены многочисленные опыты по изучению упругих и пластических деформаций горных пород, по выяснению прочности пород и т. д.

В результате исследований Ж. Гогеля, Ли Сы-гуана, А. А. Белицкого и М. В. Гзовского была выяснена неточность гипотезы Беккера и доказана перераспределяемость напряжений в процессе непрерывного деформирования. Оказалось, что угол между двумя плоскостями скалывания не зависит от величины пластической деформации разрушаемого материала. Кроме того, уже первые серии экспериментов Адамса и Никольсена в 1901 г. показали, что существуют два совершенно различных типа деформационного реагирования горных пород на напряжения: 1) образование межзерновых поверхностей скольжения, возникающих при быстром усилии нагрузки и 2) образование внутризерновых разрывов, которые сопровождаются возникновением полисинтетических двойников и трансляционных скольжений вдоль кристаллических решеток.

Систематическое накопление экспериментальных данных в геологии относится к концу XIX — началу XX века. Следует отметить исследования Добрэ (1879) и Виллиса (1893). Добрэ моделировал складки, разрывы и кливаж. Виллис провел опыты по моделированию складчатости Аппалачских гор. Эти опыты строились на основе контракционной гипотезы, сущность которой состоит, как известно, в том, что в земной коре действуют преимущественно тангенциальные тектонические напряжения. Поэтому все экспериментальные работы сводились к горизонтальному сжатию неподвижных моделей.

Второй этап развития опытных работ в геологии включает первые три десятилетия XX века. С накоплением новых материалов по структурной геологии появилась необходимость в объяснении механизма формирования складок, разрывов и целых региональных структур. Возникают вопросы о принципах подобия при моделировании, о направлениях действующих сил и другие. Но при постановке опытов исследователи (Мид, 1920; Гаррей, 1926; Линк, 1927; Г. Клоос, 1928—1931; Григгс, 1929—1940) продолжали исходить из представлений о горизонтальном направлении главных сжимающих сил, которые обуславливаются исключительно контракционным сжатием Земли.

Теоретическая геология зашла к этому времени в тупик. Это было вызвано тем, что отдельные, неосновные, процессы возводились до уровня

первопричин геотектогенеза земной коры. Было высказано много гипотез и догадок, но цельной теории, которая объясняла бы сущность и взаимодействие всех геологических процессов, не было создано.

Третий этап развития геотектоники и геологического моделирования начинается с 30-х годов XX века и характеризуется значительными исследованиями советских геологов. Важным моментом явилась работа М. М. Тетяева (1934), в которой предлагалось начинать изучение структур земной коры и всей тектоники Земли в целом с изучения общепланетарных (космических) форм движения. Но лабораторные опыты по моделированию структур продолжали строиться на основе частных явлений, таких как гравитационное оползание, вертикальное раздавливание слоев, горизонтальное сжатие и т. д.

В это же время было проведено много опытов по изучению чисто физических и механических свойств горных пород, но основным методом моделирования геологических структур оставались горизонтальные сжатия и неподвижные модели, т. е. геологические процессы и структуры моделировались не в динамике, а в статике. В связи с этим некоторые зарубежные геологи (Л. де Ситтер, 1960) отнеслись с недоверием к опытам геологического моделирования и считают, что изучение причин тектонических процессов не может дать желаемых результатов. Причина такого недоверия, с одной стороны, в трудности создания адекватных условий подобия на моделях, а с другой (и это самое главное), — в отсутствии в геологической науке единой теории Земли. Проводимые до настоящего времени опыты ставились в основном в отрыве от действительного положения структур на Земле, т. е. без учета единой геодинамики Земли.

Что касается причин возникновения планетарных разломов, то по этому вопросу в геологической науке нет не только общепринятой теории, но и полной убежденности в общепланетарном характере этих деформаций, а те немногие геологи, которые признают существование планетарных разломов, по-разному объясняют механизм их формирования. В настоящее время высказаны такие предположения о причинах планетарных разломов Земли: контракция Земли, подкоровые перемещения вещества и вращательное движение Земли.

ТЕОРИЯ КОНТРАКЦИИ ЗЕМЛИ

Теория контракции представляет собой одну из древнейших попыток объяснения причин геотектонического развития Земли. Основные положения контракции общеизвестны и сводятся к всеобщему сжатию и сморщиванию твердой оболочки Земли в процессе ее остывания. На протяжении XIX и начала XX столетий теория контракции безраздельно господствовала в геологической науке. С появлением новых космогонических гипотез, считающих, что планеты концентрировались из газопылевых туманностей и, возможно, не переживали стадию полного расплавления, авторитет теории контракции окончательно пошатнулся. К этому времени и геологи выдвинули очень веские возражения против универсальности теории контракции. «Главное затруднение, — пишет В. В. Белоусов (1954, стр. 38), — возникло при объяснении колебательных движений земной коры». Выяснилось также, что многие формы деформаций не объяснимы с точки зрения теории контракции. Например, процесс возникновения и развития Земли можно объяснять с позиций космогонической гипотезы О. Ю. Шмидта, но в этом случае предположение о постоянном сжатии планеты теоретически не обосновано. Несмотря на все возражения, выдвинутые против теории контракции, она продолжает господствовать главным образом в зарубежной геологической литературе, как одна из основных причин тектонического развития Земли.

Среди наиболее известных сторонников теории контракции можно назвать немецкого геолога Р. Зондера и американского геолога В. Бухера. Р. Зондер является в то же время одним из основоположников учения о разломной тектонике Земли.

В своих ранних работах Р. Зондер (1938) еще не говорил конкретно о причине развития линейных деформаций Земли и выделял только два фактора самого механизма: изменения (колебания) тектонических напряжений и анизотропия упругости земной коры. Эти два явления вызывают силы кручения, которые и создают разломы. «Так возникают совсем особые эффекты кручения на весьма обширных площадях. Так как анизотропия упругости и колебания напряжений в коре значительны, то неизбежным является факт, что эти силы, на основе существующей анизотропии упругости коры, создают систему трещин» (1938, стр. 227).

В дискуссии с Ф. Венинг-Мейнецом по вопросу о закономерностях расположения сдвиговых деформаций земной коры и причинах их возникновения (Журн. Америк. геофиз. о-ва, 1947, т. 28, № 4, стр. 939—946) полностью раскрылись теоретические представления Р. Зондера. «В Земле,— пишет Р. Зондер,— существуют силы кручения. Автор предлагает для их обозначения название «регматические силы». Такие силы могут быть вызваны в коре полярным дрейфом, обусловленным колебаниями (флюктуациями) упругих сжатий, совершающихся в присутствии ощутимой анизотропии упругости, или вследствие неодинаковых тангенциальных стрессов» (стр. 939). Р. Зондер согласен с Ф. Венинг-Мейнецом, что полярные дрейфы могли частично влиять на создание узора регматических скальвающих нарушений в земной коре, но не считает их единственной причиной. Р. Зондер не верит в существование подкоровых течений, способных вызвать тектонические процессы в коре, и отрицает также идею таких течений, как могущих быть причиной полярного смещения. Если даже они и существуют, то их суммарный эффект движения не в состоянии, по мнению Р. Зондера, преодолеть противодействие больших сил упругости внутри земной коры. «Мои выводы,— говорит в заключение Р. Зондер,— предпочитают концепцию контракции Земли... Концепция контракции не потеряла своего значения. Наоборот, как только мы начнем анализировать геотектонические проблемы тщательно, т. е. как механические проблемы, теория контракции кажется способной дать приемлемые решения всех главных проблем геомеханики... Я не вижу, каким способом подкоровые течения могли бы объяснить проблемы, как это предлагает Ф. Венинг-Мейнец... Существование подкоровых течений, как таковых, крайне невероятно» (стр. 944).

И все же несмотря на кажущееся решение проблемы первопричин тектонических напряжений в земной коре, перед Р. Зондером, так же, как и перед другими исследователями, возникает вопрос о причинах закономерного размещения планетарных деформаций Земли. Р. Зондер не дает ответа на этот вопрос и только считает странным, «что в настоящее время система регматических сколов земной коры занимает симметричное положение по отношению к эллипсоиду вращения Земли...» (стр. 941).

«Факты показывают,— пишет Венинг-Мейнец, возражая Р. Зондеру,— что конвекционные течения играли важную роль в тектонических революциях Земли, но автор не думает, что контракция Земли могла бы быть главной причиной, как это считает Зондер» (там же, стр. 945—946). Он не считает также, что миграция полюсов была главной причиной возникновения системы сколов. Действовало много сил, из которых Венинг-Мейнец выбрал две главные: изменение выравненности формы Земли и смещения полюсов. Но миграции полюсов, как справедливо отметил Р. Зондер, не создавали бы, а, наоборот, нарушали симметричность сетки планетарных разломов Земли, так что причины, выбранные

Венинг-Мейнецом, также не объясняют симметричность расположения планетарных разломов по отношению к линиям меридианов.

В работе «Эксперименты и мысли о сущности орогенеза» В. Х. Бухер (1956) стремится доказать значение теории контракции. Эд. Зюсс, Э. Ог и Г. Штилле преодолели, по мнению автора, представления о кажущейся незакономерности в образовании геологических комплексов как в пространстве и времени, так и во взаимных связях между собой, а Г. Джеффрис (1952) после основательного математического анализа пришел к выводу о физической приемлемости явлений контракции. Основные положения В. Х. Бухера таковы:

1) С конца мезозоя контракционное уменьшение объема Земли создало в сокращающейся земной коре на глубине от 100 до 700 км косо падающие зоны разломов.

2) Оболочка земной коры, расположенная над зонами разломов, стягивается с образованием понижений, на месте которых появляются геосинклинальные пояса.

3) Прогибание коры способствует возникновению на ее нижней стороне трещин растяжения. По трещинам проникают ультраосновные и основные магмы, что ведет к «начальному магматизму», предшествующему орогенезу.

4) Подымающийся из глубин перегретый водяной пар и летучие компоненты обуславливают региональный метаморфизм, гранитизацию и даже частичное расплавление вышележащих пород и т. д.

Дж. Муди и М. Хилл (1960) пришли к заключению, что поскольку система регматического скальвания земной коры является фактом, наблюдающимся в действительности, то и Земля представляет собой охлаждающееся и сжимающееся тело. Когда-то она была расплавленной и лишь позднее на ее поверхности развилась твердая внешняя кора (стр. 323).

Нам кажется, что сам по себе факт существования планетарных разломов, без анализа закономерностей их размещения, кинематики и динамики развития, еще ничего не говорит о причине и механизме их возникновения и тем более о том, была ли Земля расплавленной или нет. Формально все разломы являются деформациями и на картах могут быть обозначены как отдельные линии или целые зоны, но генетически они различные, т. е. развивались в разных структурно-динамических условиях. Одни из них являются надвигами, т. е. деформациями сжатия, другие — сбросами, т. е. деформациями растяжения, третьи — деформациями кручения и т. д. Таким образом, с генетической стороны планетарная сетка разломов не однородна и поэтому не может быть доказательством всеобщего охлаждения и сжатия Земли, как это предполагают Дж. Муди и М. Хилл. Кинематика и динамика планетарных разломов обусловлена иными причинами.

НЕДООЦЕНКА ДЕФОРМАЦИЙ РАСТЯЖЕНИЯ И ОТРЫВА В ОБЩЕЙ СТРУКТУРЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

К уже известным в литературе возражениям, выдвинутым против теории контракции, мы считаем необходимым добавить и факт недооценки явлений растяжения и разрывов земной коры. Сама теория контракции зародилась, как известно, на основе идеи всеобщего сжатия земного шара и иллюстрировалась долгие годы на примерах складчатых структур, возникших, якобы, при действии горизонтального сжатия. Многие структуры складчатых деформаций земной коры, у которых длина намного превышает ширину, действительно формировались в процессе сжатия толщ горных пород в направлении, перпендикулярном простиранию складчатости. Для некоторых складчатых областей Земли

подсчитаны даже коэффициенты сжатости и определены величины смятия в горизонтальном направлении. Если иметь в виду только складчатые деформации земной коры, выраженные длинными поясами горных сооружений, то действительно создается впечатление, что тело нашей планеты испытало всеобщее сжатие, результатом которого явились деформации сдавливания и сморщивания когда-то горизонтальных пластов горных пород. Но кроме структур сжатия и складчатости, на Земле существует много других форм деформаций и, в первую очередь, деформаций растяжения и разрывов, возникающих в условиях не сжимающих, а растягивающих сил. Каково значение этих деформаций в общем процессе тектогенеза земной коры? Историческая геология и геотектоника еще не дают ответа на этот вопрос.

Механизм образования основных деформаций земной коры, с точки зрения физики и механики, можно понимать в двух смыслах — как процесс всеобщего и постоянного сжатия и как процесс локального и попеременного сжатия и растяжения. Сторонники теории контракции отстаивают точку зрения всеобщего и повсеместного сжатия, считая, что в земной коре преобладают структуры складчатого и надвигового характера. С другой стороны, колебательный характер тектонических движений земной коры и наличие большого количества деформаций растяжения послужили основой для предположений о попеременном сжатии и расширении Земли, что нашло отражение в пульсационной теории Обручева—Усова.

Другие геологи развивают представления о блоковой структуре земной коры и о том, что блоки отделяются друг от друга зонами разломных нарушений. Блоки не остаются неподвижными, они испытывают дифференциальные движения. Возле каждого движущегося блока создаются, с одной стороны, напряжения (и структуры) сжатия, а с другой, — условия растяжений и разрывов земной коры. Вот эти структуры растяжений и недооцениваются в общем балансе деформаций земной коры.

Возьмем, к примеру, вопрос о так называемых серпентинитовых интрузиях. Согласно общепринятому мнению, под твердой оболочкой земной коры (литосферой) располагается перидотитовое вещество, верхняя граница распространения которого совпадает с поверхностью Мохоровичича. Глубина залегания перидотитовой массы различная; на площадях океанов — 6 км, на площадях континентов — 35—40 км. Известно также, что перидотитовые и базальтовые интрузии широко распространены среди геологических формаций земной коры всех геологических возрастов и что залегают они чаще всего в форме узких полос. В связи с этим перед геологом-тектонистом возникает вопрос: каким образом перидотитовые интрузии преодолевают толщу земной коры и проникают на поверхность Земли? Г. Хесс (1939) обратил внимание на такие закономерности расположения серпентинитизированных перидотитовых интрузий: интрузии приурочены к отрицательным аномалиям земной коры и размещаются в виде узких полос с обеих сторон тектогена, т. е. складчатых областей. На карте Аппалачей им выделены две такие полосы интрузий. Г. Хесс пришел к выводу, что подобные полосы интрузий должны существовать по бокам других тектогенов, но, в связи с перекрытием их осадочными толщами, они не всегда выходят на дневную поверхность и поэтому недоступны для непосредственного наблюдения. А. Ирдли (1954) сообщает, что серпентинитовые интрузии развиты вдоль всей обширной полосы отрицательных аномалий Индонезии. В районе Центральной Америки, наоборот, по наличию серпентинитов, вдоль побережий Гаити и Кубы, предполагается существование крупной полосы отрицательных аномалий. Подобные зоны базальтовых интрузий и эффузий известны на многих участках земной коры, например, полосы зеленокаменных пород Урала, офиолитовый пояс Прибайкалья, трапловые излия-

ния Индийского щита и Сибирской платформы, интрузии восточноафриканских грабенов и другие.

Согласно теоретическим исследованиям С. И. Субботина (1958—1960), отрицательные гравитационные аномалии совпадают с участками расширений подкорового вещества и поднятиями в этих местах земной коры. Процесс объемного расширения подкорового вещества может обуславливаться уменьшением или увеличением общего гидростатического сжатия, а последнее, в свою очередь, контролируется изменениями геодинамических напряжений Земли. Из этих положений вытекает, что перидотитовые интрузии, совпадая с отрицательными аномалиями и участками поднятий земной коры, проникают на поверхность Земли через полости деформаций растяжения и отрыва, которые, как показал С. И. Субботин, развиваются снизу вверх. Некоторые зоны перидотитовых интрузий являются, вероятно, структурно-динамическими противоположностями (антиподами) складчатых горных сооружений, так как первые возникают в условиях растяжений, а вторые — в условиях сжатий земной коры. Примерами таких структурно-динамических противоположностей являются, возможно, следующие пары: Уральские складчатые структуры — базальтовые траппы западных районов Сибирской платформы; складчатые структуры Гималаев — деканские базальтовые траппы Индийского щита, складчатые структуры Восточных Карпат — разломы и базальтовые излияния западной части Днепровско-Донецкой впадины и др.

Более детально явление противоположных структур земной коры можно показать на примере геологии Чешского массива. В строении Чешского массива выделяется система блоковых структур, отделенных друг от друга крупными разломами глубокого заложения (см. рис. 13). Определяющее структурно-динамическое значение имеют Предкрушногогорская ровообразная впадина (XI), заполненная базальтами, и зона Молданубикского надвига.

Местные и зарубежные геологи признают грабеновый характер строения Предкрушногогорской ровообразной впадины и считают, что она развивалась в условиях растяжений и разрывов земной коры. Характерными структурными особенностями впадины являются: 1) резкие границы, 2) узость зоны (длина — 155 км, ширина — 23 км), 3) прямолинейность зоны, 4) простираение по азимуту 55—60°, что соответствует общему направлению расположенного рядом Баррандиенского бассейна (VII), 5) многочисленные излияния базальтов. Геологическое положение Предкрушногогорской ровообразной впадины не случайное. Оно является следствием определенных структурно-динамических процессов, происходивших в мезо-кайнозойское время на площади северо-западных окраин Баррандиенского бассейна. Эффузивный магматизм Баррандиенской впадины прослеживается на всем протяжении от альгонкиа до девона включительно. Породы представлены многочисленными разновидностями спилитовых диабазов, базальтов, порфиритов и их туфов. Из геотектоники и исторической геологии известно, что эффузивно-базальтовый магматизм проявляется в условиях растяжений и разрывов земной коры до поверхности Мохоровичича, где образуются мощные «зияющие» трещины и по ним вверх устремляется базальтовая магма. Эффузивный магматизм Баррандиенской впадины (VII) и лежащего рядом Предкрушногогорского рва (XI) также свидетельствует об условиях растяжений и разрывов земной коры. Из опытов физики и механики известно, что если на одном участке деформируемого тела возникают растяжения и разрывы, то на другом появляются сжатия и сплющивания. Где же структурно-динамическая противоположность (антипод) Предкрушногогорского рва и Баррандиенского бассейна?

Вдоль восточного края глыбы ядра Чешского массива (I) и парал-

лельно общему простиранию Предкрушногогорской и Баррандиенской впадин располагается зона Молданубикского надвига, свидетельствующая о перемещении ядра массива (I) в юго-восточном направлении. Работами Ф. Зюсса (1903) установлено, что зона Молданубикского надвига возникла в результате надвигания глыбы Молданубикума (висячее крыло) на глыбу Моравикума (лежащее крыло). Л. Кобер рассматривает глыбу ядра Чешского массива (I) как северный кратоген, который двигался в в юго-восточном направлении и сжимал в складки мезо-кайнозойские породы Австрийских Альп.

Для освещения геологии Чешского массива весьма важно изучение механизма смятия в складки пластов Баррандиенского бассейна. Некоторые геологи считают, что структура Баррандиенского синклинория формировалась в результате давления на него глыбы Молданубикума (I). Структурно-динамическая схема Чешского массива показывает, что ядро его (I) никогда не перемещалось в северо-западном направлении, а, следовательно, и не могло давить на Баррандиенский бассейн; оно, наоборот, двигалось на юго-восток и создавало условия для развития тангенциальному сжатию. Сжатие пород Баррандиенского бассейна было обусловлено иными динамическими условиями. В свете нашей тектонической схемы это были условия растяжений и провалов, вызванных отходом глыбы ядра Чешского массива на юго-восток. Процесс погружения Баррандиенского бассейна совершался по крупным разломам, сужавшимся вниз в виде конуса. Проваливавшаяся масса осадков Баррандиенского бассейна сама себя сжимала и при этом возникали складки и надвиги, не отличимые по форме от структур прямого тангенциального сжатия. Это было проявление гравитационного тектогенеза.

Так выглядят структура растяжения Предкрушногогорского ровообразного прогиба и противоположная ей зона сжатия Молданубикского надвига, если их рассматривать во взаимосвязи с динамикой окружающих структур Чешского массива. Мы считаем, что подобных структурных пар сжатия и растяжения в земной коре очень много, но генетическое значение их еще не изучено. В качестве другого примера подобных структур можно назвать полосу грабенов Рейн—Осло. Рассмотренные примеры структурно-динамических пар показывают, что в земной коре одновременно действуют и друг друга дополняют напряжения сжатий и напряжения растяжений, существование которых нельзя объяснить с позиций теории всеобщего сжатия Земли.

КОНВЕКЦИОННЫЕ ТЕЧЕНИЯ ПОДКОРОВОГО ВЕЩЕСТВА

Некоторые геологи и геофизики основной причиной геодинамических напряжений земной коры считают конвекционные (тепловые) перемещения подкоровых масс. В пользу конвекционной теории высказывались Е. Абенданон, Р. Швиннер, Г. Клоос, В. Штауб, Р. Беммелен, В. Гафнер и другие. В последние годы теорию подкоровых течений развивали дальше Ф. Венинг-Мейнец (1947), Б. Гутенберг (1951), А. Шайдеггер (1958) и А. Ирдли (1954).

А. Шайдеггер (1953) в специальной статье, посвященной ревизии физических основ существующих теорий орогенеза, пришел к выводу, что основными теориями орогенеза являются гипотеза контракции (вместе с разломами скольжения вдоль дуг) и гипотеза термальной конвекции. Обе гипотезы основываются на предположении автора, что Земля теряет теплоту.

Гипотеза контракции дает, по мнению автора, разумное объяснение формы островных дуг и расположения горных поясов и землетрясений.

Однако утечка земной теплоты происходит хотя и очень медленно, но постоянно. Более того, исследование пластических свойств пород (в частности, песчаников) показало, что такой материал в состоянии давать медленное течение, которое, естественно, стремится нейтрализовать увеличение стрессов и таким образом нейтрализовать также возможность появления землетрясений и орогенических диастрофизмов.

«Конвекционная теория, — пишет далее А. Шайдеггер, — показывает, что все свойства текучести и ползучести горных пород могут обуславливать процесс формирования горных поясов и островных дуг так же хорошо, как и появление континентов, и объясняет внезапное выделение теплоты. Однако с позиций конвекции удовлетворительно объясняются только поперечные разрезы орогенических поясов. Ни их дугообразное простирание, ни связанные с ними глубокофокусные землетрясения конвекционными течениями не могут быть объяснены. Повторяемый и пульсационный характер орогенетических движений является другой трудностью этой теории» (стр. 148).

Таким образом, одна теория объясняет одни явления, а другая — другие. На основе этого А. Шайдеггер приходит к компромиссному решению, что комбинация обеих теорий может в конечном счете дать удовлетворительное объяснение всех наблюдаемых структур (там же, стр. 149).

В проблеме эффектов вращения Земли А. Шайдеггер освещает такие вопросы: форму Земли, силу отхода масс от полюсов (Polfluchtkraft), вопрос постоянства оси вращения Земли, силы приливов и отливов, силу Кориолиуса. На все эти вопросы автор дает отрицательный ответ и присоединяется к мнению, что эффекты вращения Земли не имеют существенного значения в процессе создания структур земной коры. Но, наряду с этим, им приведены интересные соображения в пользу постоянства оси вращения Земли. «Постулат о таком изменении, — пишет А. Шайдеггер, — выдвигает определенные трудности динамического характера. Земля является телом, вращающимся вокруг самой незначительной основной оси момента инерционного напряжения. Такая ось является устойчивой осью вращения, по крайней мере для твердого тела» (стр. 124).

Среди различных теорий образования континентов и океанов наиболее распространенной А. Шайдеггер считает теорию конвекционных течений. В этой теории, по его мнению, не отрицается возможность последовательного роста континентов и возможность континентального дрейфа. Но для окончательного решения этой проблемы важно то, в каком состоянии начала Земля свое развитие: в горячем или холодном.

Давая общую оценку теорий орогенеза, А. Шайдеггер приходит к выводу, что из всех попыток объяснить причину орогенеза только две можно считать главными: теорию контракции и гипотезу конвекционных течений. Обе теории имеют существенные недостатки, но из анализа материалов автору кажется правдоподобным одно: «по крайней мере отдельные части земной коры испытывают заметные горизонтальные перемещения. Это ведет к гипотезе континентального дрейфа. Последний не обязательно должен противопоставляться идее роста континентов, который с успехом может быть наложен на дрейф. Трудность заключается в другом, откуда возникают силы, могущие создавать дрейф. Судя по современным знаниям, силы, вызываемые вращением Земли, исключаются благодаря их незначительности, так что остается только подкоровое течение» (стр. 219).

А. Ирдли (1954), анализируя тектоническую связь Северной и Южной Америк, пришел к заключению, что первопричиной всех процессов и движений в земной коре есть асимметричный конвекционный поток в мантии. Однако сам же приводит ряд возражений против конвекционных

потоков — наличие горизонтальных смещений, сжатость островных дуг, существование прямых орогенических поясов, незнание физического состояния вещества на глубине и т. д.

Ни А. Шайдеггер, ни А. Ирдли не могут объяснить, какие силы вызывают движения подкорковых масс и какие процессы обуславливают общее симметричное распределение подкорковых течений.

Недавно В. Г. Бондарчук (1960) в специальной статье, посвященной сущности геологических движений Земли и причин их происхождения, рассмотрел также роль и место подкорковых течений в общем процессе геотектогенеза. В отличие от других рассмотренных работ геотектонического характера, сущность геологических движений на Земле В. Г. Бондарчук начинает с определения сущности движения вообще как формы существования материи. В своих теоретических представлениях В. Г. Бондарчук исходит из положения диалектического материализма о том, что «в мире нет ничего, кроме движущейся материи, и движущаяся материя не может двигаться иначе, как в пространстве и во времени» (В. И. Ленин, Сочинения, т. 18, стр. 181). Основной формой всякого движения, по определению Ф. Энгельса (Диалектика природы, 1953, стр. 43), есть приближение и удаление, сжатие и расширение, короче говоря, старая полярная противоположность притяжения и отталкивания.

Согласно представлениям В. Г. Бондарчука, общая схема соподчиненности процессов и движений материальных масс Земли такова:

1) *Вращательное движение Земли вокруг оси.* «В глубинной зоне тектоносферы, которая охватывает преимущественно подкорковой субстрат, подвижность планетарных масс обусловлена напряжениями, вызванными вращательными движениями, которые формируют геоид. Для них характерны полярное сжатие и экваториальное растяжение, и напряжения, направленные против вращения планеты. Геологическая роль последних особенно заметна в зоне экваториальной вспученности геоида» (стр. 6).

2) *Подкорковые течения.* «Конкретным проявлением глубинных движений являются слишком постепенные перемещения или подкорковые течения земных масс. О их наличии свидетельствует разница глубины залегания поверхности Мохоровичича, которая отделяет сиалическую земную кору и симатические первичные планетарные массы» (стр. 7).

3) *Локальные уплотнения и расширения глубинных масс Земли.* «Перемещение подкорковых масс неизбежно связано с дифференциацией вещества. Последняя проявляется как уплотнение в зонах сжатия и образование соединений с большим объемом в местах, где сжатие ослабляется» (стр. 7).

4) *Колебательные движения земной коры.* «На движения подкорковых масс земная кора реагирует региональными опусканиями или поднятиями. С ними связаны наступания и отступления морей, образование мощных осадочных толщ, изменения очертаний береговой линии и все те явления, которые характеризуют эпейрогеничные движения вообще» (стр. 7).

Таким образом, сущность подкорковых течений Земли состоит, согласно представлениям В. Г. Бондарчука, не в тепловой конвекции, а в том, что они являются следствием вращательных движений Земли и результатом попеременных сжатий земной коры на полюсах и на экваторе. Такое понимание природы подкорковых течений объясняет их симметричность и направленность движений от полюсов к экватору, и обратно. Вместо выражения «конвекционные течения» вводится понятие «подкорковые течения».

В свете разломной тектоники Земли мы считаем возможным дополнить общую схему В. Г. Бондарчука последующими процессами растрескивания верхней твердой оболочки Земли, образования подвижных зон

планетарных разломов и дифференциальных смещений возникающих блоков (сегментов) земной коры.

В схеме тектоорогенеза В. Г. Бондарчука механизм развития структур земной коры рассматривается не как действие какой-то одной силы или процесса, а как сложное действие и взаимодействие многих процессов и движений. Во всех других работах по теоретической геологии, насколько нам известно, вопрос единства и соподчиненности геологических процессов не только не рассматривался, но и не ставился на обсуждение. Обычно исследователи с помощью одного какого-нибудь процесса стараются объяснить все многообразие геологических явлений и структур. Гипотеза тектоорогении показывает, что одни явления хорошо объясняются действием вращательного движения Земли, другие — контракцией, третьи — подкорковыми течениями, четвертые — смещениями блоков земной коры и т. д.

Мы считаем, что если геологи возьмут в основу своих представлений схему соподчиненности геологических процессов, предложенную В. Г. Бондарчуком, то они смогут более целенаправленно изучать взаимоотношения между внешними и внутренними процессами развития Земли.

Это означает, что вращательное движение вызывает постоянно действующее давление, направленное в сторону экватора» (1946, стр. 172—173). Вторым геодинамическим следствием вращательного движения Земли, согласно представлениям В. Г. Бондарчука, является широтное напряжение, направленное в основном на запад. Такова общая схема распределения геодинамических напряжений Земли.

