

Акад М. А. УСОВ

СТРУКТУРНА ГЕОЛОГИЯ

УЧЕБНИК ДЛЯ СТУДЕНТОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Академик
М. А. УСОВ

СТРУКТУРНАЯ ГЕОЛОГИЯ

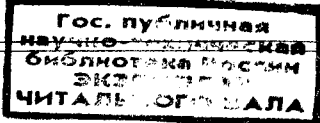
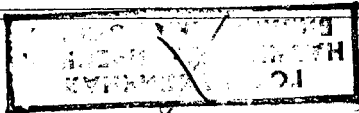
*Утверждено Всесоюзным Комитетом
по делам высшей школы при СНК СССР
в качестве учебного пособия
для геолого-разведочных вузов
и для университетов*



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Москва — Ленинград

1940



94-481

28833

28
7408

ОТ РЕДАКЦИИ

В рукописных материалах покойного академика М. А. Усова была обнаружена вполне обработанная рукопись под заглавием „Структурная геология“. Этот труд, повидимому, предназначался автором в качестве учебного руководства по курсу структурной геологии, который он читал в Томском индустриальном институте.

В отличие от курса структурной геологии Ч. К. Лизса, переведенного на русский язык со второго английского издания, курс М. А. Усова является более совершенным в педагогическом отношении. Он отличается также более правильным распределением материала, краткостью и четкостью изложения и включением в курс очень нужных глав с описанием структур горных систем и изложением геотектонических теорий.

Рукопись М. А. Усова получила высокую оценку со стороны академика В. А. Обручева, взявшего на себя труд просмотреть эту работу при подготовке ее к печати.

Настоящий труд покойного академика М. А. Усова является обобщением обширного фактического материала по вопросам структурной геологии.

В этом труде автор освещены основные категории структур, наблюдаемых в земной коре, и проведено их разделение как по генезису, так и по форме.

Особое место уделяется характеристике типов тектогенеза и описанию структур Альп, Кавказа, Центральной Европы и истории их формирования.

Последний отдел этого труда посвящен критическому анализу геотектонических теорий — плутонизма, контракционной, изостазии, мобилизма и осцилляционной.

В заключение автор освещает разработанную им теорию саморазвития Земли, которую он стремится изложить исходя из методологических принципов диалектического материализма.

Книга рассчитана на студентов геолого-разведочных вузов и соответствующих специальностей университетов. Она будет также полезной в практической и теоретической работе геологов и разведчиков.



U. Gof

(1883—1939)

I ВВЕДЕНИЕ



Структурная геология изучает структуру, или строение (structura — строение) литосферы, выражающееся в условиях залегания и взаимных отношениях горных пород и их формаций или групп горных пород, которые объединяются общностью происхождения при отсутствии заметного перерыва в их образовании.

Можно выделить несколько типов структуры литосферы, или, короче, структур, для более уверенного анализа материала наблюдений и для синтеза его в конкретные структуры. Это имеет громадное значение как при восстановлении геологических процессов в истории данного участка литосферы, так и в практической работе, поскольку, например, тела полезных ископаемых находятся в определенных отношениях к вмещающим горным породам, участвуя в образовании различных структур, которые оказывают влияние на методы разведки и разработки месторождений полезных ископаемых.

Рассмотрим основные категории структур в их отношении к геологическим процессам.

1. Основные категории структур земной коры

Структуры суть формы проявления геологических процессов, выражающихся в образовании и в преобразовании горных пород и их формаций. Поэтому они возникают и изменяются вместе с своим вещественным содержанием, будучи связаны с ним единством противоположностей.

Структуры в данном широком смысле можно разделить, впрочем несколько условно, на две основные категории: структуры стратиграфические, отражающие образование пород и формаций, и структуры тектонические, являющиеся результатом движений в толще образовавшихся горных пород и их формаций.

Все эти структуры образуются при исключительной или ведущей роли эндогенных движений Земли, которые в основном являются эпирогенными, выражаясь в волнообразном поднятии и опускании участков литосферы, при производном происхождении горизонтальных или тангенциальных движений; впрочем, последние иногда приводят к образованию и вертикальных перемещений. Основные эпирогенные движения сопровождаются, с одной стороны, образованием как осадочных, так и магматических горных пород, со свойственными этим породам и их формациям стратиграфическими структурами, а с другой — движениями в образовавшихся толщах, или дислокациями, обуславливающими их вторичные тектонические (*τεκταίνονται* — строю) структуры.

2. Значение структур в восстановлении эндогенных движений

Эндогенные движения восстанавливаются различными способами, дополняющими друг друга. Сюда относятся наблюдения над современными движениями, геоморфологический анализ, изучение стратиграфических отношений, анализ форм дислокаций.

а) Современное движение литосферы. Современное движение наиболее просто установить по перемещениям морского берега за историческое время. Соответствующие наблюдения произведены во многих местах. Они установили, что уровень моря в разных районах и иногда на одном побережье то поднимается, то опускается. Из этого явствует, что фактически находится в движении литосфера, участвующая в эпирогенных волнообразных колебаниях. Затем, точные повторные прецизионные нивелировки и астрономические определения установили, что и вдали от морского берега литосфера также находится в постоянном, хотя и мало заметном движении. Впрочем, в отдельных районах, обычно совпадающих с резким рельефом, эти движения настолько интенсивны, что сопровождаются землетрясениями, с проявляющимися порою значительными перемещениями в рельефе. По моретрясениям нужно думать, что и те части литосферы, которые находятся под гидросферой, также участвуют в эпирогенных движениях.

Таким образом, согласно различного рода исследованиям, в настоящее время литосфера находится в постоянном движении, с интенсификацией этих движений вдоль определенных зон, каковыми обычно являются морские побережья и горные цепи, т. е. зоны с резким рельефом, который мог получиться лишь в результате эндогенных перемещений и не затушеван экзогенными процессами.

б) Геоморфологический анализ. Изучение форм рельефа позволяет установить, что эндогенные движения лито-

сферы проявлялись за все время образования рельефа. Соответствующий анализ, называемый морфотектоническим, указывает, что эти движения имели прерывистый характер, выразившийся, например, в образовании речных террас и нагорных ступеней. Нужно отметить, что формы рельефа сохранились местами от мезозойского и даже еще более древнего времени.

в) Стратиграфический анализ. Изучение колонок осадочных пород позволяет заключить, что образование осадков происходило при постоянном колебании дна соответствующего бассейна, при нередком выходе дна этого бассейна из-под уровня моря. Таким образом не только литосфера суши, но и литосфера водных бассейнов, или вообще депрессий с осадками, находится в колебательном движении, и эти эндогенные движения устанавливаются данным стратиграфическим методом как во времени, так и в пространстве для всех геологических периодов жизни Земли.

г) Анализ форм дислокаций позволяет выявить наиболее резкое выражение эндогенных движений в связи со структурами подлежащих и соседних участков литосферы. Этот анализ имеет особенное практическое значение, так как в конечном итоге структуры литосферы образуются в результате этих тектонических движений. Поэтому в курсах структурной геологии главное внимание уделяется изучению тектонических движений, в частности — форм дислокаций.

Но так как тектоника литосферы в значительной степени основывается на стратиграфических структурах, заложенных при образовании формаций, то необходимо предварительно ознакомиться с наиболее характерными стратиграфическими структурами, которые свойственны осадочным формациям. Что касается структур, свойственных магматическим горным породам, то они в большинстве случаев подчинены тектоническим структурам и могут быть рассмотрены лишь после изучения тектоники.

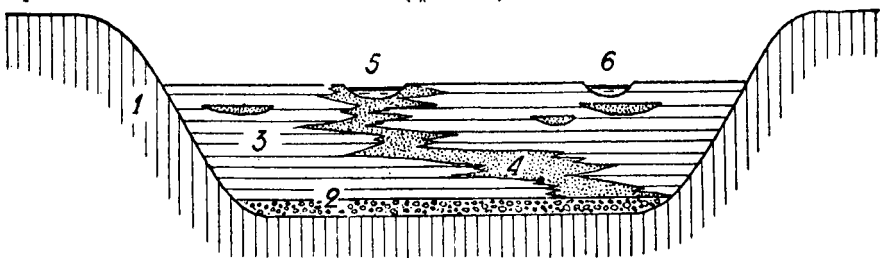
3. Главнейшие стратиграфические структуры осадочных горных пород

Эти структуры образуются при самом отложении осадков и выражаются в их взаимных отношениях, среди которых выделяются три главных типа.

а) Согласно наслоение указывает на то, что не было заметного перерыва в отложении данных осадков. Впрочем, почти всегда между отложениями двух слоев с резко отличающимися породами был хотя бы небольшой перерыв, как это свойственно, например, речниковым отложениям.

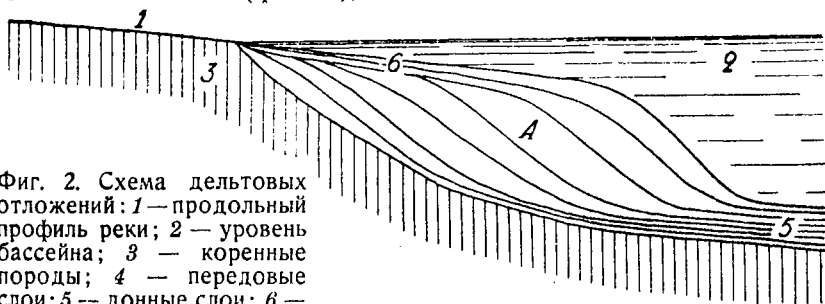
Не всегда пласты осадков, залегающие согласно, параллельны друг другу. Действительно, каждый пласт где-нибудь кончается, сменяясь отложениями иной фации. Следовательно, даже для

осадков согласного залегания наиболее характерной формой является выклинивающийся пласт, часто линза; в некоторых случаях тела осадочных пород имеют неправильную или штокообразную форму, например, штоки каменной соли, онкоиды коралловых рифов. Особенно неправильно отношение речниковых отложений, которые состоят из долинных осадков, образующих более или менее правильные слои, и из русловых отложений, слагающих отдельные линзы по форме и величине соответствующих русел потоков, которые при агградации блуждают среди долинных отложений (фиг. 1).



Фиг. 1. Схематический разрез аллювиальных отложений: 1 — коренные породы; 2 — основной галечник; 3 — долинные отложения; 4 — русловые отложения; 5 — русло; 6 — протоки в агградационной долине.

Осадочные породы и при согласном наложении нередко имеют первично наклонное залегание. Таковы, например, дельтовые отложения (фиг. 2), состоящие из более или менее на-



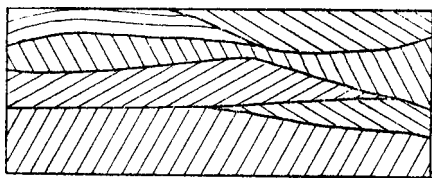
Фиг. 2. Схема дельтовых отложений: 1 — продольный профиль реки; 2 — уровень бассейна; 3 — коренные породы; 4 — передовые слои; 5 — донные слои; 6 — верхушечные слои.

клонных, в зависимости от крупности зерна, передовых слоев, затем донных слоев, представляющих непосредственно продолжение передовых, и из верхних слоев, залегающих с видимым несогласием на основных отложениях толщи. Нужно отметить, что и отложения литоральной фации, представляющие отсыпь, обладают первично наклонным залеганием.

Еще более неправильны бывают взаимные отношения стратиграфических элементов в пределах отдельных горизонтов некоторых осадков. Так, золовые пески и песчаники характеризуются своеобразным перекрестным наложением вследствие отложения песка на наветренной и подветренной сторонах песчаных

накоплений (фиг. 3). Несколько похоже на эту структуру переметное наслоение русловых отложений, впрочем, достаточно отличающихся по своему составу (фиг. 4).

Наконец, бывают случаи и первичных дислокаций отдельных горизонтов правильно наслоенных осадков. Сюда относятся



Фиг. 3. Косое наслоение эолового песка, обычно хорошо отсортированного и окатанного: крупные и неправильные пласты, представляющие остатки проходивших дюн, состоят из тонких полосок, отлагавшихся на наветренном и особенно подветренном склонах эоловой гряды.

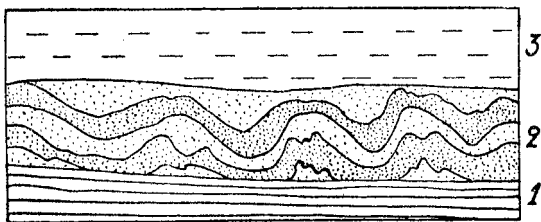


Фиг. 4. Переметное наслоение русловых отложений, при различной крупности зерна как в соседних слоях, так и в пределах одного слоя.

подводные оползни, образовавшиеся во время отложения толщи (фиг. 5).

б) Скрытое несогласие отвечает более или менее крупному континентальному перерыву при отложении осадков, хотя последние кажутся залегающими параллельно друг другу, т. е. как бы согласно. Такая форма несогласия встречается чрезвычайно часто, и, по выражению Баррелля, каждая колонка осадочных пород содержит в себе больше пропусков, чем зафиксированных отложениями моментов.

Фиг. 5. Сингенетическая пloyчатость, образовавшаяся при подводных оползнях: 1 — нормальная почва; 2 — сползшая и сложившаяся в складки масса; 3 — нормальная кровля.

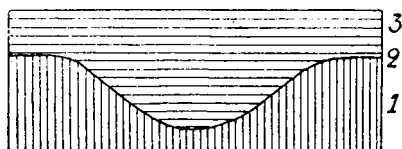


Настоящее скрытое несогласие характеризуется не только континентальным перерывом, но и размывом нижней толщи, на поверхности которой, впрочем, могут иногда сохраняться остатки коры выветривания эпохи этого перерыва.

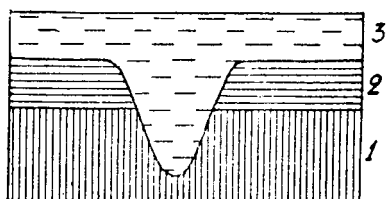
В основании верхней формации скрытого несогласия нередко встречаются конгломераты, которые образуются в том случае, когда прибойная волна получала достаточно крупный материал. Если же море наступало на плоскую сушу, притом лишенную скал крепких пород, то новая толща может начаться с мелкозернистых отложений. В частности, нередки случаи, когда новая формация начинается с известняков.

Скрытое несогласие устанавливается нелегко. Для этого

необходимо применение палеонтологического метода или весьма детальных стратиграфо-батрологических исследований. Таковые исследования, например, проводятся при разработке пластовых месторождений, в частности пластов каменного угля, ибо при эксплуатации каждый участок пласта прощупывается и фиксируется на картах и разрезах. В целом ряде каменноугольных бассейнов установлены случаи скрытого несогласия, с размывом, который затронул пласты угля. Например, в Подмосковном бассейне выделяются несколько типов размыва в зависимости от времени скрытого несогласия. Таковы сингенетический размыв (фиг. 6), происшедший сразу после формирования торфяника, и эпигенетический размыв (фиг. 7), проявившийся после отложения перекрывающей пласт угля толщи осадков. В западноевропейских каменноугольных бассейнах выявлены



Фиг. 6. Сингенетический размыв: 1 — пласт угля; 2 — поверхность скрытого несогласия; 3 — кровля пласта угля.



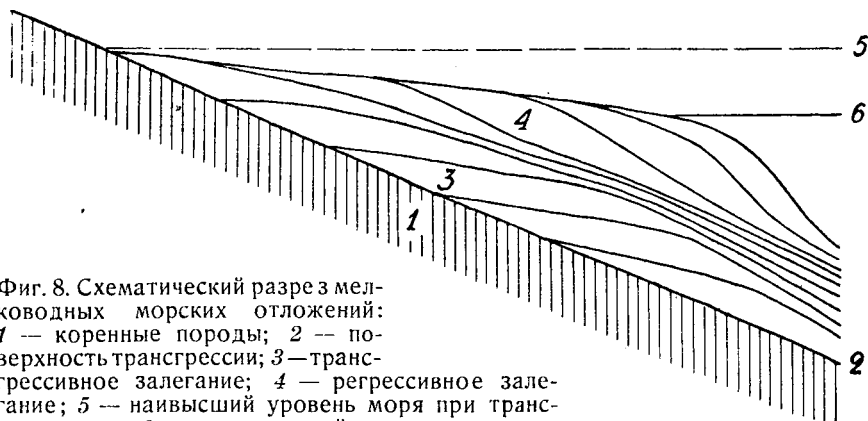
Фиг. 7. Эпигенетический размыв: 1 — пласт угля; 2 — породы кровли пласта угля; 3 — более молодая формация, залегающая со скрытым несогласием на подлежащих формациях.

даже целые долины, которые затронули торфяник сразу после его образования и в пределах которых пласт угля или исчезает или становится тонким.

Можно отметить, что и в Кузбассе установлены подобные отношения. Например, пласт Характерный, Прокопьевского района, в различных местах обнаруживает резко меняющуюся мощность. Так как в кровле этого пласта залегает конгломеративный песчаник, то здесь легко выявляется сингенетический размыв торфяника проточными водами после его отложения.