Деформирующее действие сил вращательного движения Земли В. Г. Бондарчуком характеризуется так: «Зональные разломы Земли имеют колоссальное значение в создании форм земной поверхности. Они обусловлены общими причинами, прежде всего движениями Земли вокруг оси, и являются непосредственным результатом развития ее формы» (Основы геоморфологии, 1949, стр. 32). При этом выделяются две зоны напряжений и деформаций: субширотная (средиземноморская) и субмеридиональная. Первая возникает в зоне экваториального вспучивания, усиленного вращением Земли, вторая — «в результате того же вращательного движения (рождающего напряжения земной коры благодаря инертности масс), ориентированного на запад, при вращательном движении Земли на восток. Морфологическим выражением этих динамических явлений являются диссимметрия рельефа и приуроченные к диссимметрии разломы» (там же, стр. 32).

Приведенные положения из работ В. Г. Бондарчука показывают, что физический смысл геологическое значение вращательного движения Земли были в основных чертах выявлены к 50-м годам настоящего столетия. На основании этого мы не можем согласиться с мнением А. Шайдеггера (1958) о том, что геология находится в таком состоянии, в каком физика находилась две тысячи лет тому назад. Говоря о геологии, А. Шайдеггер характеризовал скорее свои собственные представления, научный уровень которых определяется, со слов самого автора, состоянием агностицизма. Но большое количество геотектонических гипотез свидетельствует не о невозможности познания движущих сил тектогенеза, а отражает многообразие геотектонических процессов и явлений.

На протяжении 1951—1960 гг. советский физик М. В. Стовас провел изучение физико-математических параметров вращательного движения Земли и, в противовес мнениям, отрицающим тектоническое значение этого движения, пришел к выводу о ведущей роли вращательного движения планеты в общем процессе геотектогенеза. Основные положения его исследований таковы:

1. Земной шар не вращался на протяжении своей истории с одинаковой скоростью. Устанавливается скачкообразное увеличение или уменьшение угловой скорости планеты. Причина этого явления заключается во взаимодействии внешних (космических) и внутренних (земных) форм движений и, в первую очередь, во взаимодействии гравитационных влияний Солнца и Луны на Землю и процессов внутреннего развития вещества планеты, сопровождающихся периодическими уплотнениями и расширениями масс.

2. Изменение скорости вращения вызывает изменение сжатий и расширение геодинамических напряжений в системе эллипсоида вращения Земли, следствиями которых являются тектонические напряжения и процессы деформаций в земной коре.

3. Устанавливается наличие критических параллелей: экватор, параллели $\pm 35^\circ$ и параллели $\pm 62^\circ$. «При изменении сжатия максимальное сопряжение и изменение площади совершается на параллели $\pm 62^\circ$ и на экваторе; минимальным будет изменение площади на полюсе и на параллели $\pm 35^\circ$. Параллель $\pm 62^\circ$ и экватор представляют собой со-

РОЛЬ ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ ЗЕМЛИ В СОЗДАНИИ РАЗЛОМОВ ЛИТОСФЕРЫ

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗЕМНОЙ КОРЕ И ВРАЩАТЕЛЬНОЕ ДВИЖЕНИЕ ЗЕМЛИ

Проблема геодинамики — основная проблема геологической науки. Геологи давно склоняются к мнению, что в земной коре главные геодинамические напряжения располагаются (действуют) по двум основным направлениям: меридиональному и экваториальному. Но между структурной геологией (наука о формах структур) и геотектоникой (наука о механизме развития структур) на протяжении многих лет существует несоответствие, которое В. Г. Бондарчук (1946) охарактеризовал так: «Современная геотектоника всю внутреннюю динамику Земли сводит к деформации — структуре земной коры. Описание структур составляет задачу структурной геологии, но последняя обычно ограничивается выявлением и описанием только технологии деформации горных пород, независимо от общей динамики земного шара. С другой стороны, теоретические обобщения развития земной коры в целом строятся в абстрактном плане, независимо и вне связи с данными структурной геологии. В этом заключается основной недостаток современной теоретической геотектоники. Значение этого недостатка настолько велико, что дает основание многим исследователям говорить о кризисе геотектоники, о пребывании этой отрасли науки в тупике. Нам кажется, что оснований для столь глубокого пессимизма нет. Современный этап развития геотектоники необходимо рассматривать как этап исканий, подготовительный... Если тупик в современной геотектонике и существует, то выход из него возможен только в осознании общего развития Земли, как единой материальной системы общего и великого разнообразия элементарных частных и геологических фактов, пребывающих в закономерной соподчиненности» (стр. 171).

Таким образом, для выяснения общей геодинамики Земли и механизма развития структур необходимо прежде всего изучить общее направление развития Земли, как единой материальной системы, и изучить соподчиненность движений материальных масс, слагающих Землю.

«Рассматривая Землю как космический сгусток материи, — пишет В. Г. Бондарчук, — мы прежде всего констатируем развитие ее в условиях значительных динамических напряжений, обусловленных вращательными движениями вокруг оси и вокруг Солнца... Первым и основным структурным и геоморфологическим следствием вращательного движения земного шара является его форма — эллипсоид вращения Земли. Формирование геоида — процесс исторически длительный и включает, прежде всего, некоторое смещение масс от полярных зон в экваториальную область Земли... Таким образом, вращательное движение, рассмотренное в меридиональной плоскости Земли, дает следующую систему напряжений и подчиненных им смещений масс:

пряженные параллели: при увеличении длины одной параллели уменьшается другая. Длина параллели $\pm 35^\circ$ при изменении сжатия остается неизменной. Сопряженное изменение длины дуг параллелей с экстремумами на параллели $\pm 62^\circ$ и экваторе соответственно должно вызывать в деформированном эллипсоиде широтные тангенциальные напряжения. Эти напряжения максимальные на экваторе и уменьшаются в стороны параллели $\pm 35^\circ$, на которой становятся равными нулю, дальше меняют знак и возрастают в направлении высоких широт, достигая экстремального значения на параллели $\pm 62^\circ$, наконец, снова уменьшаются в направлении к полюсу, где становятся равными нулю» (1957, стр. 59).

В последующих работах М. В. Стюас (1958, 1960) при помощи детального математического анализа и графиков показал, что 35-я параллель является пограничной зоной в смысле перемены знака напряжений, а максимальные расширения и сжатия происходят на экваторе и на параллели $\pm 62^\circ$. Таким образом, общий вывод М. В. Стюаса такой, что в системе Земли как при ускорении, так и при замедлении ее вращения действуют напряжения главным образом экваториального (широтного) направления, меняя только знаки (направления векторов).

При описании разрывных деформаций Азии нами уже упоминались представления китайского геолога Хуан Бо-циня о том, что в Центральной и Южной Азии миграция геосинклиналей шла с севера на юг, где область Гондваны играла роль форланда. В восточной и юго-восточной Азии миграция шла в направлении с востока на запад. Пути перемещения геосинклиналей отражают господствовавшие направления тектонических давлений (стрессов).

Дж. Муди и М. Хилл (1956) пришли к выводу, что для площадей Северной Америки и Европы первичные сжимающие напряжения были ориентированы в меридиональном направлении и действовали с севера на юг. Основанием для этого послужили направления смещений вдоль разломов Сан-Андреас, Грейт-Клен, сдвигов Иордании и др. О таком же направлении смещений масс писали Г. Клоос и Г. Штилле. Карты разломной тектоники Африки и Австралии (см. рис. 18 и 21) также показывают, что главные сжимающие направления могли быть ориентированы в меридиональном или широтном направлениях, так как разломы лежат симметрично по отношению к линиям меридианов и параллелей.

Описывая общий характер колебаний земной коры в пределах Русской платформы, А. П. Карпинский (1894) указывал, что колебания совершались с известной правильностью, проявляясь в одних и тех же направлениях и часто в одних и тех же местах. Благодаря исследованиям В. Г. Бондарчука (1946, 1955, 1960) выяснено, что колебательные движения земной коры совершаются и распространяются вдоль действующего напряжения (стресса). А так как общий вывод А. П. Карпинского гласит, «что в пределах части земной поверхности, занятой в настоящее время Европейской Россией, происходили последовательные колебания земной коры через смену понижений в широтном направлении с опусканиями меридиональными», то и тектонические напряжения на этой территории действовали в меридиональном и широтном направлениях; причем широтным понижениям (колебаниям) коры соответствовали меридиональные напряжения, а меридиональным опусканиям — широтные тектонические давления.

Г. Н. Каттерфельд (1958, 1959) рассмотрел проблему вращательного движения планет и его значения в процессе формирования структур на примере линейных деформаций Луны и Марса. При сравнении планов расположения основных структур Земли, Луны и Марса выяснилось не только сходство, но и полное совпадение основных азимутальных направлений по отношению к линиям меридианов. Это обстоятельство позво-

лило Г. Н. Каттерфельду высказаться в защиту мнения Н. Арабю (1937) о том, что деформация планетных тел вызвана изменениями скорости вращения. «Таким образом, — пишет в заключение Г. Н. Каттерфельд, — закономерное преобладание северо-восточной и юго-восточной ориентировок в естественных линейных образованиях планетарного масштаба, наблюдаемых на поверхностях планет и Луны, может являться следствием неравномерного вращения планеты. Общий наш вывод по отношению к разрывным движениям литосферы тот, что разломы создаются усилиями, возникающими в результате переменного объема сжатия и неравномерности вращения планеты» (1959, стр. 277).

Так, вращательное движение Земли из проблемы земной превращается в планетарную. Сама по себе гипотеза роли вращательного движения Земли в создании структур коры не нова и не моложе других гипотез. Она много раз обсуждалась на страницах геологической печати, но с различных гносеологических позиций. Поэтому в настоящее время мы должны говорить не о том, кто первый поставил на обсуждение эту проблему, а о том, кто первый дал этой проблеме геологическую интерпретацию, кто вдохнул в нее жизнь. По нашему мнению, такая интерпретация была дана советскими геологами, и, в первую очередь, в этом заслуга В. Г. Бондарчука и Б. Л. Личкова, а затем М. В. Стюаса и Г. Н. Каттерфельда, подкрепивших эту гипотезу физико-математической основой.

ПРИЧИНЫ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ. СИЛЫ ПРИЛИВОВ И ОТЛИВОВ. ЗАКОН БЭРА-КОРИОЛИУСА

Анализируя взаимоотношения между направлениями геодинамических напряжений и деформаций, важно различать понятия «вращательное движение» (напряжение, давление, стресс) и «инерционное движение» (напряжение, давление, стресс). Механизм развития геологических структур планетарного масштаба приводится в движение действием инерционных движений. Последние вызываются относительно быстрыми ускорениями или замедлениями вращения планеты. Говоря об ускорениях или замедлениях вращения, необходимо иметь в виду не какие-то равномерные и продолжительные увеличения или уменьшения угловых скоростей Земли, а моменты относительно кратковременных ускорений или замедлений вращения, приводящих в действие силы инерции (закон Бэра-Кориолиуса). Само по себе равномерное ускорение, без замедления, или, наоборот, замедление, без относительно резкого ускорения, не сможет, вероятно, создать планетарные структуры в таком виде, как они есть, потому что не будет борьбы противоположно действующих сил, т. е. взаимодействия сжатий и растяжений.

Вопрос о причинах периодических ускорений или замедлений вращательных движений планет — дискуссионный вопрос, но он не должен служить основанием для отрицания всей концепции геотектонического значения вращательного движения Земли. О том, что такие замедления и ускорения вращений периодически совершаются, свидетельствует факт симметричного расположения планетарных деформаций Земли. Ни одна гипотеза, как мы видели, не в состоянии объяснить эту симметричность. Причина этого явления выходит далеко за пределы геологии и уходит в просторы астрономических наук. В настоящее время мы можем только предполагать, что симметричность обуславливается, с одной стороны, гравитационными и другими действиями на Землю окружающих небесных тел и, с другой, — внутренним развитием вещества нашей планеты, выражающимся в периодических увеличениях и уменьшениях объема масс Земли на отдельных участках, которые

известны в геологии как пульсации, колебательные движения земной коры и т. д.

Согласно представлениям А. А. Яковкина (1958), неравномерность вращения Земли обусловлена: 1) вековым замедлением Земли, проявляющимся в так называемом ускорении Луны; 2) неправильными, имеющими иногда скачкообразный характер, изменениями скорости вращения; 3) сезонными изменениями скорости вращения Земли. В вопросе о причинах вековых замедлений скорости вращения Земли А. А. Яковкин ограничивается предположением, что они вызываются внешними воздействиями. Скачкообразные изменения скорости вращения приписываются исключительно внутренним силам, среди которых ведущее значение имеют изменения в распределении масс; последние вызывают изменение момента инерции Земли. Измерения показали, что относительное изменение момента инерции Земли достигает величины $4,6 \cdot 10^{-8}$. Для получения указанной величины, по мнению А. А. Яковкина, «достаточно, чтобы вертикальное перемещение земной коры не превосходило 3,2 м» (стр. 9). Из исторической геологии известно, что вертикальные колебательные движения земной коры, и, в первую очередь, важные в этом отношении эпейрогенические колебания, достигали многих десятков и сотен метров, а отсюда и величины изменений моментов инерции Земли могли быть значительными.

Среди причин, вызывающих сезонные колебания скорости вращения Земли, А. А. Яковкин называет следующие: 1) сезонные вариации атмосферного давления, 2) сезонные вариации направления ветра, 3) сезонные накопления снега и растительности на континентах, 4) ставление больших массивов в Арктике, 5) перемещения континентов, 6) вариации радиуса Земли от температуры, 7) влияние лунно-солнечного притяжения, 8) перемещения оси вращения в теле Земли.

М. С. Эйгенсон (1958) детально проанализировал вопрос о солнечном управлении вращательным движением Земли и пришел к заключению, что обнаруживается частичное солнечное управление ротационным режимом Земли, проявляющееся через частичное солнечное управление характером общей циркуляции атмосферы и через зависимость ротационного режима Земли от атмосфериальной циркуляции. «Геодинамическая роль солнечной активности,— отмечает М. С. Эйгенсон,— имеет при этом, очевидно, универсальный характер. Она сказывается, должно быть, как в вынужденных, так, отчасти, и в свободных колебаниях мгновений оси вращения Земли. Она налицо как в положении этой оси, так и в абсолютной величине угловой скорости вращения нашей планеты. Солнечная активность, по-видимому, заметно проявляется также в изменениях степени трехосности эффективной фигуры Земли» (стр. 36).

На основании астрономических материалов А. А. Яковкина (1958), М. С. Эйгенсона (1958) и других, можно считать, что вопрос скачкообразного изменения скорости вращательного движения Земли является важной проблемой астрономии, геологии и физики, решение которой под силу лишь большому коллективу исследователей. Вопрос о роли вращательного движения Земли в процессе формирования планетарных структур сводится к выяснению взаимодействий между скоростью вращения планеты вокруг оси, с одной стороны, и силами внутренних и внешних воздействий на эту скорость,— с другой.

Среди прочих эффектов вращения Земли А. Шайдеггер (1958) рассмотрел также значение сил приливов — отливов и силы Кориолиуса, характеризуя их так:

...«Мы можем рассмотреть две дальнейшие возможности возникновения сил, которые могли бы иметь значение в орогенезисе. Первая сила обусловлена эффектами приливов и отливов, вызываемых Солнцем

и Луной. Она была исследована Джеффрисом (1952), который пришел к заключению, что самое большее эта сила может проявиться в явлениях волочений на дне коры величиной порядка 40 дин/см^2 . Эта сила меняет свой знак при каждом приливе и может поэтому иметь орогенетическое значение только таким путем, что возникает тенденция препятствования вспучиваний на экваторе. Долгодействующий эффект приливов и отливов является подобным силе отхода от полюсов, но размеры этой силы приливов в действительности очень малы... Как подсчитал Джеффрис (1952), для перемещения Америки на запад от Европы потребовалось бы 10^{17} лет. Для совершения этого движения в течение $3 \cdot 10^7$ лет потребовалось бы приливное трение такой величины, которая остановила бы вращение Земли за один год» (стр. 132). Нетрудно видеть, что А. Шайдеггер для определения величины силы приливов и отливов берет наименее доказанный случай перемещений масс земной коры — движение континентов на сотни и тысячи километров. Такой эффект приливы и отливы действительно вызвать не могут, но волновые поднятия и опускания земной коры и явления растрескиваний литосферы они вызывают, а этого уже вполне достаточно для того, чтобы создавать и дополнять возникшие раньше системы деформаций земной коры. Можно, вероятно, допустить и частичные смещения блоков земной коры, но не сила на широте, а литосферы на мантии. Если силы приливов и отливов не в состоянии двигать континенты на тысячи километров, то это еще не означает, что они настолько слабы, чтобы их вообще не учитывать при анализе структурообразующих сил Земли.

Советский геолог Б. Л. Личков (1960) высказал по этому вопросу следующее мнение: «Как общий вывод можно констатировать, что горообразование в условиях вращения Земли есть результат воздействия океанических приливов на твердую земную кору через воздействие на тела материков. Ясно, что этот фактор должен влиять и на полярное, и экваториальное планетарное сжатие вместе с действием прецессии, являясь его причиной. Природные воды Земли дают, таким образом, ключ к пониманию и разгадке геотектогенеза, которого нельзя, как мы сказали вначале, отделить от вращения планеты» (стр. 152).

Вторым эффектом вращения Земли, по мнению А. Шайдеггера (1958), является сила Кориолиуса. Факт, что ось вращения Земли наклонена к плоскости эклиптики, вызывает эффект прецессионного качения этой оси. Силы, обуславливающие прецессию, имеют различное действие на разных участках Земли и могут вызывать движение континентов. Джеффрис (1952) показал, что эта сила вызывает стрессы величиной не больше 60 дин/см^2 . Более того, она меняет свое направление и поэтому не может иметь, по мнению А. Шайдеггера, большее значение, чем силы приливов (стр. 133). Отсюда видно, что и эффективность сил Бэра-Кориолиуса упомянутый автор проверяет по их способности двигать континенты, которые вообще никакими силами не могут быть сдвинуты на расстояния, предложенные Вегенером. Попытка измерять величину геодинамических напряжений и эффективность сил приливов — отливов и инерционной силы Бэра-Кориолиуса посредством их способности двигать континенты на многие сотни километров представляется не обоснованной.

ГЕОДИНАМИЧЕСКИЕ НАПРЯЖЕНИЯ ЗЕМЛИ И ЭЛЛИпсоИД ДЕФОРМАЦИИ

После выяснения основных закономерностей распределения геодинамических напряжений в земной коре, возникает вопрос о взаимосвязи геодинамических напряжений Земли (причин) и структур земной коры (следствий). В структурной геологии давно выработались поня-

тия «эллипсоид напряжений» и «эллипсоид деформации». Геологи с успехом пользуются этими понятиями для объяснения механизма формирования геологических структур и считают их правильными, так как в основе этих понятий лежат проверенные практикой теоретические положения механики и физики твердых тел. Попытка Г. И. Гуревича (1954) умалить значение «эллипсоида деформации» и возможность его применения в геологии была необоснованной, на что ему указали А. В. Пэк, М. В. Крейтер, Н. А. Елисеев, М. В. Гзовский и другие.

В практической деятельности геолог ведет свои исследования в обратном порядке — сначала изучает форму и закономерности расположения геологических структур, затем строит эллипсоиды деформаций и только в заключение переходит к определению ориентировки напряжений. С точки зрения геометрии «эллипсоид напряжений» и «эллипсоид деформации» отличаются только ориентировкой своих главных осей. Это обстоятельство не всегда учитывается при анализе закономерностей размещения напряжений и деформаций. Геологи еще не достаточно хорошо знают и пользуются практическими и теоретическими достижениями механики, металлофизики и других смежных наук. На основе отождествления «напряжений» и «деформаций» возникло много неточностей и ошибочных выводов о механизме формирования структур земной коры и закономерностей их размещения. Существует, например, мнение, что складчатые структуры располагаются исключительно перпендикулярно по отношению к линии тектонического давления, а разрывные нарушения ориентируются перпендикулярно (надвижки, взбросы) или параллельно (сдвиги, разломы отрыва) линии действующего стресса, или, что основные деформации Земли имеют широтное и меридиональное простирания и т. д. Еще худшие результаты получаются, когда геолог вообще не пользуется понятием «эллипсоид деформации», лишая себя даже ориентировочной теоретической основы, а таких случаев много. Поэтому в настоящее время следует говорить скорее о недооценке, чем переоценке в геологической науке понятия «эллипсоид деформации».

Классические примеры применения принципа «эллипсоида деформации» в геологии даны в работах А. В. Пэка (1934, 1939). А. В. Пэк исходил из положения, что в процессе разрядки тектонического давления (напряжения) возникают две плоскости скальвания, расположение в пространстве которых зависит от ориентировки главных осей эллипсоида деформации. Позже Е. Андерсон (1942) развил на этой основе теорию динамики образования разрывных нарушений и пришел к выводу, что эллипсоид напряжений ориентирован по отношению к поверхности Земли таким образом, что две его оси располагаются в плоскости, очень близкой к горизонтальной; при этом третья ось эллипсоида занимает фактически вертикальное положение. А. В. Пэк пользовался понятием «эллипсоид деформации», Е. Андерсон — «эллипсоид напряжений».

Дж. Муди и М. Хилл (1956), анализируя разломы северной части западного полушария, пришли к выводу, что первоначальная сжимающая сила была ориентирована по линии север—юг (рис. 29). Применяя принцип «эллипсоида деформации», авторы выделили, как известно, восемь направлений разрывных деформаций, симметрично расположенных по обе стороны от линии главного сжатия. «Если допустить, — пишут Дж. Муди и М. Хилл, — что меридиональные сжимающие усилия создают первичные главные напряжения и первичные правые и левые сдвиги, то остальные шесть направлений сдвигов могут развиваться как производные от них скальвания второго и третьего порядков... Теоретически при любом данном направлении первичного сжимающего напряжения должны возникать под его действием две плоскости ска-

львания первого порядка, четыре плоскости скальвания второго порядка, восемь плоскостей скальвания третьего порядка и шестнадцать плоскостей скальвания четвертого порядка. Если угол между главным направлением и направлением скальвания остается по существу неизменным, а угол первичного сжатия остается постоянным, то возникающие при этом плоскости скальвания низших порядков начинают по-

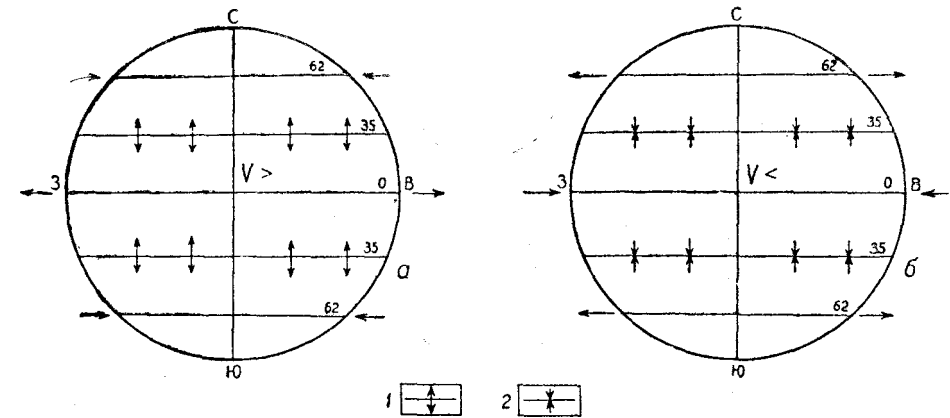


Рис. 31. Схема распределения геодинамических напряжений Земли по материалам М. В. Стюаса (1951—1960).

1 — напряжения растяжения, 2 — напряжения сжатия;
а — при ускорении вращения, б — при замедлении.

вторяться, совмещаясь друг с другом, так что в результате формируется только восемь направлений» (1960, стр. 307—309).

Такова главная зависимость между направлением тектонического напряжения и сопровождающими его деформациями. Следовательно, если главное сжимающее усилие действует в меридиональном направлении, то создаваемые им разрывные нарушения будут располагаться по северо-восточным и северо-западным азимутам. В связи с этим возникает вопрос, в какой мере эта зависимость учитывается в существующих геотектонических работах и соответствует ли она действительному плану расположения планетарных разломов Земли.

Согласно физико-математическому анализу эффектов вращения Земли, выполненному М. В. Стюасом (1951—1960), главные геодинамические напряжения в земной коре располагаются по широтным направлениям в виде трех главных максимумов: —62°, +62° и зона экватора (рис. 31). При изменении скорости вращения меняется только векторность действующих напряжений (стрессов), а азимутальные направления остаются неизменными. Так, при ускорении вращения (рис. 31, а) вдоль линии экватора действуют напряжения растяжений и отрыва, а векторы сил направлены на восток и на запад. Вдоль зон параллелей —62° и +62° действуют в это время напряжения сжатий и векторы сил направлены друг к другу, т. е. совпадают с линиями параллелей. В зонах параллелей —35° и +35° действуют при этом местные напряжения растяжений и отрывов.

При замедлении вращения Земли направления действующих стрессов будут обратными (рис. 31, б). Механизм возникновения и закономерность размещения планетарных разломов на основе такого распределения тектонических напряжений М. В. Стюас описывает следующим образом: «Планетарные меридиональные и субмеридиональные разломы возникли, главным образом, в зоне экватора и высоких широт ($\pm 62^\circ$) в результате широтного растяжения оболочки земной коры при перераспределении площадей между высокими и низкими

широтами в сопряженно деформированном эллипсоиде, причем широтному сжатию оболочки коры в зоне экватора отвечает широтное растяжение коры в зоне высоких широт, и наоборот» (1960, стр. 57). «Широтные и субширотные планетарные разломы возникли преимущественно в средних широтах, вблизи зоны критической параллели $\pm 35^\circ$, что является результатом сжатия и растяжения коровой оболочки, но уже меридионального направления» (там же, стр. 58).

Итак, широтно ориентированные напряжения вызывают, по мнению М. В. Стоваса, меридиональные разломы, а меридиональные напряже-

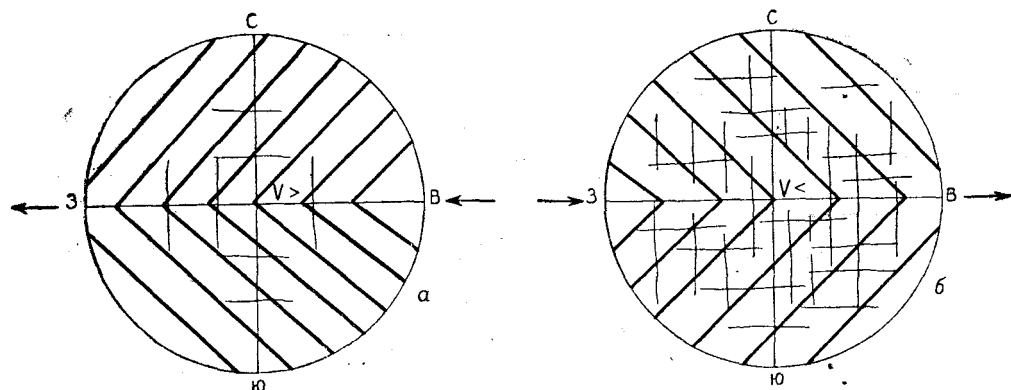


Рис. 32. Схема распределения напряжений и ориентировки деформаций Земли по материалам Г. Н. Каттерфельда (1959).
а — при ускорении вращения, б — при замедлении.

ния, соответственно, создают широтные разломы. Согласуется ли такое мнение с указанной выше зависимостью между направлением тектонического напряжения (стресса) и положением основных скальвающих деформаций или не согласуется? По-видимому, не согласуется, потому что не учтен принцип «эллипсоида деформации». Если общая схема распределения напряжений в земной коре, разработанная М. В. Стовасом, верна, то основные системы разрывных деформаций должны располагаться, в подавляющем большинстве, не в широтном и меридиональном, а северо-восточном и северо-западном направлениях, что и согласуется с действительным их положением, зафиксированным на существующих геологических картах.

Более близкая к действительности схема расположения планетарных разломов, в зависимости от направлений действующих сил, предложена Г. Н. Каттерфельдом (1959). При общем широтном положении напряжений (рис. 32) разломы располагаются либо в северо-восточном и юго-восточном (северо-западном) направлениях (ускорение вращения), либо в северо-западном и юго-западном (северо-восточном) направлениях (замедление вращения), образуя в обоих случаях две пересекающиеся системы разломов большого общепланетарного эллипсоида деформаций. Меридиональные и широтные разломы имеют, по мнению Г. Н. Каттерфельда, второстепенное значение. «Действительно, увеличение скорости определяет появление структурной пары юго-запад (северное полушарие) плюс северо-запад (южное полушарие) и линейных структур широтного и меридионального простирааний; наоборот, замедление приводит к усилению меридионально-широтной тенденции и к перемене знака пары, т. е. появлению структур направления северо-запад — в северном и юго-запад — в южном полушариях планеты. Возможно, что направления становятся более выраженными под влиянием течения подкорового субстрата» (1959, стр. 277).

Против такого объяснения закономерностей размещения планетарных разломов в земной коре, данного Г. Н. Каттерфельдом, трудно возражать, так как оно согласуется с материалами геологических, геофизических и астрогеологических наблюдений. Разломы земной коры, как мы уже видели, располагаются в северо-западном и северо-восточном направлениях и подчиняются принципу «эллипсоида деформации».