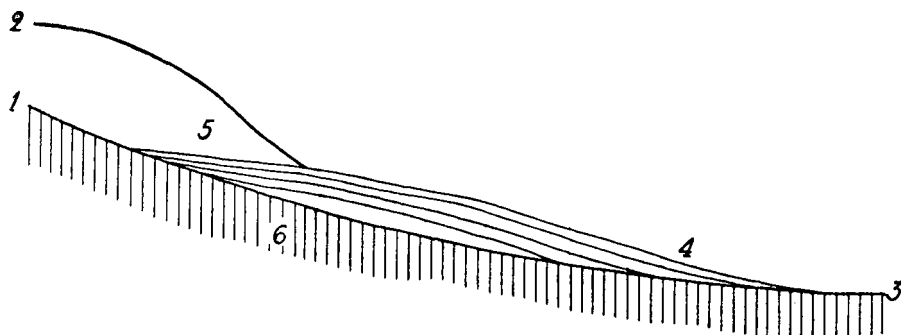
в) Явное, или угловое, несогласие отмечает не только перерыв в отложении, но и значительные дислокации в подлежащей толще осадков, сопровождавшиеся денудацией возникших неровностей. Этот вид несогласия особенно рельефно выражается на геологической карте, ибо в данном случае новая свита залегает на различных горизонтах более древней толщи. Иногда несогласие заметно и в отдельных обнажениях, и здесь в основании верхней толщи не всегда бывают конгломераты, а нередко она начинается мелкозернистыми отложениями. Иногда говорят о трансгрессивном залегании свиты при угловом ее отношении к подлежащей толще.

На более или менее хорошо изученном примере трансгрессивного залегания морских отложений выявляется истинная связь седиментации с эпигенными движениями, при образовании первично наклонных горизонтов как в трансгрессивной, так и в регрессивной толще (фиг. 8).



Фиг. 8. Схематический разрез мелководных морских отложений: 1 — коренные породы; 2 — поверхность трансгрессии; 3 — трансгрессивное залегание; 4 — регрессивное залегание; 5 — наивысший уровень моря при трансгрессии; 6 — современный уровень моря.

От трансгрессивного залегания осадков наступающего моря нужно отличать прогрессивное залегание пролювиальных отложений (фиг. 9), близких дельтовым осадкам, причем и в том и в другом случае осадки могут распространяться вверх по долине потока с агградационным залеганием.



Фиг. 9. Продольный разрез пролювиальных отложений: 1 — дно долины; 2 — возвышенность; 3 — поверхность прилегающей равнины; 4 — прогрессивное и 5 — агградационное залегание пролювия; 6 — коренные породы.

Таким образом и в морских и в континентальных свитах приходится считаться с первично наклонным залеганием осадков. Следовательно, измеряемая в направлении, нормальном к наслению, мощность отложений вообще не отвечает действительному прогибанию земной коры в данном участ-

ке. Типичным случаем такого отношения является угленосная толща Кузбасса. Если измерить обычным методом мощность отдельных свит бассейна, залегающих в различных его частях, то получается общая мощность осадков около 8 км. Однако ни в одном районе вся эта толща не была представлена, и нижняя свита, содержащая большое количество угля и называемая балахонской, нигде не находится и не находилась на глубинах порядка 7—8 км. Об этом можно было догадаться и ранее, ибо угленосные отложения Кузбасса не испытали какого-либо регионального метаморфизма и даже сравнительно слабо диagenетизированы. А проведенная в 1931 г. в южной части бассейна сейсмометрическая нивелировка показала, что даже к востоку от Прокопьевского района, где гравиметрическая съемка наметила наибольшую мощность угленосных отложений, основание угленосной толщи, представленное верхним морским палеозоем, залегает на глубине, не превышающей 800 м. Конечно, такое отношение могло получиться как при первично наклонном залегании свит, так, особенно, и при перерывах между свитами, которые сопровождалось значительными размывами ранее отложившихся свит.

Итак, уже при формировании осадочной толщи последняя получает довольно сложную структуру. Нет сомнения, что более древние свиты, при отложении выше залегающих формаций, связанном с прогибом земной коры, изгибаются более значительно. Например, в Рурском каменноугольном бассейне, изученном лучше других участков литосферы, районными геологами устанавливаются следующие положения:

- 1) с глубиной складчатость свит усиливается;
- 2) в первичных седлах толщи мощность свит меньше, в мульдах—больше, при соответствующем изменении расстояния между пластами угля.

Конечно, отложения этого бассейна испытали пликативные дислокации, но приведенные выше соотношения указывают на то, что последующие дислокации лишь подчеркнули то, что было намечено при формировании осадочной толщи.

В общем структуры осадочных толщ намечаются при образовании последних, подобно тому, как организм в своем развитии выявляет и подчеркивает свойства, уже имеющиеся в зародыше.

4. Классификация тектонических структур

Основные движения, происходящие в земной коре, имеют радиальный, или вертикальный, характер в связи с расширением и сжатием Земли или отдельных участков литосферы; впрочем, сжатие Земли, имеющей шарообразную форму, сопровождается тангенциальными движениями, которые и обуславливают большую часть наиболее характерных форм дислокаций.

Таким образом с генетической точки зрения тектонические структуры разделяются на радиальные и тангенциальные. Среди них выделяются формы как пликативные, так и дизъюнктивные. Между этими формами дислокаций существует тесная связь и проявляются взаимные переходы, так что самая классификация дислокаций имеет несколько условный характер.

Пликативные формы, в зависимости от направления создавшего их движения, разделяются на следующие две категории. Прежде всего это обычные складки, обусловленные тангенциальным движением и сопровождающиеся сокращением в направлении этого движения; с такими складками обыкновенно и имеют дело при тектонических исследованиях. Однако, вероятно, не меньшим распространением пользуются другие пликативные формы, которые получаются при радиальных движениях. Сюда относятся различные выпуклости, купола, валы и геосинклинали, а также опускания, чаши и геосинклинали.

Формы пликативных дислокаций почти всегда сопровождаются и дизъюнктивными перемещениями. Так, складчатость, при резком ее проявлении или при захватывании толщ, жестких в данных условиях, обычно приводит к разрывам сплошности сгибающихся пород, с образованием различных взбросов, надвигов и сдвигов. Но складки иногда дают и радиальные сбросы; это бывает в том случае, когда ось складок резко изгибается с растяжением вдоль этой оси, что, естественно, сопровождается поперечными сбросовыми перемещениями. Что касается выпуклин и куполов, то в них всегда проявляется растяжение, и самое образование этих форм дислокаций нередко сопровождается радиальными сбросами, иногда проявляющимися в виде густой сетки.

К этому нужно прибавить, что простое изгибание пачки пластов вызывает некоторые перемещения вдоль поверхностей наложения, а если пачка пластов блокирована, или закреплена, по краям, то легко возникают и дизъюнктивные нарушения в более жестких членах этой пачки.

С другой стороны, дизъюнктивные нарушения, особенно тангенциального типа, неизбежно сопровождаются образованием различных складок волочения. Кроме того, нужно думать, что развитие большей части этих форм дислокаций в сущности является побочным выражением продолжающегося развития складок, крылья которых приходят во все более крутое положение.

Если, например, обратиться к Кузбассу, тектоника которого изучена уже достаточно хорошо, то здесь было, по крайней мере, три фазы складчатости, которым подверглась угленосная толща. Так, в Прокопьевском руднике крупное взбросовое нарушение шахты № 5—6, имеющее теперь почти вертикальное положение, могло возникнуть лишь при пологом залегании толщи, ибо морской верхний палеозой, согласно сейсмометри-

ческой разведке, залегает здесь не глубже 800 м. И этот взброс выкрутился вместе с угленосной толщей, слагающей теперь очень узкие и крутые складки. Всем известно крупное пологое надвиговое нарушение Зутан в одном из рудников Рурского бассейна, которое также подверглось, вместе с осадочной толщей, дополнительной складчатости при образовании новых дизъюнктивов.

5. Методы изображения структур

В исследовании структур, а также при решении практических геолого-разведочных вопросов громадное значение имеет метод изображения структурных форм. Графический метод столь же необходим в структурной геологии, как, например, в физико-химии, законы которой выводятся путём графической обработки данных лабораторной практики.

Существует несколько методов изображения форм дислокаций и вообще структур: структурные карты, блок-диаграммы, в частности по методу изометрической проекции, стереографическая проекция и взаимно перпендикулярные сечения. Изучение и развитие этих методов является основной задачей горной геометрии.

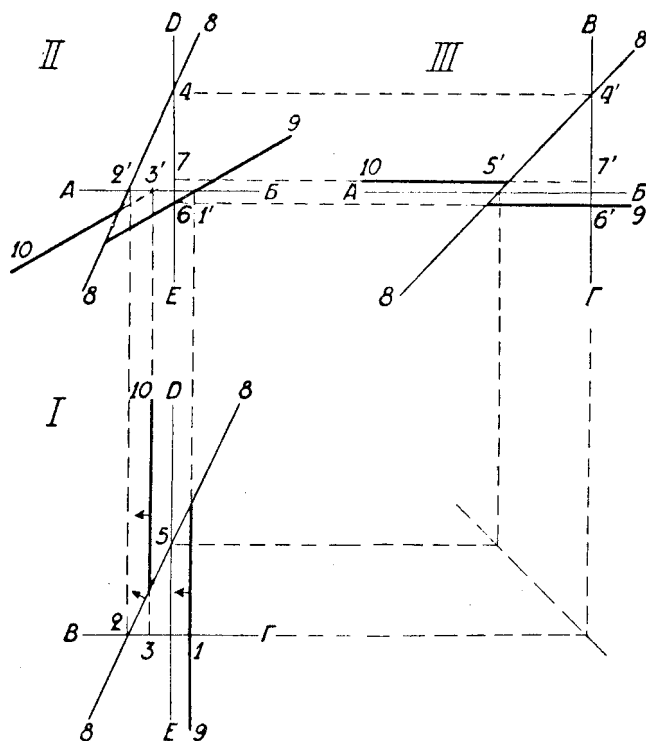
Структурные карты — карты с изогипсами кровли или почвы пласта или другого геологического тела — незаменимы для простых структур и широко применяются как в разведочном деле, так и в общей геологии, содержа все элементы для решения различных геологических вопросов. Однако в оформлении сложных структур, особенно дизъюнктивных, эти карты очень громоздки, и для построения их необходимо большое количество точек. В рудничной практике маркшейдерские планы, представляющие горизонтальные проекции штреков, которые проводятся обычно через одинаковые вертикальные интервалы, в первом приближении могут быть приняты за структурные карты.

Что касается блок-диаграмм, представляющих аксонометрические проекции параллелепипедальных блоков литосферы с данной структурой, а также изометрические проекции в кубе, то они имеют, собственно, показательное значение.

Очень интересно применение стереографической проекции в изображении форм дислокаций, особенно дизъюнктивных. Интерес этого метода заключается в том, что при помощи его очень легко находить углы между различными поверхностями, а также линии скрещения этих поверхностей, в частности трещин нарушения и пластов.

В геологической практике обычным методом графического изображения форм сложной структуры является метод ортогональных разрезов, между прочим принятый во всем техни-

ческом мире. Направления взаимно перпендикулярных сечений по этому методу проектирования в геолого-разведочной практике имеют вполне определенное положение. Это горизонтальные разрезы, отвечающие ровной поверхности литосферы или горизонтам подземных выработок, причем в первом случае они близки к геологическим картам; затем, поперечные к простиранию структуры вертикальные разрезы, или разрезы по падению, в которых находят действительное выражение форма, положение и мощность геологического тела и которые прохо-



Фиг. 10. Горизонтальное I по AB, поперечно-вертикальное II по BG и продольно-вертикальное III по DE сечения согласно взброса: 1—7 и 1'—7'—соответствующие точки проекций; 8—сместитель; 9—лежащее и 10—висячее крыло пласта.

дят по линиям поисковых и разведочных выработок, а также квершлагов и печей; наконец, это весьма полезные в ряде практических случаев продольные, по простиранию структуры, вертикальные сечения.

Рассмотрим на примере хотя бы взброса данный метод изображения структурных форм в трех сопряженных между собой разрезах.

Пусть на фиг. 10—I дано горизонтальное сечение согласно взброса одного пласта. Проведем на этом разрезе след вертикального сечения BG, который нам нужно построить. Конечно,

это вертикальное сечение располагается над данным горизонтальным сечением, причем для удобства проектирования простирание пластов принято в меридиональном направлении. В вертикальном сечении данное горизонтальное сечение выразится горизонтальной прямой AB , на которую и нужно сносить все точки, находящиеся в нашем горизонтальном сечении. Таким образом мы переносим сюда точки пересечения горизонтальных следов лежачего бока пласта и сместителя как точки 1 и 2. Что касается следа висячего бока пласта, то он непосредственно не доходит в горизонтальном сечении до следа плоскости $BГ$. Но мы продолжаем след висячего бока пласта до этой линии $BГ$ и проектируем точку 3 на след горизонтальной плоскости AB . Через точку 3' прошел бы пласт висячего бока, если бы не было сместителя. Поэтому мы проводим через указанную точку след пласта под данным углом, конкретизируя пласт по другую сторону сместителя. Так получается поперечное вертикальное сечение II, в котором углы падения пластов отвечают действительным, тогда как угол падения сместителя должен быть уменьшен на некоторую величину, поскольку поперечное сечение не перпендикулярно к его простиранию.

Перейдем теперь к построению продольного вертикального сечения. Мы располагаем его сбоку поперечного сечения, например с правой стороны. Проводим прежде всего след того же горизонта AB ; представим где-нибудь след вертикальной поперечной плоскости $BГ$. Оба следа плоскости $BГ$ продолжаем до пересечения и делим образованный ими угол пополам, чем мы воспользуемся далее для проектирования точек с горизонтального на профильное сечение. Конкретизируем теперь место желательного нам профильного сечения, проведя на поперечном и горизонтальном сечениях следы этой плоскости DE ; отметим, что во избежание неопределенного решения не нужно задаваться этим сечением, проходящим через точку 2. Намечаем в профильном сечении сначала линию трещины, для чего сносим точки 4 и 5, причем отвечающие им проекции должны быть: 4' на следе поперечного сечения $BГ$ и 5' на следе горизонтального сечения AB . Что касается линий сечения пластов, то они пройдут через точки 6' и 7' и должны представиться горизонтальными линиями, ибо это линии простирания пластов.

Итак, мы имеем три взаимно перпендикулярных сечения согласного взброса, совершенно ясно рисующие нам элементы этой формы дизъюнктивов в трех плоскостях, имеющих конкретное значение. Наше представление об этой форме может еще более уточниться, если мы построим сечения по плоскостям, проходящим в других местах, например, захватывающим в данном горизонтальном сечении оба крыла пласта. Конечно, характер построений остается тот же самый, если мы будем исходить не из горизонтального, а из поперечно-вертикального сечения, что тоже часто имеет место на практике.

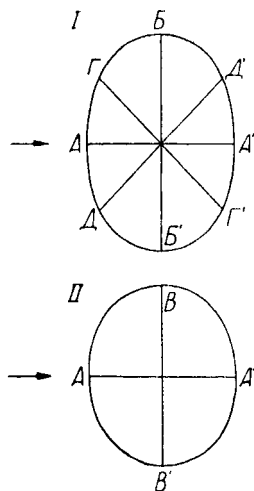
6. Принципы механики в применении к тектонике

Чтобы разобраться в массе наблюдаемых в природе форм дислокаций, особенно дизъюнктивных, необходимо осветить эмпирический материал теорией формирования структур. Так как эти процессы являются чисто механическими, то теория, их освещающая, может быть основана лишь на соответствующих принципах механики, в частности учения о сопротивлении материалов, конечно, в применении к специфическим условиям литосферы. Поэтому рассмотрим, опираясь существенно на исследования и сводки американских тектонистов, деформации горных пород.

а) Прежде всего разберем случай, когда горизонтальный стресс, действуя с одной стороны, встречает повсюду одинаковое сопротивление и вызывает движение без вращения. Если в первом приближении принять, что участок литосферы является однородным, то под влиянием стресса в нем будут вызваны напряжения, ориентированные относительно направления давления, что естественно и относительно поверхности Земли, по направлению к которой всякое движение в литосфере встречает наименьшее сопротивление. Как известно из теории сопротивления материалов, напряжение в анизотропном теле или в однородном теле, но не в однородной среде, вызываемое односторонним давлением, распределяется так, что поверхности, ограничивающие радиусы-векторы напряжений, в общем случае представляют трехосный эллипсоид. В нашей обстановке этот эллипсоид располагается так (фиг. 11), что его наименьшая ось, отвечающая наибольшему сжатию, совпадает с направлением стресса, а наибольшая ось, по которой проходит наибольшее растяжение, направляется вверх. Что касается третьей главной оси эллипсоида, то она располагается в горизонтальной плоскости нормально к стрессу, отвечая направлению, в котором практически деформация не происходит.

Если породы достаточно пластичны, то по направлению наибольшего сжатия образуются складки.

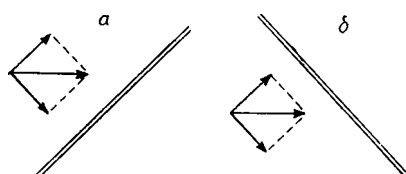
По достижении пределов упругости материала последний подвергается разрыву. Теория указывает и лабораторная практика подтверждает то положение, что скалывание проявляется по имеющимся в трехосном эллипсоиде двум круговым сече-



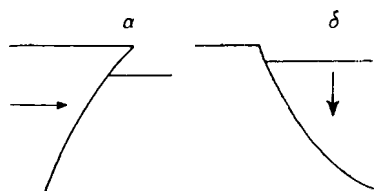
Фиг. 11. Вертикальный I и горизонтальный II разрезы эллипсоида напряжения от стресса: AA' — ось наибольшего сжатия; BB' — ось наибольшего растяжения; BB' — средняя ось; GG' и DD' — круговые сечения со скалыванием.

ниями, которые в однородном материале средней крепости располагаются под углом в 45° к направлению наибольшего сжатия, совпадающему в нашем случае с направлением стресса. Однако, по Гартману, величина этого угла меняется в зависимости от свойств материала, а именно: чем хрупче материал и, следовательно, чем сильнее трение при перемещении обломков по трещинам, тем положе должны располагаться трещины скалывания, чтобы перемещение могло произойти; наоборот, у материалов более упругих и гибких круговые сечения образуют тупой угол, пересекаемый осью наибольшего сжатия.

Нет сомнения, что в литосфере из двух систем трещин предпочтительнее образуются те, которые падают в сторону, откуда действует стресс (фиг. 12, а), ибо в этом случае составляющая стресса, производящая перемещение, действует вдоль трещин вверх к месту наименьшего сопротивления; тогда как при дру-



Фиг. 12. Взброс *а* как наиболее естественная форма дизъюнктива тангенциального типа, с перемещением висящего крыла вверх, к месту наименьшего сопротивления; подброс *б*, характеризующийся действительным перемещением лежащего крыла вниз, как форма, образующаяся при особых условиях движений в литосфере.



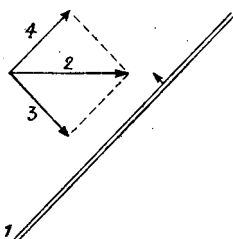
Фиг. 13. Нормальное изгибание трещин скалывания в однородных участках литосферы или при мощных движениях, не считающихся с ее структурой: *а* — при тангенциальном и *б* — при радиальном движении.

гой системе трещин (фиг. 12, б) перемещающая сила действует вниз, в каковом направлении движение возможно лишь при особых условиях.

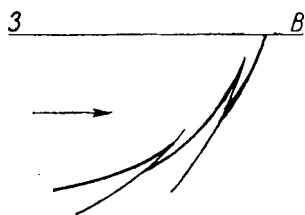
Если иметь в виду крупное нарушение, захватывающее значительную толщу литосферы, то падение трещин изменяется с глубиной. Именно, по закону Гартмана, в верхних горизонтах литосферы, где породы более хрупки, эти трещины должны иметь пологое падение; но с глубиной, по мере увеличения пластичности пород, трещины выкручиваются (фиг. 13, а). Иначе располагаются трещины перемещений у радиальных сбросов, которые образуются под влиянием вертикального давления силы тяжести. В этом случае, как явствует из предыдущего, трещины выполаживаются с глубиной (фиг. 13, б).

Угол, образуемый трещинами конкретных дизъюнктивов с направлением стресса, зависит от ряда факторов. Прежде всего, громадное влияние на расположение трещин оказывает

существующая структура литосферы. Так, если подвергающаяся сдавливанию толща сложена осадочными породами, то при подходящем положении пластов скалывание произойдет предпочтительнее по наслоению, которое отмечается почти готовыми трещинами отдельности. Равным образом, при наличии ранее образованных трещин, перемещение может произойти именно по этим трещинам, даже в том случае, когда их простирание не перпендикулярно к направлению давления. Действительно (фиг. 14), в последнем случае горизонтальное давление раскладывается на две составляющие, из коих нормальная составляющая к простиранию трещины вызывает перемещение вверх по трещине, а горизонтальная — приведет к сдвигу в горизонтальном направлении вдоль трещины. В результате перемещение будет идти по неко-



Фиг. 14. Горизонтальное сечение с трещиной, по которой ориентируются напряжения, вызываемые стрессом 2, разлагаемым на два составляющих, из коих 3 обуславливает взбрасывание, а 4 — сдвигание по горизонтальному направлению, с результирующим взбросо-сдвиговым перемещением.

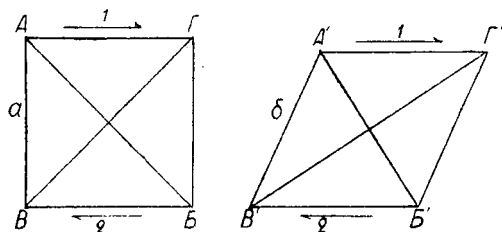


Фиг. 15. Схема поперечно-вертикального сечения одного из рабочих пластов Судженского рудника Кузбасса, образующего восточное крыло основной синклинали района, с ясным приспособлением сместителей тангенциального типа к структуре угленосной толщи.

торому косому направлению. Вообще дизъюнктивы приспособляются к структурам стратиграфо-пликативным, которые, таким образом, контролируют последующие дизъюнктивные перемещения.

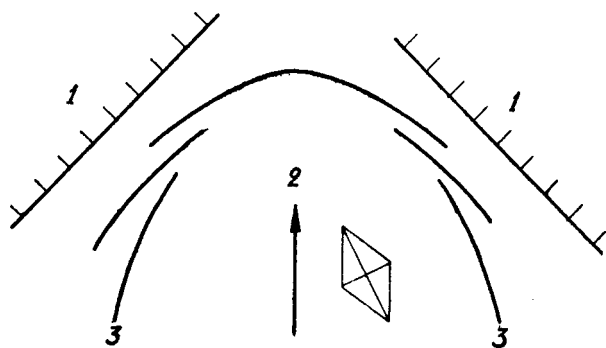
Этот контроль первичных структур можно обнаружить в любом руднике Кузбасса. Например, в Анжеро-Судженском районе все рудники разрабатывают пока восточное крыло основной синклинали. Как показали позднейшие работы, с глубиной падение свиты уполаживается, с тем чтобы к западу от шахты 15 свита перешла в западное крыло складки. И вот, падение сместителей многочисленных здесь согласных взбросов всюду следует за этим изменяющимся падением свиты, причем трещины пересекают пласты угля под острым углом. Нет сомнения, что здесь преобладают послойные нарушения, и только местами трещины пересекают свиту или отдельные пласты с образованием вполне ощутимых дизъюнктивов (фиг. 15).

б) Рассмотрим теперь более сложный случай деформации, когда стресс встречает различные сопротивления, например, при наличии выступов древних жестких формаций. Всю такую систему действия и противодействия можно свести к вращательному движению, вызываемому парой сил, из коих активным является стресс. Для облегчения представления возьмем в каче-



Фиг. 16. Вращательное движение от пары сил, из коих 1 — стресс и 2 — результирующая противодействия; сечение куба a при этом движении превращается в ромб δ , диагонали коего являются осями наибольшего и наименьшего напряжений, а стороны — круговыми сечениями эллипсоида напряжений.

стве исходной векториальной диаграммы напряжения не шар, а вписанный в него куб $AB\Gamma$ (фиг. 16, a). Тогда под влиянием пары сил, а именно стресса и не совпадающего с ним по направлению суммарного противодействия, рассматриваемое в плоскости этой пары сил квадратное сечение примет форму ромба (фиг. 16, b), взаимно перпендикулярные диагонали которого являются наибольшей и наименьшей осями напряжений описанного вокруг полученной фигуры трехосного эллипсоида. Нетрудно



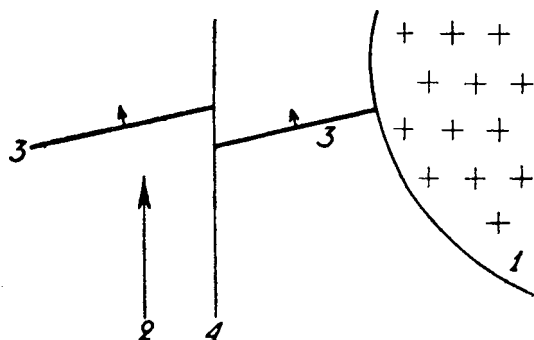
Фиг. 17. Развитие дугообразных, кулисообразно заходящих друг за друга складок при наличии жестких упоров 1, которые обуславливают для стресса (2) пары сил; осевые линии складок 3 изгибаются по мере поворачивания ромба напряжений, будучи нормальны к короткой его диагонали.

видеть, что круговыми сечениями такого эллипсоида, по которым произойдет скалывание, являются стороны этого ромба.

Применим пару сил в горизонтальной плоскости литосферы, где по обеим сторонам стресса имеются жесткие массивы. В случае мягких пород образующиеся складки располагаются дугообразно и кулисообразно, заходя друг за друга (фиг. 17). Таково строение, например, Альп, изогнувших по дуге почти

в 180° . Если стресс действует на достаточно жесткие породы, то в случае пары сил естественно образуются вертикальные трещины по направлению движения с образованием настоящих сдвигов (фиг. 18).

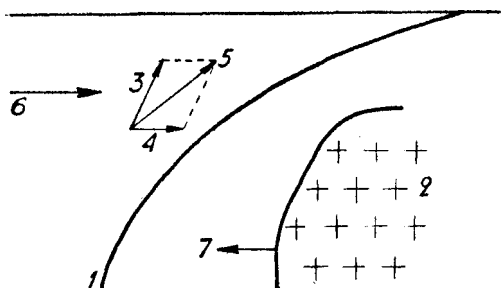
Если неравномерное сложение проявляется в вертикальном разрезе, то обычные трещины нарушения, падающие навстречу стресса, при приближении к упору станут постепенно уполаживаться, вследствие развития пары сил (фиг. 19), и могут стать



Фиг. 18. При наличии жесткого бокового упора в виде интрузива 1, стресс 2 как одна из пары сил разбивает жилу 3 вертикальной трещиной сдвига 4, которая образуется параллельно стороне квадрата напряжений.

почти горизонтальными. Несомненно, таким способом образуются трещинные зоны настоящих шарьяжей, которые не являются опрокинутыми складками, как это предполагают некоторые геологи, а очень крупными дизъюнктивами, с очень пологой трещиной, благодаря чему висячее крыло нарушения может выйти и проползти по поверхности литосферы, каковое свойство,

Фиг. 19. Вертикальное сечение с трещинной зоной 1, выполаживающейся кверху под влиянием упора 2, ибо к вектору скорости, развивающейся при перемещении по основному глубокому звену трещины 3, прибавляется вектор скорости от вращательного движения 4, и движение направляется по результирующему вектору 5; 6 — направление стресса; 7 — суммарное противодействие упора.



собственно, и отличает настоящие шарьяжи от взбросовых и надвиговых дизъюнктивов.

Этими основными законами механики можно ограничиться для освещения происхождения различных тектонических структур. Все более сложные явления движения, например с кручением, могут быть разложены на более простые элементы, нам

уже известные. Впрочем, при крайней сложности обстановки, при которой развиваются тектонические формы, проанализировать геологические структуры с точки зрения принципов механики, по крайней мере пока, не представляется возможным. И эти принципы дают только возможность составить общее представление о направлении и характере тектонических движений, вызвавших образование тектонических структур, которые требуют специального исследования в каждом конкретном случае с разбором всех геологических элементов.

ПЛИКАТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ



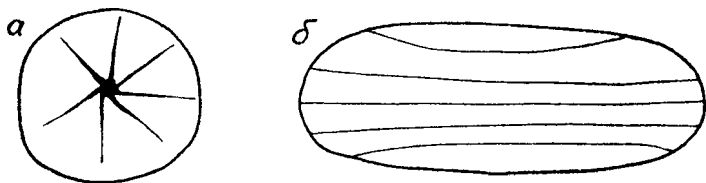
Среди пликативных структур различают радиальные и тангенциальные формы. Радиальные структуры образуются при колебательных движениях литосферы. Они имеют вообще большой радиус кривизны, обычно захватывают обширные площади, хотя встречаются и мелкие образования, и потому обращают на себя небольшое внимание. Между тем эти структуры в общем строении литосферы играют выдающуюся роль: они обуславливают стратиграфические отношения между формациями горных пород, и в конечном итоге ими контролируются последующие тектонические структуры. Надлежащее значение этих структур было отмечено Хаарманом и Г. Клоосом, так что теперь они должны быть выделены в самостоятельную группу пликативных структур. В отличие от тангенциальных форм пликативных структур, радиальные образования очень удобно выделить в группу структурных волн, что отвечает действительной их форме.

Тангенциальные структуры имеют почти исключительно тектонический характер. Это действительно складки, которые получаются при боковом сжатии горных пород, преимущественно осадочных формаций. Они обладают сравнительно небольшими размерами в поперечном направлении, нередко являются очень сжатыми и вообще представляют лишь известное усложнение первичных структур, а именно стратиграфических и радиальных волн. Вместе с тем эти структуры и по своему генезису не всегда резко отделяются от структурных волн. Так, Зайдль показал, что при радиальном изгибании блокированных толщ в мало компетентных членах, естественно, образуются складки сжатия, часто даже сопровождающиеся разрывами сплошности.

Таким образом между волнами и складками существует очень тесная связь, причем ведущими формами нужно признать первичные радиальные волны.

1. Основные формы структурных волн

Характерной особенностью этих структур является растяжение, в результате которого обычно структурные волны сопровождаются радиальными дизъюнктивными перемещениями. Затем, нужно отметить обычно большой радиус кривизны этих образований, нередко захватывающих целые континенты, а с другой стороны, обладающих и совсем небольшими размерами. Они выражают собой колебательные движения литосферы эпирогенного характера, сущность которых до сих пор еще не может считаться установленной. Вероятно, в большинстве случаев структурные волны, особенно крупного размаха, получаются в результате общих внутренних движений Земли при сжатии ее и расширении. Более мелкие образования получаются и не без содействия интрузивных и магматических процессов. Наконец, еще более мелкие формы волн образуются и в результате экзогенных процессов. Следует еще отметить возможность образования радиальных волн как производных тангенциальных скла-



Фиг. 20. План структурных купола *a* и вала *б* с трещинами, развивающимися нормально к растяжению, которое распределяется указанным образом, согласно опытам Г. Клооса.

док, например, при продавливании замков антиклиналей пластичными массами или жесткими выступами основания собирающейся в складки толщи.

Среди структурных волн выделяются положительные и отрицательные формы, обладающие несколькими различными свойствами.

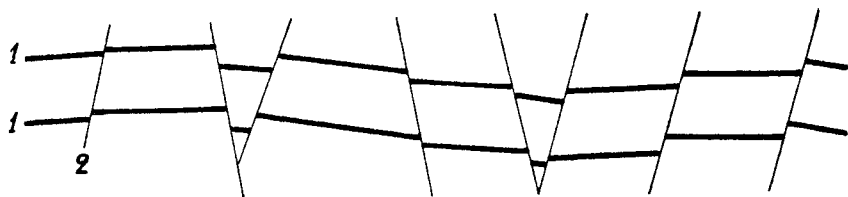
а) Положительные формы. Крупные положительные формы, захватывающие части материков, называются обычно геоантиклиналями; Хаарман предложил назвать их геотуморами. Для более мелких форм можно оставить название тумор. Не совсем удобно на русском языке название — выпуклины или шишки, предложенное Г. Клоосом.

Среди положительных форм весьма распространены купола, или дома, имеющие куполообразное основание (фиг. 20, *a*). Так как при образовании этих выпуклых форм растяжение проявляется в тангенциальном направлении, то в них получаются обыкновенно трещины, расположенные по радиусу круглого основания. Сюда относятся апикальные покрывки многих лакколитов, а также прорывы бисмалитов и штоков каменной соли.

Конечно, образования очень крупного масштаба получаются при общих эндогенных движениях.

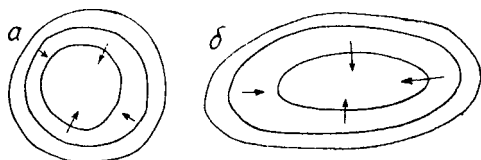
Повидимому, более значительным распространением пользуются вытянутые положительные формы, которые можно назвать структурными валами (фиг. 20, б.). Здесь, соответственно направлению растяжения, проявляются продольные трещины, несколько расходящиеся к концам вала.

Свое конкретное выражение структурные валы, кроме общих эпигенетических поднятий, находят, главным образом, при формировании вытянутых интрузивных тел, представленных в большинстве случаев кислыми породами гранитового семейства.



Фиг. 21. Поперечный разрез структурного вала осадочной толщи месторождения Мехерних в Эйфеле (Германия) с продольными рудными жилами, образовавшимися в трещинах вала, который вызван, повидимому, конкордантной интрузией материнской для жил магмы: 1 — некоторые пласты осадочной формации; 2 — жилы. Все схематизировано (по Г. Клоосу).

Фиг. 22. План структурных чаши а и вытянутой котловины б с трещинами, располагающимися концентрически, согласно направлению растяжения, показанному стрелками.



Самая форма состоит как из магматического тела, так и из пород апикальной покрывки, причем эти образования несколько отличаются по характеру трещин, возникающих в порядке как первичного растяжения интрузии, так и последующего оседания при сокращении магматического тела.

Особенно интересны структурные валы, сложенные спокойно залегающими осадочными формациями. В том случае, когда они возникают над интрузией, в них, естественно, образуются при последующем опускании продольные сбросовые трещины, обычно заполняемые различными минералами, в том числе рудными жилами. Такова, например, структура рудного месторождения Мехерних в Эйфеле, Германия (фиг. 21).

б) Отрицательные формы. Сюда относятся довольно хорошо известные геосинклинали, или геодепрессии. Более мелкие формы лучше называть просто депрессиями, согласно предложению Хаармана. Среди них также различаются как округлые, так и вытянутые формы.

Округленные в плане отрицательные структурные волны называются обычно чашами и котловинами (фиг. 22, а). Соответственно растяжению от периферии к центру оседающей толщи, здесь имеется тенденция к образованию концентрических радиальных трещин. Вытянутые формы (фиг. 22, б) сравнительно мало отличаются от округлых, обладая, примерно, такого же концентрического расположения трещинами, соответственно общему направлению вытянутых понижений, котловин или, при крупном масштабе, геосинклиналей.