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ УСКОРЕНИИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

В основу дальнейшего анализа закономерностей распределения напряжений и деформаций в земной коре мы берем представления Г. Н. Каттерфельда (1959) с такими дополнениями, что кроме главных геодинамических напряжений, ориентированных в основном в экваториальном направлении, в земной коре действуют также напряжения других направлений, важнейшими среди которых являются меридиональные, описанные М. В. Стовасом, и косые (северо-запад и юго-запад при ускорении вращения, северо-восток и юго-восток — при замедлении), представляющие собой векторы сложения экваториальных и меридиональных напряжений. Описанные Г. Н. Каттерфельдом (рис. 32) разломы в северном и южном полушариях, вероятно, не обрываются строго возле линии экватора, а продолжают дальше в пределы площадей противоположных полушарий, хотя, может быть, и в менее выраженной форме. Таким образом, планетарные разломы, или зоны деформаций литосферы, имеют вид не угольников с вершинами на экваторе, а образуют почти прямоугольную сетку пересекающихся структур северо-восточного и северо-западного направлений.

При скачкообразном ускорении вращения Земли в области ее верхних оболочек возникают инерционные толчки и смещения масс в сторону, противоположную общему движению вращения планеты. В это время осуществляется взаимодействие (борьба) между постоянно действующим движением вращения, направленным на восток, и инерционным отходом и давлением масс на запад. Возможно также, что в эти моменты происходит явление общего скольжения оболочки литосферы по поверхности мантии. Момент и величина инерционного отхода масс на запад и являются, по нашему мнению, одним из основных структурообразующих эффектов вращения Земли. На схеме полушарий (рис. 33) инерционное смещение масс показано в виде единой полосы мощных стрессов, направленных на запад. При этом важно обратить внимание на то обстоятельство, что как на западном, так и на восточном краях полушария стрессы направлены в одну и ту же сторону — на запад, чем их положение отличается от схемы М. В. Стоваса (см. рис. 31), где направления стрессов ориентированы в противоположные стороны: в западном секторе — на запад, в восточном — на восток. Различие вызвано не противоречиями, а тем, что мы рассматриваем пояс инерционных напряжений, ориентированный при ускорении вращения всегда на запад, тогда как М. В. Стовас показал эффект увеличения и растяжения диаметра земного шара по линии экватора, возникающий вследствие превращения шара в эллипсоид вращения. Какой из этих эффектов — наш, инерционный, или стовасовский (эксцентриситетный), — более структурообразующий покажут будущие физико-математические исследования.

При общей ориентировке стрессов на запад, учитывая их соотношение с эллипсоидом деформаций, главные плоскости скальваний могут быть показаны в виде линий северо-восточного и северо-западного направлений, располагающихся по азимутам 45° и 315° . Это полностью

согласуется с фактическими направлениями главных планетарных деформаций земной коры. Отклонения могут вызываться, с одной стороны, структурно-петрографическими особенностями земной коры на различных участках и, с другой, тем, что мы условно принимаем ориентировку плоскостей скалывания под углом 45° к линии главного стресса, тогда как этот угол, по мнению одних исследователей, меньше 45° , а по мнению других — больше 45° . Ко всему этому добавляются искрив-

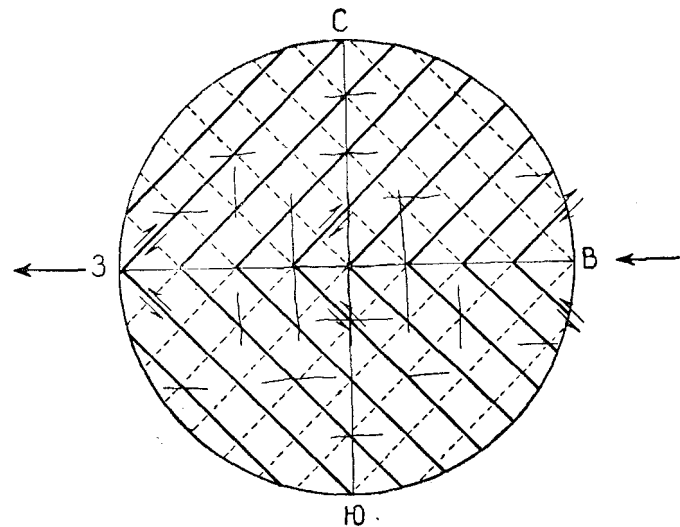


Рис. 33. Направление ротационных давлений и положение разрывных нарушений в земной коре при ускорении вращения Земли.

ления линий разломов при проектировании элементов полусферы на плоскость.

Применяя к нашей схеме расположения основных разрывных деформаций земной коры правило «эллипсоида деформации», можем выяснить также главные направления теоретически возможных сдвиговых смещений вдоль плоскостей нарушений. Так как главное сжимающее усилие действует в широтном направлении, то стрелки смещений со стороны восточных и западных секторов (блоков), образованных пересечением плоскостей скалывания, будут направлены в сторону экватора (или линии любой другой параллели), а стрелки со стороны северного и южного блоков — от экватора. При этом все северо-восточные разломы будут иметь смещения правых сдвигов, а северо-западные — левых сдвигов. Сравнение теоретических направлений сдвиговых смещений с фактическими, установленными геологическими наблюдениями (см. рис. 28), показывает значительные совпадения. Так, основные разломные деформации Африки, Австралии и Северной Америки свидетельствуют о полном совпадении смещений с теоретическими направлениями. В Европе и Азии во многих местах проявляются обратные ориентировки смещений, что указывает, возможно, на проявление меридиональных стрессов, однако общее преобладание широтных напряжений сохраняется и на этих площадях.

Кроме главных планетарных деформаций по азимутам $35-40^\circ$ и $305-310^\circ$, в земной коре имеется много нарушений других направлений. Например, мы выделили еще четыре направления по азимутам: $10-15$, $65-70$, $280-285$ и $335-340^\circ$. Другие авторы выделяют больше. Применительно к системе широтной ориентировки главного стресса они выступают как деформации подчиненного значения и как результат

дальнейшей дифференциации геодинамических напряжений земной коры. Согласно принципу «сдвиговой тектоники» Дж. Муди и М. Хилла (1956), возле зон главных сдвигов, и под углами $30-35^\circ$ к ним, развиваются сдвиги второго порядка. На карте поверхности Земли (рис. 33) эти нарушения будут иметь ориентировку 15 , 75 , 285 и 345° , чем они полностью воспроизводят выделенные нами шесть основных направлений планетарных разломов. При определенных условиях разрывы второго порядка достигают больших размеров и становятся неотличимыми от главных деформаций.

Рассмотренная нами идеальная прямолинейность разломов полностью применима только для квазигомогенной земной коры, а так как она не является таковой, то разломы будут чаще извилистыми. Существенное значение в сетке планетарных разломов Земли имеют и меридиональные деформации типа восточноафриканских, атлантических и других, выступающих в форме разрывов растяжения земной коры. Наличие таких деформаций мы не только не отрицаем, а, наоборот, считаем, что их значение недооценивается в общем структурном узоре деформаций земной коры. Детальный анализ строения зоны восточноафриканских разломов показывает, что это не сплошная меридиональная полоса, а система чередующихся разрывов северо-восточного и северо-западного простираний, расположенная по общему меридиональному направлению. В связи с этим в общей системе деформаций земной коры следует различать, с одной стороны, первичную сетку трещиноватости и разрывов скалывания, которые возникают по принципу эллипсоида деформации, и второстепенные деформации сжатия и растяжения менее правильной формы, создаваемые движениями уже существующих блоков земной коры.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ И ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ЗАМЕДЛЕНИИ ВРАЩЕНИЯ ЗЕМЛИ

При скачкообразном замедлении скорости вращения Земли меняется только направление стрессов, а ориентировка деформаций остается без изменений. Инерционные толчки, тектонические давления и смещения масс направлены на восток и ориентированы параллельно экватору (рис. 34). Планетарные деформации в этом случае полностью сохраняют свою прежнюю азимутальную ориентировку и даже направления сдвиговых смещений вдоль их плоскостей, но меняется положение активных зон деформаций. Если при ускорении наиболее активными на площади северного полушария являются разломы северо-восточные, а на площади южного — юго-восточные, то при замедлении вращения в северном полушарии более активными становятся разломы северо-западного простирания, а в южном — юго-западного.

Так устанавливается факт, что перемена направлений вращательных стрессов Земли не меняет азимутального положения линий планетарной трещиноватости. Не меняется и характер сдвиговых смещений вдоль зон разломов, что еще больше подкрепляет мнение Г. Клооса (1948а) о постоянстве и консервативности основных структурных направлений земной коры.

Проблема тектонического значения моментов ускорения и замедления вращательного движения Земли тесно связана с вопросом механических взаимоотношений между литосферой (твердой оболочкой Земли) и мантией (жидко-вязкой оболочкой). Не исключена возможность частичного скольжения и смещения литосферы по поверхности мантии. В строении Земли выделяются три составные части: ядро, мантия (промежуточная зона) и земная кора. Уже давно сложилось мнение, что оболочки Земли (геосферы) отличаются друг от друга составом и фи-

зико-механическими свойствами. Наличие оболочек подтверждается вполне конкретными геофизическими характеристиками вещества глубинных горизонтов. Известно, что нижняя граница земной коры проходит по поверхности Мохоровичича и что основная ее масса находится в твердом состоянии. Подстилающие слои мантии, по представлению многих геологов и геофизиков, находятся в вязко-жидком состоянии.

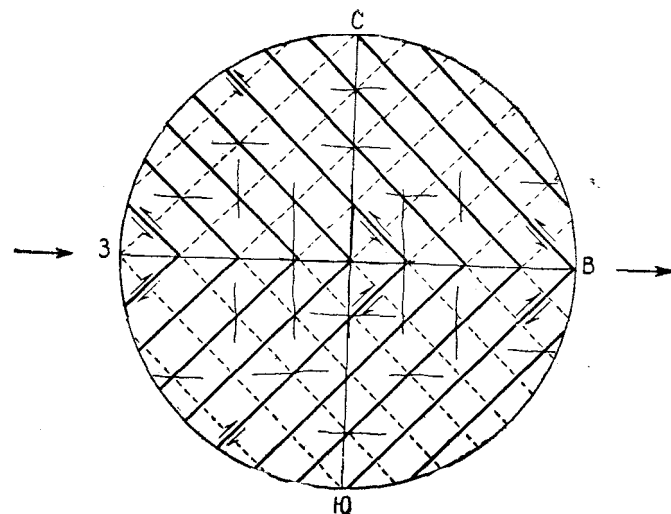


Рис. 34. Направление ротационных давлений и положение разрывных нарушений в земной коре при замедлении вращения Земли.

Одним из главнейших доказательств такого физического состояния верхних частей мантии является излияние по глубинным трещинам литосферы расплавленных масс. Твердая оболочка земной коры отличается от мантии также составом. На континентах кора сиалическая (гранитная), на площадях океанов — симатическая (базальтовая). Мантия соответствует составу ультраосновных пород типа перидотитов и эклогитов.

Представим себе разрез земного шара по плоскости экватора, с выделенными на нем тремя основными оболочками Земли (рис. 35). Оболочка литосферы располагается на поверхности мантии как резко отличная физико-механическая масса с четкой границей раздела. При ускорении вращательного движения Земли центробежные и инерционные силы стремятся поворачивать оболочку литосферы в направлении, противоположном общему вращению Земли (б), тогда как оболочка мантии вращается согласно с общим вращением. Вещественное и механическое различие между обеими оболочками может привести к тому, что на границе раздела между ними будут возникать срывы и явления периодических скольжений литосферы по поверхности мантии. При этом максимальные скольжения будут в зоне экватора, а минимальные — в областях полюсов. Геологические последствия этого явления могут быть такие: возникновение широтно направленных подкорковых течений вещества мантии и растрескивание оболочки литосферы в виде системы разломов, наклоненных на восток.

При скачкообразном замедлении вращения Земли относительные смещения литосферы и мантии становятся обратными (в), а существующие разломы принимают более крутое положение и местами даже приоткрываются, образуя зияющие трещины, по которым устремляются вверх подкорковые массы мантии. Скорость перемещения литосферы

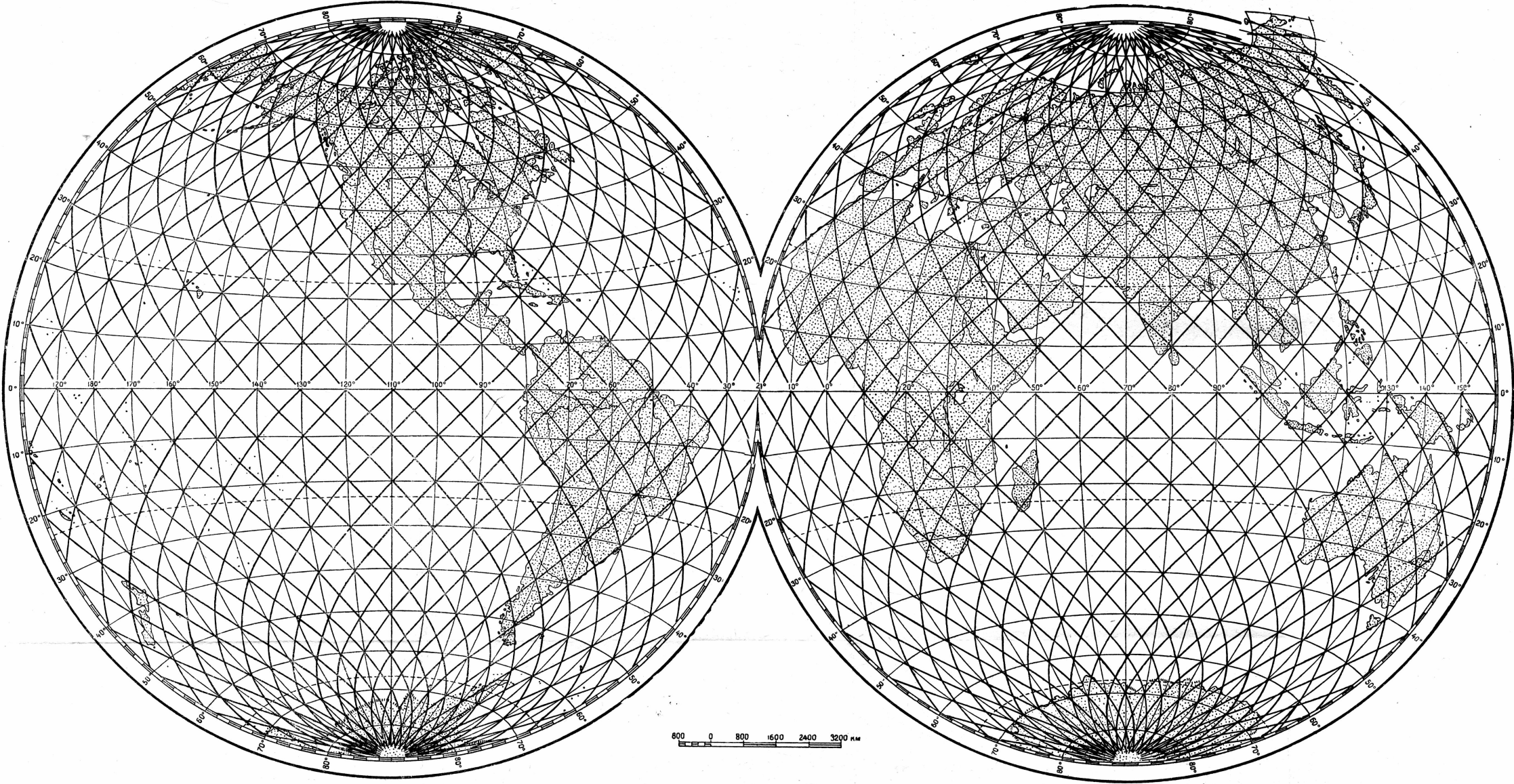


Рис. 36. Идеальная сетка планетарной трещиноватости земной коры, создаваемая вращательным движением Земли.

по поверхности мантии, если такое движение вообще существует, зависит от физического состояния верхних слоев мантии и величины инерционных сил. Будущие исследования покажут, насколько это предположение соответствует действительности. Анализируя динамические и геологические эффекты вращательного движения Земли, мы должны стремиться выделить все возможные варианты движений масс и порождаемые ими тектонические структуры земной коры.

В отличие от гипотез перемещения материков и блуждания полюсов, рассмотренное явление предполагает возможность только общего сме-

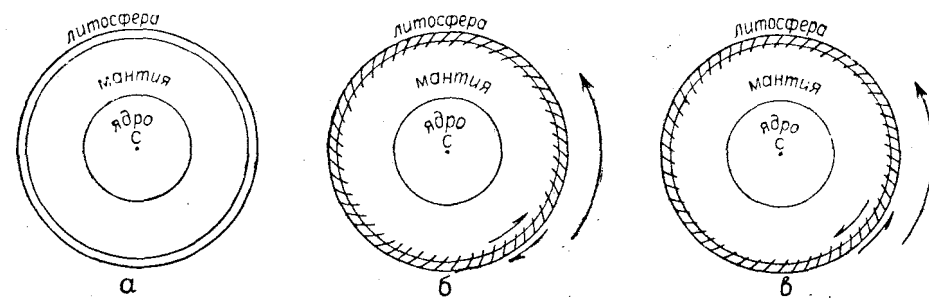


Рис. 35. Возможные направления смещений литосферы по поверхности мантии под действием ротационно-инерционных сил.

а — разрез Земли по экватору; б — при ускорении; в — при замедлении.

щения всей оболочки литосферы по сферической поверхности мантии, при котором расстояния между основными структурами земной коры (континентами и океанами) в общем сохраняются. Отдельные мелкие растяжения или сжатия блоков в этом движении не только не исключаются, но предполагаются, хотя их величины не выходят за пределы первого десятка километров.

СЕТКА ПЛАНЕТАРНОЙ ТРЕЩИНОВАТОСТИ ЗЕМНОЙ КОРЫ, ПОСТРОЕННАЯ ПО ПРИНЦИПУ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ФАКТИЧЕСКИХ РАЗЛОМОВ (ЛИНЕАМЕНТОВ) ЗЕМЛИ

Объединив деформации, создаваемые эффектами ускорения (рис. 33) и замедления (рис. 34) вращательного движения Земли в единую схему структур, мы составили сводную карту планетарной трещиноватости земной коры (рис. 36), на которой выделяются два основных направления: северо-восточное и северо-западное. Оба направления имеют равноценное значение, но обратное противоположное размещение на площадях северного и южного полушарий. При построении идеальной сетки планетарной трещиноватости земной коры мы исходили из предположения, что в начальную стадию развития литосфера была более однородной по составу и что существовали благоприятные условия для формирования идеальной и симметричной сетки планетарных разломов.

Для простоты графического изображения и в связи с тем, что в настоящее время еще нет исчерпывающих сведений о густоте расположения разломов, линии сетки проведены как диагонали координатных клеток (трапеции географической сетки) 10°-ной величины. Предлагаемая сетка ориентировки планетарных разломов Земли вычислена не теоретически, а построена графически, как результат трассирования линий фактических разломов земной коры в одну и другую сторону. Предполагается также, что в зоне экватора линии скрывающихся де-

формаций располагаются под углами 45° (45 и 315°) по отношению к направлению действующих стрессов, в данном случае расположенных по азимутам 90 и 270° . По мере удаления от экватора линии разломов все больше и больше поворачивают на север и на юг, образуя в общем плане проекций полусферы на плоскость слабо изогнутые S-образные полосы.

Наша идеальная сетка расположения главных скальвающих деформаций земной коры еще не изучена с точки зрения физики и механики и не обоснована математическими расчетами, поэтому ее следует рассматривать как возможную рабочую гипотезу. Однако уже в таком общем виде ее основные направления согласуются лучше, чем на схемах Ф. Венинг-Мейнеца и А. Шайдеггера, с фактическим положением планетарных разломов земной коры (см. рис. 28). Особенно это относится к широтным и меридиональным линиям указанных схем, которые не подтверждаются материалами действительных структур.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ СЕТКИ СКОЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ЗЕМНОЙ КОРЫ ДРУГИХ АВТОРОВ

Вопрос о существовании сетки планетарных разломов неоднократно обсуждался на страницах геологической печати. Авторы, подымавшие этот вопрос, единогласно пришли к заключению, что подобная сетка действительно существует, но в определении причин возникновения сетки и характера расположения основных структурных направлений мнения разошлись. Важнейшими по этому вопросу являются работы Ф. Венинг-Мейнеца (1947), А. Шайдеггера (1958) и Г. Л. Поспелова (1957).

СЕТКА Ф. ВЕНИНГ-МЕЙНЕЦА

Анализируя закономерности расположения разрывных деформаций земной коры, Ф. Венинг-Мейнец пришел к выводу, что должна существовать общепланетарная причина возникновения разломов. Из всех возможных причин Ф. Венинг-Мейнец выбрал смещение полюсов. Исходя из предположения, что земная кора идеально упругая и что происходит перемещение полюсов, автор высчитал сначала напряжения, возникающие вследствие полюсных перемещений, и от них пришел к выяснению линий максимальных скальвающих деформаций. Расчеты Ф. Венинг-Мейнеца таковы:

$$E_A = \frac{1}{R \sin \Delta} \frac{dsA}{dA} = - \frac{4(1+m)}{5+m} v \sin \theta \sin (2A - \theta), \quad (1)$$

$$E_\Delta = \frac{1}{R} \frac{ds\Delta}{d\Delta} = \frac{2(1+m)}{5+m} v \sin \theta \cos 2\Delta \sin (2A - \theta), \quad (2)$$

$$E_{A\Delta} = \frac{1}{2} \left\{ \frac{1}{R \sin \Delta} \frac{ds\Delta}{dA} + \frac{1}{R} \frac{dsA}{d\Delta} \right\}, \text{ или}$$

$$E_{A\Delta} = 3 \frac{1+m}{5+m} v \sin \theta \cos \Delta \cos (2A - \theta). \quad (3)$$

На основании этих уравнений автор вычислил положение линий максимальных скальвающих деформаций. Тангенс (касательная) к линии максимального скальвания является биссектрисой основных осей напряжений в каждой точке поверхности Земли. Угол, который образуют основные оси напряжений с координатами данной точки, опреде-

ляется по формуле.

$$\operatorname{tg} 2\varphi = - \frac{3 \cos \Delta \operatorname{ctg} (2A - \theta)}{\cos 2\Delta + 2} = \frac{2E_{A\Delta}}{E_A - E_\Delta}, \quad (4)$$

где φ — широта точки;

Δ — расстояние от бывшего положения полюса до нового;

A — долгота нового положения полюса;

θ — угол смещения оси вращения;

E_A и E_Δ — напряжения в точках.

} координаты точки смещения

Ф. Венинг-Мейнец построил схему расположения максимальных скальвающих деформаций земной коры для всей поверхности Земли

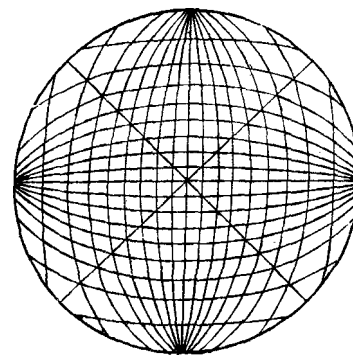


Рис. 37. Схема расположения главных скальвающих деформаций земной коры по Ф. Венинг-Мейнецу (1947).

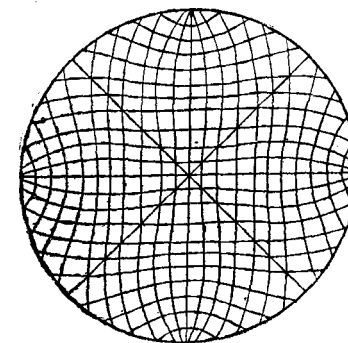


Рис. 38. Схема расположения главных скальвающих деформаций земной коры по А. Шайдеггеру (1958).

(рис. 37). Однако Земля не есть идеально упругое тело. Фактические разломы земной коры располагаются иначе, т. е. на Земле преобладают северо-восточные и северо-западные нарушения и почти нет значительных широтных и меридиональных. Кроме того, перемещение полюсов, на основе которого автором произведены расчеты, является предположительным. Исходя из этого, мы считаем, что сетка Ф. Венинг-Мейнеца не может считаться безупречной и служить основой для дальнейших исследований.

СЕТКА А. ШАЙДЕГГЕРА

А. Шайдеггер (1958) внес дополнение к расчетам и схеме Ф. Венинг-Мейнеца (1947), состоящее в том, что каждая линия скальвания пересекается с другой под углом 90° , и построил на этой основе новую усовершенствованную сетку расположения сколовых деформаций земной коры (рис. 38). Его формула такова:

$$\operatorname{tg} 2\varphi = f(A) \operatorname{ctg} 2A,$$

где f — положительная функция с верхним лимитом $0 \leq \Delta < 90^\circ$.

А. Шайдеггер считает, что явление смещения полюсов происходило в раннюю стадию развития Земли. Полярные смещения, по его мнению, означают не изменение направления оси вращения в пространстве, но скорее изменение положения Земли по отношению к оси ее вращения. Для крайнего случая смещения полюса на линию экватора последний, став меридианом, должен будет сократиться на 17 км, что достаточно для объяснения горообразовательных процессов. На вопрос, какие при-

чины обуславливают перемещение полюсов, А. Шайдеггер отвечает так: «Имеется два типа условий (причин): кинематические и динамические. Кинематические состоят в том, что первичный эллипсоид превращается в другой эллипсоид. Динамические требуют, чтобы состояние до и после перемещений было в равновесии» (стр. 208). Вполне понятно, что это не ответ на вопрос о причине смещения полюсов, а описание процессов и эффектов, возникающих после смещения. В этом отношении в работах Ф. Венинг-Мейнеца (1947) и А. Шайдеггера имеется, по нашему мнению, методологическая и логическая непоследовательность. Расчеты и исследования эффектов начинаются с того момента, когда смещение полюса уже произошло (или происходит), а предшествующая стадия, т. е. стадия, порождающая причину смещения полюса, остается без объяснения и принимается на веру.

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКАЯ РЕШЕТКА Г. Л. ПОСПЕЛОВА

На основе анализа типов механических геологических напряжений и фактического положения структур Алтае-Саянской складчатой области СССР Г. Л. Поспелов (1957) пришел к выводу, что в земной коре существует самостоятельный характерный тип структур, который можно выделить под названием «геотектоническая решетка». Теоретические позиции Г. Л. Поспелова таковы: «Механические напряжения земной коры, сказывающиеся на развитии ее региональных структур, проистекают от причин, имеющих разную природу. Одни из них связаны с космическими влияниями (приливы и т. д.) и с движениями, приобретенными в догеологическую фазу развития Земли (вращение Земли, создающее инерционные напряжения). Другие — обусловлены эволюцией земной коры» (1957, стр. 18).

На основе таких теоретических представлений о существовании общепланетарных и локальных движений Г. Л. Поспелов выделяет два типа геотектонических напряжений в земной коре.

1. «Общие геотектонические напряжения, охватывающие всю Землю в целом или отдельные крупные ее объемы, такие, как континентальные массы и океанические впадины или крупные их участки» (стр. 19).

2. «Локальные геотектонические напряжения, охватывающие отдельные участки Земли, в том числе такие, как геосинклинали, платформы и более мелкие геотектонические единицы» (стр. 19).

Оба типа напряжений, по мнению автора, сложно сочетаются между собой и каждое из них может проявиться как интегрированно-уравновешивающееся напряжение и как дифференцированно-уравновешивающееся напряжение. Интегрированно-уравновешивающиеся напряжения должны создавать системы структур, общие для больших объемов земной коры и сквозные по отношению к структурам дифференцированно-уравновешивающихся напряжений.

Характеризуя обычную трещиноватость (отдельность) горных пород, Г. Л. Поспелов указывает, что пересекающиеся системы трещин отдельностей существуют везде, где имеются каменные или начинающие окаменевать породы. Среди трещин горных пород он выделяет два типа: трещины, зависящие своей ориентировкой и механизмом образования от местных процессов складчатости, и трещины, не зависящие от складчатости и элементов залегания пласта. Самой характерной особенностью отдельности является то, что это решетчатый тип структуры земной коры, развитый во всех ее толщах, способных к трещинообразованию.

«В отличие от складок, от дизъюнктивов,— пишет Г. Л. Поспелов,— многомасштабность проявлений которых является общепризнан-

ной, что находит отражение в подразделениях их на структуры первого, второго и т. д. порядков, отдельность обычно не рассматривается как структура многомасштабная. Между тем съемки обнаженных кристаллических толщ с самолета, структурные и геоморфологические исследования кристаллических щитов и т. п. показывают, что, кроме обычно фиксируемой при описании обнажений решетки трещин отдельностей, существуют более крупные решетки. Они состоят из перекрещивающихся трещинных зон, сравнительно далеко отстоящих друг от друга и протягивающихся на значительные расстояния. Общеизвестны в этом отношении схемы решетчатой трещинной структуры «Скандинавского полуострова» (стр. 20). Трещинные структуры составляют фон, на котором развиваются глубинные деформации дизъюнктивного типа и сложные складчато-глыбовые движения. Разрастаясь, такие структуры могут проникать в верхние геоструктурные этажи и создавать здесь некоторые решетчатые макроструктуры, отражающие структуры фундамента. С решетчатыми структурами генетически связаны процессы интрузивного магматизма.

Таковы общие представления Г. Л. Поспелова. Хотя в его работе нет конкретной графической схемы и указаний об азимутальном положении планетарных деформаций земной коры и его выводы во многом являются повторением положений Р. А. Зондера (1938), но подчеркнутая мысль о решетчатом характере строения коры является новой. Ее новизна в том, что она относится ко всей Земле в целом и в том, что геотектоническая решетка планетарных трещин объясняется единством действий космических и внутрипланетарных движений вещества. Представления Г. Л. Поспелова о геотектонической решетке земной коры, о пересекающихся зонах трещиноватости и о сквозных структурах находятся в полном согласии с фактическим положением планетарных разломов.

ТЕКТОРОГЕНИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПЛАНЕТАРНЫХ РАЗЛОМОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ БЛОКОВОЕ СТРОЕНИЕ ЗЕМНОЙ КОРЫ

По мнению В. Х. Бухера (1956), наибольшее значение в геотектонике получили те тенденции, согласно которым выделяют «подвижные зоны» и «высокие, или глубокие, кратоны». Термин «зоны» соответствует геосинклиналям, а «кратоны» — различным массивам. Явление расчлененности земной коры на подвижные зоны и относительно устойчивые жесткие массивы давно известно в структурной геологии. При описании разрывных деформаций Африки, Австралии, Европы и Азии мы неоднократно обращали внимание на существующую тенденцию выделения «подвижных зон» и «устойчивых массивов». Теперь возникает необходимость рассмотреть механизм образования и геологическую сущность блоковой тектоники земной коры.

В советской геологической литературе идея о блоковом строении земной коры была высказана А. П. Карпинским и последовательно развивается в работах В. Г. Бондарчука, А. А. Бакирова, М. Ф. Мирчинка, В. В. Белоусова, Н. С. Шатского, А. В. Пейве и других исследователей. В связи с блоковым характером строения земной коры возникает необходимость критического пересмотра бытующих мнений о том, что в моменты колебательных движений кора совершает якобы упругие или пластические поднятия и опускания, без значительных деформаций разрывного характера. Более правдоподобно предполагать, что эти поднятия и опускания коры совершаются по принципу блоковой тектоники и по типу складок скалывания (В. Е. Хаин, 1958).

Возьмем для примера площади Русской и Северо-Американской платформ. Что характерно в их строении? В вертикальном разрезе выделяются кристаллическое основание и осадочный чехол, в горизонтальном — система чередующихся поднятий и опусканий, антеклиз и синеклиз, выступов и впадин. Работами многих исследователей все больше подтверждается, что выступы и впадины отделены крупными разрывными нарушениями. Исследования Н. С. Шатского на площади центральной части, а В. Г. Бондарчука на южных и юго-западных окраинах Русской платформы показали, что Московская синеклиза, Пачелмский прогиб, Днепровско-Донецкий ровообразный прогиб, Причерноморская впадина и другие структуры синклиальной формы построены по принципу ступенчатых сбросов, в то время как разделяющие их поднятия и выступы имеют вид лестничных взбросов. Работами А. А. Бакирова, М. Ф. Мирчинка, Р. М. Пистрак, А. В. Рогова и других установлены, наряду с общим постоянством, горизонтальные смещения выступов и поднятий кристаллического основания Русской платформы. Общеизвестны явления поддвижения краев Русской платформы под складчатые структуры Урала и Карпат или Северо-Американской платформы под Аппалачи,

В более широком масштабе можно говорить о взаимоотношениях между блоками континентов и океанов. Установлено, что на границе между этими основными структурными элементами земной коры проходят мощные зоны разломных деформаций, погружающиеся под континенты примерно под углом 45° и показывающие общую тенденцию поддвижения краев океанической коры под континентальную.

В результате действия боковых стрессов и процессов внутреннего развития подстилающего вещества мантии блоки литосферы не остаются неподвижными. Они движутся вверх, вниз и в сторону, но не в таком смысле и не в тех размерах, как предполагал Вегенер и его последователи. На основании имеющихся в настоящее время геологических материалов складывается убеждение, что блоки земной коры движутся в основном в вертикальных направлениях, и только в отдельные периоды они смещаются в стороны. Физико-химические процессы мантии не исключают, а во многих случаях обуславливают боковые смещения сегментов литосферы.

В связи с эффектами ускорений и замедлений вращательного движения Земли и блоковым строением земной коры возникает необходимость рассмотрения вопроса об активных и пассивных блоках коры. При ускорении вращения Земли (см. рис. 33) инерционное давление и смещение масс направлено на запад. Каждый восточный блок земной коры стремится в этом случае продвинуться на запад, но его продвижению в этом направлении мешает лежащий рядом соседний, западный, блок, который, в свою очередь, тормозится следующим блоком и т. д. Блоки теснятся, толкают друг друга и смещаются на запад в зависимости от степени сопротивления западных участков земной коры. В поступательном движении блоков на запад решающее значение имеют характер строения, ширина и относительная сопротивляемость против сдвливания разделяющих их подвижных зон, на площади которых совершаются в это время интенсивные тектонические движения и накапливаются мощные толщи осадочных пород. В определенных моменты блоки сдвливают подвижные зоны и в результате смещаются на запад. Так создается система активных и пассивных блоков, где каждый восточный массив активный, а его сосед с запада по отношению к нему, пассивный.

Проблема активных и пассивных блоков земной коры имеет важное значение для изучения вопросов структурообразования в орогенных областях и причин возникновения горизонтальных давлений. В геологической литературе активные блоки коры называются активными кратонами или массивами, а пассивные блоки — форландами. Краевые части блоков земной коры имеют различную форму, строение и механизм формирования. Так, для отдельно взятого блока выделяются на одной стороне (в данном случае западной) структуры сжатия (складки, надвиги), а на другой (восточной) — деформации растяжения (отрывы, сбросы, зияющие трещины, ровообразные впадины). Такое явление обусловлено неодинаковой величиной горизонтального смещения блоков по отношению друг к другу. Классическим примером противоположных структур является Чешский массив (см. рис. 13), где с северо-западной стороны расположены структуры растяжения и отрыва, а с юго-восточной — сжатия и надвигов.

Вторым примером может быть Украинский кристаллический щит. С северо-восточной стороны щита располагаются структуры растяжения Днепровско-Донецкого ровообразного прогиба, с юго-западной стороны наблюдается поддвижение края Русской платформы под Карпаты. Подобный принцип расположения противоположных по механизму структур можно наблюдать вокруг многих других блоков земной коры, где структурам сжатия с одной стороны соответствуют структу-

ры растяжения с другой. Значение этого явления для структурной геологии велико.

При замедлении вращения Земли направление стрессов и инерционных смещений масс становится противоположным, т. е. ориентированным с запада на восток. Вместе с переменной знака стрессов на обратное меняется и положение активных и пассивных блоков земной коры. Западные блоки становятся активными, а восточные — пассивными.

Кроме широтных инерционных напряжений, в системе вращательного движения возникают также стрессы других направлений и, в первую очередь, меридиональные, ориентированные от полюсов к экватору, или обратно. Дальнейшая дифференциация геодинамических стрессов усложняется движениями вещества мантии Земли. Какие движения масс, вращательные или подкорковые, осуществляют окончательную доработку структур земной коры сказать пока трудно. В настоящее время ясно только одно: самый общий фон геодинамических напряжений Земли создается силами вращательного движения вокруг оси и гравитационными воздействиями окружающих планет. Этими силами обуславливается первичная симметричность геонапряжений и геоструктур по отношению к оси вращения Земли. Земная кора растрескивается и расчленяется на закономерную систему блоков определенной формы и пространственного положения. Процессы перемещения подкорковых масс приводят в движение уже существующие блоки и подвижные зоны литосферы и, таким образом, дополняют смещения, вызываемые вращательным движением планеты. И не случайно Н. С. Шатский (1955), изучая строение Пачелмского прогиба Русской платформы, пришел к выводу, что процессы и движения подкоркового вещества Земли могут в какой-то степени объяснить факт движения блоков земной коры, но они не объясняют форму и взаимное расположение в различной степени осевших или поднявшихся глыб, а это, в конечном счете, один из основных вопросов современной геотектоники.

В свете разломной тектоники и блокового строения земной коры становятся понятными форма и пространственное положение многих геологических структур. Изучая строение и историю развития того или иного участка земной коры, геологи не всегда интересовались, почему отдельные структуры, а иногда и целые регионы, имеют строго выдержанную пространственную ориентировку. Например, Родопско-Анадольский массив, Украинский кристаллический щит и Воронежский массив лежат параллельно друг другу и простираются в северо-западном направлении, что обусловлено их положением в зоне планетарных разломов северо-западного направления. Такая же зависимость очертаний геологических структур от положения планетарных деформаций наблюдается и на других территориях. Можно надеяться, что метод разломно-тектонического анализа получит в ближайшее время самое широкое применение и поможет выяснить многие до сих пор непонятные особенности геологических структур земной коры.

ПОЛОЖЕНИЕ ОРОГЕНИЧЕСКИХ ПОЯСОВ. ГОРНЫЕ И ОСТРОВНЫЕ ДУГИ

Пространственная ориентировка орогенических поясов. Орогенические пояса располагаются на поверхности Земли в определенной закономерности. Начиная с работ Э. Зюсса, считается, что горные сооружения Земли простираются по двум основным направлениям: широтному (Европейско-Азиатский пояс) и меридиональному (Американский пояс). Более детальный анализ геометрии складчатых поясов обнаруживает, что они представлены не ровными полосами, а состоят из

системы чередующихся секторов двух направлений: северо-восточного и северо-западного. Коленчато сочленяющиеся секторы орогенических поясов совпадают с направлениями и положениями основных зон разломных деформаций земной коры.

Так, если рассматривать внутреннее строение Альпийско-Гималайской складчатой области Европы и Азии, положение которой считается широтным, то в ней выделяется следующая система коленчато изгибающихся полос:

Полоса	Направление	Азимут
Пиренейская	Северо-западное	290°
Западно-Альпийская	Северо-восточное	30—35°
Апеннинская (и Динаридская)	Северо-западное	315°
Западно-Карпатская	Северо-восточное	30—35°
Восточно-Карпатская	Северо-западное	315—325°
Западно-Турецкая	Северо-восточное	60°
Восточно-Турецкая	Северо-западное	315°
Загросская (Иран), как продолжение Турецкой	Северо-западное	315°
Гиндукушская	Северо-восточное	30—35°
Западно-Гималайская	Северо-западное	315°
Восточно-Гималайская	Северо-восточное	55—60°
Индокитайская	Северо-западное	325—335°

Выделенные полосы внутреннего строения Альпийско-Гималайской складчатой зоны имеют вид почти прямолинейных структур, резко меняющих свои направления на поворотах. Вся полоса орогенической зоны, от Франции до Вьетнама, представлена системой двенадцати коленчато сочленяющихся секторов. Общее простираение зоны не широтное, а северо-западное, примерно по азимуту 285—290°. Отсюда ясно, что мнение о совпадении полосы Альпийско-Гималайской подвижной зоны с линией 35-й параллели не соответствует действительности.

Вторая главная полоса складчатых сооружений земной коры располагается вдоль западных побережий Северной и Южной Америки. Кордильеры Северной Америки имеют явное общее северо-западное простираение по азимуту 325°, совпадающее с направлением системы крупных разломов коры типа Сан-Андреас и линеамента Уолкер Лайн. Внутри североамериканских Кордильер выделяются, хотя и менее резко выраженные, три коленчатые полосы: гряда Алеутских островов, северная ветвь Кордильер (от р. Юкон до параллели 50°) и южная ветвь Кордильер (от параллели 40° до Панамского перешейка). В строении южноамериканских Анд также выделяются три резко выраженные и почти прямолинейные полосы: Колумбийско-Эквадорская по азимуту 35°, Перуанская по азимуту 315° и Чилийская по азимуту 15°. Полосы совпадают с положением крупных линеаментов земной коры, о чем Р. Зондер писал в 1936 г., а Г. Граберт подтвердил в 1959 г. при описании тектоники Бразилии.

Взаимоотношение орогенических поясов с жесткими глыбами. В геологической литературе этот вопрос известен как проблема рам геосинклиналей или контуров платформ и массивов, развиваемая в работах Г. Штилле, Е. Кренкеля, В. Г. Бондарчука и других авторов. Анализируя с этой точки зрения положение коленчатых секторов Альпийско-Гималайской и Тихоокеанской складчатых зон, видим, что их направления простираций совпадают с формой соседних жестких массивов. В плане волнистые полосы складчатых зон выглядят как вложенные и зажатые между глыбами массивов и платформ. На этой

основе устанавливается прямая связь и зависимость положения и конфигурации орогенических поясов от формы краевых частей жестких массивов, щитов и платформ. Последняя, в свою очередь, зависит от положения и направления зон планетарных разломов, создающих общую трещиноватость и блокировку земной коры.

Положение и форма горных и островных дуг. Коленчатые изгибы орогенических поясов, окаймляющие выступы массивов, представлены во многих случаях дугами высоких горных хребтов. Возможны два предположения о механизме их образования. В геологической литературе широко распространено мнение о том, что дуги горных хребтов возникают в результате сжатия и изгибания толщ осадочно-вулканогенных пород в горизонтальном направлении. Считается, что северные угловатые выступы Индийского щита давили с юга на полосу осадочно-вулканогенных образований бассейна Тетис и, вдавливаясь в нее, создавали изгибы Гиндукуша, Гималаев и других складчатых дуг Центральной Азии. Аналогичный процесс предполагается для складчатых дуг Средней Азии, Европы и Америки.

Согласно нашим представлениям, горные и островные дуги можно рассматривать как отражение на поверхности Земли первичной формы краевых или срединных массивов. Трудно представить, что складчатые дуги Альп, Карпат, Гималаев, Тянь-Шаня, Верхоянских гор и т. д. возникли как результат изгибания бывших когда-то почти прямолинейных геосинклиналей. Для такого механизма потребовались бы грандиозные горизонтальные перемещения блоков земной коры.

Изучение мест расположения горных и островных дуг обнаруживает их связь не только с угловатыми выступами блоков, но и с положениями зон разломных деформаций. Выясняется, например, что во многих случаях горные дуги размещаются на участках пересечения двух систем разломов. Классический пример связи горных дуг с узлами пересечения планетарной трещиноватости земной коры наблюдается в районе Тянь-Шаня и Памира, где на севере располагается система дугообразных хребтов Тянь-Шаня, выпуклых на юг, а с юга к ним причленяется не менее грандиозная дуга хребтов Памира, обращенная на север. О механизме формирования этих двух обращенных друг к другу горных дуг высказывались различные мнения, сущность которых сводится к тому, что направление выпуклости горных хребтов указывает на направление тектонического давления. Горные хребты Тянь-Шаня возникали, по мнению некоторых исследователей, под действием тектонического давления с севера на юг, и поэтому своими выпуклостями они обращены на юг. Дуги Памира, наоборот, формировались в процессе движения масс горных пород с юга на север.

Эд. Зюсс объяснял формы тектоники Средней Азии движениями алтаид с севера на юг. Позже в работах Д. Л. Иванова, Д. В. Наливкина и Д. И. Мушкетова было высказано мнение, что структуры Памира появились вследствие движений с юга на север. Но Д. И. Мушкетов (1935) предостерегал: «Теперь мы сможем впасть в другую крайность — переоценить южное давление, признав активность лишь за Индией. Возможно, что активны и юг и север, или эта активность чередуется между ними? Допущению монополии южного давления противоречит больше всего двоякая выпуклость среднеазиатских дуг...» (стр. 311—312).

Наряду с этим при описании тектоники Средней Азии Д. И. Мушкетов (1935) неоднократно упоминал об идее перекрещивающейся складчатости. «В прежних тектонических схемах, — пишет Д. И. Мушкетов, — господствовало представление о двух направлениях складчатости, причем палеозойская складчатость принималась широтного, или северо-восточного, а более молодая, альпийская — северо-западного направления. Эта идея перекрещивающейся складчатости в даль-

нейшем претерпела значительные изменения, причем наиболее неясное в этом смысле место — Ферганский хребет — было объяснено Д. Мушкетовым флексурными коленообразными искривлениями по простиранию — сигмоидой. Правильнее представить себе последнюю как перемышку, сложенную рядом эллиптических куполов, длинные оси которых, взятые все вместе, рисуют эту интегральную сигмоиду» (стр. 297—298). Возникает вопрос: не являются ли и другие дуги и изгибы горных хребтов Тянь-Шаня и Памира такими же сигмоидами складчатых структур, коленообразные изгибы которых обусловлены не только (и не столько) односторонними направленными смещениями масс горных пород, сколько очертаниями окружающими их жестких массивов? Хотя ко времени выхода в свет работы Д. И. Мушкетова (1935) уже была известна «важнейшая структурная линия Тянь-Шаня», выделенная В. А. Николаевым (1933), но ей не уделено должного внимания.

Позже было обнаружено, что вдоль Ферганского хребта проходит зона глубинного разлома (А. В. Пейве, 1938). В настоящее время выясняется, что зона Ферганского разлома продолжается далеко на северо-запад, где соединяется в единую полосу со структурами хребта Каратау, а на юго-востоке она объединяется со складками и разломами восточной ветви большой складчатой дуги Памира. Так стало известно, что Ферганская, или Главная Каратауская, зона разломов начинается на севере, в районе палеозойских и мезозойских структур и, рассекая диагонально дугу тянь-шаньских хребтов, продолжается в район альпийских структур Памира.

При описании складчатых и разрывных деформаций Средней Азии и особенно при сопоставлении структур Тянь-Шаня и Памира, мы обращали внимание на то, что в расположении горных хребтов и крупных разломных деформаций этой территории наблюдается определенная геометрическая связь. Тянь-Шаньская дуга обращена выпуклостью на юг, а Памирская — на север. По структурно-фациальным и возрастным особенностям дуги отличаются одна от другой. Но факт продолжения зоны Ферганского разлома на юго-восток, через всю полосу хребтов Тянь-Шаня, и его соединение с зоной Момукского разлома, в районе восточной ветви Памира, наводит на мысль о существовании глубинной связи между дугами Тянь-Шаня и Памира. Действительно, соединив западные и восточные ветви складчатых дуг Тянь-Шаня и Памира в единые полосы, получим крестообразную структуру, состоящую из двух взаимно пересекающихся зон северо-восточного и северо-западного направлений (рис. 39).

Прямой связи складчатой дуги Тянь-Шаня со складчатой дугой Памира на поверхности Земли, может быть, и не наблюдается, хотя пересмотр существующих геологических материалов может внести существенные изменения в облик тектонических схем данных районов и особенно в расположение разломной тектоники. Говоря о связи перекрещивающихся ветвей тянь-шаньских и памирских горных дуг, мы имеем в виду, в первую очередь, глубинную связь обеих структур, выражающуюся прежде всего в том, что кристаллический фундамент этого участка земной коры деформирован системой двух пересекающихся полос разрывных нарушений, на стыке которых породы осадочного чехла образуют две соприкасающиеся дуги. При таком понимании тектонической структуры Средней Азии нет надобности говорить о перемещениях масс на юг, для образования дуги Тянь-Шаня, или на север, для создания дуги Памира. Достаточно представить себе периодические, и даже незначительные, поднятия и опускания противоположно расположенных жестких блоков кристаллического фундамента (Казахстанский, Индийский и Китайский), чтобы в осадочном чехле получить деформации в форме дуг или изогнутых хребтов. Для лучшего понима-

ния условий и способа образования тьянь-шаньских и памирских горных дуг мы должны вспомнить представления В. В. Бронгулеева (1956) о механизме возникновения так называемых «складок штампования», сущность которого состоит в явлениях поднятий блоков кристаллического фундамента и изгибаниях ими толщ осадочного покрова в форме крупных флексур сложного строения.

Представим теперь, что клинообразный выступ Индийского кристаллического щита сделал, на общем фоне продолжающегося процесса

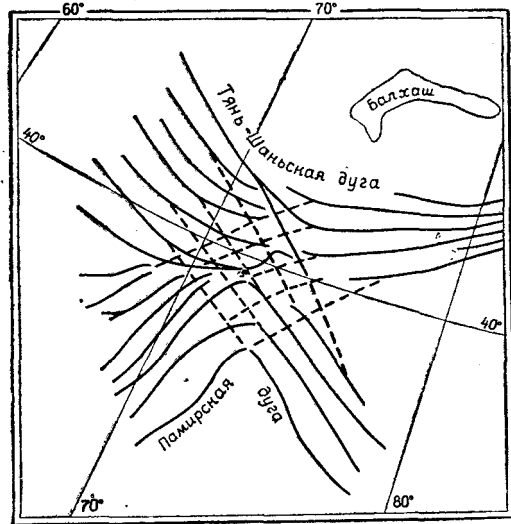


Рис. 39. Схема крестообразного сочленения структур Тянь-Шаня и Памира.

седиментации, несколько вертикальных поднятий и опусканий, не двигаясь при этом в горизонтальном направлении. Этим движениям будет, вероятно, вполне достаточно для возникновения памирской складчатой дуги в ее современном виде. При опускании Индийского кристаллического блока в осадочном чехле Памира формировалась впадина дугообразной формы, при поднятии — появлялся выступ таких же очертаний. По краям выступа развивались разломные деформации и интенсивная складчатость.

Так с позиций разломной тектоники земной коры тьянь-шаньские и памирские горные дуги можно представить не как структуры сжатия, возникавшие

под действием горизонтального смещения масс, а как деформации разрыва и флексуообразного изгибания осадочных толщ вдоль краевых частей поднимающихся или опускающихся блоков кристаллического фундамента земной коры. Теперь можно утверждать, что дугообразная форма складчатых сооружений земной коры не всегда свидетельствует о значительных горизонтальных смещениях жестких блоков. Во многих случаях подобные структуры возникли под действием вертикальных перемещений. Взаимоотношения между вертикальными движениями блоков кристаллического фундамента и деформациями пластов осадочного покрова изучены слабо.

Изложенное нами объяснение геометрии и механизма формирования тьянь-шаньских и памирских складчатых дуг как системы пересекающихся полос глубинных разломов и движущихся блоков коры не является чем-то новым в геологической литературе. Мысль о сочленении прямолинейных пучков различно простирающихся глубинных разломов и соответствующих им складчатых зон, как главной причины «виргаций» и «дуг» складчатых структур, была высказана А. В. Пейве (1956а). Среди форм сочленения различно простирающихся разновозрастных прямолинейных отрезков глубинных разломов и складчатых зон им выделены два основных типа: 1) сочленение зон путем резкого их стыка без видимого на дневной поверхности продолжения структур из одной зоны в другую и 2) сочленение зон путем резкого «перегиба» структур в месте сочленения, с видимым на дневной поверхности продолжением их из зоны в зону. Примером первого типа сочленения является зона Восточного и Западного Саяна; примером второ-

го — сочленение Западно-Саянской зоны северо-восточного направления и Горноалтайской зоны северо-западного направления.

«Эти и другие примеры сочленения первого и второго типов,— пишет А. В. Пейве,— рассматривались ранее как «виргации» или тектонические «дуги», хотя по существу они таковыми не являются. Достаточно для примера назвать «виргации» Западного Тянь-Шаня, которые образованы структурами, сочленяющимися по первому типу (Чаткальская, Западно-Гиссарская системы) и по своей сути не имеющие ничего общего с «виргациями». Нередко отрезки прямолинейных, по-разному сочленяющихся систем на мелкомасштабных картах искусственно закругляются, стыки между ними сглаживаются, в результате чего получаются на этих картах более или менее правильные плавные «дуги» (1956а, стр. 103). Памирскую складчатую «дугу» А. В. Пейве рассматривает как тип геосинклиальной системы, где действительно наблюдается первично дугообразное расположение тектонических элементов (островные дуги и другие). Понятие о Памире как первичной дугообразной форме, а не вторичной структуре-дуге, возникшей под давлением с юга, полностью согласуется с нашим представлением. К этому следует только добавить, что дугообразность памирской складчатой ветви обусловлена ее положением в зоне пересечения двух направлений разломов и влиянием северного выступа Индийской платформы.

Структура «островных дуг» описана в работе Дж. Муди и М. Хилла (1956): «Во многих случаях «островные дуги», упоминающиеся в литературе, могут быть разделены на отдельные прямолинейные отрезки, которые связаны с системой регматических трещин земной коры. Цепь Алеуских островов, как один из классических примеров «островных дуг», является, возможно, типичной в этом отношении. Вильсон (1950) рассматривает структурную дугу, расположенную вдоль западного берега США и протягивающуюся от Сиэтла до Лос-Анжелоса. Ее можно разделить на два прямолинейных отрезка: один из них включает Сан-Андреасскую группу сдвигов и связанных с ними структур, протягивающихся от Лос-Анжелоса до мыса Мендосино, второй отрезок, состоящий из группы тектонических элементов невадийского направления, тянется от мыса Мендосино к Сиэтлу. Другие широко известные «дуги», как, например, Индонезийская и Японская, также могут быть представлены как зоны, сложенные в значительной своей части линейными сегментами, которые можно рассматривать в качестве составных элементов системы разрывных скальваний» (стр. 1240). Таким образом, и островные дуги океанов, подобно дугам горных складчатых сооружений материков, располагаются на границах сочленения жестких блоков земной коры и характеризуются больше линейными, чем дугообразными формами.

Согласно Н. Г. Удинцеву, термин островные дуги употребляется им в силу определенной традиции и потому, что в этот термин уже принято вкладывать представление о целом комплексе геологических явлений. Вообще же горные хребты островных гряд Тихого океана скорее прямолинейны, чем дугообразны (1960, стр. 10).

«Сквозные», или «просвечивающие», структуры. В районах многих орогенических пясков замечено существование каких-то секущих структур, располагающихся диагонально или почти перпендикулярно по отношению к общему простираению пояса. На наличие «сквозных» структур указывали многие геологи, но особенно много внимания им уделили Г. Штилле и Н. С. Шатский. При детальном анализе в строении почти каждого орогенического пояса можно обнаружить следы поперечных секущих структур. Н. С. Шатский (1948) указывает на просвечивающие структуры Кавказа, которые начинаются на площади Русской платформы и пересекают хребты Кавказа почти вкрест их

простираются. В геологической литературе «сквозные» структуры известны также под названием поперечных поднятий. При описании разрывных нарушений Уральской складчатой зоны мы указали на то, что И. И. Горский (1958) выделил там семь поперечных антиклинориев, валов и поднятий, расположенных под углами 40—55° к направлению главной полосы Урала. П. И. Степанов обратил внимание на наличие поперечных поднятий в Донбассе. Поперечные структуры известны также в Аппалачах, Альпах и других районах.

В нашем представлении структуры поперечных антиклинориев, валов и поднятий являются результатом проявления сетки планетарной трещиноватости земной коры, когда в положении одной системы разломов и складок проявляются линии другого направления. Следует отметить, что «сквозные» структуры выступают чаще всего как деформации глубинные, пронизывающие орогенические пояса снизу. Поперечные валы и поднятия Урала пересекают складчатые структуры главного направления внизу и, пройдя под ними, продолжают дальше на северо-запад и юго-восток. Трудно согласиться с мнением, что поперечные структуры Урала, Кавказа, Донбасса, Аппалачей и т. д. являются постумными образованиями, как это предполагают некоторые авторы. Скорее зоны орогенических поясов наложены на древние разломы земной коры, движения по которым повторялись много раз.

ПЛАНЕТАРНЫЕ РАЗЛОМЫ КОРЫ И МЕХАНИЗМ РАЗВИТИЯ ГЕОСИНКЛИНАЛЬНЫХ ПРОГИБОВ

В геологической науке давно назрела необходимость проанализировать механизм развития геосинклинальных прогибов в свете трех возможных деформаций земной коры: упругой, разрывной и пластической. По классическому определению, геосинклинали представляют собой большие, вытянутые прогибы земной коры, в среде которых накапливаются мощные толщи осадков, проявляются процессы вулканизма и метаморфизма горных пород и развивается интенсивное складкообразование, ведущее к превращению геосинклинали в горную страну. В процессе развития геосинклиналей выделяются обычно три основные стадии: 1) преобладание погружения, накопление осадков и вулканогенных пород базальтового состава, 2) преобладание поднятия, интенсивное складкообразование, интрузии среднего и кислого состава и 3) общий подъем всей полосы прогиба и превращение ее в горную страну, растрескивание орогена и явления щелочного и снова базальтового вулканизма. Приведем несколько известных принципиальных схем зарождения и развития геосинклиналей. На рис. 40 показана схема тектогенеза, построенная по волновой гипотезе Р. Беммелена, на рис. 41 — развитие геосинклинали по радиомиграционной гипотезе В. В. Белоусова (1954). Несмотря на то, что обе гипотезы основываются на совершенно различных представлениях об энергетических источниках и механизме тектонических движений, общим для обеих схем является положение о том, что от начала и почти до окончания развития геосинклиналей земная кора движется и деформируется как упругая или пластическая масса. На всех стадиях движений деформация земной коры показана в форме волнообразных изгибов, совершающихся без нарушения сплошности. Проследим по стадиям схему В. В. Белоусова.

Стадия А. Земная кора залегает горизонтально. Под корой начинаются изменения температуры и давления. Зарождается движение масс вверх.

Стадия В. Давление вверх вызвало куполообразное поднятие земной коры и ее слабое растрескивание в центральной части. Начинается движение масс вниз.

Стадия С. Продолжение движения масс вниз. Прогибание слоя земной коры и накопление осадков. Зарождение резервуара кислых (гранитных) пород под прогибом.

Стадия D. Движение массы кислого (гранитного) материала вверх с образованием интрагеоантиклинали на общем фоне продолжающегося прогибания. Осадконакопление в боковых прогибах.

Стадия E¹ (A). Продолжение движения вверх центрального поднятия. Осадконакопление только в узких полосах краевых прогибов.