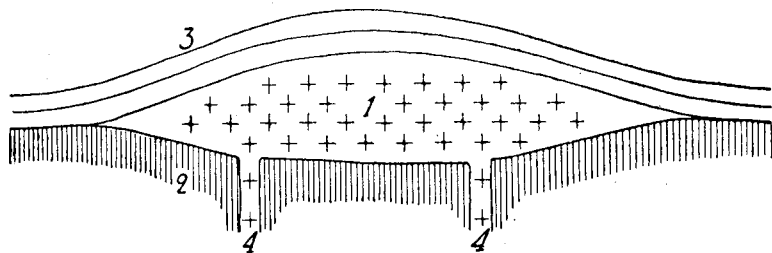
К этим формам относятся, например, обрушения над горными выработками, карстовые воронки, иногда древние, не



Фиг. 23. Поперечный разрез депрессии угленосной свиты Подмосковского бассейна над карстовой воронкой в подлежащих известняках; оседание в данном месте сопровождается лишь утонением пласта в моноклиналиях, без разрыва сплошности (по Жемчужникову и Яблокову).

выражающиеся в современном рельефе, куда относятся, например, оригинальные подземные котловинки в пластах угля Подмосковского бассейна (фиг. 23), образовавшиеся вследствие карстовых провалов подлежащих известняков.

Затем, интересным примером отрицательных структурных форм являются основания лополитов, прогибающиеся в связи с выходами громадных масс магмы из-под данного участка земной коры (фиг. 24). Вообще же геосинклинали и различного

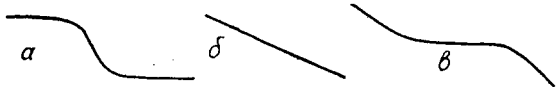


Фиг. 24. Поперечно-вертикальный схематический разрез лополита 1, внедрившегося между древней толщей 2 и эпиконтинентальной формацией 3 параллельно с оседанием основания, по трещинам которого 4 и проникла магма.

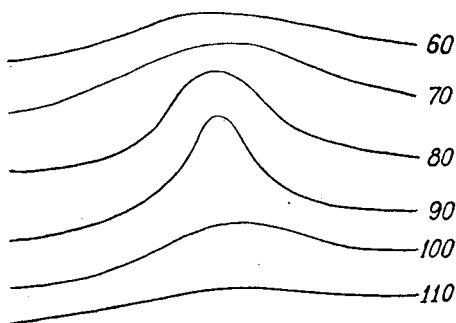
рода депрессии чрезвычайно распространены в литосфере, являясь обычными структурными формами стратиграфического характера и сопровождаясь отложением осадочных пород, причем условием седиментации как раз и нужно считать образование этих структурных отрицательных волн.

Очень часто на данном участке литосферы проявляются лишь части крупных структурных волн. Эти части заслуживают особого названия. Сюда относятся, например, моно-

клинали (фиг. 25, *а*) и гомоклинали (фиг. 25, *б*), представляющие одно крыло соответственно волны с резким изгибанием крыла и спокойной волны. Отметим еще неправильности в крыльях волн в виде так называемых структурных террас (фиг. 25, *в*). Наконец, довольно любопытны структурные формы, представляющие комбинацию гомоклинали с развившимся на ней куполом. Эта форма, соответственно ее общему виду на структурной карте (фиг. 26), называется носом.



Фиг. 25. Отдельные части структурных волн в поперечно-вертикальном сечении: *а* — моноклинал; *б* — гомоклинал; *в* — терраса.

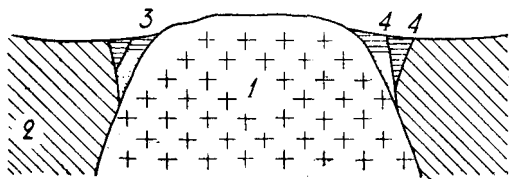


Фиг. 26. Структурный нос как комбинация небольшого купола на гомоклинали (по Невину).

ного, или избирательного, проявления перемещений, развиваемый Г. Клоосом. Интересный пример такого избирательного проявления тумора, с сопутствующими радиальными дизъюнктивами, описывается в районе Сильян, Швеция (фиг. 27). Здесь на абрадированной поверхности из гнейсов с массивом рапакиви отложились спокойно залегающие кембро-силурийские морские формации. В последующем произошло поднятие в виде купола, причем в этом поднятии массив интрузивной породы проявил себя как совершенно компетентное образование. В результате этого

Промежуточное систематическое положение занимают нормальные флексуры, представляющие изгиб гомо- или моноклинали на месте не развившегося дизъюнктива.

Заложение структурных волн в значительной степени контролируется структурой основания. В общем в данном случае, как и в случае тангенциальных складок, проявляется закон селектив-



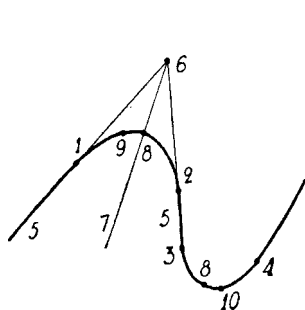
Фиг. 27. Схематический разрез вторичного купола массива рапакиви 1 среди кристаллических сланцев 2 в округе Сильян, Швеция, с проявлением концентрических трещин по периферии массива и с образованием кольцевых грабен 3, из кембро-силура опустившегося по этим трещинам 4, избирательно заложившимся по контакту массива (по Г. Клоосу).

данная радиальная волна сопровождалась образованием существенно концентрических трещин, проявившихся по периферии гранитного массива, и по этим трещинам опустился кольцеобразно плоский кембро-силур, с образованием соответствующих грабен. В настоящее время после денудации кембро-силур, собственно, сохранился только в этих кольцевых грабенах.

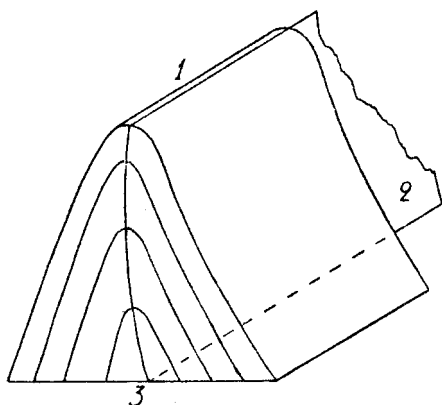
2. Элементы складок

Переходя к складкам, с которыми обыкновенно приходится иметь дело при изучении небольших площадей, необходимо остановиться на терминологии, относящейся к элементам этих форм дислокаций.

В каждой складке различаются следующие элементы (фиг. 28). Перегибы складок, в которых сходятся их крылья, называются



Фиг. 28. Элементы складок: 1 — 2 — седло; 3 — 4 — мульта; 5 — крылья; 6 — шарнир; 6 — 7 — биссектриса угла складки; 8 — ось; 9 — гребень; 10 — киль.



Фиг. 29. Осевые элементы складок: 1 — ось данного пласта; 2 — осевая поверхность; 3 — осевая линия.

замками, причем в случае антиклинали это будет седло, а у синклинали — мульта. Кстати нужно отметить, что нет никакой необходимости выделять крупные антиклинали, придавая им название с окончанием мужского рода (антиклинал). Крылья складок обычно имеют характер плоскостей. Продолжая их до пересечения, получаем шарнир и угол складки.

Для каждого выделяемого горизонта, или пласта, линия пересечения его почвы или кровли с плоскостью биссектрисы угла складки, или с осевой плоскостью, называется осью, от которой в общем случае нужно отличать гребень и киль, занимающие соответственно наиболее высокое и низкое положения в складке. Ось лишь в редких случаях, или, вернее, на сравнительно небольшом расстоянии, бывает гори-

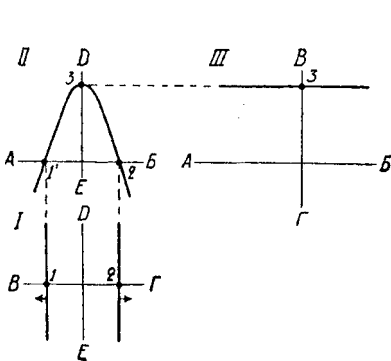
зонтальной; в большинстве случаев она воздымается или погружается в том или другом направлении. Вообще же, будучи прослеживаема на значительном расстоянии, ось всегда бывает изогнутою.

Поверхность, проходящая через оси пластов, составляющих складку, называется осевой поверхностью (фиг. 29); в частном случае совершенной параллельности пластов складки это будет осевая плоскость. Линии же пересечения осевой поверхности с различными плоскостями, в частности с плоскостями поперечно-вертикальных и горизонтальных разрезов, обычно применяемых в геолого-разведочной практике, называются осевыми линиями.

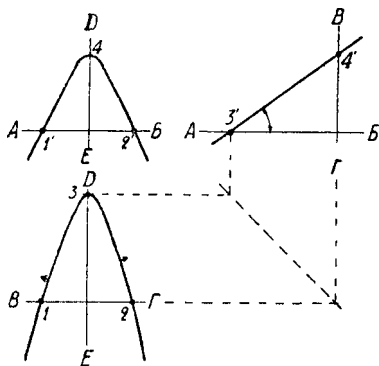
При деформации складок иногда их крылья сходятся и обособляется замковая часть складок, называемая ядром.

3. Основные формы складок

а) Типы складок, выделяемые по положению оси. Итак, сравнительно редко, притом на небольшом протяжении, складки имеют горизонтальную ось. В этом случае на геологической карте или в горизонтальном сечении линии пересечения крыльев выбранного пласта с горизонтальной плоскостью



Фиг. 30. Прямая антиклиналь с горизонтальною осью в трех взаимно перпендикулярных сечениях: горизонтальном I, поперечно-вертикальном II и продольном III.

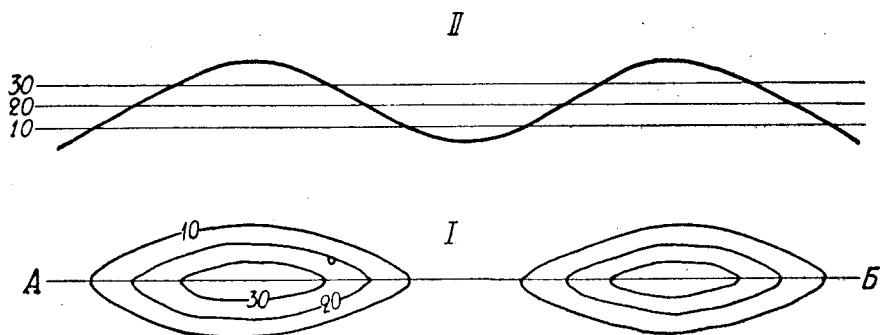


Фиг. 31. Прямая антиклиналь с наклонною осью в трех взаимно перпендикулярных сечениях; на горизонтальном сечении стрелками показано направление падения крыльев и наклона оси складки; в профильном сечении виден истинный угол наклона оси.

являются параллельными (фиг. 30). В вертикальном продольном сечении линия пересечения пласта, совпадающая с осью складки, занимает горизонтальное положение.

Обычно даже на незначительном протяжении оси складок

являются наклонными. В этом случае на карте или в горизонтальном разрезе крылья выбранного пласта замыкаются на соответствующей стороне (фиг. 31). Направление замыкания, или направление наклона оси складки, устанавливается очень легко в горизонтальном сечении, а именно стрелки, отмечающие падение крыльев складки, вместе с тем указывают и на наклон оси в продольном направлении. Замыкание крыльев в горизонтальном сечении в подавляющем большинстве случаев бывает достаточно острым. В самом деле, если складка имеет даже



Фиг. 32. Структурная карточка *I* и продольный разрез *II* двух брахиантиклиналей, развившихся вследствие изгибания в вертикальной плоскости оси антиклиналей; *II* — ось в продольном вертикальном сечении; *AB* — след этого сечения и совпадающая с ним осевая линия.

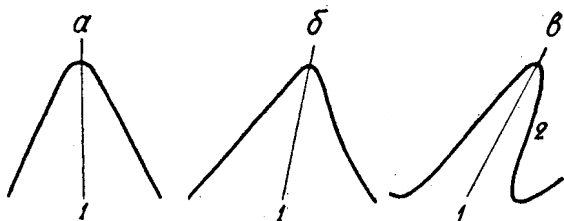
цилиндрическую форму, то в очень косом сечении, образующем небольшой угол с направляющим цилиндра, получается достаточно острая парабола. А нужно сказать, что наклон осей складок в подавляющем большинстве случаев не превышает 10° .

Наконец, не менее часто встречаются, по крайней мере если рассматривать крупную площадь, случаи воздымания и погружения осей по их простираю, в результате чего получаются брахискладки (фиг. 32): брахиантиклинали и брахисинклинали. Обычно пликативные формы, замкнутые в горизонтальном сечении с круговым основанием, относят к складчатым образованиям. Но едва ли это можно считать правильным: настоящие купола и чаши представляют волны, а не складки, имеющие совершенно иное происхождение. Правда, в последующем тангенциальное движение закладывается на волнах, наследует их форму. Но получающиеся складки в значительной степени деформируют первичные образования, придавая им ясно выраженную вытянутость в направлении, перпендикулярном давлению, с образованием тангенциальных дизъюнктивов.

б) Формы поперечных профилей складок. Так как складки образуются при тангенциальном движении, обычно одностороннем, то редко встречаются прямые складки

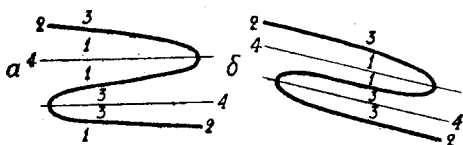
(фиг. 33, *а*), крылья которых имеют одинаковый наклон к горизонту, а осевая плоскость занимает вертикальное положение. Более характерной формой для складок является косая (фиг. 33, *б*), у которой крылья складки, падающие в разные стороны, образуют с горизонтом неодинаковые углы. Наконец, при дальнейшем одностороннем нажиме или при дальнейшем выкручивании крыла складки, падающего в сторону тангенциального движения, это крыло, в конце концов, переходя через вертикальное положение, опрокидывается, так что оба крыла складки

Фиг. 33. Типы поперечного профиля нормальных складок: *а* — прямая, *б* — косая, *в* — опрокинутая складка; 1 — осевая линия, 2 — обращенное крыло опрокинутой складки.

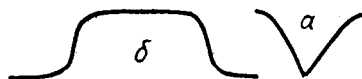


получают падение в одну сторону. Это опрокинутая складка; у опрокинутой складки крыло, опрокинувшееся, называется еще иногда обращенным (фиг. 33, *в*). Необходимо тщательное исследование батрологических признаков осадочных пород для того, чтобы убедиться в их действительном опрокинутом залегании.

Следует отметить, что опрокинутые складки встречаются фактически не так часто, как это нередко описывается в различных геологических сочинениях; гораздо чаще одинаковый наклон осадочной толщи в одну сторону обуславливается гомоклинальным его залеганием или образованием чешуйчатой структуры из ряда параллельных согласных взбросов. Во всяком случае трудно представить себе механизм опрокидывания скла-



Фиг. 34. Поперечно-вертикальные разрезы складок лежащей *а* и перевернутой *б*; 1, 2 и 3 — последовательность отложения слоев, 4 — осевые линии.



Фиг. 35. Поперечно-вертикальные разрезы складок острой *а* и сундучной *б*.

док в толще литосферы без помощи более или менее значительных дизъюнктивных перемещений, в связи с которыми только могут получаться опрокинутые складки в висячем крыле перемещения. Поэтому лежащие складки (фиг. 34, *а*) и особенно складки перевернутые (фиг. 34, *б*) — нужно утверждать — всегда образуются как производные крупных дизъ-

юнктивных перемещений шарьяжного типа. Отметим при этом, что самый шарьяж вовсе не представляет развившуюся при образовании разрыва обращенного крыла лежащую или тем более опрокинутую складку; наоборот, эти последние сопровождают развитие шарьяжа как типичной формы дизъюнктивов с очень пологим сместителем, позволяющим висячему крылу выйти на поверхность литосферы.

Замки складок, в подавляющем большинстве случаев, имеют более или менее правильную изогнутую форму; однако в некоторых специальных случаях развития складок в толще, состоящей из элементов различной компетентности, складки получают и достаточно острый характер (фиг. 35, *а*). Выделяется еще довольно оригинальный случай сундучной складки (фиг. 35, *б*), которая получается, повидимому, при наличии в толще жесткой массы или жесткого участка горизонта, лимитирующего изгиб складки. В этом случае складка получает отчасти характер волны.

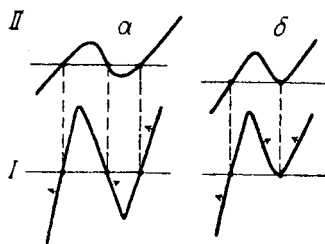
Тангенциальные складки почти всегда сопровождаются образованием различных трещин, а также различными деформациями. В большинстве случаев эти трещины имеют продольный характер и, естественно, относятся к тангенциальным дизъюнктивам, с преобладанием типа согласного взброса. Но в брахискладках, особенно при резком продольном изгибании оси, проявляется продольное растяжение и образуются поперечные радиальные трещины. В этом случае мы имеем дело с интересным примером связи тангенциальных и радиальных форм дислокаций. Ввиду многообразия и специфического характера этих дизъюнктивов, сопровождающих развитие складок, мы рассмотрим их отдельно при общем изучении дизъюнктивов, а также трещиноватости горных пород.