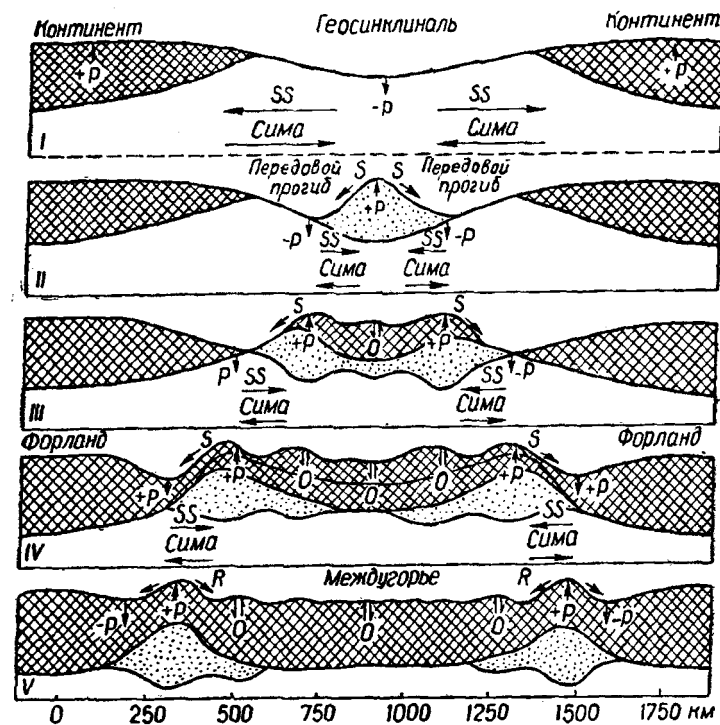


Рис. 40. Схема тектогенеза, по Р. Беммелену.

Стадия E. Под центральным поднятием новое движение масс подкорового вещества вниз и вместе с ним активизация опусканий передовых прогибов.

Стадия F. Усиление движения масс вниз под центральным поднятием, приводящее к образованию системы конусовидных разломов и возникновению центрального грабена, в котором до этого сплошной пласт земной коры разрывается на отдельные блоки. В районах краевых прогибов земная кора продолжает деформироваться, вероятно, как упругая или пластическая масса без нарушения сплошности.

В руководствах по геотектонике имеется много других схем развития геосинклиналей как общего характера, так и применительно к конкретным структурам земной коры, но на большинстве из них деформации земной коры показаны в форме флексуриобразных изгибов. Особенно безразрывны стадии погружения геосинклинальных прогибов. Перед геологом-тектонистом возникает вопрос: действительно ли твердая земная кора деформируется в процессе развития геосинклинального прогиба главным образом как упругая (или пластическая) масса? Ответ на этот вопрос дают работы А. В. Пейве (1945, 1956), В. Г. Бондарчука (1946—1955), Н. С. Шатского (1948, 1955) и В. Е. Хаина (1958).

А. В. Пейве (1945) одним из первых указал на тесную генетическую связь геосинклиналей с глубинными разломами земной коры. Основные закономерности этой связи изложены в статье «Глубинные разломы в геосинклинальных областях» (Известия АН СССР, сер. геол., № 5, 1945, стр. 23—46) и сводятся к следующим положениям.

В строении геосинклинальных областей выделяются два составных элемента: глубинные тектонические структуры (геоантиклинали и геосинклинали, геотуморы и геодепрессии, интрагеоантиклинали и интрагеосинклинали, поднятия и опускания) и глубинные тектонические зоны дизъюнктивного характера, характеризующиеся теми же признаками, что и структуры «площадного» очертания, т. е. длительностью развития и большой глубиной заложения (стр. 23—24).

Существенным диагностическим признаком в локализации глубинных разломов в геосинклинальных областях является их положение на границе двух соседних глубинных структур (блоков), характеризующихся различным геотектоническим режимом (стр. 24).

«Разломы имеют протяженность на многие сотни километров, отличаются большой динамичностью, не мигрируют в пространстве, развиваются по одним и тем же тектоническим швам независимо от процессов складчатости» (стр. 44).

Глубинные «разломы развиваются синхронно с осадконакоплением, часто скрываются под этими осадками и не выходят на поверхность» (стр. 43).

Разрывные нарушения «контролируют не только магматическую деятельность, как таковую, но, возможно, вызывают также образование самих магматических очагов» (стр. 44).

Разломы являются «тектоническими элементами весьма глубокого заложения, элементами первичными по отношению к складчатости, шарьяжам, надвигам, сбросам и другим структурам, которые формируются только в верхнем структурном этаже» (стр. 44).

Глубинные разломы являются обязательными элементами геосинклинальных областей. Они появляются в самом начале возникновения геосинклинального режима и определяют генезис и развитие структур (стр. 44). Выводы А. В. Пейве полностью подтверждаются материалами мировой геологической литературы и согласуются с представлениями основоположников учения о разломной тектонике земной коры А. Добрэ (1880), А. П. Карпинского (1883), В. Хоббса (1911), И. Седерхольма (1913), Е. Кренкеля (1925 —

1934), Р. Зондера (1936, 1938) и Г. Клооса (1937), хотя на них и не имеется соответствующих ссылок в цитированной работе, что объясняется, вероятно, рассмотрением проблемы глубинных разломов земной коры применительно к участкам только геосинклинальных областей. Материалы А. Добрэ, В. Хоббса и особенно Р. Зондера имеют в основном отвлеченно описательный характер, чем они существенно отличаются от конкретного историко-геологического анализа в работе А. В. Пейве.

Возвращаясь к схемам развития геосинклиналей Р. Беммелена (рис. 40) и В. В. Белоусова (рис. 41) и сопоставляя их с перечисленными положениями работы А. В. Пейве, обнаруживаем, что в них отсутствует один из важнейших структурных элементов земной коры — глубинные разломы, которые появляются в самом начале возникновения геосинклинального режима (или лучше сказать, что геосинклинальный режим появляется в связи с возникновением глубинных разломов и на их основе) и по существу определяют внутреннее строение, морфологию и пространственное положение геосинклинальных областей. На основании этого мы можем утверждать, что глубинные разломы относятся к самой ранней стадии возникновения геосинклиналей и составляют их главную особенность развития. Земная кора в этом процессе деформируется не в форме волновых изгибов и без нарушения сплошности, а в виде дифференциально перемещающихся блоков. Нет в этом процессе также явлений инверсии или выворачивания пластов горных пород снизу вверх, как это предполагают некоторые исследователи. Складчатость начинает формироваться с самых начальных стадий движения блоков коры и продолжает развиваться до заключительных моментов, когда происходит превращение геосинклинали в горную страну. Существующее мнение, что сначала образуется волнообразный прогиб земной коры (движение вниз) и происходит его заполнение осадками в виде спокойно залегающих пластов, а затем наступает стадия движений вверх (инверсия), вызывающая развитие складчатости и процессов горообразования, требует серьезного критического пересмотра и изменения. По нашему мнению, в процессе развития геосинклиналей решающее значение имеет движение блоков коры в условиях (на фоне) продолжающегося осадконакопления и вулканизма.

Сошлемся на наиболее нам известные структуры Донецкого кряжа. Существует мнение, что в Донецком прогибе сначала накопились мощные толщи осадков, а затем они были смяты в складки. Осадки Донбасса нижне-, средне- и верхнекарбоновые, а складки определяются пфальцской фазой складчатости, т. е. временем между верхним карбоном и пермью. Периферийные складки северных и северо-западных окраин Донбасса считаются постумными, т. е. еще более молодыми по сравнению со структурами центральных районов. Детальное изучение (19576) особенностей строения и распределения литофаций купольных и брахиантиклинальных складок северо-западных окраин Донбасса (Лисичанский и Первомайский районы) показало, что они формировались одновременно с процессом осадконакопления. Конседиментационный характер складок краевых частей Донецкого кряжа подтверждается, во-первых, совпадением в плане (на картах) формы современных купольных складок с очертаниями замкнутых контуров литофаций по всему стратиграфическому разрезу и, во-вторых, зависимости распределения литофаций от формы и положения современных складок. К повышенным частям купольных складок приурочены одни осадки, а к прогибам между ними — другие. На основании этих материалов нами было высказано мнение, что в период накопления осадков (средний карбон) на площадях северо-западных окраин Донбасса уже существовали (или росли) купольные складки, проявившиеся в форме подводных и надводных выступов и влиявшие на распределение

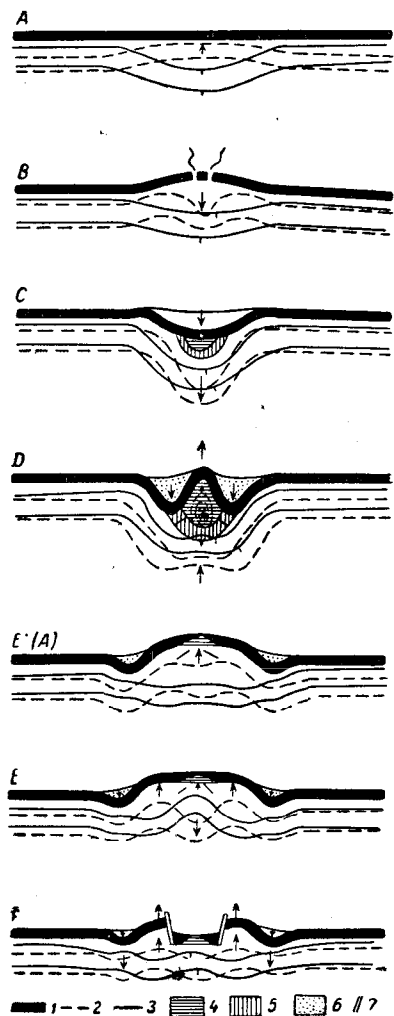


Рис. 41. Схема развития геосинклинали по радиомиграционной гипотезе В. В. Белоусова (1954).

1 — земная кора, 2 — изотермы, 3 — изограды, 4 — места скопления кислой магмы, 5 — области пониженного содержания радиоэлементов, 6 — осадки, 7 — сбросы.

осадков. Вопрос о времени начала образования складок центральных районов Донбасса остается пока открытым, хотя у нас нет сомнения в том, что и они являются структурами конседиментационными. Можно сослаться на представления Н. С. Шатского и С. С. Шульца о соразмерности и одновременности процессов складчатости и осадконакопления на Кавказе, в Средней Азии и других районах.

В серии последующих работ под названием «Главнейшие типы глубинных разломов» (Известия АН СССР, серия геологическая, № 1, 3, 1956) А. В. Пейве развивает дальше учение о глубинных разломах земной коры, анализируя их общую характеристику, классификацию, пространственную ориентировку и связь с зонами разломов осадконакопления, складчатости, магматизма и минеральных месторождений. Одновременно он подчеркивает, что образование глубинных разломов сопровождается расколами метаморфического сиалического цоколя. Следовательно, к категории глубинных разломов нужно относить такие деформации, которые нарушают метаморфический цоколь и во многих случаях проникают глубоко внутрь Земли, создавая «макротрещиноватость» земной коры (1956а, стр. 91—93).

Основные положения упомянутых работ А. В. Пейве (1956а, 1956б) представляют собой основу будущей теории разломно-тектонического анализа в геологии. Содержание этого анализа становится еще более полным и обоснованным, если его дополнить представлениями В. Г. Бондарчука (1944—1961) о соподчиненности геологических процессов, о роли вращательного движения в общем процессе геотектогенеза и о вторичной природе сиалия, а также нашими материалами об общепланетарном масштабе глубинных разломов и о существовании строгой сетки планетарных разломов, характеризующейся симметричностью положения по отношению к странам света. Во многих случаях разломы искривляются и расчленяются, но симметричность и линейность сетки в общепланетарном масштабе сохраняются. В этом основное свойство и зависимость сетки планетарных разломов земной коры от напряжений вращательного движения Земли. Мы не говорим, и никто не станет утверждать, что это идеально ровные геометрические линии. Речь идет об общей принципиальной схеме расположения глубинных разломов земной коры, многие из которых существуют в форме видимых дислокаций, а другие только как полосы напряжений и зоны потенциально возможных деформаций.

ВПАДИНЫ НА ПЛАТФОРМАХ И ДРУГИХ КОНСОЛИДИРОВАННЫХ УЧАСТКАХ

Кроме геосинклинальных областей, представляющих собой зоны наиболее интенсивных движений блоков земной коры, в общей структуре коры имеется много других подвижных зон, известных под названиями прогибов, впадин, синеклиз, грабенов, парагеосинклиналей и т. д. Все известные районы значительных опусканий земной коры, попадающие в категорию впадин, прогибов и грабенов, совершают свои движения, во-первых, не как упругие изгибы, а как системы блоков кристаллического фундамента, и, во-вторых, они располагаются не беспорядочно, а в строгом соответствии с положением и простиранием планетарных разломов.

Рассмотрим полосу опусканий земной коры в районе Рейна. Г. Штилле высказал мнение, что Рейнский грабен продолжается дальше на северо-восток, где соединяется с грабеном Осло в Норвегии, и на юго-запад, где он объединяется с грабеном р. Роны. В таком виде система этих грабенов принимает масштабы большой планетарной структуры протяженностью около 2000 км. Она «просвечивает» через

варисциды и альпиды Европы, представляясь, с одной стороны, моложе их, а с другой — древнее, так как сечет структуры различных возрастов и сама состоит из структур разного возраста.

Рейнские структуры являются, по мнению Г. Клооса (1948а), показателем того, что расчленение земной коры на «поля» (блоки) может быть явлением более древним, глубоким и постоянным, чем геосинклинали, и что форма и направление складчатых сооружений определяется издревле существующим расчленением земной коры (стр. 152).

Так выясняется, что не только геосинклинали, но и все другие структуры опусканий и поднятий блоков земной коры контролируются глубинными разломами. Формы и величины этих структур самые разнообразные. Рейнский грабен имеет вид узкого и длинного рва, секущего континент Европы в северо-северо-восточном направлении и совпадающего по простиранию с положением Уральской геосинклинальной области. В этом же направлении лежат Предкрушногогорский ровообразный прогиб Чешского массива и полоса Криворожского железорудного синклинория на площади Украинского кристаллического щита. В Африке, Азии и Южной Америке по рейнскому направлению располагаются, соответственно, полоса восточноафриканских грабенов, рифтовая долина Вонсан-Сеул в Корее, грабен Багия в Бразилии и другие прогибы.

Среди впадин и грабенов северо-западного направления нами уже упоминались структуры Русской платформы, Полабская впадина, впадина По и Эгейского моря в Европе, серия впадин Средней и Центральной Азии, впадина Красного моря в Африке, впадины Евфрата и Ганга в Азии и другие. Прогибы и впадины, которые развиваются на платформах, плитах и других консолидированных участках земной коры, давно известны в геологической литературе, но генетическое значение и условия формирования таких структур изучаются только в последние годы и главным образом советскими геологами. В. Г. Бондарчук (1955, 1956) детально описал условия развития Днепровско-Донецкого ровообразного прогиба, а Н. С. Шатский (1955) — Пачелмского прогиба Русской платформы. Для обоих прогибов характерно то, что они располагаются на платформе, имеют наложенный (эпигенетический) характер и развивались в условиях растяжений и разрывов земной коры. В вертикальном разрезе, проведенном вкrest простирания указанных прогибов, устанавливаются система ступенчатых сбросов и резкое опускание по ним блоков кристаллического фундамента на глубину до 8—10 км, что приближается к амплитудам опусканий обычных геосинклинальных бассейнов.

В геологической литературе ведется дискуссия о генетическом значении и номенклатуре впадин на платформах, подобных Днепровско-Донецкому ровообразному прогибу. Большинство геологов называет их просто впадинами, не задумываясь над вопросом, какого типа эти впадины. Другие именуют их пара-или субгеосинклиналями, вкладывая в это понятие определенный генетический смысл. Согласно представлениям В. Г. Бондарчука (1955), ровообразные прогибы платформ отражают высшую поступательную стадию развития структур земной коры, которые появляются на подстилающей основе платформ. Таким образом, ровообразные прогибы платформ можно рассматривать как историко-геологические аналоги геосинклиналей, но с той разницей, что геосинклинали развиваются в основном на симатическом (базальтовом) субстрате земной коры, а ровообразные прогибы (субгеосинклинали) — на сиаличном (гранитном) фундаменте платформ или плит. Поэтому ровообразные прогибы платформ являются более высокими (последующими) формами поступательного развития структуры земной коры.

С проблемой впадин на платформах и процессом поступательного развития структур земной коры тесно связаны вопросы параллельного развития вещества земли и реагирования земной коры на тектонические движения в зависимости от состава и строения коры в момент проявления движений. Известно, что в вещественном и структурном отношении земная кора неоднородна. В ее строении выделяются участки симатической (океанической) и сиалической (континентальной) коры, отличающиеся по составу, строению, мощности, твердости, вязкости, хрупкости и т. д. Представим себе, что в одном месте под континентальной корой, а в другом — под океанической произойдут совершенно аналогичные процессы (движения) в мантии, вызывающие движения блоков верхней оболочки Земли — литосферы. Как эти различные участки литосферы прореагируют на одни и те же процессы в подкоровом веществе? На континентах это будут оседания и поднятия, сопровождающиеся вулканизмом, седиментацией и всеми явлениями складчатых и разрывных деформаций. На площадях океанов процесс ограничится перемещением блоков коры, вулканизмом в форме подводных излияний, дегазацией, спилитизацией и на этом в основном закончится, если блоки не поднимутся выше уровня водного покрова. Подобные различия существуют между геосинклиналями и прогибами на платформах. Поэтому, изучая форму, расположение и причину движения блоков земной коры, необходимо иметь в виду также и процесс взаимодействия между тектоническими движениями и тектоническими структурами, в основе которого лежит одна из закономерностей диалектического материализма о переходе количества движений в новые структурные качества.

ГЛУБИННЫЕ РАЗЛОМЫ И ВУЛКАНИЗМ *

Приуроченность вулканических и интрузивных явлений к линейным структурам земной коры общеизвестна. При описании планетарных разломов по отдельным регионам мы неоднократно указывали на связь пространственного расположения интрузивных и эффузивных горных пород с зонами разрывных деформаций. Там эта связь упоминалась попутно. В настоящем разделе рассматривается зависимость процессов вулканизма от глубинных разломов.

В строении верхних горизонтов Земли выделяются две резко отличные оболочки: твердая земная кора — литосфера — и подстилающая ее вязко-жидкая масса верхней мантии. Магматические и другие вулканические образования движутся в толще литосферы в основном не вследствие проплавления боковых пород, а по зонам дробления, разрыва, расщепления, смятия и т. д. Зоны глубинных разломов, пронизывающие твердую земную кору и уходящие далеко на глубину, в область верхней мантии, представляют собой своеобразные отдушники (магмо- и газходы) глубинных горизонтов Земли, через которые осуществляется структурно-магматическая связь литосферы и подстилающей ее мантии.

В связи с разделением земной коры на две составные части: океаническую (симатическую или базальтовую) кору и континентальную (сиалическую или гранитную) кору, в явлениях вулканизма также можно выделить две основные формы: базальтовый и гранитный магматизм со всеми переходными разновидностями интрузивных и эффузивных горных пород. Базальтовый вулканизм, как идущий из более глубоких горизонтов, проявляется на всей поверхности Земли, с той только разницей, что на площадях океанов он проходит через мало-

* Вулканизм автор понимает в широком смысле как процесс движения вещества по зонам глубинных разломов.

мощный слой твердой земной коры, сложенный такими же базальтовыми породами и поэтому не претерпевающий существенных преобразований. На континентах базальтовый вулканизм пересекает мощную толщу сиалической земной коры, где он подвергается ассимиляционным и другим изменениям.

Гранитный вулканизм присущ только континентальным областям земной коры и генетически связан с сиалем, где он выступает, с одной стороны, как результат частичной ассимиляции и преобразования идущих снизу базальтовых масс, а, с другой, как продукт переплавления и ультраметаморфизма осадочных горных пород.

СЕРПЕНТИНИТОВЫЕ ИНТРУЗИИ И ИЗЛИЯНИЯ ПЛАТОБАЗАЛЬТОВ

При рассмотрении деформаций растяжения и отрыва в земной коре как структур, противоречащих гипотезе всеобщей контракции Земли, мы упоминали о закономерностях размещения серпентинитовых интрузий, о их приуроченности к полосам отрицательных аномалий и к зонам глубинных разломов. Там же отмечалось, что перидотитовые интрузии, по мнению Г. Хесса (1937), располагаются узкими полосами по бокам орогенических поясов, где, как теперь выясняется, находятся наиболее глубокие разломы земной коры. Детальные геологосъемочные работы действительно подтверждают приуроченность вытянутых интрузий базальтового и перидотитового состава к зонам геосинклинальных областей. Г. Хесс (1937) выделил с обеих сторон Аппалачей две полосы основных интрузий. Общеизвестны узкие полосы зеленокаменных пород Уральской геосинклинальной области. А. В. Пейве (1945) описал в этой области большой Зауральский разлом длиной свыше 500 км, к зоне которого приспособились интрузии основных и ультраосновных пород герцинского возраста. На площади Африки особенно заметна связь магматических пород с разломами северо-восточного направления, среди которых выделяются мадагаскарские, верхненигерские и камерунские интрузии. В Корею выделяются две рифтовые долины: Вонсан-Сеул и Йечхонган, заполненные базальтами по типу восточноафриканских грабен. На территории Советского Союза известны полосы офиолитовых интрузий Ангаро-Камской дуги, разрывных дислокаций в Прибайкалье, габбро-анортозитовые интрузии внешних Байкалид и многие другие. В последние годы получены новые доказательства прямой связи интрузий и эффузий платобазальтов с глубинными разломами. Связь основных и ультраосновных интрузий с зонами разломов становится явлением настолько очевидным, что по форме и направлению интрузий геологи-съемщики определяют наличие и положение глубинных разломов. Интрузии выступают, таким образом, как поисковые признаки разломов.

ИНТРУЗИИ ГРАНИТОИДОВ

Вторая большая группа магматических горных пород, известная под общим названием гранитоиды, приурочена к континентальным участкам земной коры и генетически связана, согласно представлениям В. Г. Бондарчука (1946, 1961), с процессами развития сиалического вещества земной коры. Гранитоидные интрузии не образуют таких линейно вытянутых тел как базальтовые породы. В большинстве случаев они залегают в форме овальных и эллиптических тел, у которых длина не намного превышает ширину. Особенностью пространственного положения гранитоидов является также их приуроченность к двум структурам земной коры: древним докембрийским платформам и послекембрийским орогеническим поясам.

Таковы, например, интрузии гранитоидов на площадях Украинского и Алданского кристаллических щитов, Балтийского щита, Чешского массива, Французского срединного массива, Канадского щита и т. д. Следует отметить, что в пределах этих областей, представляющих собой выходы на дневную поверхность участков кристаллического фундамента (сиала) земной коры, гранитные интрузии располагаются преимущественно в форме слабо вытянутых и изометричных тел, тогда как в пределах орогенических поясов они имеют вид линейных образований. В этом кроется какое-то структурно-магматическое различие докембрийского кристаллического фундамента и последующих орогенических поясов. Если раньше изометричная форма многих интрузий рассматривалась как возражение против их связи с разломными деформациями и приводилась в качестве доказательства движения магмы вследствие проплавления земной коры, то теперь обнаруживается, что овалы и тела и массивы интрузий приспособлены в этих случаях к местам (узлам) пересечения глубинных разломов.

Классические примеры овальных форм гранитоидов известны на Украине, в Скандинавии и в Канаде. Вытянутые тела гранитоидных интрузий наблюдаются в каждом орогеническом поясе, лучшими примерами являются структуры Кордильер и Анд. На территории СССР линейные интрузии гранитоидного состава встречаются на Кавказе, в Тянь-Шане, Алтае-Саянской, Верхояно-Чукотской, Монголо-Охотской и Сихотэ-Алиньской складчатых областях. Верхнеюрские и нижнемеловые интрузии гранитоидов, а также полосы верхнемеловых и нижнепалеогеновых эффузивных образований Верхояно-Чукотской складчатой области располагаются исключительно параллельно линиям разломных деформаций. Эти магматические образования проникали на поверхность по полостям и зонам глубинных разломов. Показательны форма и резко коленчатые изгибы верхнемеловых и нижнепалеогеновых эффузивных пород, приспособленных к зоне Шелеховского разлома (45°) и его восточных (305°) и западных (305°) ответвлений. Кайнозойские эффузивные пояса Монголо-Охотской и Сихотэ-Алиньской складчатых областей тянутся параллельно основным системам северо-восточных разломов. О теснейшей связи с разломами свидетельствуют линейные интрузии мезозойских щелочноземельных и щелочных пород западной и центральной частей Алданского щита и т. д.

Весьма показательна схема расположения гранитных интрузий в районе бассейна р. Муррей в Австралии (рис. 42). Полосы интрузий размещаются там по краям впадины бассейна и приурочены к зонам крупных разломов земной коры, таких как линеамент Алабама, разрыв Редан и линеамент Дарлинг. Интрузии имеют почти прямолинейные очертания и образуют вокруг бассейна контур квадрата, каждая сторона которого равна 700—750 км. Положение и форма гранитных интрузий бассейна Муррей являются лучшим примером связи магматизма с разломной тектоникой земной коры.

Перечисление примеров зависимости интрузий от положения направления разломных деформаций земной коры можно было бы продолжить еще дальше, но и сказанного достаточно для того, чтобы показать основную суть этой связи. Интрузии и эффузии движутся по зонам глубинных разломов. В геологии это не новый вопрос. На связь вулканизма с разломными деформациями указывали многие исследователи, но наиболее четко и систематически этот вопрос рассмотрен в работах А. В. Пейве (1945, 1956а, 1956б) и В. Г. Бондарчука (1946, 1955, 1961).

А. В. Пейве так характеризует эту связь: «Формации магматических горных пород имеют прямую связь с глубинными разломами. Этим они отличаются от формаций осадочных горных пород, имеющих с раз-

ломами лишь косвенную связь. Глубинные разломы во всех случаях обуславливают пути движения, а во многих случаях и размещение в земной коре магматических масс. Они же, возможно, вызывают образование самих магматических очагов, вследствие нарушения в зонах

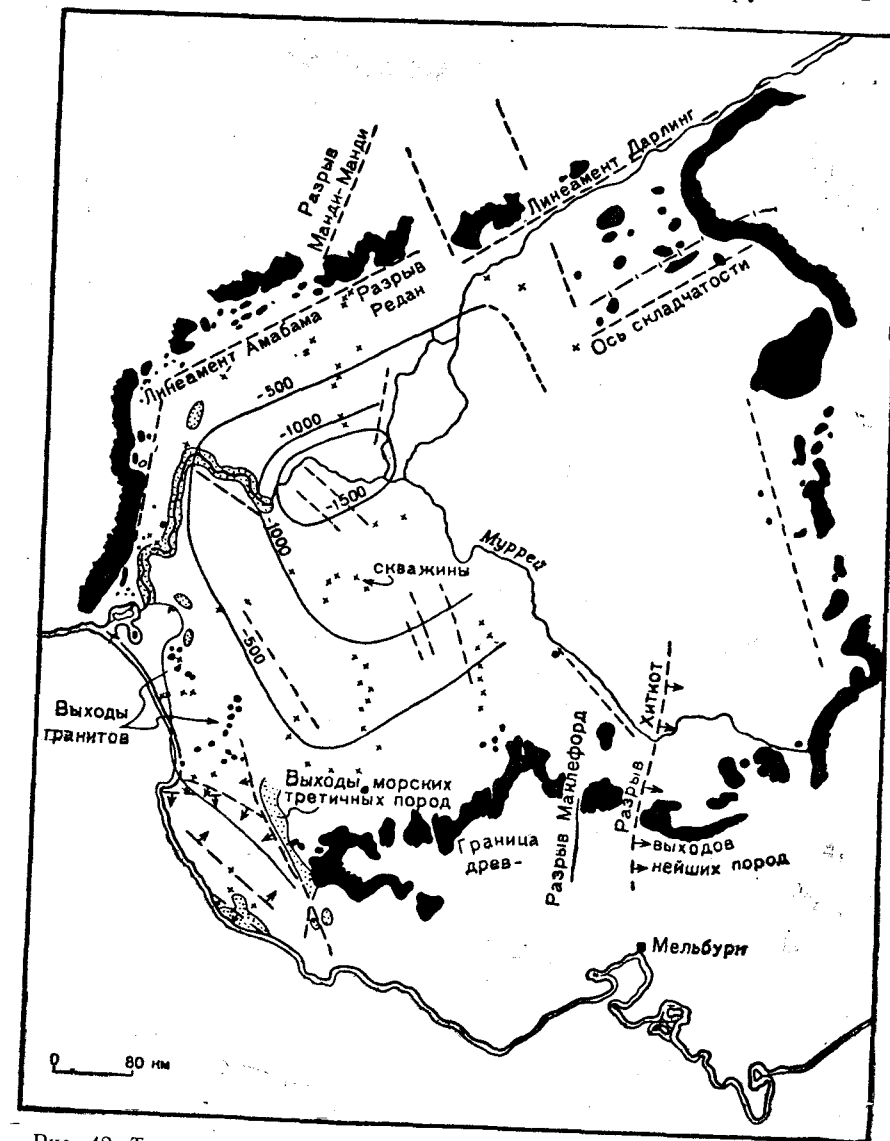


Рис. 42. Тектонические контуры бассейна реки Муррей в Австралии (по Хиллсу, 1956). Черным цветом закрашены интрузии гранитов.

разломов термодинамических условий существования вещества в глубоких слоях Земли» (1956б, стр. 58). «Возникновение вулканических очагов, иначе мест восходящих движений магматических масс,— пишет В. Г. Бондарчук,— определяется процессами планетарного масштаба. Деформации в земной коре в первую очередь становятся проводниками расплавленных масс в районах активного вулканизма» (1961, стр. 85). Описывая базальтовый и гранитоидный магматизм, В. Г. Бондарчук (1961) характеризует их следующим образом: «Вулканические плато возникают в результате

спокойных излияний подвижной базальтовой лавы через разломы, достигающие подкоровых глубин. Базальтовые излияния — первичный тип вулканизма, свойственный участкам земной коры, преимущественно лишенной сиалического слоя или расчлененной глубокими разломами... Значительно сложнее вопрос о развитии вулканизма центральных вулканов, изливающих кислые лавы. Центральный вулканизм связан с принципиальной проблемой происхождения сиалической земной коры, это — вторичная форма вулканической деятельности. Очагами питания у этого типа вулканов служат местные расплавы или интрузии, с которыми они связаны эруптивными каналами» (стр. 89).

ГЛУБИННЫЕ РАЗЛОМЫ И ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАЗМЕЩЕНИЯ ЭНДОГЕННЫХ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Знание состава и строения глубинных горизонтов земной коры и верхней мантии необходимо для разработки обоснованной теории геотектогенеза и познания процессов рудообразования. В геологической науке долгие годы ведутся научные споры о причинах колебательных движений земной коры, о процессах вещественной дифференциации, о магмо- и рудообразовании, о метаморфизме горных пород и т. д.

Существующие гипотезы построены на недостаточном фактическом материале, характеризующем только весьма незначительную (1/1000) часть радиуса Земли. В последние годы возникла проблема верхней мантии Земли и выяснилась необходимость бурения сверхглубоких скважин. Однако перед тем как приступить к непосредственному изучению глубоких горизонтов Земли геологам и геофизикам предстоит провести не менее ответственную работу по обобщению всех накопленных геологией и геофизикой материалов по составу и строению земной коры и выработать рабочую гипотезу. Гипотеза должна обобщить все то, что геологам уже известно, и наметить проблемы дальнейших исследований.

К числу известных, но подлежащих дальнейшему изучению и обобщению относится вопрос о связи эндогенных рудных месторождений с глубинными разломами земной коры. Геологи знают, что одним из ведущих факторов локализации месторождений полезных ископаемых является структурный контроль, сущность которого заключается в том, что структуры (складчатые и разрывные) создают условия для перемещения рудного материала. На локализации большинства эндогенных месторождений в той или иной степени сказался характер местной геологической структуры. Не случайно поисковым признаком на многие виды минеральных концентраций являются благоприятные структуры и, в первую очередь, зоны разрывных нарушений. В учении о полезных ископаемых выработалось даже такое понятие как «рудоподводящие структуры».

В геолого-промышленной практике геологи имеют дело в основном со структурами рудовмещающими, которые детально картируются и, естественно, лучше изучены. Но рудные структуры — это только крайние члены большого ряда структур, или, если так можно выразиться, «конечная цель» движения рудного материала. А прежде чем стать месторождением, рудное вещество проходит сложный путь и часто берет свое начало в глубинах мантии Земли.

Какие структуры связывают литосферу с мантией Земли? В первую очередь — это зоны глубинных разломов, секущие насквозь оболочку земной коры и уходящие далеко в глубь мантии. Без разрывных нарушений, вероятно, никакие магмы, эманации и гидротермы не в состоянии были бы проникать через компактный слой земной коры, достигающий мощности до 35—40 км. Практика геологоразведочных

работ все больше убеждает в том, что существует прямая связь между эндогенными месторождениями и разрывными нарушениями в кристаллических и осадочных горных породах. Рудное вещество легко перемещается по зонам разрывных деформаций, начиная свой путь от планетарных глубинных разломов и кончая зонами микротрещиноватости в отдельных блоках и пластах горных пород. Если раньше важная роль разрывных нарушений признавалась главным образом для магматических рудных месторождений, то в последнее время эта роль установлена и для нефтяных и газовых концентраций.

«Эндогенные минеральные месторождения, — пишет А. В. Пейве (19566), — имеют с глубинными разломами такую же связь, как и магматические образования: зоны глубинных разломов и трещины фундамента служат и путями движения рудных веществ, и путями движения магмы из глубин земной коры к поверхности. Естественно, что в этих же зонах и сосредоточено большинство промышленных эндогенных месторождений» (стр. 63).

На совещании в Питтсбурге (ноябрь 1959 г.) американский геолог Э. Эриксон (1959) отметил, что более чем 84% изученных рудных залежей мира лежат на пересечении или вдоль линий регматических структур Земли. Структурные особенности остальной части рудных месторождений пока еще ясно не определены.

За пределами областей, в которых доминируют разломные деформации, рудные месторождения встречаются очень редко. Геохимия, по мнению Э. Эриксона, стала основой для оценки линейной тектоники. Три широких пояса широтного направления определяют медные провинции Северной Америки, и в них по таким же зонам размещается большая часть рудной минерализации. Три менее широких пояса меридионального направления определяют меднорудные провинции (стр. 1597).

Связь геохимии с разломной тектоникой земной коры имеет большое практическое значение. Изучение этой связи поможет, по мнению Э. Эриксона (там же, стр. 1597—1598), избежать 80% обычно ненужных финансовых расходов при ведении геологоразведочных работ и сэкономить примерно такое же количество времени, затрачиваемого на поиски и оценку рудных залежей. Тектонические структуры, не продолжаясь далеко на глубину, дают отрицательные геохимические аномалии. Структуры, проникающие на глубину, достаточную для подъема по ним глубинного экзотического материала, создают положительные геохимические аномалии. Это позволяет оконтуривать зоны их минерализации и открывать рудные залежи.

Болгарский геолог Димитр Яранов (19606) детально изучил металлогеническое значение поперечных понижений в структуре Родопско-Анадольской антеклизы (полоса Родопского, Пелагонийского и Анадольского кристаллических массивов северо-западного простирания). В результате выяснилось, что олово-цинковое оруденение территории связано с поперечными понижениями, имеющими северо-восточное простирание. Руда располагается на границах разломов между кристаллическими массивами Родопско-Анадольской антеклизы и поперечными понижениями.

Общая схема последовательности минерализации альпийского тектогена и включенных в него срединных массивов, по Д. Яранову, такова. Хромитовая минерализация в Динаридах приурочена к полосе тектонического шва между ними и Родопско-Анадольской антеклизой. Возраст минерализации от триаса до конца юры. Медная минерализация находится в зоне тектонического шва между Родопско-Анадольской антеклизой и Черноморской синеклизой. Возраст меловой и палеоценовый. Олово-цинковые месторождения располагаются на площадях

срединных кристаллических массивов и, главным образом, на их контактах с поперечными понижениями. Оруденение начало формироваться в олигоцене и закончилось в плиоцене.

Металлогения западного Тянь-Шаня и Узбекистана, по мнению Б. Н. Наследова (1961), находится в теснейшей генетической связи с тектоникой данного участка земной коры. Освещая общие условия локализации интрузивов и рудных образований, автор указывает на их приуроченность к линейным структурам и на то, что основные факторы рудного контроля как рассматриваемой территории так и вообще Средней Азии полностью определяются тектоническими элементами, которые обусловили форму и закономерности размещения рудоносных интрузивов. Автор подчеркивает также роль глыбовой структуры западного Тянь-Шаня и Узбекистана в современном размещении интрузивов и эндогенного оруденения (стр. 291—292).

Конкретно по типам месторождений Б. Н. Наследов указывает, что для сурьмяно-ртутной зоны Южной Ферганы наиболее характерна линейная структура, контролирующая широко известные месторождения этого типа. Зона прослеживается рядом рудных кустов вдоль склонов Алайского хребта и верхней части северных склонов Туркестанского хребта на расстоянии 300 км. Рудные кусты приурочены здесь к серии параллельных тектонических нарушений, составляющих общую сложную зону шириной 25—30 км (стр. 302).

Магнетитовые месторождения тянь-шаньского типа приурочены к контактам интрузивов кислых пород с известняками верхнедевонского-нижнекарбонного возраста. В нашем представлении это зоны разломов.

Свинцово-цинковые месторождения в известняках, типа Афлатунского рудного образования, находятся в сфере влияния продолжительно действовавших структурно-тектонических зон Большого сброса и Чаткал-Атайнакского надвига. Месторождения типа Тары-Экана и Лашкерека приспособлены к зонам разлистования горных пород, по которым перемещалось рудное вещество.

Явную связь с разломными дислокациями обнаруживают флюоритовые рудопоявления. Эта связь настолько заметна, что Б. Н. Наследов счел нужным выделить их под названием «флюоритовые линии». В районах западного Тянь-Шаня и Узбекистана наиболее благоприятные условия для образования промышленных концентраций флюорита намечаются в зонах стыка полигенных областей с моногенными (северная периферия Кураминского поднятия и Варзобский участок) и в зоне сочленения Ферганской депрессии с дислокациями Алтая (стр. 311).

Анализируя материалы по геологии свинцово-цинковых месторождений Австралии, А. А. Амирасланов и Н. С. Иванова (1960) пришли к выводу, что и в этой области земной коры концентрации рудных минералов приурочены к зонам разрывных нарушений. Все крупные месторождения Австралии этого типа сосредоточиваются в общем в складчатых структурах, но сами складчатые структуры располагаются вблизи глубинных разломных деформаций. Так, например, месторождение Брокен-Хилл локализуется в межформационных и межпластовых нарушениях, секущихся крупными продольными разломами. На Маунт-Айзе оруденение сконцентрировано в складке, а рядом находится крупная зона деформаций скалывания и дробления. На месторождениях Ред-Розбери и Маунт-Фарелл руда приурочена к контакту глинистых сланцев с пирокластическими породами типа агломератов, туфов и лав. Промышленное оруденение обнаружено преимущественно в местах интенсивной трещиноватости горных пород.

Таковы коротко только некоторые примеры связи эндогенных ру-

дообразований с разрывными деформациями земной коры. В последние годы геологи все настойчивее утверждают, что и нефтегазовые месторождения находятся в прямой связи с разрывными нарушениями земной коры. Проблема планетарных разломов Земли получает в связи с этим дополнительное научное содержание и практическое значение. Н. А. Кудрявцев и В. Б. Порфирьев высказывают предположения о неорганическом происхождении нефтяных углеводородов и считают, что миграция нефтяного вещества из глубинных горизонтов Земли в верхние слои литосферы осуществляется по зонам глубинных разломов.

Следует упомянуть также о интересной работе Я. Н. Белевцева «Структурные условия образования рудных месторождений» (Издательство Академии наук УССР, 1961). Проанализировав на широком геологическом материале значение главнейших факторов, влияющих на локализацию рудных месторождений, Я. Н. Белевцев приходит к выводу, что одной из основных особенностей эндогенных рудных месторождений является их зональное или поясное расположение и связь с зонами глубинных разломов. «Отдельные рудные пояса часто характеризуются *первичным зональным расположением* (курсив наш — И. Ч.) рудных месторождений и залежей, которое зависит не только от специализаций рудоносных интрузий, состава пород и теплового режима рудообразующего процесса, но и от пространственного и временного развития рудоподводящих и рудовмещающих структур» (стр. 138). «...Структурные условия являются главнейшим фактором образования подавляющего большинства месторождений. Благодаря тектоническим движениям происходит деформация пород и возникают пути, обуславливающие происхождение растворов и образование рудных скоплений. Рудоносные растворы проникают в породу по крупным или мелким полостям и расходятся в различных направлениях до тех пор, пока не создаются такие физико-химические условия, которые нарушают установившееся равновесие растворенных веществ и пород, что вызывает образование рудных месторождений. По крупным зонам разлома, тянущегося иногда на многие километры и десятки километров, проходят растворы, почти не оставляя на пути продуктов минерализации. Однако, разветвляясь по более узким путям, они часто попадают в такие условия, где затруднено их дальнейшее продвижение, нарушается равновесие растворенных веществ и наступает момент выпадения рудных минералов. По этим причинам во многих местах наблюдаются многочисленные рудные месторождения, расположенные вблизи крупных зон разломов, складчато-трещинных полос или иных широких путей движения рудоносных растворов. В связи с этим повсеместно наблюдается поясное расположение многих рудных месторождений в виде металлогенических или рудных поясов» (стр. 15).

Таким образом, связь эндогенных месторождений с глубинными разломами непосредственная и прямая.

ГЛУБИННЫЕ РАЗЛОМЫ И ПРОЦЕССЫ ОСАДКОНАКОПЛЕНИЯ

Связь процессов осадконакопления с тектоническими движениями земной коры — один из главнейших вопросов учения об осадочных породах. Геологи соглашались с мнением о влиянии тектонических движений на процессы накопления осадочных образований, но по-разному понимают это влияние. Одни говорят о прямом влиянии, другие — о косвенном, третьи вообще отрицают всякое влияние тектоники, примером чего являются представления В. И. Попова (1959). «Многие тектонисты, — пишет В. И. Попов, — начиная с М. Бертрана и Кобера, включая еще недавние взгляды Н. С. Шатского (1945) и В. В. Бело-

усова (1948) и др., считали формации «исключительно тектонической категорией» (Н. С. Шатский), порождением определенных этапов тектонического развития земной коры. В наиболее крайнем виде подобные взгляды сформулировал М. А. Усов (1936). Это было связано с тем, что в те годы, когда начало зарождаться учение о формациях, в первую очередь, в работах М. А. Усова и его школы, т. е. в середине 30-х годов текущего столетия, умами геологов еще владела тектоника, т. е. наука о механических деформациях литосферы» (стр. 81—82). Основной ошибкой М. А. Усова является, по мнению В. И. Попова, то, что «сложные процессы физико-химического, петрологического развития вещества Земли и образующих ее формаций горных пород М. А. Усов подчинял тектоническим, т. е. механическим явлениям» (стр. 82). Вдвигаясь в слова и формулировки В. И. Попова, нельзя не заметить, что в них конкретный вопрос о связи тектоники (глубинные разломы, движения блоков коры) и осадконакопления подменен самими общими рассуждениями о причинах тектонических движений, о характере проявления тектонических процессов в истории Земли и о том, что в процессе развития вещества Земли важную роль играют петрологические и физико-химические процессы и т. д. Создается впечатление, будто бы М. А. Усов отрицал значение физико-химических процессов в развитии вещества Земли. Это неверно. М. А. Усов и его ученики нигде и никогда не говорили, что «сложные процессы физико-химического, петрологического развития вещества Земли и образующих ее формаций горных пород» они подчиняют тектоническим, т. е. механическим явлениям. Это слишком упрощенное толкование прогрессивных представлений М. А. Усова и М. М. Тетяева, в работах которых речь идет о взаимосвязи и взаимном влиянии механических и физико-химических процессов. Нам не известно также, что Н. С. Шатский и В. В. Белоусов в своих более поздних работах отказались якобы от представлений, что осадочные геологические формации являются в первую очередь тектоническими категориями.

В. И. Попов ставит механизм накопления осадочных горных пород на один уровень с общепланетарным процессом физико-химического и петрологического развития вещества Земли. Очевидно, что это различные процессы. Первый представляет собой частное явление, второй — общее. Физико-химические процессы, вызывающие изменения состава литосферы и более глубоких горизонтов Земли, не могут объяснить закономерности распределения осадочных формаций, их мощности и разнообразия литологического состава. И, наконец, самое главное: говоря о связи седиментации с тектоникой, а не наоборот — тектоники с седиментацией, М. А. Усов, Н. С. Шатский, М. М. Тетяев, В. В. Белоусов, В. Г. Бондарчук, В. Е. Хаин и другие наши видные тектонисты понимают под тектоникой *конкретные движения конкретных структур земной коры*. Тогда как В. И. Попов понятие о тектонике сводит к геотектоническим гипотезам и дискуссиям о причинах тектонических движений.

Анализируя связь осадконакопления с тектоникой, геологи изучают сначала мощности и закономерности размещения осадочных геологических формаций, а затем уже обращают внимание на особенности их внутреннего строения, литологического состава и дальнейшего диагенетического изменения. Наличие геосинклинальных, переходных и платформенных типов осадочных формаций невозможно объяснить только физико-химическими и петрологическими процессами общего развития вещества Земли.

Л. В. Пустовалов (1940) показал, что сначала образуется осадок, как результат сложных тектонических движений земной коры, стимулирующих процессы физико-химического разрушения (выветривания),

дифференциации материала, переноса и отложения, а затем осадок превращается в осадочную горную породу — результат диагенетических и метаморфических преобразований. Тектоника имеет прямое отношение к процессу переноса и аккумуляции того или иного кластогенного материала. Физическая геология уже давно установила, что процессы денудации, переноса и отложения возможны лишь в условиях нарушения гравитационных равновесий и что такие нарушения вызываются тектоническими движениями и деформациями земной коры. При этом ведущее значение имеют зоны глубинных разломов и движения блоков земной коры.

Согласно представлениям А. В. Пейве (1945, 1956) и В. Г. Бондарчука (1946, 1960), осадочные формации контролируются тектоникой. А. В. Пейве (1956б) считает, что формации горных пород и особенно их зоны располагаются полосами соответственно тектоническому рельефу. Зональное расположение формаций характерно в большей степени для геосинклинальных областей, в пределах которых тектонический рельеф выражен наиболее контрастно. Контрастность рельефа определяется тектоническими факторами и зависит непосредственно от разломов, развивающихся в местах сочленения поднятий и прогибов, т. е. на границах структурно-фациальных зон (стр. 57). В. И. Попов (1959) не только не проанализировал эти положения А. В. Пейве на объективной основе, но даже не счит нужным упомянуть о них и привести в списке использованной литературы работу Пейве, которая называется, кстати говоря, так: «Связь осадконакопления, складчатости, магматизма и минеральных месторождений с глубинными разломами».

По мнению В. Г. Бондарчука (1961, стр. 176), процесс осадконакопления является одной из форм движения вещества на поверхности Земли. В распределении осадочных образований на поверхности Земли и в преобразовании ее рельефа исключительно большое значение имеют тектонические структуры. Связь осадочных образований с тектоникой настолько велика, что отдельные тектонические регионы являются самостоятельными областями осадконакопления.

Таковыми представляются нам основные положения генетической связи осадконакопления с тектоникой. Детали этой связи обнаруживаются при анализе строения и условий залегания конкретных осадочных комплексов горных пород и на конкретных территориях. Если теперь все сказанное оценивать с позиций глубинных разломов и блокового строения земной коры, то можно утверждать, что значение тектоники при изучении осадочных геологических формаций недооценивается. Многие существующие палеогеологические, палеогеографические и литолого-фациальные карты построены без учета разломных деформаций и блоковой тектоники земной коры, что лишает их внутренней движущей силы.

ПЛАНЕТАРНЫЕ РАЗЛОМЫ И СКЛАДЧАТОСТЬ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Процесс деформаций земной коры настолько сложен, что часто трудно определить, какая форма нарушений возникает раньше и какая позже. Многие считают, что складчатые и разрывные деформации развиваются совместно и одновременно. Но это не всегда так. Анализ геологических структур показывает, что в одних случаях раньше являются складчатые нарушения, а в других — разрывные. Форма деформаций зависит как от состава и структуры деформируемого материала, так и от динамических условий. В данном случае необходимо проводить четкое различие между характером деформаций всей толщи земной коры и деформациями отдельных комплексов горных пород. Кристаллический фундамент земной коры деформируется в основном в фор-

ме разрывных нарушений, а осадочный покров — в форме складчатых. В связи с этим перед геологами часто возникает вопрос, что «первично» — планетарные разломы или складчатость земной коры. В структурной геологии, под влиянием гипотезы контракции и недооценки напряжений и деформаций растяжения и отрыва, сложилось одностороннее мнение, что первичными и определяющими формами деформаций геологических комплексов в процессе структурообразования являются складчатые деформации. В наиболее выраженном виде эти представления были показаны в классификации орогенических структур Г. Штилле (1924), в которой выделены четыре формы горных сооружений: 1) покровная, 2) складчатая, 3) глыбово-складчатая и 4) блоковая. В. А. Обручев присоединил к ним, как известно, пятую форму под названием «складчато-блоковая». Согласно таким представлениям, считалось и сейчас многими считается, что процесс развития структур земной коры начинается с образования складчатых деформаций. Наиболее ярким примером этих представлений служат общеизвестные схемы возникновения и постадийного развития геосинклинальных бассейнов и структур, о чем мы уже говорили при рассмотрении связи геосинклиналей с планетарными разломами. Образование разрывных деформаций понимается многими геологами как производное от складчатости.

В последнее время, в связи с проблемой планетарных разломов земной коры, А. В. Пейве (1956б) поставил на обсуждение геологов-тектонистов вопрос о взаимоотношениях между складчатыми и разрывными структурами Земли и сам высказал мнение, что в масштабе земной коры (а не отдельных пластов и толщ горных пород) глубинные разломы возникают раньше, а складчатые деформации позже, или одновременно с разрывными. Изгибовые и разрывные тектонические нарушения, наблюдаемые в земной коре, возникают, согласно представлениям А. В. Пейве, в результате одних и тех же тектонических движений. «При этом различные тектонические формы находятся в более тесной и несколько иной взаимной связи и обусловленности, чем это обычно принимается. Многие изгибы по отношению к разломам являются вторичными, так как они связаны с движениями по разломам. Между тем, сущность всех деформаций земной коры некоторые ученые стали сводить к различного размера и типа складкам, а разломы земной коры стали рассматривать как вторичные, сопутствующие складкам явления, или как явления, возникающие на иных этапах развития земной коры. Когда же изучалась связь разломов и складок, то разломы выводились из складок, и считалось, что именно в результате достижения некоторого предела в возможностях пластического перераспределения вещества в земной коре может возникнуть разлом» (стр. 65).

Дальше А. В. Пейве пишет, что такой взгляд на сущность тектонических деформаций неправилен, так как он отражает односторонние представления о роли пластических дислокаций, не учитывает генетического единства всех деформаций, принижает значение разломов в строении складчатых зон и в строении и происхождении отдельных складок и преувеличивает значение для тектоники примитивного «эксперимента». «Изучение показывает, что земная кора в целом оказывается гораздо более «хрупкой», чем это принято думать, и разломы, а не складки, играют ведущую роль в структуре Земли» (стр. 65—66).

Одновременно и независимо от А. В. Пейве к аналогичным выводам о первичной природе планетарных разломов Земли пришли американские геологи Дж. Муди и М. Хилл (1956). По мнению этих авторов, крупные первичные сдвиги земной коры рассекают все внешнюю оболочку Земли и, таким образом, представляют собой очень глу-

бокие и имеющие подкоровое проникновение разломы коры. Одной из структурно-морфологических особенностей первичных сдвигов земной коры, согласно наблюдениям Дж. Муди и М. Хилла, является наличие возле их зон складок волочения вторичного происхождения.

Примерами такого совместного развития планетарных сдвигов земной коры и складок волочения авторы называют сдвиг Сан-Андреас в Калифорнии, с восточной стороны которого расположены крупные антиклиналы Циерво, Коалинг, Орчард, Макдональд и Цимрик протяженностью 25—45 км каждая. Возле Калаверасского разрыва, с одной и другой стороны, расположены антиклиналы Дэнвилл, Сан-Рамон-Валли, Болингер и Трампас. В районе Мертвого моря крупный сдвиг планетарного масштаба тянется по азимуту 10—12°, а оперяющие антиклиналы по азимуту 35—38°. Аналогичная картина наблюдается в районе расположения Атласских структур Африки, где антиклиналы и синклиналы горных сооружений выступают как громадные складки волочения возле крупного сдвига субширотного направления. Можно предполагать, что это явление широко распространено и в других складчатых областях Земли, но оно не нашло еще своего должного отражения в современных работах по структурной геологии.

Между положением планетарных сдвигов Земли и окружающими их складками волочения существует строгая геометрическая зависимость, выражающаяся в том, что складки причленяются к линии сдвига под острыми углами 15—25° и своим направлением указывают на направление смещений вдоль разлома. Дж. Муди и М. Хилл пишут, что количественные соотношения, существующие между первичными сдвигами (и сдвигами более низких порядков) и складками волочения, не известны. В ассоциации со сдвигами сравнительно небольшого продольного перемещения могут развиваться крупномасштабные складки волочения. «Ориентировка складок и надвигов дает нам указание, которое может быть использовано для установления сдвигов, так как сдвиг, по отношению к которому любая данная антиклинальная складка или надвиг вторичны, должен образовать с осью антиклиналы или с простиранием плоскости надвига острый угол. Складки волочения должны быть асимметричными или опрокинутыми на крыле, ближайшем к родоначальному сдвигу. Вершина угла должна быть обращена в сторону, противоположную по отношению к направлению латерального движения блока» (стр. 1214).

Дж. Муди и М. Хилл (1956) рассмотрели частный случай связи механизма образования складчатых структур со сдвиговыми разломами земной коры, где первые, по их мнению, являются подчиненными, а вторые — родоначальными деформациями литосферы. Геологам хорошо известно, что случаи горизонтальных (сдвиговых) перемещений блоков земной коры занимают в общей кинематике Земли второстепенное значение. Главное и основное количество движений блоков коры совершается в вертикальном и близком к нему направлении. В связи с такой основной тенденцией перемещений блоков земной коры среди планетарных разломов будут господствовать взбросы и сбросы, дополняемые взбросо-сдвигами и сбросо-сдвигами, а среди структур изгибания — складки различных форм и размеров. В геосинклинальных областях складки обычно удлиненные и ярко выраженные, на платформах они овальные и пологие. Так что возле зон планетарных разломов образуются не только складки волочения, но и другие всевозможные формы изгибаний. В этом отношении проблема причинной связи складчатых и разрывных деформаций земной коры тесно переплетается с проблемой взаимоотношений между структурами кристаллического фундамента и структурами осадочного чехла. Известно, что фундамент реагирует на тектонические движения земной коры в основном в форме

разрывных нарушений, а осадочный покров — в виде различных складок, флексур, перегибов и т. д.

Но разломы бывают разные. В структуре земной коры имеется бесконечное количество различных по величине и глубине заложения разрывных деформаций; не все они относятся к категории планетарных и глубинных разломов земной коры, а отсюда не все они могут считаться «первичными» по отношению к складчатым структурам. В процессе складкообразования возникает много второстепенных, подчиненных складкам, разрывов. Их следует отличать от глубинных, чтобы не впадать в другую крайность и не думать, что все разрывные нарушения первичны, а складки — вторичны. К первичным разломам относятся в первую очередь главные зоны планетарных трещин земной коры, отделяющие основные геоструктуры и создающие блоковую тектонику.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ПЛАНЕТАРНЫХ РАЗЛОМОВ ЗЕМНОЙ КОРЫ

Учение о планетарных разломах (линеаментах) только начинает развиваться. Основные усилия исследователей, интересовавшихся проблемой крупных разломов земной коры, были направлены на описание отдельных нарушений и в меньшей степени на обобщение их в широком плане. Поэтому весь период от первых сообщений А. П. Карпинского (1883) и В. Хоббса (1911) и до работ Р. Зондера (1936, 1938) характеризуется как время накопления фактического материала о разломных нарушениях земной коры. Первые исследователи интересовались в основном протяженностью разломов, продолжительностью их развития, связью с вулканизмом и рельефом и т. д. На первых порах существовало мнение, что это отдельные, возможно даже случайные, разломы. В работе Р. Зондера (1938) «Линеаменттектоника и ее проблемы» впервые обобщены имевшиеся на то время фактические материалы и показано, что речь идет не об отдельных разломах, а о целых системах разрывных нарушений земной коры, среди которых выделяются такие виды:

1) система трещин, охватывающая всю земную кору и возникающая вследствие больших тектонических напряжений, постоянно действующих в земной коре;

2) специальные системы трещин, связанные с региональными и локальными тектоническими процессами (стр. 199).

Так, согласно Р. Зондеру, на Земле имеются нефиксируемые во времени универсальные системы трещин и фиксируемые локальные системы. Первую группу трещин автор называет линеаменттектоническим разрывообразованием, вторую понимает как специальные разрывы, возникающие прежде всего в орогенных зонах. В этой же работе Р. Зондер рассмотрел план расположения линеаменттектонических трещин Земли и сделал вывод, что на Земле выражены две системы разрывов: по направлению северо-восток и северо-запад и по линиям север—юг и восток—запад.

Значительно позже Дж. Муди и М. Хилл (1956) подтвердили выводы Р. Зондера и детализировали азимуты простираний, выделив восемь основных сдвиговых разрывов Земли. Это показывает, что немецкие и американские геологи продолжают пользоваться геометрическим методом изучения планетарных разломов Земли. Разломы классифицируются исключительно по направлениям. Если на первых порах развития представлений о линеаменттектонике такой подход был прогрессивным, потому что исследователей интересовали в первую очередь величина, пространственная ориентировка, количество систем, густота

расположения и т. д., то в настоящее время он является уже недостаточным. Возникает необходимость выяснения механизма и условий образования планетарных разломов, т. е. изучение генетической стороны деформаций с позиций всего комплекса процессов развития структур и вещества земной коры. Генетическая сторона процесса образования и классификации линеаменттектонических деформаций разработана советскими исследователями А. В. Пейве (1945, 1956), В. Г. Бондарчуком (1946, 1949, 1961), Н. С. Шатским (1948, 1955) и другими.