4. Дополнительные складки

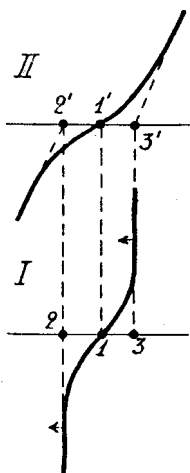
Очень часто на основных складках развиваются более мелкие складки различных порядков, иногда вплоть до мелких фестонов и пloyчатости. Это дополнительные складки. Так как в большинстве случаев основные складки имеют наклонные оси, то и у дополнительных складок оси являются наклонными (фиг. 36, *а*). Конечно, в подавляющем большинстве случаев наклон осей главной и дополнительной складок направлен в одну сторону, и при составлении горизонтальных разрезов таких сложных складок нетрудно установить по изменению простирания пластов, в какую именно сторону воздымаются или погружаются оси складок. Таким образом по более доступным исследованиям мелким дополнительным складкам можно составить некоторое представление об основных складках, хотя это и разнокачественные образования.

В зависимости от положения разрезов относительно изгиба

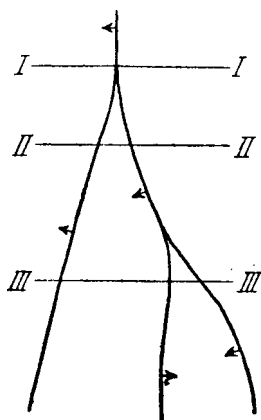
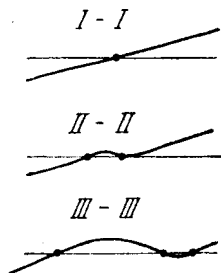
пластов в дополнительных складках, в некоторых частных случаях построение складок является довольно оригинальным (фиг. 36, б). Конечно, все эти построения очень упрощаются, если в нашем распоряжении имеется структурная карта пласта, каковой, например, может быть маркшейдерский план. Однако на практике геолого-разведочной работы обычно приходится иметь дело с немногими точками, не позволяющими построить



Фиг. 36. Различные случаи горизонтального *I* и поперечно-вертикального *II* сечений дополнительной складки.



Фиг. 38. Проявление небольшой дополнительной складки при крутом падении пласта в горизонтальном *I* и поперечно-вертикальном *II* сечениях.



Фиг. 37. Горизонтальный и три поперечно-вертикальных разреза развивающейся от *I—I* к *III—III* разрезу дополнительной складки; вблизи сечения *I—I* находится шарнир этой складки.

структурную карту, и в этом случае нужно делать ряд разрезов, чтобы составить известное представление о действительной форме данной структуры.

Осевые плоскости дополнительных складок, как видно будет из дальнейшего, обычно имеют менее крутое падение, чем осевая плоскость той антиклинали, на крыле которой разви-

вается данная дополнительная складка. Равным образом осевые плоскости син- и антиклинали дополнительной складки также обычно бывают не параллельны друг другу, поскольку дополнительные складки почти всегда имеют конечное протяжение, начинаясь и кончаясь где-нибудь по своему простираению в так называемых шарнирах.

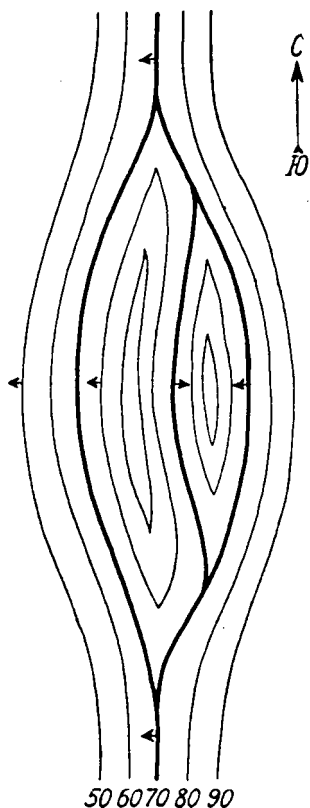
Интересно установить, каким образом начинает развиваться дополнительная складка в своем шарнире. Чтобы выявить это развитие, лучше обратиться к пологим складкам, крылья которых имеют небольшой наклон к горизонту, ибо в этом случае горизонтальные сечения, являющиеся особенно характерными, захватывают все элементы возникающих складок. Для примера можно взять развитие складки, выявленное подземными работами 14-й шахты Анжерского рудника Кузбасса (заметим, что складчатые структуры настолько сложны, что трудно или даже невозможно чисто теоретически, без эксперимента или наблюдения над действительно существующими формами, выявить действительное развитие складок); здесь мы видим (фиг. 37), как в шарнире дополнительной антиклинальной складки линия горизонтального сечения пласта раздваивается, чтобы через некоторое время в ветви пласта, расположенной выше по крылу, получился новый шарнир уже синклинальной дополнительной складки.

Итак, при вступлении дополнительной складки, данная горизонталь пласта в пределах этой складки расходится в ту и в другую сторону относительно общего его простираения. Величина этого расхождения обратно пропорциональна углу падения крыла, а именно чем положе падение пласта, тем шире расходится горизонталь пласта и на большее расстояние растягивается развитие дополнительной складки.

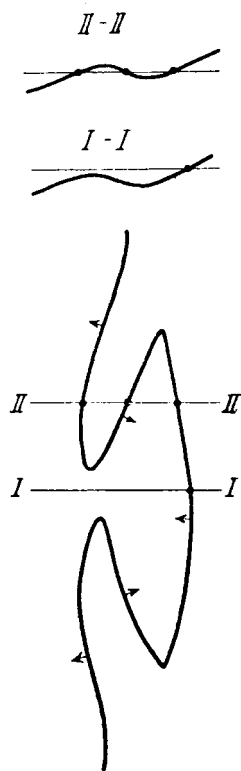
В круто поставленном крыле дополнительные складки как на структурной карте, так и в отдельных горизонтальных сечениях проявляются очень слабо или выражаются только в изгибах горизонтали. Особенно это касается тех горизонтальных сечений, в которых находятся шарнирные части развивающейся дополнительной складки (фиг. 38). Вообще, когда мы встречаем в горизонтальных сечениях или маркшейдерских планах отдельных горизонтов резкие изгибы горизонталей пласта, то это есть не что иное, как выражение дополнительной складки, которая вследствие крутого падения пласта не находит полного выражения в горизонтальном сечении.

Дополнительные складки, почти без исключения, являются по существу брахискладками, так что рассмотренный выше пример дополнительной складки с наклонной осью (фиг. 37) является, так сказать, половиной или частью соответствующей брахискладки. На фиг. 39 и показана структурная карточка полной дополнительной брахискладки, с выделением при помощи толстой линии того горизонтального сечения, в котором

можно хорошо увидеть развитие складки в шарнирах. Из этой структурной карточки явствует, что горизонтальные сечения дополнительных складок имеют вообще вытянутый характер с острыми или очень слабо закругленными концами и также с искривлением в горизонтальной проекции осей складок. Кстати отметим, что, если дополнительные складки являются в го-



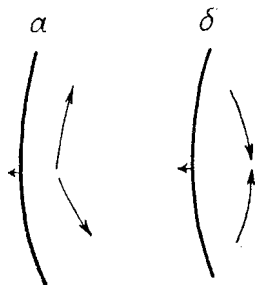
Фиг. 39. Структурная карточка брахискладки, вставленной в гомоклинали, падающую на запад.



Фиг. 40. Горизонтальное и два поперечно-вертикальных сечения брахисинклинали, развившейся на гомоклинали.

ризонгальном сечении более или менее изометричными, с плавными, округленными очертаниями, то это, собственно, не складки, а волны, которые, правда, в ряде случаев могут быть несколько сжаты при последующем тангенциальном давлении, причем иногда получаются более или менее правильные антиклинориумы и синклинориумы.

Гораздо реже дополнительная складка развивается так, что проявляется по существу лишь синклиналичная складка (фиг. 40). Правда, в поперечных вертикальных сечениях этот тип дополнительной складки не отличается от рассмотренного выше общего случая, но горизонтальные сечения показывают, что если синклинали на отдельных горизонтах действительно замыкаются, то ни в одном горизонтальном сечении нельзя увидеть одной замкнутой брахиантклиналичной складки.



Фиг. 41. Схема отношения в горизонтальной проекции линии простирания пласта и осей дополнительных складок: синклиналичной *а* и антиклиналичной *б*.

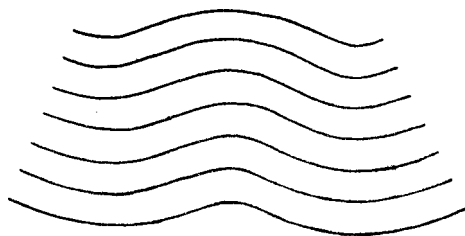
Так как дополнительные складки с наклонными осями всегда являются брахискладками, то их оси изгибаются и в горизонтальной проекции. На основании приведенных выше схем нетрудно установить закономерность изгиба осей дополнительных складок, а именно оси складок наклоняются в сторону, обратную падению пласта. Это правильно и для синклиналичных (фиг. 41, *а*) и для антиклиналичных (фиг. 41, *б*) дополнительных складок.

Что касается отношения осевых плоскостей дополнительных складок к осевой плоскости основной складки, то этот вопрос можно выяснить только в связи с рассмотрением складчатости не одного пласта, как это имело место в предыдущем изложении, а целой толщи наложенных горных пород.

5. Складчатость наложенных толщ

В зависимости от строения толщи наложенных пород, от направления и интенсивности стресса и других причин складчатость в толще горных пород проявляется различным образом, причем выделяются четыре типа этой складчатости.

а) Концентрическая складчатость. Это тип складчатости, при котором соседние пласты и, в конце концов, пласты всей толщи параллельны друг другу, так что в пределах данной складки пласты являются концентрическими.

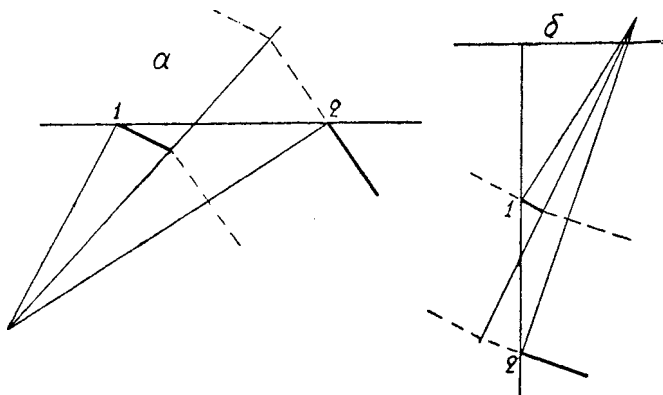


Фиг. 42. Поперечно-вертикальное сечение осадочной толщи с концентрической складчатостью, постепенно уплывающей и вверх и вниз.

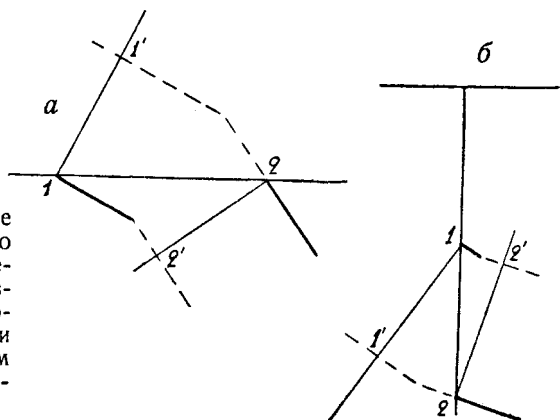
Соответственное построение (фиг. 42) показывает, что при таком типе складчатости последняя выше и ниже данного ха-

рактерного горизонта, образующего нормальную складку, постепенно затухает, что такая складчатость, так сказать, сама себя отрицает. Из этого можно заключить, что данный тип

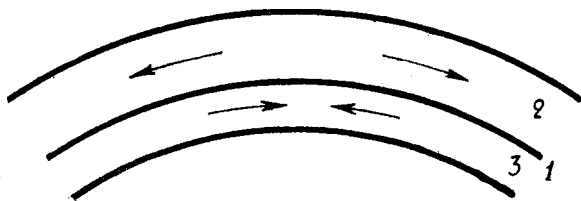
Фиг. 43. Построение складок параллельного типа по элементам залегания пластов 1 и 2 разведочной линии a и колонковой скважины b при неизвестном нормальном расстоянии между пластами.



Фиг. 44. Построение складок параллельного типа по элементам залегания пластов 1 и 2 разведочной линии a и колонковой скважины b при известном нормальном расстоянии между пластами $1 - 1' = 2 - 2'$.



Фиг. 45. Напряжения в изгибающемся бруске или пласте: 1—нейтральный горизонт; 2—наружная зона с растяжением; 3—внутренняя зона со сжатием.



складчатости отнюдь не пользуется таким широким распространением, как это обычно думают.

Тем не менее в первом приближении возможно при не особенно крутой складчатости принять, что данная небольшая по

мощности толща сложена в складки именно по концентрическому типу, и делать соответствующие построения на основании немногих полученных при исследовании точек. Здесь могут быть два случая построений.

1. Нормальные расстояния между пластами, или вообще интересующими нас горизонтами, неизвестны. В этом случае поступают следующим образом: в вертикальном поперечном сечении отмечают пласты в измеренном их падении и восстанавливают к этим пластам перпендикуляры, которые продолжают до пересечения; затем полученный угол делится пополам, и отмеченные в разрезе данные пласты проводят до этой биссектрисы, ломая их затем под углом так, чтобы продолжение было параллельно пласту соседнему. Так поступают при составлении как обычных вертикальных разрезов по данным, полученным на поверхности земли или вообще в горизонтальной плоскости (фиг. 43, а), так и при составлении разрезов по данным колонковой скважины, которая дает углы падения встреченных ею пластов (фиг. 43, б).

2. Нормальные расстояния между пластами известны. В этом случае проводят перпендикуляры к линиям падения пластов в поперечном вертикальном сечении и откладывают на этих перпендикулярах известные нормальные расстояния между данными пластами; затем проводят через полученные точки линии, параллельные соответствующему пласту, до взаимного пересечения (фиг. 44, а, б).

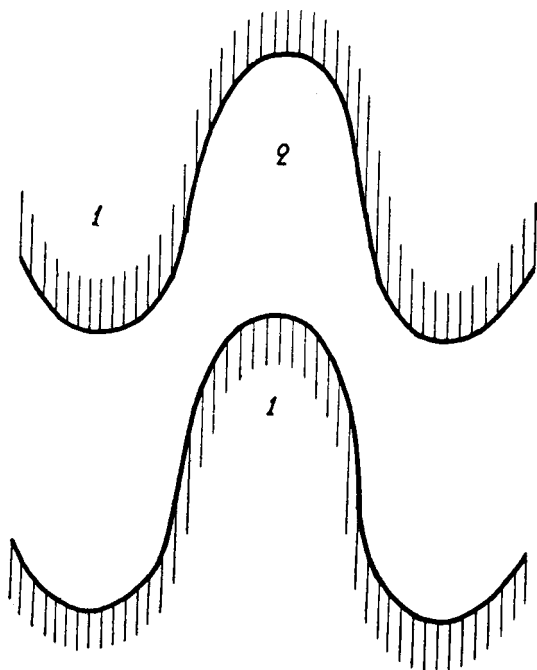
Итак, данный тип складчатости проявляется в общей толще наложенных пород сравнительно редко, а именно в том случае, когда компетентность членов этой толщи приблизительно одинакова. Кроме того, нужно думать, что такой тип характерен не столько для складчатых, сколько для волновых структур.

Затем, механический анализ изгибающегося бруска или пачки листов показывает, что при изгибании выделяется находящийся ближе к внутренней поверхности нейтральный слой, в котором не происходит ни растяжения, ни сжатия (фиг. 45), тогда как части бруска или члены пачки на выпуклой стороне изгибающейся массы растягиваются, а внутренние части сжимаются. Конкретно эти напряжения приводят к взаимному перемещению членов осадочной толщи по поверхностям наложения и параллельным им поверхностям отдельности или к образованию во внешней части складки продольных трещин разрыва. Впрочем, возникающие напряжения разрешаются чаще путем образования следующего типа складчатости.

б) Подобная складчатость. В настоящих тангенциальных складках, особенно таких, которые имеют крутое падение крыльев, являясь, следовательно, достаточно сжатыми, при обычно различной компетентности членов наложений, проявляется не концентрическая, а подобная складчатость. Заключается она в следующем (фиг. 46). Компетентные члены тол-

щи стремятся изогнуться примерно одинаковым образом, так что получаются образованные этими членами одинаковые, или подобные, складки; это касается преимущественно антиклинальных складок, которые предпочтительно и развиваются активно при действии тангенциального стресса. Из поперечно-вертикального разреза хорошо видно, что промежуточные некомпетентные горизонты испытывают при такой складчатости более или менее резкие деформации, ибо мощность этих горизонтов в замках складок сильно увеличивается.