Исходя из позиций общей направленности развития вещества и структуры земной коры, В. Г. Бондарчук (1946, 1949) выделил в ее строении такие основные геоструктурные элементы и соответствующие им планетарные разломы: океанические блоки (и разломы), переходные блоки (и разломы) и континентальные блоки (и разломы). Выделенные геоструктуры выступают, с одной стороны, как основные тектонические формы или составные части земной коры в их генетическом взаимодействии, а с другой — как области различного литолого-петрографического состояния вещества земной коры и его направленного преобразования по пути превращения симатического (базальтового) материала в сиалический (гранитный). В этом состоит сущность историко-геологического подхода к проблемам геотектоники вообще и планетарных разломов в частности. При этом разломные структуры изучаются не сами по себе, а в неразрывной связи с общим процессом развития вещества и структур литосферы, и в основу их классификации положена естественная систематизация основных тектонических элементов земной коры.

А. В. Пейве (1956а) детализирует и развивает дальше основные положения В. Г. Бондарчука, выделяя в рамках континентальных структур три типа глубинных разломов: геосинклинальные разломы, разломы краевых прогибов и платформенные разломы. «Отмеченное разнообразие видов глубинных тектонических структур и прежде всего глубинных разломов на первый взгляд как будто не допускает их естественной систематизации и классификации. Однако это не так. В тектонике прочно установлены крупнейшие тектонические элементы, такие, как древние платформы и геосинклинальные области, как известно, имеющие между собой меньше сходства и больше различий. Кроме того, выделяются такие структурно-исторические комплексы, как молодые платформы, краевые прогибы, внутренние и внешние зоны геосинклинальных областей и некоторые другие. Эта общая классификация тектонических элементов и должна явиться рациональной основой для типизации и классификации глубинных разломов» (стр. 94).

Согласно представлениям В. Г. Бондарчука и А. В. Пейве, в структуре земной коры можно выделить, в первую очередь, зону большого Тихоокеанского кольца, опоясывающую весь земной шар и расположенную на границе двух основных сегментов земной коры: с одной стороны — площадь океанической (базальтовой) коры, с другой — континентальные блоки сиалического (гранитного) состава. Тихоокеанское кольцо лежит под углом 25—35° к линиям меридианов, что соответствует 325—335° азимутального направления. В структурном отношении это зона самых крупных глубинных разломов земной коры, сопровождаемых интенсивным вулканизмом и процессами складко- и горообразования. Разломы Тихоокеанского кольца погружаются под континентальную земную кору примерно под углами 40—45° и образуют со стороны океанов поддвиги, а со стороны континентов — надвиги.

Второй по величине после Тихоокеанского кольца является полоса Альпийско-Гималайской складчатости Евразии, начинающаяся, по мнению Р. Зондера (1936, 1938), в Исландии и оканчивающаяся где-то в районе Новой Гвинеи.

Отдельно стоят структуры Атлантического и Индийского океанов и окаймляющих их разломов. Вдоль их краевых частей (восточнее побережья обеих Америк и берега Африки, Индии и западной части Австралии) отсутствуют явления интенсивного вулканизма, складкообразования и другие процессы, свойственные Тихоокеанскому кольцу и Альпийско-Гималайско-Индонезийской складчатой зоне. Эти отличия пока еще не объяснены. Можно только предполагать, что они связаны с глубинными процессами структурно-петрографического преобразования вещества Земли. Возникает вопрос, что представляют собой области Атлантического и Индийского океанов — океанические или континентальные структуры? По мнению В. Г. Бондарчука (1961), это опущенные блоки континентальных (сиалических) участков земной коры, т. е. вторичные океаны Земли. Аналогичные представления изложены Г. Штилле (1949) в работе «Основное направление геотектонического развития Земли», в которой он выделяет три большие сферы земной коры: континенты, океаны и геосинклинальные области. Две первые сферы консолидированы и только третья способна к складчатости (стр. 14). Под геотектоническими трансформациями Г. Штилле понимает переходы одной сферы в другую и на этой основе выделяет два вида известных в геотектонике переходов: 1) консолидация, т. е. превращение ортогеосинклинальной области в континентальную вследствие орогенеза и 2) деструкция, т. е. превращение континентальной области в глубокое море и океан вследствие опусканий. Так создаются, по мнению Г. Штилле, «молодые океаны», противостоящие существующим с ранних времен «древним океанам». Следует указать на отсутствие в представлениях Г. Штилле элементов историчности, направленности и необратимости процессов развития вещества и структуры земной коры.

Помимо межконтинентальных деформаций, существуют разломы в пределах площадей океанических и континентальных сегментов (сфер, по Г. Штилле) земной коры, закономерности расположения которых изложены в предыдущих разделах при рассмотрении структур по отдельным регионам. Их классификация совпадает с общим делением геологических структур.

Предложенная В. Г. Бондарчуком и А. В. Пейве общая генетическая классификация планетарных разломов земной коры дает возможность дальнейшей их детализации на группы третьего, четвертого и последующих порядков, образующих соподчиненные ряды. На такой основе каждый исследователь может в зависимости от конкретных условий территории сам классифицировать разломные деформации изучаемого района, подчиняя их определенным геологическим структурам. Например, А. В. Пейве (1956а) выделяет среди глубинных разломов платформ разломы древних платформ и разломы молодых платформ, или областей предшествующей складчатости, к которым относятся Центральный Казахстан, Урал, Алтае-Саянская область, Аппалачи, европейские герциниды и др. Основное отличие между этими двумя категориями глубинных разломов, согласно А. В. Пейве, заключается в том, что разломы древних платформ несогласно секут тектонические структуры фундамента, в то время как разломы молодых платформ, за редким исключением, простираются согласно со структурами фундамента, или, иными словами, они унаследованы от разломов складчатого фундамента (стр. 95).

С позиций общепланетарной геометрии трещин земной коры поперечные и продольные разломы древних и молодых платформ находят свое объяснение как две взаимодействующие и почти прямоугольные системы расколов, наблюдаемые в любом участке Земли. Доказательства такого объяснения приведены нами при описании разломов по регионам, где было показано, что везде и всюду главенствующее

значение имеют, как правило, две основные друг друга секущие и дополняющие, ортогональные системы деформаций. Так что, говоря о генезисе планетарных разломов, нельзя забывать о их форме и пространственном положении, и наоборот. При изучении разломов и трещин в породах однотипных геологических структур (платформы, щиты, массивы) важное значение приобретает метод статистического анализа. Отсюда можно сделать вывод, что геометрия и геология разрывных деформаций земной коры должны дополнять друг друга.

Геометрическая классификация линеаментов Земли создана Р. Зондером (1938) и Дж. Мууди и М. Хиллом (1956), геологическая теория их развития разработана А. В. Пейве (1945, 1956) и В. Г. Бондарчуком (1946, 1949, 1955). Мы сделали попытку систематизировать все имеющиеся материалы по разломной тектонике земной коры и попытались увязать ее геометрические и геологические особенности с общей динамикой Земли. В какой степени нам это удалось и насколько правильно наше понимание основных вопросов геодинамики Земли — это покажет будущее обсуждение данной работы.

В настоящее время важно было обратить внимание на уровень развития геологической науки в этой области и попытаться выработать рабочую гипотезу. Из изложенных материалов ясно, что, работая над созданием будущей классификации и теории развития планетарных разломов земной коры, геологии и геофизики должны будут учитывать и согласовывать следующие основные моменты: 1) положение разломов среди конкретных геологических структур, 2) ориентировку разломов по отношению к линиям меридианов (оси вращения Земли), 3) угловые и структурные взаимоотношения разломов между собой, 4) глубину заложения разломов, 5) направления вертикальных и горизонтальных смещений по зонам разломов, 6) возможные причины возникновения разломов и т. д. При таком комплексном подходе к изучению проблемы планетарных разломов (линеаментов) Земли, их классификация будет развиваться на основе единства формы (геометрия) и содержания (строение и положение разломов среди конкретных геологических структур).

ЛИТЕРАТУРА

- Ажгирей Г. Д., О некоторых важных закономерностях тектонического строения и движений земной коры, Изв. АН СССР, сер. геол., № 8, 1960.
- Альбердинг Х., Применение принципов сдвиговой тектоники Муди и Хилла к северным районам Южной Америки, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Амирасланов А. А., Иванова Н. С., Свинцово-цинковые месторождения Австралии, Госгеолтехиздат, М., 1960.
- Арабю Н., О деформации Земли, Труды XVII сессии Международного геологического конгресса, кн. 2, М., 1937.
- Архангельский А. Д., Геологическое строение и геологическая история СССР, Госгеолтехиздат, 1947.
- Балуховский Н. Ф., Некоторые дискуссионные вопросы нефтяной геологии и пути их решения, «Нефтяное хозяйство», № 12, 1955.
- Барков А. С. и Соколов М. И., Трещиноватость палеозоя Самарской луки и ее выражение в геоморфологии, Труды Гидротехгеоинститута (Водгео), М.—Л., 1934.
- Бедерке Е., Геология и геофизика глубин. Попытка некоторого обобщения, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Белевцев Я. Н., Структурные условия образования рудных месторождений, Изд-во АН УССР, Киев, 1961.
- Белова М. Б., Васильев В. Г. и др., Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности Камчатки, Госгеолтехиздат, М., 1961.
- Белоусов В. В., Основные вопросы геотектоники, Госгеолтехиздат, 1954.
- Белоусов В. В., Основные вопросы геотектоники, 2-е издание, Госгеолтехиздат, 1962.
- Беляевский Н. А., Структурный шов западного Сихотэ-Алиня, ДАН СССР, т. 77, № 6, 1951.
- Беляевский Н. А., Сихотэ-Алиньская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Белякин Ф. П., Гравитационный вплив Місяця і Сонця на тектонічні процеси в земній корі, Геол. журн. АН УРСР, т. 21, вип. 1, 1961.
- Беммелен Р. В., Геология Индонезии, ИЛ, М., 1957.
- Беммелен Р. В., Системы течений в силикатной оболочке, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Бондарчук В. Г., Геоморфология геосинклиналей, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1944.
- Бондарчук В. Г., Тектоорогения, изд. КГУ, 1946.
- Бондарчук В. Г., Геологическая структура Украинской ССР, изд. АН УССР и КГУ, 1946.
- Бондарчук В. Г., Основы геоморфологии, Учпедгиз, М., 1949.
- Бондарчук В. Г., Нарис тектонічної будови території Української РСР, Геол. журн. АН УРСР, т. XV, вип. 3, 1955.
- Бондарчук В. Г., О тектонике Большого Донбасса и происхождении ровообразных прогибов платформ, Геол. журн. АН УССР, т. XVI, вып. 2, 1956.
- Бондарчук В. Г., О тектонике Причерноморья, Геол. журн. АН УССР, т. 17, вып. 2, 1957.
- Бондарчук В. Г., Подразделение тектонических элементов земной коры, ДАН УССР, № 3, 1956.
- Бондарчук В. Г., Геологічні спостереження в Іспанії, Вісник АН УРСР, № 4, 1958.
- Бондарчук В. Г., Геология Украины, Изд-во АН УССР, Киев, 1960а.
- Бондарчук В. Г., О геологических движениях и их происхождении, Геол. журн. АН УССР, т. 20, вып. 1, 1960б.
- Бондарчук В. Г., Основные вопросы тектоорогении, Изд-во АН УССР, Киев, 1961.
- Боннар Е. и др., Перспективы нефтеносности юрских отложений Средней Европы. Проблемы нефтеносности Франции. IV Нефтяной международный конгресс, Госгеолтехиздат, М., 1956.

- Боровиков Л. И. и Борсук Б. И., Казахская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Бурк Х. Д., Ван-Ерде Л. А. и др., Геология Нидерландов, ИЛ, М., 1959.
- Бухер В. Х., Эксперименты и мысли о сущности орогенеза, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Вакар В. А., Воронов П. С., Ешазаров Б. Х., Таймырско-Североземельская складчатая область. Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Виноградов П. Д. и др., Тянь-Шаньская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Вяюрюнен Х., Кристаллический фундамент Финляндии, ИЛ, М., 1959.
- Габриэлян А. А., Тектонические комплексы Армении, Труды Совещания по тектонике альпийской геосинклинальной области юга СССР, Изд-во АН Аз.ССР, 1956.
- Гавриков С. И., О поперечной зональности в мезозойской складчатости района верховьев Индигирки, Геология и геофизика, № 3, 1960.
- Гансер А., Новые данные о геологии центрального Ирана, IV Нефтяной международный конгресс, Госгеолтехиздат, М., 1956.
- Гарфиас В., Чапин Т., Геология Мексики, Госгеолтехиздат, 1956.
- Геология СССР, т. IX, Северный Кавказ, Госгеолтехиздат, 1947.
- Геология СССР, т. XXII, Туркменская ССР, Госгеолтехиздат, 1957.
- Геология СССР, т. XXIV, Таджикская ССР, Госгеолтехиздат, 1959.
- Геология СССР, т. XXVII, Мурманская область, Госгеолтехиздат, 1958.
- Герасимов И. П., Опыт геоморфологической интерпретации общей схемы геологического строения СССР, Проблемы физ. географии, т. 12, 1946.
- Геренчук К. И., Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской платформы, Мат-лы 2-го геоморфологического совещания, Изд-во АН СССР, 1959.
- Геренчук К. И., Тектонические закономерности в орографии и речной сети Русской платформы, изд. Львовского университета, 1960.
- Герт Г., Геология Анд, Строение южноамериканских Кордильер, ИЛ, 1959.
- Горжевский Г. И., Тектонические условия формирования эффузивов (на примере Рудного Алтая), Геол. сб. Львовского геол. об-ва, № 5—6, 1958.
- Горский И. И., Уральско-Новоземельская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Гуревич Г. И., О так называемом «механическом анализе» в геологической литературе, Изв. АН СССР, сер. геофиз., № 5, 1954.
- Гуревич Г. И., О «механическом анализе» вопросов тектоники» в его традиционном изложении, Труды Геофизического ин-та АН СССР, № 31 (158), 1955.
- Гутенберг Б., Критический обзор вопроса о перемещении континентов, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Деменецкая Р. М., Зависимость мощности земной коры от возраста складчатости, «Сов. геология», № 6, 1958.
- Дзевановский Ю. К., Алданский щит, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Дзевановский Ю. К., Джунгарско-Становая складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Дубинский А. Я., Большедонбасско-Предкавказская складчатая область и эпипалеозойская платформа юга Европейской части СССР, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Дю Тойт А., Геология Южной Африки, ИЛ, М., 1957.
- Дюфур, Некоторые нефтяные геологические характеристики Венесуэлы, IV Нефтяной международный конгресс, Госгеолтехиздат, М., 1956.
- Зоненшайн Л. П., Тектоника смежных частей Восточного Саяна и Северной Тувы, Мат-лы по регион. геологии, Госгеолтехиздат, 1959.
- Иванов А. Х., Тектоника и основные черты геологического развития северо-востока Монголии, «Сов. геология», № 5, 1961.
- Ирдли А., Структурная геология Северной Америки, ИЛ, М., 1954.
- Ирдли А., Тектоническая связь Северной и Южной Америки, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Казаков М. П., О характере трещиноватости пермской толщи в Чебоксарском отрезке Волги, Труды МНИ, вып. 5, 1947.
- Канаев В. Ф., Новые данные о рельефе дна западной части Тихого океана, Сб. «Океанологические исследования», № 2, 1960.
- Карпинский А. П., Замечания о характере дислокаций пород в южной половине Европейской России, (Горный журнал, т. 3, № 9, 1883), Сб. «Очерки геологического прошлого Европейской России», Изд. АН СССР, 1947.
- Карпинский А. П., Очерк физико-географических условий Европейской России в минувшие геологические периоды, (Записки Академии наук, 1887), Сб. «Очерки геологического прошлого Европейской России», Изд-во АН СССР, 1947.
- Карпинский А. П., Общий характер колебаний земной коры в пределах Европейской России (Изв. Академии наук, № 1, 1894), Сб. «Очерки геологического прошлого Европейской России», Изд-во АН СССР, 1947.

- Карпинский А. П., К тектонике Европейской России (Изв. Российской Академии наук, 1919), Сб. «Очерки геологического прошлого России», Изд-во АН СССР, 1947.
- Каттерфельд Г. Н., Основные закономерности планетарного рельефа, Уч. записки Ленинградского пед. ин-та, Каф. географии, т. 151, 1958.
- Каттерфельд Г. Н., К вопросу о тектоническом происхождении линейных образований Марса, Изв. географического об-ва, т. 91, вып. 3, 1959.
- Каттерфельд Г. Н., Лик Земли и его происхождение, Госгеографиздат, М., 1962.
- Казн Л., Геология Бельгийского Конго, ИЛ, М., 1958.
- Кириченко Г. И. и Додин А. Л., Енисейско-Восточносибирская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Клименко В. Я., Структура Днепровско-Донецкой впадины, Изд-во АН УССР, Киев, 1957.
- Клитин К. А., О тектонике Шпицбергена, Изв. АН СССР, сер. геол., № 10, 1960.
- Кобаяси Т., Геология Кореи и сопредельных территорий Китая, ИЛ, М., 1959.
- Ковалевский С. А., Геологические черты линейного элемента 38-го меридиана в районе Черного моря, ДАН СССР, т. 130, № 6, 1960.
- Корешков И. В., Области сводового поднятия и особенности их развития, Госгеолтехиздат, 1960.
- Котлуков В. А. и Митгарц Б. Б., Структурно-тектонические особенности северной части Прибалтики в пределах листа 0—35, Госгеолтехиздат, 1955.
- Кравченко Г. Г., Геолого-структурные особенности Кольского свинцово-цинкового месторождения, Изд-во АН СССР, М., 1961.
- Кришнан М. С., Геология Индии и Бирмы, ИЛ, М., 1954.
- Кропоткин П. Н., Происхождение материков и океанов, «Природа», № 4, 1956.
- Кропоткин П. Н., Палеомагнетизм и его значение для стратиграфии и геотектоники, Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 1960.
- Кропоткин П. Н., Палеомагнетизм, палеоклиматы и проблема крупных горизонтальных движений земной коры, «Сов. геология», № 5, 1961.
- Ксенжеквич М. и Самсонович Я., Очерк геологии Польши, ИЛ, 1956.
- Кузнецов Е. А., Геология зеленокаменной полосы восточного склона Среднего Урала, Изд-во АН СССР, М.—Л., 1939.
- Кузнецов Е. А., Тектоника Среднего Урала, Изд-во АН СССР, М.—Л., 1941.
- Кузнецов И. Г., Тектоника, вулканизм и этапы формирования структуры Центрального Кавказа, Труды ИГН АН СССР, вып. 131, сер. геол., № 52, 1951.
- Лейбензон Л. С., Деформация упругой сферы в связи с вопросом о строении Земли, Сб. трудов, т. IV, Изд-во АН СССР, 1955.
- Ли Сы-гуан, Геология Китая, ИЛ, М., 1952.
- Личков Б. Л., Изменения рельефа земного шара в связи с его движениями и энергетикой, ДАН СССР, т. 44, № 8, 1944.
- Личков Б. Л., Природные воды Земли и литосфера, Изд-во АН СССР, М.—Л., 1960.
- Люстих Е. Н., Критика геотектонической контракционной гипотезы, Изд-во АН СССР, Труды Ин-та физики Земли, № 3(170) 1958.
- Магницкий В. А., Оболочка и кора Земли, «Сов. геология», № 5, 1961.
- Мазарович А. Н., Основы региональной геологии материков, изд. МГУ, ч. 1, 1951, ч. II, 1952.
- Мещеряков Ю. А., Основные элементы морфоструктуры Земли и проблема их происхождения, Изв. АН СССР, сер. географ., № 4, 1957.
- Мещеряков Ю. А., Морфоструктура равнинно-платформенных областей, Изд-во АН СССР, М., 1960.
- Митгарц Б. Б. и Толстихина М. М., Основные этапы развития в палеозое докембрийского фундамента западной части Русской платформы, Мат-лы по геологии Европейской части СССР, ВСЕГЕИ, 1952.
- Михайлов А. Е. и Найдин Д. П., О тектонических нарушениях юго-западной окраины Русской платформы, Труды Московского геол.-разв. ин-та, т. 26, 1954.
- Муди Дж. и Хилл М., Сдвиговая тектоника, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Муратов М. В., Тектоника и история развития альпийской геосинклинальной области юга Европейской части СССР и сопредельных стран, Тектоника СССР, т. II, 1949.
- Муратов М. В., Краткий очерк геологического строения Крымского полуострова, Госгеолтехиздат, М., 1960.
- Мушкетов Д. И., О связи Тянь-Шаня с Памиро-Алтаем, Мат-лы по общей геологии, Петроград, 1919.
- Мушкетов Д. И., Региональная геотектоника, ОНТИ, 1935.
- Наливкин Д. В., Очерк геологии Туркестана, Ташкент—Москва, 1926.
- Наливкин Д. В., Учение о фациях, 1933.
- Наливкин Д. В., Краткий очерк геологии СССР, Госгеолтехиздат, М., 1957.
- Наследов Б. Н., Металлогения Западного Тянь-Шаня и Узбекистана, Госгеолтехиздат, М., 1961.
- Невский В. А., Некоторые вопросы трещинной тектоники Актюзского рудного поля, Изв. АН СССР, сер. геол., № 11, 1960.
- Непрочнов Ю. П., Глубинное строение земной коры под Черным морем по сейсмическим данным, БМОИП, т. XXXV, вып. 4, 1960.
- Николаев В. А., О важнейшей структурной линии Тянь-Шаня, Записки Всесоюз. минерал. об-ва, вторая серия, ч. 62, № 2, 1933.
- Николаев Н. И., Некоторые вопросы учения о геосинклиналях, «Сов. геология», № 41, 1954.
- Новикова А. Ф., Трещиноватость горных пород Среднего Тимана, Ин-т геол. наук АН СССР, 1947.
- Обручев В. А., Образование гор и рудных месторождений, Изд-во АН СССР, М., 1942.
- Оффман П. Е., Тектоника и вулканические трубки центральной части Сибирской платформы, Тектоника СССР, т. IV, 1959.
- Очерки по геологии Южной Америки, ИЛ, 1959.
- Павловский Е. В., О некоторых общих закономерностях развития земной коры, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1953.
- Пейве А. В., Схема тектоники Западного Тянь-Шаня, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5—6, 1938.
- Пейве А. В., Глубинные разломы в геосинклинальных областях, Изв. АН СССР, сер. геол., № 5, 1945.
- Пейве А. В., Общая характеристика, классификация и пространственное расположение глубинных разломов. Главнейшие типы глубинных разломов. Статья 1, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1956а.
- Пейве А. В., Связь осадконакопления, складчатости, магматизма и минеральных месторождений с глубинными разломами. Главнейшие типы глубинных разломов. Статья 2, Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1956б.
- Пейве А. В., Разломы и их роль в строении и развитии земной коры. Структура земной коры и деформации горных пород, Доклады советских геологов на XXI сессии Международного геологического конгресса, Изд-во АН СССР, 1960.
- Пермяков Е. Н., Тектоническая трещиноватость Русской платформы, Мат-лы к познанию геол. строения СССР, изд. МОИП, новая серия, вып. 12 (16), 1949.
- Петрушевский Б. А., Урало-Сибирская эпигерцинская платформа и Тянь-Шань, Изд-во АН СССР, М., 1955.
- Пожарыский В., Юго-западный край Фенно-Сарматии, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Полканов А. А., Геолого-петрографический очерк северо-западной части Кольского полуострова, ч. I, Изд-во АН СССР, 1935.
- Половинкина Ю. И., Эффузивно-осадочные и магматические комплексы Украинского кристаллического массива (Опыт тектоно-магматического анализа), Госгеолтехиздат, 1954.
- Попов В. И., По поводу докладов В. И. Славина, И. П. Атласова, Д. П. Резвого и др. на сессии Львовского геологического общества 23—27 января 1957 г., Геол. сб. Львовского геол. об-ва, № 5—6, 1958.
- Попов В. И., О центробежном и ступенчатом развитии оболочек литосферы, Геол. сб. Львовского геол. об-ва, № 5—6, 1958.
- Попов В. И., Геологические формации — естественно-исторические сообщества генетически связанных сопряженных горных пород, изд. Узбекского гос. ун-та, Самарканд, 1959.
- Порфирьев В. Б., О геохимических и геологических факторах образования нефти в условиях Днепровско-Донецкой впадины, Тр. Нефт. конф. 1938 г., Изд-во АН УССР, 1939.
- Поспелов Г. Л., О типах механических геологических напряжений и геотектонической решетке, Изв. Восточных филиалов АН СССР, № 1, 1957.
- Поспелов Г. Л., Об очаговой зоне земной коры, «магматической короне» Земли, «ареалах магматизма» и «структурных ассоциациях интрузивов», Изв. АН СССР, серия геол., № 3, 1959.
- Постельников Е. С., Краткий очерк тектоники Индокитая, Изв. АН СССР, сер. геол., № 1, 1960.
- Прялухина А. Ф., Материалы по стратиграфии южных Курильских островов, Труды (Сахалинский комплексный научно-исследовательский институт), вып. 10, Геология, геофизика, 1961.
- Пушаровский Ю. М., Некоторые общие проблемы тектоники Арктики, Изв. АН СССР, сер. геол., № 9, 1960.
- Пэк А. В., К вопросу о трещинной тектонике южного Урала, Труды Петрограф. ин-та, АН СССР, вып. 6, 1934.
- Пэк А. В., Трещинная тектоника и структурный анализ, Изд-во АН СССР, М.—Л., 1939.
- Рихтер Г. Д., Основные черты рельефа Северной Европы и Гренландии, Труды I-го Всесоюзного географ. съезда, вып. 3, 1934.
- Рихтер Г. Д., Основные черты орографии северных полярных областей, Изв. АН СССР, сер. географ., № 4, 1955.