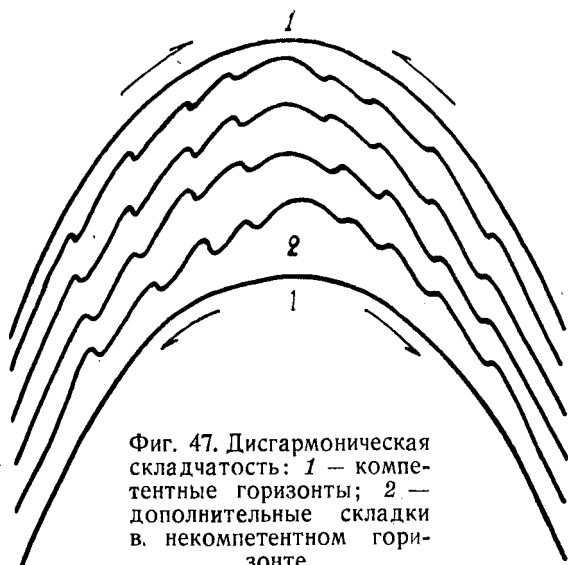
Такое отношение может образоваться двояким путем: с одной стороны, некомпетентный горизонт испытывает настоящую деформацию с выдавливанием материала в замки складок, что нередко можно наблюдать в отдельных пластах, которые состоят из материала сравнительно пластичного и резко отличающегося по своим механическим свойствам от включающих его компетентных горизонтов. Но в громадном большинстве случаев и особенно тогда, когда некомпетентный горизонт состоит из целого ряда пластов, имеющих значительную мощность, деформация его выражается в развитии дополнительных складок. В сущности дополнительная складчатость и является внешним выражением приспособления некомпетентных горизонтов к подобным складкам компетентных горизонтов, что в общем определяет собой так называемую дисгармоническую складчатость.



Фиг. 46. Подобные складки: 1 — компетентные горизонты; 2 — некомпетентный горизонт.

Из поперечно-вертикального разреза некомпетентного горизонта дисгармонической толщи видно (фиг. 47), как путем образования дополнительных складок происходит в действительности утолщение некомпетентного горизонта в замке основной складки. Из этого разреза легко также увидеть, что дополнительные складки развиваются в результате тех напряжений, которые проявляются при изгибании всякой наслоенной толщи, а именно

на выпуклой стороне некомпетентного горизонта проявляется движение, направленное к осевой плоскости основной антиклинали под влиянием сокращения внутренней части вышележащего компетентного

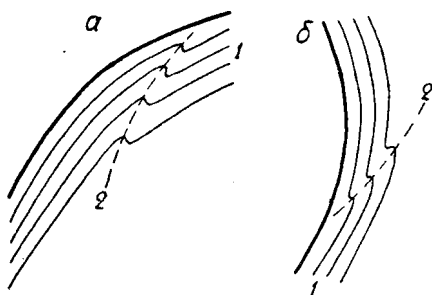


Фиг. 47. Дисгармоническая складчатость: 1 — компетентные горизонты; 2 — дополнительные складки в некомпетентном горизонте.

слоя, а в нижней части рассматриваемого горизонта действует сила, направленная от указанной осевой плоскости, как проявление растяжения во внешней части подлежащего компетентного горизонта. Отсюда, между прочим, явствует, что осевые плоскости дополнительных складок вообще имеют иное падение сравнительно с осевой плоскостью основной антиклинали, а именно такое, при котором эти плоскости

сходятся вверху, или, иными словами, осевые плоскости дополнительных складок имеют более пологое падение сравнительно с осевой плоскостью основной складки.

Впрочем, дополнительные складки обладают не плоскостными, а изогнутыми осевыми поверхностями (фиг. 48, а). Это



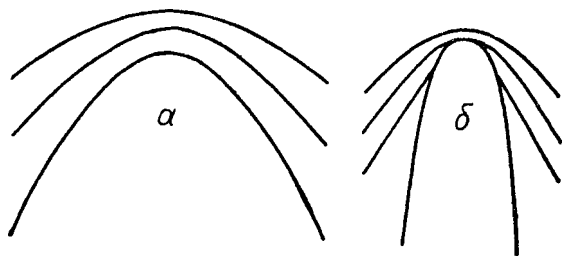
Фиг. 48. Расположение осевой поверхности 2 дополнительных складок некомпетентного горизонта 1 к действительному а и видимому б висящему боку горизонта у нормальной а и опрокинутой б складки.

явствует из того, что дополнительная складчатость проявляется с различной степенью интенсивности в пределах некомпетентного горизонта. В связи с этим и получают осевые поверхности с вогнутостью, обращенною к осевой плоскости основной складки. К этому нужно прибавить, что в громадном большинстве случаев дополнительные складки не захватывают всех

пластов некомпетентного горизонта, обычно приурочиваясь к отдельным его членам.

Таким образом осевые поверхности дополнительных складок располагаются с известной закономерностью в толще крыла некомпетентного горизонта. Эту закономерность можно воспользоваться для того, чтобы отличить обращенные крылья возможных опрокинутых складок (фиг. 48, б). В таком обращенном крыле острый угол, образуемый осевой поверхностью дополнительной складки с висячим боком горизонта, раскрывается вверх, в то время как в нормально залегающих крыльях он раскрывается вниз.

в) Уплотненные складки. Этот тип складчатости резко отличается от предыдущего тем, что в седлах антиклиналей мощность горизонтов заметно уменьшается сравнительно с крыльями складки и особенно с мульдовыми частями промежуточных синклиналей (фиг. 49, а). Такие образования могут получаться в двух случаях: во-первых, это не складка, а структурная волна при уменьшении интенсивности седиментации в области тумора или геоантиклинали; во-вторых, мощность горизон-



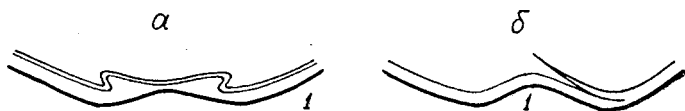
Фиг. 49. Уплотненная *а* и диапировая *б* антиклинали.

тов в седле антиклинали уменьшается в результате деформации, например, при выпирании какой-нибудь плотной массы, обусловившей здесь заложение антиклинали, или пластичной массы, как то: каменной соли, гипса или интрузивной магмы. В последнем случае уплотненная антиклинальная складка иногда перерастает в диапировую складку, седло которой прорывается твердой или пластичной массой (фиг. 49, б).

В классическом виде диапировые складки проявляются в толщах, содержащих штоки каменной соли, на месте которых закладываются антиклинали, причем седла последних при дальнейшем развитии даже не особенно напряженной складчатости легко пробиваются этой пластичною каменною солью, подобною магме. Например, Грегори в пустынных районах Персии наблюдал, как каменная соль, пробивши антиклиналь, разливалась по поверхности земли в виде потока лавы или ледника. Такое пробивание антиклинальных выпуклостей производится иногда и магмою, с образованием так называемого бисмалита.

г) Блокированные складки. Недавно Зайдль предложил понятие о блокированных складках, воспроизведя их в ряде

лабораторных опытов. Под блокированными толщами понимаются такие, которые скреплены по своим краям так, что отдельные члены этой пачки не могут перемещаться друг относительно друга по поверхностям наслоения. И вот, если подвергнуть такую стопку простому изгибу, то в ней, естественно, произойдет дифференциация движения (фиг. 50, *а*), а именно правильно изогнется лишь наиболее компетентный, или, как говорит Зайдль, ведущий слой; что касается расположенных на внутренней стороне этого ведущего слоя пластов, то они дадут ряд складок, особенно легко развивающихся ближе к краям изгибающейся толщи и наклоняющихся соответственно в сторону ближайшего конца. При этом в антиклинальных частях складок получаются



Фиг. 50. Блокированные складки: *а* — без разрыва; *б* — с разрывом; 1 — ведущий слой.

полые формы. Если над ведущим слоем имеются горизонты, также достаточно компетентные или хрупкие, то они не изгибаются, а разрываются (фиг. 50, *б*) с образованием взбросов, причем одновременно получают взбросы, падающие в разные стороны, а именно, как и в случае возникновения складок, с падением сместителя в сторону от ближайшего конца изгибающейся складки. Конечно, в ряде случаев происходят одновременно и изгибание и разрыв пластов, т. е. взбросо-складки. Из опытов Зайдля видно также, что, во избежание образования слишком резко выраженных полостей в складках над компетентным горизонтом, последний легко дает антиклинальный изгиб в средней части изгибающейся толщи (фиг. 50).

Таким образом, по Зайдлю, нет необходимости в каком-то ориентированном тангенциальном давлении для образования нормальных складок: они получаются как результат производного движения при общем изгибе осадочной толщи, особенно при поднятии соседних блоков литосферы.

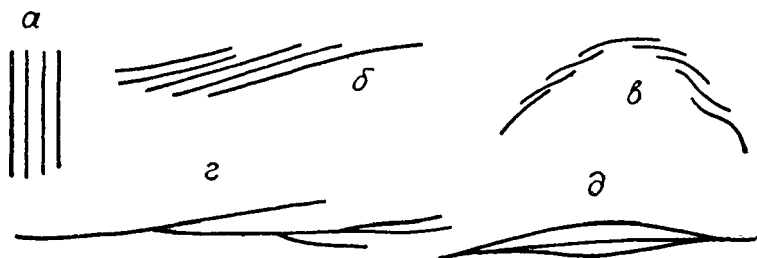
6. Группы складок

В каждой данной толще обычно развивается целый ряд складок одинакового порядка, или основных складок, на крыльях которых образуются различные дополнительные складки. Впрочем, в более широком масштабе многие основные складки можно рассматривать как дополнительные образования на крыле волновой геоантиклинали или геосинклинали. Эти складки одного порядка могут иметь различное взаимное расположение. Так,

во многих случаях мы наблюдаем совершенно параллельное расположение складок, как это лучше всего заметить на картах или планах по расположению осей этих складок (фиг. 51, *а*).

При неодинаковом противодействии стрессу, который образует складки, последние располагаются кулисообразно, развиваясь в некоторой общей зоне, ограниченной определенными рамками (фиг. 51, *б*). Если стресс встречает более или менее одинаковое противодействие со стороны выступов или массивов с той и с другой стороны, то кулисообразно расположенные складки дают изгиб, или так называемую гирлянду (фиг. 51, *в*).

Нередко складки по простиранию разветвляются, иногда несколько раз; это виргация складок (фиг. 51, *г*). В сущности виргация складок есть лишь общий случай проявления в более крупном масштабе дополнительных складок, причем место их расхождения можно назвать шарниром.



Фиг. 51. Группы складок: *а* — параллельные складки; *б* — кулисообразные складки; *в* — гирлянда складок; *г* — виргация складок; *д* — миндалевидный пучок складок.

Складки, разветвившись в одном месте, затем по простиранию иногда опять сходятся (фиг. 51, *д*). Так получается миндалевидный пучок складок, аналогичный дополнительным брахискладкам.

Весьма вероятно, что и виргация складок и образование миндалевидного пучка обуславливаются наличием каких-нибудь жестких масс в изгибающейся толще или в ее фундаменте. Этим же можно объяснить и проявление, правда, в очень редких случаях, и совсем неправильное распределение складок, вероятно, представляющих развитие в свое время неправильно заложившихся структурных волн.

У правильных групп складок осевые поверхности обычно наклонены в одну сторону, соответственно одностороннему проявлению стресса, причем группа опрокинутых складок дает изоклинальную складчатость. Но иногда наблюдается и обратное падение этих поверхностей (см. фиг. 109) в связи с неоднородностью строения толщи или с последующим выкручиванием складок.

7. Генезис пликативных структур

Обычно принимается, что пликативные структуры выражаются одними складками, которые образуются под влиянием тангенциального давления. Но вот Уиллис предложил понятие о некомпетентной складчатости, которая проявляется в результате движений жесткого фундамента, на котором располагается данная осадочная толща. Примерно такой же характер имеет покровная складчатость Аргана. Теперь можно считать уже совершенно установленным расчленение пликативных структур на волны и складки, которые представляют образования, возникшие под влиянием соответственно радиальных и тангенциальных движений.

Структурные волны образуются прежде всего под влиянием общих эндогенных движений Земли, захватывая участки литосферы любого состава и строения. В частных случаях они получаются при перемещениях магмы, а также при некоторых



Фиг. 52. Складчатость осадочной толщи 1 под нажимом поднимавшегося горста 2.

экзогенных процессах. В общем это волны поверхности литосферы с большим радиусом кривизны, имеющие как стратиграфический, так и тектонический характер.

Что касается складок в тесном смысле этого слова, то их образование происходит в следующих случаях. Во-первых, тангенциальное давление может развиваться со стороны поднимающихся горстов (фиг. 52). Таково происхождение складчатости, например, периферических частей Кузбасса, где складки достигают довольно значительной интенсивности, в противоположность центральным частям бассейна, где наблюдаются скорее волны, а не складки, кроме отдельных участков с резкими дизъюнктивами в жестком фундаменте, которые сопровождаются складками в угленосной толще.

Во-вторых, складки образуются при изгибании блокированной толщи осадков (фиг. 50), причем происходит общее сокращение поверхности с естественным проявлением целого ряда дополнительных складок в этой волне, получающей значение крупной складки. Между прочим, на этом примере довольно хорошо видна связь, нередко проявляющаяся между радиальными и тангенциальными пликативными структурами.

Далее, очень часто складчатость является лишь отражением движений, происходящих в жестком фундаменте, который подстилает данную свиту.

Наконец, складчатость, несомненно, проявляется в любой

части литосферы, сложенной уже затвердевшими каменными горными породами, и с любой структурой, в том числе и пликативной. Действительно, в случае общего сокращения Земли в литосфере развиваются значительные тангенциальные напряжения, которые разрешаются в различных формах: то в виде сланцеватости, то в виде большого количества более резко выраженных нормальных тангенциальных дизъюнктивов, то при сжатии и развитии уже имеющих пликативных структур, причем в последнем случае происходят параллельно и дизъюнктивные перемещения. Такое развитие уже более или менее консолидированных складчатых структур доказано в ряде районов, в частности в Кузбассе. Так, в Прокопьевском руднике многие дизъюнктивы, связанные с пликативной структурой, заняли крутое и опрокинутое положение, именно в связи с усложнением складок. Отметим еще нарушение Зутан в Рурском бассейне, которое после своего образования было приведено в складчатое состояние. Что складки захватывают и жесткие толщи, до этого испытывавшие даже рассланцовку, доказывается складчатостью, которая иногда поражает рассланцованные породы, когда изгибаются не геологические тела, а именно формы сланцеватости. Вероятно, такая складчатость происходит на иных горизонтах литосферы, сравнительно с теми, где образовалась рассланцовка.

В общем чем древнее толща, тем более крутые и сжатые складки она слагает, и это хорошо видно на правильно составленных геологических картах. Впрочем, дисгармоническая складчатость представляет исключение из этого положения.

Из предыдущего видно, что нет резких границ между собственно пликативными и дизъюнктивными дислокациями; они проявляются в той или иной форме, в зависимости от условий, в которых происходит движение, а именно в зависимости от характера формаций и от глубины, на которой развивается тектонический процесс.

ДИЗЪЮНКТИВНЫЕ СТРУКТУРЫ



1. Элементы и классификация дизъюнктивов

Основным элементом всякой дизъюнктивной дислокации является трещина, по которой и происходит перемещение; эта трещина носит общее название — сместитель. Часть данного участка литосферы, находящаяся над трещиной, вне зависимости от ее перемещения, называется висячим крылом; другое же крыло является лежачим. Кроме того, различают еще висячий и лежачий бока самого сместителя.

Перемещение по сместителю бывает весьма различным как в пространстве, так и в рассматриваемых сечениях, с которыми обыкновенно приходится иметь дело на практике. Рудничная геология выработала терминологию для этих перемещений, что удобно не только для описания и разного рода справок при разработке сильно дислоцированных месторождений, но и для выявления всех элементов дизъюнктивов.

Основная работа по установлению этой терминологии была проведена Американским геологическим обществом, особая комиссия которого после 4-летней работы дала свое заключение по данному вопросу, которое и принимается почти всеми руководствами по структурной геологии. Однако американская классификация элементов смещений имеет формальный характер, а именно она подходит чисто механистически к перемещениям в любом сечении, давая им различные названия, и в то же время предусматривает действительное перемещение сопряженных точек линий скрещения сместителя с геологическим телом, что практически, между прочим, чрезвычайно трудно достижимо; между тем имеют значение перемещения лишь в тех характерных зонах, с которыми приходится встречаться на практике и которые приняты нами. В связи с этим и считаясь отчасти с номенклатурой, принятой в горной геометрии, можно ограничиться следующими элементами смещений (фиг. 53).

Длина — перемещение в плоскости трещины, причем в случае установления действительно сопряженных точек, которые

удобно показать на плане, можно говорить о полной длине, которой в продольных дизъюнктивах приблизительно отвечает длина, измеренная в плоскости или поперечно-вертикального или горизонтального сечений.

Размах — перемещение точек линий скрещения, сопряженных в сечении по падению свиты, в вертикальном направлении, причем эта величина может быть положительной или отрицательной, отмечая соответственно приращение или, наоборот, сокращение рабочей высоты вскрытого подготовительными выработками поля.

Перекрытие и зияние — соответственно положительное и отрицательное перемещения сопряженных точек поперечного вертикального сечения в горизонтальном направлении, представляя конкретно перекрытие или зияние крыльев пласта в плане, т. е. некоторое увеличение или сокращение рабочей площади данного месторождения.

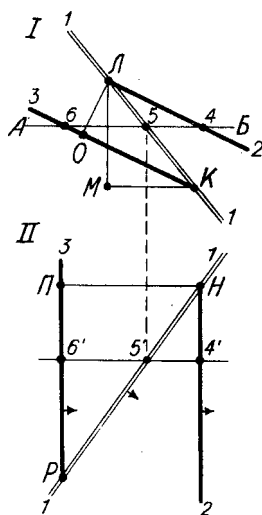
Отделение — нормальное расстояние между крыльями пласта, которое может быть положительным и отрицательным, отмечая увеличение или уменьшение стратиграфической мощности в данном сечении.

Переброс или сдвиг — перемещение сопряженных точек горизонтального сечения по простирацию свиты, соответственно с перехлестыванием или расхождением крыльев пласта, находящее свое конкретное выражение в увеличении или сокращении длины вскрытого рабочего поля.

Отход — перемещение сопряженных точек в той же горизонтальной плоскости нормально к простирацию свиты при выражении величины этого перемещения в длине, например, квершлага между крыльями пласта.

Такая терминология, принятая в рудничной геологии, может быть распространена и на региональную геологию, где, к сожалению, не различают не только элементов перемещения, но и типов самих дизъюнктивов.

Действительно, если обратиться к геологической литературе, то приходится констатировать бедность установленных форм дизъюнктивов; в большинстве случаев дело ограничивается одними сбросами и сдвигами. К этим формам иногда прибавляют еще надвиги, не давая критериев для отделения их от



Фиг. 53. Элементы дизъюнктива, представленного в сечении по падению пласта I и в горизонтальном сечении II: KL — длина в поперечном и HP — в горизонтальном сечениях; LM — размах; KM — перекрытие (в других случаях — зияние); LO — отделение; PR — переброс (в других случаях — сдвигание); HP — отход.

взбросов, причем в других случаях надвигами называют шарьяжи. Таким образом принятая в геологической литературе классификация дизъюнктивов не отвечает действительному их многообразию, обусловленному как векториальностью абсолютного перемещения соответственных или сопряженных точек крыльев нарушения, так и особенно отношениями сместителей к структуре литосферы.

Другую картину мы находим в маркшейдерском деле, которое всегда было тесно связано с горным делом, причем, за отсутствием института рудничных геологов, маркшейдеры давно уже вынуждены были заниматься вопросами смещений тел полезных ископаемых. Так, еще более ста лет тому назад были предложены способы быстрого отыскания сброшенных крыльев нарушений, перерабатывавшиеся и за последнее время, хотя многие пришли к заключению об отсутствии необходимости и даже целесообразности пользования такими упрощенными мнемоническими правилами, поскольку при многообразии перемещений в каждом частном случае приходится делать построение для решения текущих задач.

Затем, находясь постоянно в обстановке ответственной работы, маркшейдеры выработали свою классификацию дизъюнктивов, исходя из пространственного отношения сместителей к структуре данного участка литосферы. Так, было предложено до 100 разновидностей смещений, но Бауман показал, что геометрических типов отношений сместителя к пласту может быть лишь 43. Параллельно с этим работниками маркшейдерского дела были выдвинуты и графические методы изображения и построения элементов форм дислокаций. Таким образом возникла особая дисциплина, получившая название горной геометрии.

Однако выводами маркшейдерии в области изучения дизъюнктивов геология не воспользовалась, что объясняется различными причинами. В основном номенклатура, принятая в горной геометрии, не привилась в геологии, потому что самая классификация перемещений имеет чисто геометрический, а не генетический характер. Между тем каждая классификация должна быть генетической, и потому предлагаемая ниже классификация представляет дальнейшее развитие той классификации, которая принята в геологическом мире.

В однородной толще литосферы проявлялись бы лишь два типа дизъюнктивов, а именно взбросы и сбросы (фиг. 13), с положением сместителя в зависимости от свойств материала или глубины залегания данного участка литосферы. Но в конкретной обстановке, при сложной и обычно анизотропной структуре литосферы, дизъюнктивы получают весьма различные формы своего проявления как по положению сместителя, так и по отношению последнего к элементам структуры данного участка. Последним обстоятельством никак нельзя пренебрегать, но и нельзя ставить его во главу угла при классификации дизъ-

юнктивов, ибо тогда классификация неизбежно примет только геометрический характер.

Основываясь, главным образом, на результатах тектонических исследований в Кузбассе, можно предложить следующую классификацию дизъюнктивов, которые, конечно, являются наиболее многообразными для группы тангенциальных форм.

2. Послойные перемещения

Наиболее простыми и, вероятно, повсеместно распространенными, хотя и мало заметными, являются послойные перемещения; они неизбежно возникают при всякой складчатой дислокации (фиг. 45), но этими перемещениями выражаются и чистые тангенциальные дизъюнктивы, охотно ориентирующиеся по отдельным горизонтам осадочной толщи в том случае, когда последняя расположена нормально к направлению стресса и имеет благоприятное падение. Особенно часто проявляются послойные перемещения при повторной складчатости, причем в этом случае происходит иногда довольно значительное раздробление породы вблизи поверхности перемещения, поскольку порода успела уже в достаточной степени диагенетизироваться. Среди таких перемещений выделяются несколько типов.

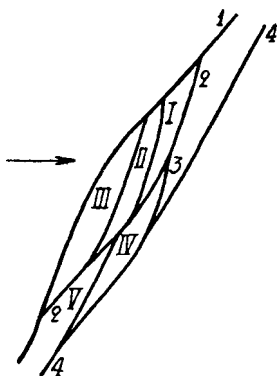
Во-первых, сюда относятся перемещения по немногим поверхностям, совпадающим обычно с почвой или кровлей пластов пород или полезных ископаемых, резко отличающихся по своим механическим свойствам от вмещающей породы. Эти перемещения сопровождаются более или менее заметным притиранием и также иногда некоторым раздроблением в боках нарушения. Так, в рудниках Кузбасса нет пластов угля, в которых не проявились бы такие перемещения. Иногда подобные единичные поверхности проходят внутри пласта угля, сопровождаясь полоской перетертого в порошкообразное состояние полезного ископаемого.

Теперь представим себе, что внутри пласта проходят несколько послойных трещин; в этом случае вся масса, например, угля может оказаться в разбитом состоянии. В таком положении оказался ряд пластов угля на рудниках Кузбасса, например, X пласт Судженского месторождения и особенно Лутугинский пласт Кемеровского рудника, причем уголь последнего настолько слаб, что прямо вытекал по нисходящим подготовительным выработкам.

Внутрипластовые трещины обычно бывают изогнутыми или скорлуповатыми, что особенно удобно восстановить на каких-нибудь светло окрашенных породах, например на аркозовых песчаниках Кузбасса. Обращаясь к ряду обнажений таких пород, мы можем ясно установить расщепление песчаника изгибающимися и дающими ответвления трещинами на линзовидные партии, которые под влиянием составляющей стресса перемеща-

ются друг относительно друга в определенном порядке, вклиниваясь в трещины и раздвигая их, причем получают резкие притирания поверхностей и естественное распадение более крупных линз на все более мелкие линзочки (фиг. 54).

При таких перемещениях неизбежно некоторое перемешивание пород и взаимное их загрязнение. Так, если в пласте угля имеются прослойки породы, то они легко раздробляются и так втираются в уголь, что становятся даже неразличимыми. Но и при отсутствии прослоев породы нередко втирается в уголь, по-



пада из кровли или почвы пласта, откуда она выхватывается отдельными выходящими из пласта угля трещинами. Интересно, что местами, например на Осиновском месторождении Кузбасса, продольные трещины, закладываясь в боковой породе вблизи угольного пласта, проходят в последней и захватывают с собой тонкие плитки породы, получающие вид первичных прослоев в угле. С другой стороны, партии угля затягиваются отходящими трещинами, давая разные хвосты или жилки.

Фиг. 54. Зона скорлуповатых послойных трещин I—4 вместе с ответвлениями, разбивающих породу на все более мелкие линзы, которые перемещаются в некоторой последовательности, отмеченной римскими цифрами, по направлению к ближайшему замку складки.

В результате мощность пластов угля, испытавших послойные перемещения в целой зоне скорлуповатых трещин, подвергается постоянному изменению, а местами пласты угля совсем пережимаются. Эти пережимы, конечно, отличаются от первичного изменения мощности осадков резким проявлением расщепления и притирания по несколько изогнутым поверхностям, причем часто элементы наложения подходят под углом к поверхностям ограничения пласта. Наблюдения в Кузбассе показали, что пережимаются в результате таких перемещений не только уголь, но и промежуточные породы; иногда деформация захватывает только вмещающие породы, тогда как проходящий вблизи пласт угля остается почти без изменения. В связи с этим нормальные расстояния между пластами угля сильно изменяются.

Послойные перемещения, связанные с выжиманием иногда значительных пачек пород в другие горизонты, а также наличие дополнительных складок приводят к тому, что в любом разрезе испытавшей складчатость осадочной толщи пласты пород редко бывают совершенно параллельны. В частности, нужно подчеркнуть, что отсутствие параллельности пластов в данном разрезе не может еще служить указанием на какое-нибудь несогласное залегание или на наличие здесь дополнительной складки:

очень часто все дело ограничивается внутрипластовой деформацией, так что данная толща является на значительном протяжении гомоклинальной.

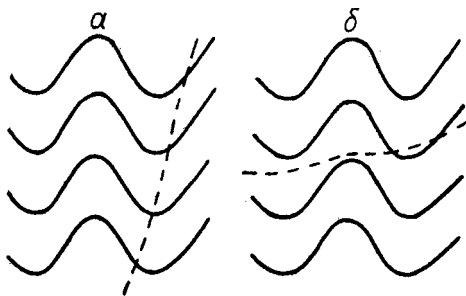
Явления деформации геологических тел, в связи с послойными перемещениями, пользуются, вероятно, весьма значительным распространением. Они констатированы надлежащим образом в горных породах, главным образом, пластовых месторождений каменного угля. Но такие образования удастся, пользуясь особенно различными выемками и сплошными обнажениями, констатировать и в толщах другого состава. Например, очень эффектны явления внутрипластовых деформаций в кембрийских известняках, установленные в железнодорожной выемке между Салаирским рудником и Гурьевским заводом. Здесь в известняках проходит целый ряд круто поставленных даек магматических пород, так что получается как бы круто поставленная наслоенная толща. И вот, в результате очень мощных тангенциальных движений, во многих местах получились чрезвычайно интересные образования: то как бы брекчии обломков известняка в темном цементе перетертой магматической породы, иногда с обратным отношением этих компонентов, то полное перемешивание вещества известняка с веществом магматической породы, как бы сухая диффузия, приведшая к образованию однородной породы очень оригинального состава.

3. Взбросы

Взбросы являются наиболее распространенными формами тангенциальных дизъюнктивов, так как они характеризуются перемещением висячего крыла нарушения вверх под влиянием стресса, действующего в направлении, обратном заложению сместителя (фиг. 13, а), что и естественно с точки зрения элементов механики. Однако при сложности структуры литосферы взбросы могут быть довольно разнообразны в зависимости от отношения сместителя к элементам геологического тела. Во всяком случае чаще всего встречаются взбросы, во-первых, продольные, т. е. при более или менее параллельном положении простирания структуры и сместителя, и, во-вторых, согласные, при падении сместителя в ту же сторону, что и структуры.

а) **Согласный взброс** относится к продольным дизъюнктивам, закладываясь на крыльях осадочной толщи, которые падают навстречу стресса при более крутом положении взбрасывателя сравнительно с пластом. Эта форма пользуется повсеместным распространением, что совершенно естественно, ибо развитие трещин на таких крыльях отвечает теоретическому положению плоскости скалывания, а также структуре осадочной толщи, в большинстве случаев имеющей падение менее теоретического угла в 45° . Кроме того, нетрудно видеть, что только при более крутом падении взбрасывателя можно пересечь зна-

чительную толщу и действительно взбросить ее для достижения известного сокращения литосферы (фиг. 55, а), тогда как перемещение по трещине, пересекающей согласное крыло складки под более пологим углом, захватывает только один небольшой горизонт этой толщи (фиг. 55, б).

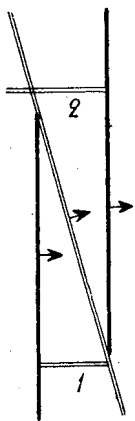


Фиг. 55. Схема складчатой толщи, пересекемой трещиной дизъюнктив, падающей круче а или положе б пласта; в первом случае захватывается вся толща, во втором — лишь отдельные горизонты.

горизонтальном сечении пласты крыльев согласного взброса кажутся перемещенными в горизонтальном направлении, чего в действительности не было, так что и в этом сечении происходит также повторение пласта на известном протяжении. Вообще согласные взбросы даже желательны для месторождений полезных ископаемых, увеличивая запасы на более доступных горизонтах. Конечно, проведение подготовительных выработок при этом встречает известные затруднения. Однако уже при небольшом опыте легко разобраться в данных нарушениях и найти смещенное крыло путем проведения коротких выработок. Следует только иметь в виду, что эти выработки должны начинаться от обреза пласта на данном горизонте, ибо в противном случае разведочный квершлаг может пройти мимо смещенного крыла (фиг. 56).

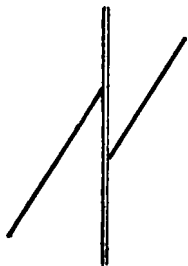
Итак, согласные взбросы почти всегда бывают продольными. Это обуславливается и одинаковой векториальностью последовательно проявляющегося стресса и приспособлением возникающих трещин к структуре литосферы. Собственно говоря, простирания сместителя и структуры толщи должны бы быть совершенно параллельны, но, при постоянных изгибах простирания осадочной толщи, фактически сместитель согласного взброса пересекает толщу под некоторым острым углом к линии ее простирания. В некоторых случаях получаются

При согласных взбросах геологические тела повторяются на определенных горизонтах (фиг. 10), что очень удобно в промышленном отношении и с чем необходимо считаться при составлении геологических разрезов вместо различных опрокинутых складок и других предположений. Кроме того, в гори-



Фиг. 56. Горизонтальное сечение согласного взброса: 1 — правильно заложенная разведочная выработка; 2 — разведочный квершлаг, преждевременно заложенный.

даже диагональные взбросы, которые происходят в том случае, когда трещина нарушения заходит в смещающееся крыло складки с наклонной осью. Очень часто согласные взбросы развиваются вместе со складчатостью, и в этом случае сместитель почти совпадает с наложением соответствующего горизонта осадочной толщи, причем иногда каждый пласт имеет свои взбрасыватели, не захватывающие соседних пластов. Это явление очень распространено в Кузбассе, например, в Анжеро-Судженском районе, основные рабочие пласты которого, будучи сближенными, поражаются взбросами часто совершенно индивидуально.



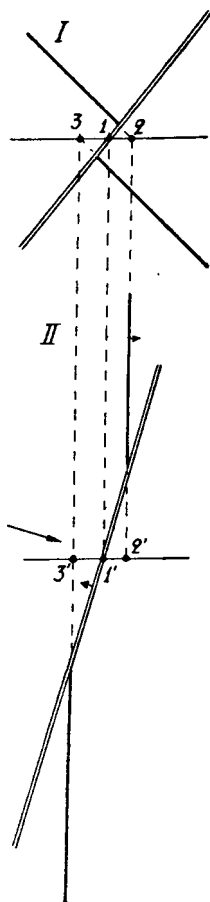
Фиг. 57. Обратный взброс в разрезе по падению пласта.

От нормальных согласных взбросов нужно отличать складки-взбросы, развивающиеся при разрыве обращенного крыла опрокинутых складок.

б) Обратный взброс. Поскольку складчатый процесс развивается почти во все фазы тангенциальных движений, взбросы также могут выкручиваться вместе с поражаемыми крыльями складок, и когда свита пластов займет крутое положение, взбрасыватель может опрокинуться. Так получается обратный взброс (фиг. 57). По соотношению крыльев нарушения последнее не отличается от обычного согласного взброса, каковое обстоятельство и заставляет полагать, что это нарушение развилось из взброса.

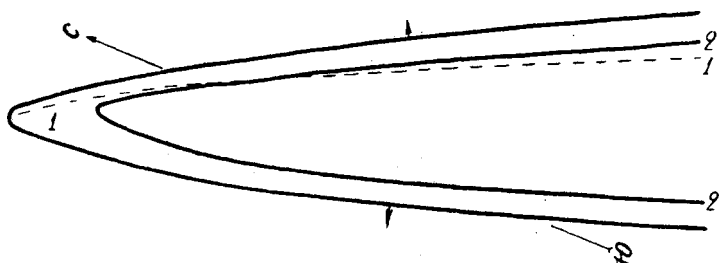
в) Несогласный взброс. В ряде случаев сместитель взброса пересекает осадочную толщу, имея несогласное с нею падение. Это несогласный взброс. Образуется он, во-первых, в гомоклинальных толщах, при соответствующем направлении стресса, ибо только путем образования такого направления трещины и может разрешиться напряжение; во-вторых, несогласный взброс может разбить соответствующие крылья складок при некоторых комбинациях условий, например, при переходе сместителя из одного в другое крыло складки.

Несогласный взброс резко отличается от согласного тем, что (фиг. 58) у него в горизонтальном сечении крылья растягиваются по сместителю, а в сечении по падению теряется не-



Фиг. 58. Несогласный взброс в вертикальном по падению пласта I и в горизонтальном II сечениях.

которая высота поля. Поэтому поиски смещенного крыла нарушения представляют значительные трудности. В общем нужно идти для нахождения смещенного крыла вдоль нарушения.