- Розанов Л. Н., Тектоника среднего Прикамья, «Сов. геология», сб. № 3, 1944.
- Ронов А. Б., История осадконакопления и колебательных движений Европейской части СССР, Труды геофиз. ин-та, № 3, 1949.
- Ростовцев Н. Н., Западно-Сибирская эпипалеозойская платформа и Тургайский прогиб, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Салоп Л. И., Байкальская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Семенов Н. П., Структурно-петрографическая карта Украинского кристаллического массива, Изд-во АН УССР, Киев, 1957.
- Синицын В. М., Основные элементы геологической структуры Гоби, БМОИП, отд. геол., т. 31, (6), 1956.
- Ситтер Л. У., Структурная геология, ИЛ, М., 1960.
- Снятков Л. А. и Снятков Б. А., Верхояно-Чукотская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Соболев Д. Н., Эскиз плана и архитектоники кристаллического фундамента Скандо-России, БМОИП, № 3—4, 1926.
- Соловьев В. Ф., Кулакова Л. С., Агапова Г. В., Современная тектоническая структура дна Южного Каспия, Изв. АН СССР, сер. геол., № 4, 1960.
- Соллогуб В. Б., Тектоника передовых прогибов альпийской геосинклинальной области и сопредельных районов Европейской части СССР, Изд-во АН УССР, 1960.
- Спижарский Т. Н., Сибирская платформа, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Спрингис К. Я., Тектоника Верхояно-Колымской складчатой области. История развития структуры в палеозое и мезозое, Изд-во АН Латв. ССР, Рига, 1958.
- Спутник полевого геолога-нефтяника, т. II, Гостоптехиздат, 1954.
- Стовас М. В., К вопросу о критических параллелях земного эллипсоида, Автореферат канд. дисс., Ленинградский ун-т, 1951.
- Стовас М. В., Неравномерность вращения Земли как планетарно-геотектонический и геоморфологический фактор, Геол. журн. АН УССР, т. 17, вып. 3, 1957.
- Стовас М. В., К вопросу о широтной зональности сейсмичности Земли, Научн. доклады высш. шк., сер. геол., географ. № 3, 1958.
- Стовас М. В., Потенциал деформирующих сил и его изменение с изменением ротационного режима эллипсоида, Вестник Ленинградского ун-та, № 1, 1959.
- Стовас М. В., Деформация параметров эллипсоида с изменением сжатия (критические параллели) Вестник Ленинградского ун-та, № 13, 1959.
- Стовас М. В., Про можливу причину періодичного виникнення планетарних розломів базальтових виливань, ДАН УРСР, 5, 1959.
- Стовас М. В., Солнечная активность и критические параллели, Международный геофизический год, Инф. бюлл., № 2, Изд-во АН УССР, 1960.
- Субботин С. И., О состоянии подкорового вещества в зонах прогибов и поднятий земной коры, Геол. журн. АН УССР, т. 14, вып. 2, 1954.
- Субботин С. И., К вопросу о механизме формирования прогибов земной коры и о тектонике фундамента Днепровско-Донецкой впадины, Геол. журн. АН УССР, т. 18, вып. 6, 1958.
- Субботин С. И., О строении глубинных зон Карпат, Труды Ин-та геол. пол. ископ. АН УССР, т. 2, 1960.
- Суботин С. И., Причини тектонічних рухів та механізм формування основних геоструктурних елементів земної кори, Геол. журн. АН УРСР, т. 20, вип. 5, 1960.
- Тамразян Г. П., Геологические революции и космическая жизнь Земли, ДАН Аз. ССР, т. X, № 6, 1954.
- Тамразян Г. П., О наличии глубинного разрыва на юго-восточном Кавказе, Изв. АН СССР, сер. геол., № 8, 1960.
- Тектоника СССР, т. 1, Тектоника Центрального Казахстана, ч. 1, М.—Л., АН СССР, 1948.
- Тектоника СССР, т. III, Стратиграфия и тектоника зеленокаменной полосы Среднего Урала, Изд-во АН СССР, М., 1951.
- Тетяев М. М., Основы геотектоники, ОНТИ, 1934.
- Тихомиров В. В., Представления русских геологов середины XIX века в области тектоники и эволюции органического мира, БМОИП, отд. геол., т. 28, № 6, 1953.
- Тихомиров В. В., К вопросу о развитии земной коры и природе гранита, Изв. АН СССР, сер. геол., № 8, 1958.
- Толстихина М. М., Русская платформа, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Удинцев Г. Б., О рельефе дна западной части Тихого океана, Сб. «Океанологические исследования», № 2, 1960.
- Унксов В. А., Алтае-Саянская складчатая область, Геологическое строение СССР, т. 3, Тектоника, Госгеолтехиздат, 1958.
- Хабаров А. В., Об истории развития поверхности Луны, М., 1949.
- Хаин В. Е., Геотектоническое развитие юго-восточного Кавказа, Азербайджанский геологический институт, Баку, 1950.
- Хаин В. Е., Некоторые основные вопросы современной геотектоники, Изв. АН СССР, сер. геол., № 12, 1957.
- Хаин В. Е., О глыбово-волновой (складчато-глыбовой) структуре земной коры, БМОИП, отд. геол., т. 33, вып. 4, 1958.
- Хаин В. Е., Происхождение материков и океанов, Изд-во «Знание», Геология и география, сер. XII, № 3, 1961.
- Хиллс Е., Тектоническое строение Австралии, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Холдеталь О., Геология Норвегии, ИЛ, М., 1957.
- Хотько Ж. П. и Бондаренко Б. В., Основные тектонические структурные элементы БССР по геофизическим данным, ДАН СССР, т. 106, № 4, 1956.
- Хуан Бо-цинъ, Основные черты тектонического строения Китая, ИЛ, М., 1952.
- Хуан Цзи-цинъ, Некоторые особенности геотектоники Китая, Сб. «Вопросы современной зарубежной тектоники», ИЛ, М., 1960.
- Чарушин Г. В., Тектоническая трещиноватость слабодислоцированных осадочных пород юго-востока Иркутского амфитеатра, БМОИП, отд. геол., т. 32(3), 1957.
- Чарушин Г. В., О связи гидросети и тектоники в Иркутском амфитеатре, Изв. Всесоюз. географ. об-ва, т. 92, вып. 5, 1960.
- Чебаненко И. И., К вопросу о классификации тектонических разрывов и методы их изучения, Геол. журн. АН УССР, т. 16, вып. 3, 1956.
- Чебаненко И. И., Геотектоническое значение вращательного движения Земли, ДАН УССР, № 5, 1957а.
- Чебаненко И. И., О книге Ван Беммелена «Горообразование», Геол. журн. АН УССР, № 17, вып. 3, 1957б.
- Чебаненко И. И., Начало формирования складчатых структур на площади Лисичанского района, ДАН УССР, № 4, 1957в.
- Чебаненко И. И., О ровообразных прогибах платформ, ДАН УССР, № 4, 1961а.
- Чебаненко И. И., О консолидированности докембрийских массивов, ДАН УССР, № 5, 1961б.
- Чебаненко И. И., Геологическое строение юго-западной части Чешского массива в районе Собешнице—Даметице—Каленице (на чешском языке), Вестник Центрального геологического управления ЧССР, т. 37, вып. 1, 1962.
- Чебаненко И. И., О планетарных разломах (линеаментах) литосферы, ДАН УССР, № 9, 1962.
- Чудинов Ю. В., О блоковом строении Полярного Урала, ДАН СССР, т. 136, № 4, 1961.
- Штрейс Н. А., Стратиграфия и тектоника зеленокаменной полосы Среднего Урала, Тектоника СССР, т. III, 1951.
- Шатский Н. С., О сравнительной тектонике Северной Америки и Восточной Европы, Известия АН СССР, сер. геол., № 4, 1945.
- Шатский Н. С., Основные черты строения и развития Восточноевропейской платформы. Статья 1, Известия АН СССР, сер. геол., № 1, 1946.
- Шатский Н. С., Большой Донбасс и система Вичита. Статья 2, Известия АН СССР, сер. геол., № 6, 1946.
- Шатский Н. С., О связи платформ со складчатыми геосинклинальными областями. Статья 3, Известия АН СССР, сер. геол., № 4, 1947.
- Шатский Н. С., О глубинных дислокациях, охватывающих платформы и складчатые области, статья 4, Известия АН СССР, сер. геол., № 5, 1948.
- Шатский Н. С., О древнейших отложениях осадочного чехла Русской платформы и о ее структуре в древнем палеозое, Известия АН СССР, сер. геол., № 1, 1952.
- Шатский Н. С., О происхождении Пачелмского прогиба. Статья 5. Сравнительная характеристика древних платформ, БМОИП, отд. геол., т. 30 (5), 1955.
- Шатский Н. С., Богданов А. А., Пояснительная записка к тектонической карте СССР, Госгеолтехиздат, 1957.
- Шухерт Ч., Палеогеографический атлас Северной Америки, ИЛ, 1957.
- Эйгенсон М. С., О солнечном управлении вращательным движением Земли, Международный геофизический год, Информ. бюлл., № 1, Изд-во АН УССР, 1958.
- Эйноор О. Л., Взаимоотношение Урала и Пай-Хоя, Госгеолтехиздат, Труды ВСЕГЕИ, сб. 7, 1946.
- Эйноор О. Л., Основы геологии СССР, ч. 1, изд. КГУ, 1960.
- Юрк Ю. Ю., Петрология Уманского и Антоновского гранитных плутонов, Изд-во АН УССР, Киев, 1953.
- Яковкин А. А., Неравномерность вращения Земли и пути ее исследования, Международный геофизический год, Информ. бюлл. № 1, Изд-во АН УССР, 1958.
- Яранов Д., Тектоника на България, Държавно издателство «Техника», София, 1960а.
- Яранов Д., Напречните понижения в Родопско-Анадолската антеклиза и тяхното металогенетично значение, Списание на българското геологическо дружество, XXI, кн. 2, 1960б.
- Abendanon E. C., The exteriors of the earth and the moon, The Naque, Blommendal, 1958.
- Aho Aogo E., Similar trenchlike lineaments in Yukon, Canad., Mining and Metallurg. bull., 52, N 565, 1959.

- Alberding H., Application of principles of wrench-fault tectonics of Moody and Hill to northern South America, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 68, N 6, 1957.
- Anderson E. M., The dynamics of faulting and dyke formation, 2-d, ed. rev. Edinb.—London, 1951.
- Baker C. L., Major structural features of Trans-Pecos Texas, *Univ. Texas Bur. Econ. Geol. Bull.*, 3401, 1934.
- Benioff H., Seismic evidence for the fault origin of oceanic deeps, *Bull. Geol. Soc. Amer.*, 60, 1949.
- Benioff H., Global strain accumulation and release as revealed by great earthquakes, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 62, 1951.
- Benioff H., Orogenesis and deep crustal structure additional evidence from seismology, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65, 1954.
- Betz Jr., Late Paleozoic faulting in western Newfoundland, *Geol. Soc., Am. Bull.* 54, 1943.
- Billings M. P., *Structural geology*, 2-d ed., N. Y., Prentice-Hall, 514, 1954.
- Blondel F., *La geologie et les mines des Vieilles plateformes*, Paris, 1936.
- Born A., *Der Geologische Aufbau der Erde*, Handbuch der Geophysik, Berlin, 1932.
- Born A., Über Werden und Zerfall von Kontinentalschollen, *Forschritte der Geologie und Paleontologie*, Berlin, 1933.
- Brown I. C., Late faults in the Yellowknife area, Canada, *Geol. Am. Bull.*, 64, 1953.
- Brown I. C., Late faults in the Yellowknife area, *Geol. Assoc. Canada Proc.*, 7, 1955.
- Bucher W. H., The deformation of the earth's crust, *Princeton Univ. Press.*, 1933.
- Bucher W. H., Problems of earth deformation illustrated by the Caribbean Sea basin, *N. Y. Acad. Sci. Trans.*, ser. 2, v. 9, No 3, 1947.
- Bucher W. H., Megatectonics and geophysics, *Am. Geophys. Union Trans.*, 31, 1950.
- Bucher W. H., Fundamental properties of orogenic belts, *Am. Geophys. Union Trans.*, 32, 1951.
- Bucher W. H., Geologic-tectonic map of the United States of Venezuela: (scale 1:1 000 000) *Geol. Soc. America*, 1952.
- Bucher W. H., Modellversuche und Gedanken über das Wesen der Orogenese. *Geotectonisches Symposium zu Ehren von Hans Stille*, 1956.
- Carte structurale de L'Afrique 1:10 000 000 dressée par Raymond Furon, *XX-e Congrès Géologique internationale*, 1956.
- Chamberlin R. T., The Significance of the Framework of the Continents, *Journal Geol.*, Vol. 32, N 7, 1924.
- Cloos H., Süd west Afrika, *Geol. Rundschau*, 28, 1937.
- Cloos H., Zur Grosstektonik Hochafrikas und seiner Umgebung, *Geol. Rundschau*, Bd. 28, Heft 2—4, Afrika Heft, 1937.
- Cloos H., Hebung, Spaltung, Vulkanismus; Elemente einer geometrischen Analyse irdischer Großformen, *Geol. Rundschau*, 30, 1939.
- Cloos H., Grundschollen und Erdnähte, *Geologische Rundschau*, 35, 1948a.
- Cloos H., The ancient European Basement blocks-preliminary note, *Am. Geophys. Union Trans.*, 29, 1948b.
- Cotton C. A., Tectonic scraps and fault valleys, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 61, 1950.
- Crowell J. C., Lateral displacement on the San Gabriel fault, southern California, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 63, 1952.
- David T. W., The chief tectonic lines of Australia, *Journal royal Soc. N. S. W.*, 45, 1911.
- David Edgeworth T. W., *The geology of the Commonwealth of Australia*, London, 1950.
- Daubrée A., *Syntetische studien zur Experimentalgeologie*, Braunschweig, 1880.
- Du Toit A. Z., *Our Wandering continents*, London, 1957.
- Eardley A. J., Tectonic relations of North and South America, *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 38, N 5, 1957.
- Erickson C., Geochemistry and lineament Tectonics, *Bull. Geol. Soc. America*, 70, N 12, part 2, 1959.
- Ewing M., Worzel J. L., Gravity anomalies and structure of the West Indies, pt. 1, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65, 1954.
- Ewing J. I., Officer C. B., Johnson H. R., Edwards R. S., Geophysical investigations in the eastern Caribbean, Trinidad schelf, Tabago trough, Barbados ridge, Atlantic Ocean, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 68, N 7, 1957.
- Fairbridge R. W., Some recent advances in the Geology of western Australia, *Geol., Rundschau*, Bd. 39, Heft 1, 1951.
- Fischer G., Granit und Sial, *Geol. Rundschau*, 39, 1951.
- Fortier K. O., Mc Nair A. H., and Thorsteinsson R., Geology and petroleum possibilities in Canadian Arctic Islands, *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 38, 1954.
- Fourmarier P., *Principes de geologie*, 3-me ed., rev. 1—2, Paris—Liege, 1950.
- Gage M., Transcurrent faulting in New Zealand tectonics, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 63, 1952.
- Gilluly J. B., Distribution of mountain building in geologic time, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 60, 1949.
- Grabart H., *Zur Tektogenese Nordost—Brasilien*, *Zeitschrift der Deutschen Geologischen Gesellschaft*, Band 111, 3 Teil, 1959.
- Gregory H. E., Geology and geography of the Zion Park region, Utah and Arizona, *U. S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 220, 1950.
- Gutenberg B. et al., *Internal constitution of the earth*, N. Y. Mc Graw—Hill Book Co., 1951.
- Gutenberg B., Richter C. F., *Seismicity of the earth*, Princeton N. Y., Princeton Univ. Press., 1954.
- Gutenberg B., Verschiebung der Kontinente. Eine Kritische Betrachtung, *Geotektonisches Symposium zu Ehren von Hans Stille*, 1956.
- Hafner W., Stress distributions and faulting, *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 62, 1951.
- Handbook of South American Geology*, Washington, 1956.
- Harlton B., Faults in sedimentary part of Wichita Mountains of Oklahoma, *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 35, 1951.
- Hennig E., *Afrika, Regionale Geologie der Erde*, Leipzig, 1938.
- Hess H. H., Island arcs, gravity anomalies and serpentine intrusions, a contribution to the ophiolite problem, 17-th Intern. Geol. Congr. U. S. S. R. Rept. 2, 1939.
- Hess H., Major structural features of the Western North Pacific on interpretation of H. O. 5485. Bathymetric chart, Korea to New Guinea, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 59, N 5, 1948.
- Hess H., Maxwell S., Major structural features of the Southwest Pacific a preliminary interpretation of H. O. 5484, Bathymetric chart. New Guinea to New Zealand, *Proc., Sov. Pacific Scientific Congress*, 2, 1949.
- Hess H. H., Maxwell J. C., Caribbean research project, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 64, 1953.
- Hildenberg O. Ch., *Die Bruchstruktur der sialischen Erdkruste*, Berlin, 1949.
- Hill M. L., Classification of faults, *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 31, 1947.
- Hill M. L., Dibblee T. W., San Andreas, Garlock and Big Pine faults, California, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 64, 1953.
- Hills E. S., Some aspects of the tectonics of Australia, *Journal royal Soc. N. S. W.*, 79, 1945.
- Hills E. S., Tectonic Patterns in the Earth's Crust. Report of 26th Meeting of Australian and N. Z. Ass. for the Advancement of Science, Perth, 1947.
- Hills E. S., *The Formation of Continents by Convection*, London, 1947.
- Hills E. S., The tectonic style of Australia. *Geotektonisches Symposium zu Ehren von Hans Stille*, 1956.
- Hills E. S., Cauldron Subsidence, Granitic rocks, and crustal fracturing in S. E. Australia, *Geol. Rundschau*, Bd. 47, Heft 2, 1958.
- Hinterlechner K., Über Schollenbewegungen am südöstlichen Rande der Böhmisches Masse, *Verhandlungen der Geol. Reichsanstalt*, Wien, 1914.
- Hobbs W. H., Repeating patterns in the relief and the structure of the land, *Bull. Geol. Soc. America*, 22, 1911.
- Hodgson J. H., Storey T. S., Direction of faulting in some largeearthquakes of 1949, *Seismol. Soc. Am. Bull.*, 44, 1954.
- Hope E. R., Geotectonics of the Arctic Ocean and the Great Arctic Magnetic Anomaly, *Journal of Geophysical research*, vol. 64, N 4, 1959.
- Internationale Gebirgsdrucktagung*, Leipzig, 1958, Vorträge, Berlin, Akad.—Verl., 1958.
- Kay M., North American geosynclines, *Geol. Soc. America Mem.*, 48, 1951.
- Kelley V. C., Tectonic history of the Colorado Plateau, *Geol., Soc. Am. Bull.* 66, 1955.
- Kennedy W. Q., The Great Glen Fault, *Quart. Journ. Geol., Soc.*, Vol. cii, 1946.
- King L. C., Necessity of continental drift, *Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists*, 37, N 9, 1953.
- King Ph. B., *The evolution of North America*, Princeton, New Jersey Princeton University Press, 1959.
- Kober L., *Der Bau der Erde*, Berlin, 1921.
- Kober L., *Tektonische Geologie*, Borntraeger, 1942.
- Koch L., Über den Bau Grönlands, *Geol. Rundschau*, Bd. 27, Hf 1, 1935.
- Kossmat Fr., *Paleogeographie und Tektonik*, Berlin, 1936.
- Kraus E., *Die Entwicklungsgeschichte der Kontinente und Ozeane*, Berlin, Akademie—Verlag, 1959.
- Krenkel E., *Geologie Afrikas*, v. 1—3, Berlin, 1925—1934.
- Krishnan M. S., The structure of India, *Ind. Geog. Journal*, vol. 18, N 4, 1943.
- Lee I. S., Some characteristic structures types in Eastern Asia and their Bearing upon the Problem of Continents Movements, *Geol. Magazine*, vol. 66, 1929.
- Lees G. M., The evolution of a shrinking earth, *Geol. Soc. London Quart. J.* 109, 1953.

- Locke A., Billingsley P., Mayo E. B., Sierra Nevada tectonic pattern, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 51, 1940.
- Machatschek F., *Das relief der Erde*, II Band, Berlin, 1955.
- Maller J. E., Tectonics of the Shalwak lineament, southwest Yukon and eastern Alaska, *Bull. Geol. Soc. America*, 69, N 2, part 2, 1958.
- The Mechanics of faulting, with special reference to the fault—plane work (A symposium), Ottawa, 1959.
- Menard H. W., Shear zones of the Northeastern Pacific ocean and anomalous structural trends of Western North America, Official program, 49-th Ann. Meeting Cordilleran sect., *Geol. Soc. Am.*, 22, 1953.
- Menard H. W., Topography of the northeastern Pacific sea floor, *Am. Assoc. Petrol. geologist Bull.*, 39, 1954.
- Menard N. W., Deformation of the northeastern Pacific basin and the west coast of North America, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 66, 1955.
- Menard H. W., Fisher R. Z., Clipperton fracture zone in the Northeastern Equatorial Pacific, *Journal of Geology*, 66, N 3, 1958.
- Michel—Levy M., *Carte geologique de France (Echelle 1:1 000 000)*, Inst. Cartographique de Paris, 1933.
- Moody C. L., Observations on the geologic history of the Gulf of Mexico, *Tulsa Geol. Soc. Digest*, 19, 1951.
- Moody J. D., Hill M. I., Wrench-fault tectonics, *Geol. Soc. America Bull.*, v. 67, 1956.
- Nielson J. M., Fault pattern of the Mistassini region, northern Quebec, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 63, 1952.
- Nölke F., Zur Tektonik des Atlantischen Beckens, *Geol. Rundschau*, Bd. 30, Heft 1/2, 1939.
- Ogle B. A., Major shear zone at False Cape, Humboldt Co., California, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 63, 1952.
- Officer C. B., Ewing J. I., Edwards R. C., Johnson N. R., Geophysical investigations in the eastern Caribbean Venezuelan basin, Antilles island arc, and Puerto Rico Trench, *Bull. Geol. Soc. America*, 68, N 3, 1957.
- Oppenheim V., Structural Evolution of the South American Andes, *American Journ. Sci.*, vol. 245, 1947.
- Paige S., Influence of cyclic processes on the evolution of the earth's crust, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65, 1954.
- Picard L., Disharmonic faulting in the Jordan—Araba graben, 19-th Intern. Geol. Congr. (Algiers), *Proc.*, fasc. 21, 1954.
- Phemister J., *Britisch Regional Geology Scotland, The Northern Highlands*, 2-d ed., Edinburgh, 1948.
- Press F., New Results on Mantle and Crustal structure, *Bull. Geol. Soc. Am.*, 70, N 12, part 2, 1959.
- Raisz E., The Olympic—Wallowa lineament, *Am. J. Sci.*, 243 A, 1945.
- Read H., *Britisch Regional Geology the Grampian Highlands*, 2-d ed., Edinburgh, 1948.
- Reudemann R., Fundamental lines of North American Geologic Structure, *Amer. Journ. Sci.*, series 5, vol. 6, 1923.
- Richey J. E., *British regional Geology Scotland the Tertiary volcanic Districts*, 2-d Edition, Edinburgh, 1948.
- Rittman A., Über die Herkunft der Vulkanischen progeologischen Lithosphere, *Schweizer. Miner und Petr. Mitt.*, Bd. 28, H. 1, 1928.
- Rittman A., Über die Herkunft der vulkanischen Energie und die Entstehung des Sials, *Geol. Rundschau*, 30, Heft 1/2, 1939.
- Rod E., Strike-slip faults of northern Venezuela, *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 40, 1956.
- Russell W. L., *Structural Geology for Petroleum Geologists*, New York, 1955.
- Sainsbury C. L., Twenhofel W. S., Fault patterns of southeastern Alaska, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65, 1954.
- Sederholm J., Weitere Mitteilungen über Bruchspalten mit besonderer Beziehung zur Geomorphologie von Fennoskandia, *Bull. Com. Geol. de Finland*, N 37, 1913.
- Schidegger A. E., Examination of the physics of theories of orogenesis, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 64, 1953.
- Schidegger A. E., The physics of orogenesis in the light of new seismological evidence, *Royal Soc., Canada Trans.*, 49, 1955.
- Schidegger A. E., *Principles of Geodynamics*, Springer—Verlag, Berlin—Göttingen—Heidelberg, 1958.
- Schidegger A. E., Stress in the Earth's Crust, *Bull. Geol. Soc. America*, Vol. 70, N 12, part 2, 1959.
- Schmidt J., *Über Rillen auf dem Monde*, Leipzig, 1866.
- Schuchert Ch., *Geology of the Antillean Caribbean region*, New Haven, 1935.
- Schwinner R., Die Konsequenz in der tektonischen Entwicklung, erläutert am Gebirgsbau Europas, 16-th Intern. Geol. Congr., U. S. A. Repf., Vol. 2, 1936.
- Shepard F. P., Emery K. O., Submarine topography of the California coast, canyons and tectonic interpretation, *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.* 31, 1941.
- Sonder R. A., Großtektonische Probleme des mittelamerikanischen Raumes, *Z. f. Vulk* 17, 1936.
- Sonder R. A., Die Lineamenttektonik und ihre Probleme, *Eclog. Geol. Helv.*, vol. 31, 1938.
- Sonder R. A., Zur Tektonik des Atlantischen ozeans, *Geol. Rundschau*, Bd. 30, Hf 1/2, 1939.
- Sonder R. A., Discussion of shear patterns of the earth's crust by F. A. Vening—Meinesz, *Trans. Amer. Geophys. Union*, 28, 1947.
- Sonder R. A., *Mechanik der Erde*, Stuttgart, 1956.
- Springg R. C. and Wilson R. B., The Musgrave Mountain belt in South, Australia, *Geol. Rundschau*, Bd. 47, Heft 2, 1958.
- Staub W., Über die Entstehung von Querfalten und über Rahmenfaltung, *Eclogae Geol. Helv.*, vol. 19, Nr 1, 1925.
- Stille H., *Grundfragen der Vergleichenden Tektonik*, Berlin, 1924.
- Stille H., Zur Frage der Transatlantischen Faltenverbindungen, *Sitzungsber. d. Preuss. Akademie d. Wiss.*, XI, 1934.
- Stille H., Betrachtungen zum Werden des europäischen Kontinents, *Zeitschrift d. deutschen Geol. Gesellschaft*, 97, Stuttgart, 1945.
- Stille H., Ur- und Neozoene, Berlin Akademie, 1948. *Abhandlungen Deutsche Akademie der Wissenschaft*, Berlin, Math.-naturw. Kl., 1945/1946.
- Stille H., Uralte Anlagen in der Tektonik Europas, *Zeitschrift der deutschen Geologischen Gesellschaft*, 99, 1947.
- Stille H., Das Leitmotiv der geotektonischen Erdentwicklung, *Deutsche Akademie der Wissenschaft Vorträge und Schriften*, 32, Berlin, 1949.
- Stille H., Der geotektonische Werdegang der Karpaten, *Beihefte zum geologischen Jahrbuch*, Heft 8, Hannover, 1953.
- Stille H., Recent deformations of the Earth's crust in the light of those of earlier epochs, *Geol. Soc. America, Spec. Paper* 62, 1955.
- Stose G. W., *Geological map of South America 1:5 000 000*, Geol. Soc. America, New York, 1950.
- Suball L., *Die Neuentdeckung der Erde*, Wien—München, Fromme, 1958
- Umbgrove J. H. F., *Structural History of the East Indies*, Cambridge at the University press, 1949.
- Umbgrove J. H. F., *Contraction of the earth*, *Proc. Kon. Nederl. Akad.*, v. Wetenschappen—Amsterdam, 55, N 2, 1952.
- Vening Meinesz F. A., Shear patterns in the earth's crust, *Trans. Amer. Geophys. Union*, N 1—2, v. 28, 1947.
- Vening Meinesz F. A., Indonesian archipelago, a geophysical study, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65, 1954.
- Ver Wiebe W. A., Geosynclinal boundary faults, *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 20, 1936.
- Von Estorff F. E., Tectonic Framework of North Western South America, *Bull. Americ. Ass. Geol.*, vol. 30, N 4, 1946.
- Wadia D. N., *Geology of India*, London, 1939.
- Weber H., *Die Oberflächlichen formen des festen Landes*, Leipzig, 1958.
- Weber H., *Quantitative Tectonik, Geologie*, *Zeitschrift für das Gesamtgebiet d. Geologie und Mineralogie sowie der angewandten Geophysik*, Heft 3, 1961.
- Wegener A., *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Braunschweig, 1936.
- Wellman H. W., Active transcurrent faulting in New Zealand, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 65, 1954.
- Werenskild W., *Faults and Volcanoes*, *Am. Geophys. Union Trans.*, 34, 1953.
- West S. S., Major shear fractures of Alaska and adjacent regions, *Am. Geophys. Union Trans.*, 32, 1951.
- Wilson J. T., Some aspects of geophysics in Canada with special reference to structural research in the Canadian Shield, *Amer. Geophys. Union*, 19, 1948.
- Wilson J. T., An analysis of the pattern and possible cause of young mountain ranges and island arcs, *Geol. Assoc. Canada Proc.*, 3, 1950.
- Wilson J. T., On grabens, rifts, major wrench-faults, and straight chains of islands, *Am. Geophys. Union Trans.*, 34, 1953.
- Wiseman J., Ovey C., Proposed names of features on the deep-sea floor, I, *Pacific Ocean. Deep-sea Res.*, 2, N 2, 1954.
- Wüst G., Die Großgliederung des atlantischen Tiefseebodens, *Geol. Rundschau*, Bd. 30, Heft 1/2, 1939.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Краткий обзор разломных деформаций земной коры по регионам	5
Разломные структуры территории СССР	5
Краевые разломы Русской платформы	5
Внутренние разломы Русской платформы	5
Тектоническая трещиноватость пород Русской платформы	13
Связь орографии и речной сети Русской платформы с разрывными нарушениями	16
Краевые разломы Сибирской платформы	17
Внутренние разломы Сибирской платформы	20
Связь гидросети и тектоники Сибирской платформы	22
Разломные деформации палеозойских складчатых областей и послепалеозойских платформенных участков	23
Урало-Новоземельская складчатая область	23
Таймырско-Североземельская складчатая область	24
Западно-Сибирская синеклиза и Тургайский прогиб	26
Казахстанская, Тянь-Шаньская и Алтае-Саянская складчатые области	27
Области мезозойской складчатости	30
Верхояно-Чукотская область	30
Сихотэ-Алиньская складчатая область	31
Области кайнозойской складчатости	32
Приохотская область	32
Область Восточных Карпат, Крыма, Кавказа, Копет-Дага и Памира	32
Разломные структуры Азии	34
Разломные структуры Европы	42
Разломные структуры Африки	48
Разломные структуры Австралии	55
Разломные структуры Северной Америки	59
Разломные структуры Центральной и Южной Америки	63
Разломные структуры дна океанов	68
Главнейшие закономерности разломов (линеаментов) земной коры	74
Общепланетарный характер деформаций земной коры	74
Основные направления планетарных разломов	76
Некоторые сведения о характере сдвиговых смещений вдоль зон планетарных разломов	78
Сравнение сетки разломов Земли с положением предполагаемых структурных линий Луны и Марса	83
Существующие представления о причинах возникновения планетарных разломов	86
Общие сведения	86
Теория контракции Земли	87
Недооценка деформаций растяжения и отрыва в общей структуре земной коры	89
Конвекционные течения подкорового вещества	92
Роль вращательного движения Земли в создании разломов литосферы	96
Распределение геодинамических напряжений в земной коре и вращательное движение Земли	96
Причины изменения скорости вращения Земли. Силы приливов и отливов. Закон Бэра — Кориолиуса	99
Геодинамические напряжения Земли и эллипсоид деформаций	101
Распределение напряжений и деформаций при ускорении вращения Земли	105
Распределение напряжений и деформаций при замедлении вращения Земли	107
Сетка планетарной трещиноватости земной коры, построенная по принципу интерполяции фактических разломов (линеаментов) Земли	109
Существующие сетки сколовых деформаций земной коры	110
Сетка Ф. Венинг-Мейнеца	110
Сетка А. Шейдеггера	111
Геотектоническая решетка Г. Л. Пospelова	112
Тектоорогеническое значение планетарных разломов земной коры	114
Блоковое строение земной коры	114
Положение орогенических поясов. Горные и островные дуги	116

Планетарные разломы коры и механизм развития геосинклинальных прогибов	122
Впадины на платформах и других консолидированных участках	126
Глубинные разломы и вулканизм	128
Серпентинитовые интрузии и излияния платобазальтов	129
Интрузии гранитоидов	129
Глубинные разломы и закономерности размещения эндогенных рудных месторождений	132
Глубинные разломы и процессы осадконакопления	135
Планетарные разломы и складчатость земной коры	137
Предварительная геологическая классификация планетарных разломов земной коры	140
Литература	144

Иван Ильич Чебаненко

Основные закономерности разломной тектоники земной коры и ее проблемы

Печатается по постановлению ученого совета Института геологических наук АН УССР

Художественный редактор *В. М. Тепляков*

Оформление художника *В. М. Флакса*

Редактор *Э. Г. Овчарова*

Технический редактор *Н. П. Рахлина*

Корректор *Г. Л. Дорохина*

БФ 05531. Зак. № 863. Изд. № 59. Тираж 1200. Формат бумаги 70×108¹/₁₆. Печ. физ. листов 9,75+11 вкл.
Условн. печ. листов 18,5. Учетно-изд. листов 17,03. Подписано к печати 20.VI 1963 г.
Цена 1 руб. 6 коп.

Типография Издательства АН УССР, Киев, Репина, 4.