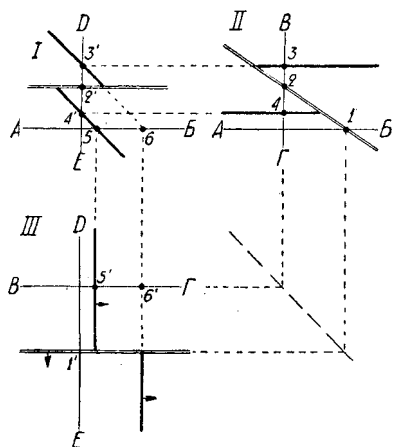
Фиг. 59. Схема горизонтального сечения двух внутренних пластов антиклинали Голубевской штольни Прокопьевского рудника Кузбасса, с подчинением сместителя 1 несогласного взброса складчатой структуре пласта 2, при затухании этого сместителя в замке складки.

Естественно, что несогласные взбросы встречаются сравнительно редко. В частности, они лишь недавно были констатированы в Кузбассе, большая часть работающих месторождений которого заложена на свитах, падающих к западу, откуда шло основное тангенциальное давление. В частности, эти на-

рушения изучены на восточном крыле Голубевской антиклинали Прокопьевского рудника, где, между прочим, они довольно хорошо подчинены складчатой структуре, начинаясь или затухая в замке антиклинали (фиг. 59).

Можно думать, что в районах сложного строения несогласные взбросы пользуются заметным распространением. Вероятно, проявлением этих нарушений обуславливаются разрывы по простирацию ряда стратиграфических горизонтов, с появлением их через более или менее значительные расстояния. Отметим, что чем острее угол между линиями простираения сместителя несогласного взброса и свиты, тем на большее расстояние растягиваются крылья горизонта даже при абсолютно небольшой величине длины перемещения.

г) Поперечный взброс. Если направление тангенциального движения образует острый угол с простираем осадоч-



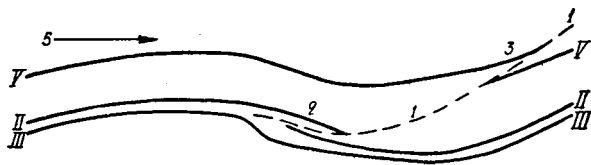
Фиг. 60. Поперечный взброс пласта в разрезах по падению I и простираанию II пласта и в горизонтальном сечении III.

ной структуры, то обычно сместитель подчиняется этой структуре, особенно в том случае, когда самое нарушение сопровождается дальнейшее развитие складчатой структуры. Но в том случае, когда стресс направлен, примерно, по простиранию складчатой структуры, сместитель располагается нормально к этому стрессу, пересекая под прямым углом, или близким к нему, осадочную толщу. Так развиваются поперечные взбросы (фиг. 60), которые при пологом положении трещины можно назвать и надвигами. Эти поперечные нарушения удобнее всего наблюдать и изображать в вертикальных сечениях по простиранию.

Интересно, что если крылья согласного взброса обычно мало деформируются при перемещении и сам сместитель нередко имеет вид тонкой трещины, то в случае несогласного, а особенно поперечного, взброса крылья нарушения подвергаются значительной деформации, загибаясь соответствующим образом; кроме того, и сам сместитель обычно проявляется в виде целой трещинной зоны.

4. Надвиги

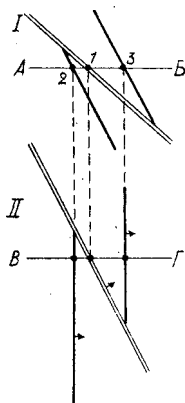
Иногда сместители пересекают структуру под более пологим углом. Такие нарушения качественно отличаются от рассмотренных взбросов и выделяются нами под названием надвигов. Правда, некоторые надвиги могут развиваться из взбросов, но это обстоятельство не может поколебать необходимости выделения таких форм в самостоятельную группу, ибо отношение сместителей этих нарушений к складчатой структуре совершенно иное. По этому отношению надвиги можно также разделить на прямые и обратные.



Фиг. 61. Схематизированный поперечный вертикальный разрез свиты пластов II, III и V Анжерского рудника в основной синклинали, с проявлением по сместителю 1 то прямого надвига 2, то согласного взброса 3, причем прямой надвиг образовался из согласного взброса при изгибе структуры, а также под действием стресса 5 от шарьяжа района.

а) Прямой надвиг. Эта форма представляет в большинстве случаев результат развития согласного взброса, подвергшегося изгибанию вместе с развитием складчатой структуры данной толщи (фиг. 61). Можно думать, что до усложнения складчатости здесь при гомоклинальном падении толщи был простой согласный взброс. Однако в последующем гомоклинальное крыло подверглось дополнительной пологой складчатости, в связи с чем изогнулась трещина нарушения, принявшая в восточном крыле антиклинали иное отношение к пересекаемой свите. При после-

дующих тангенциальных движениях перемещение по сместителю возобновилось, как это видно на приведенном примере нарушения Анжерского рудника, где наблюдается ясное подтормаживание пласта *III* при развитии прямого надвига, поразившего пласт *II*.



Фиг. 62. Прямой надвиг в вертикальном по падению пласта *I* и горизонтальном *II* сечениях.

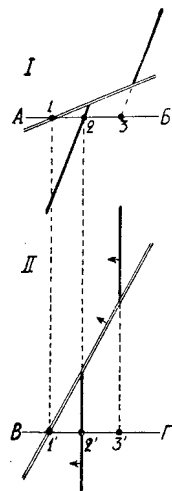
Отметим, что это последующее движение было несколько своеобразным, а именно оно проявлялось только в висячем крыле и частично направлялось сверху вниз, вероятно, под влиянием залегавшего здесь ранее покрова шарьяжа. Впрочем, в других частях данного сместителя движение имело нормальное направление снизу вверх, а именно там, где структура имеет вид нормального согласного взброса.

Как видно из характерных сечений (фиг. 62), прямые надвиги очень близки к согласным взбросам, из коих они собственно и выходят. Поэтому нахождение смещенных крыльев нарушения не представляет особых затруднений и производится, примерно, так же, как и в случае согласных взбросов. Следует только отметить, что здесь висячее и лежащее крылья нарушения срезаются несколько иначе, чем у согласного взброса.

Что прямые надвиги представляют собственно перегнувшиеся согласные взбросы и вообще являются образованием, связанным со складчатостью, явствует из того факта, что нередко они имеют крутое положение, совершенно неестественное для этих нарушений как первичных образований. Такое положение, например, имеют некоторые нарушения в Кемеровском руднике.

б) Обратный надвиг. Самостоятельное генетическое значение имеют лишь обратные надвиги, сместители которых пересекают любого падения толщу, имея сравнительно более пологое падение, причем в этом случае висячее крыло перемещается нормально вверх. От этого нарушения, как видно из характерных разрезов (фиг. 63), происходит растяжение крыльев по сместителю, так что, по крайней мере, горизонтальные сечения очень походят на форму несогласного взброса, будучи, впрочем, менее неудобными, чем последняя, ибо в этом случае расхождение крыльев происходит на меньшую величину.

Нормально обратные надвиги имеют пологие сместители, развиваясь, несомненно, не на большой глубине, где могут про-

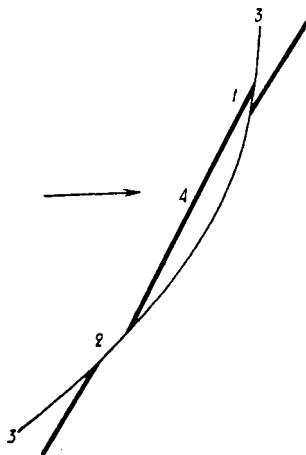


Фиг. 63. Обратный надвиг в вертикальном по падению пласта *I* и горизонтальном *II* сечениях.

являться пологие нарушения, связанные со значительным увеличением объема. И нужно сказать, что они встречаются очень часто в толщах любого строения, в частности, пересекая рассланцованные формации, относясь, очевидно, к позднейшим нарушениям, развившимся тогда, когда данная толща в результате денудации выходила к дневной поверхности. Например, сильно рассланцованный верхний палеозой разреза по р. Томи между Томском и Кузбассом испытал весьма значительное раздробление пологими сместителями таких обратных надвигов. Естественно, что при мощном развитии надвига он может перерасти в шарьяж, характеризующийся выходом висячего крыла на поверхность литосферы.

Однако бывают случаи, когда обратные надвиги тесно связываются со складчатой структурой. Весьма вероятно, что в этом случае они связываются с согласным взбросом. Так, в Судженском месторождении многие согласные взбросы характеризуются изогнутыми скорлуповатыми трещинами, которые отхватывают от пластов угля отдельные лоскутья (фиг. 64). Конечно, действительную форму согласного взброса имеют эти нарушения лишь в верхней своей части, тогда как нижняя часть их построена по типу обратного надвига.

Интересно, что позднейшими работами на Ивановском золоторудном месторождении Саралинской группы Кузнецкого Алатау выявлена такая же комбинация согласного взброса и обратного надвига, захватившая при изгибании сместителя кварцевую золотоносную жилу, так что получившаяся форма сечения напоминает Судженское образование.

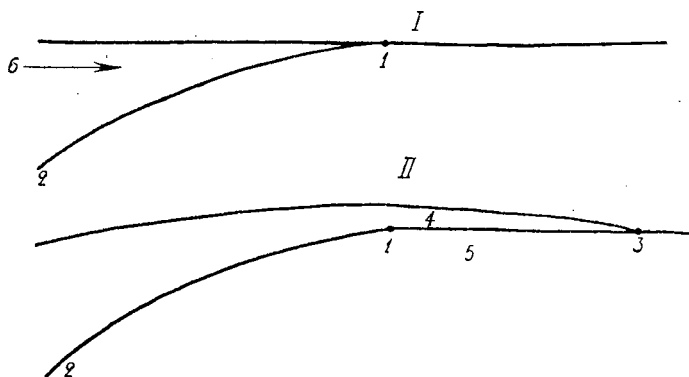


Фиг. 64. Комбинация согласного взброса 1 и обратного надвига 2 с одним изогнутым сместителем 3, отделившим лоскут пласта 4.

5. Шарьяжи

Итак, при значительном выполаживании сместителя, что происходит особенно при наличии жесткого упора, висячее крыло нарушения может выйти на поверхность литосферы и переместиться по ней на более или менее значительное расстояние. Такая форма получила название шарьяж (фиг. 65). Впрочем, в истории развития учения об этой форме можно выделить несколько этапов. Так, первое время полагали, что шарьяж представляет лежащую складку с разорванным средним крылом и переместившимся висячим крылом этой антиклинали.

Однако простые механические отношения показывают, что образование мощной лежащей складки, выходящей на поверхность литосферы, вообще невозможно, и теперь начинают при-



Фиг. 65. Разрез литосферы до (I) и после (II) образования шарьяжа: 1—2 — пологая трещинная зона; 1—3 — поверхность волочения аллохтона 4 по автохтону 5; 6 — направление тангенциального движения.

ходить к убеждению, что шарьяж является обычным самостоятельным дизъюнктивом крупного масштаба, не связанным непосредственно со складчатостью как таковою, что, наоборот, складчатость представляет здесь производное явление, развивающееся вместе с перемещением крупной толщи. Между прочим, в ряде случаев установлено, что покров шарьяжа сложен даже из интрузивных пород, которые вообще не участвуют в сложной складчатости, да еще с образованием крупных лежащих форм.

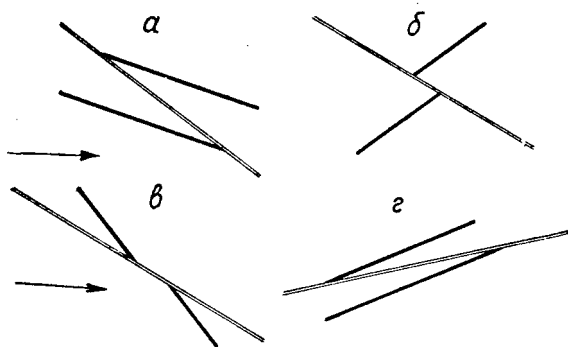
Некоторые полагают, что шарьяж может возникнуть при послойном движении осадочной толщи, вскрытой при помощи денудации в виде уступа. Такие денудационные шарьяжи, повидимому, незначительны.

Настоящие шарьяжи представляют вообще мощные постройки, слагающие целые горные системы, например, Альпы, Карпаты. Поэтому они заслуживают особого внимания, и элементы их выделяются под различными названиями (фиг. 66). Итак, часть литосферы, не участвовавшая в перемещениях и лежащая под перемещенными массами, называется автохтоном (*αὐτός* — сам, *χῶν* — место); перемещенные массы представляют, как говорят, аллохтон (*ἄλλος* — чужой). Часть аллохтона, действительно переместившаяся по поверхности литосферы, является панцырем или покровом шарьяжа. Этот панцырь имеет фронт, иногда резко возвышающийся относительно находящейся впереди равнины. Впрочем, в большинстве случаев фронтальная часть покрова подвергается значительной денудации, по мере развития этой формы. В связи с этим нередко от фрон-

рокую синклиналь, ось которой погружается на северо-запад. Каменноугольная промышленность до сих пор развивалась на восточном крыле этой синклинали, и только в последнее время промышленная разведка перешла к изучению западного крыла, вскрытие которого представляет значительные затруднения ввиду наличия здесь мощных рыхлых отложений. От основного тела Кузбасса угленосная площадь района отделяется антиклиналью нижнего морского карбона. Эта антиклиналь, как и вся структура района, была вскрыта денудацией к тому времени, когда проявилось очень резкое западное движение, приведшее сюда покров морского среднего девона, явно перекрывающий верхнепалеозойские отложения района. Впрочем, по данным разведочных работ явствует, что поверхность волочения этого покрова имеет довольно крутое падение, что под нею нет каких-либо следов древней коры выветривания и что, таким образом, мы находим здесь шарьяж в виде мощного взброса, тогда как настоящий панцырь шарьяжа, когда-то закрывавший всю угленосную площадь района, теперь уже уничтожен денудацией. В связи с этим нужно признать, что развитие подземных работ данного района под покровом дизъюнктива будет довольно ограниченным и что говорить о настоящем Томском шарьяже здесь не приходится.

6. Поддвиги и подбросы

Из теории сопротивления материалов явствует, что тангенциальное движение в литосфере может вызвать две системы трещин перемещения: одну систему трещин, падающих против

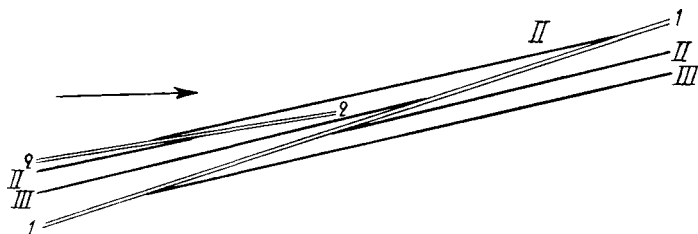


Фиг. 68. Схемы в сечениях по падению пластов для согласного подброса *а*, несогласного подброса *б*, обратного надвига *в* и прямого поддвига *г*; во всех формах движение слева, как указывают стрелки.

стресса и дающих взбросы и надвиги, и другую систему, при которой происходит перемещение лежащего крыла вниз. Таким образом теоретически обосновываются подбросы и поддвиги (фиг. 68), которые морфологически подобны соответствующим взбросам и надвигам, а также шарьяжам, отличаясь от них лишь векториальностью движения крыльев.

Очень трудно в каждом конкретном случае установить, какое крыло дизъюнктива фактически перемещалось. Поэтому приходится осторожно относиться к квалификации дизъюнктивов как подбросов и поддвигов, и едва ли правы авторы, допускающие в своих построениях наличие целого ряда поддвиговых движений. С этой точки зрения нужно отметить работу Ловеринга, который считает, что он первый доказал действительный характер поддвигового нарушения при детальном анализе одного крупного тангенциального дизъюнктива.

Обращаясь к Кузбассу, где тангенциальные дизъюнктивы столь сильно развиты, мы не находим здесь вполне доказанных нарушений данной группы; лишь кое-где встречаются совсем мелкие нарушения типа подброса или поддвига, которые связываются с нормальными взбросами, представляя результат дополнительных вспомогательных перемещений. Таков, например,



Фиг. 69. Схема сечения попаданию пластов II и III Анжерского рудника разорванных сместителем согласного взброса 1, сопровождающегося прямым поддвигом 2.

согласный поддвиг пласта II в северном поле шахты 9—10 Анжерского рудника, явно подчиненный проходящему здесь взбросу (фиг. 69).

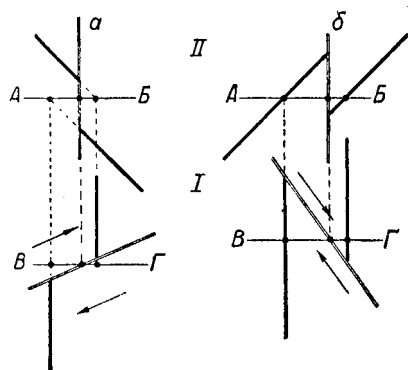
Очевидно, только при синтезе движений, захвативших крупные участки литосферы, в частности, развития древних складчатых структур, можно вывести реально подбросовые и поддвиговые нарушения. Прибавим к этому, что, по всей вероятности, перемещения данного типа должны сопровождаться более значительными явлениями раздробления вдоль сместителя, поскольку в абсолютном движении участвует лежащее крыло, движущееся притом вниз.

7. Сдвиги

Сдвиги представляют формы дизъюнктивов с перемещением в горизонтальном направлении по более или менее крутым сместителям. Из теории сопротивления материалов явствует, что эти дизъюнктивы образуются в результате действия пары тангенциальных сил.

Обращаясь к морфологии этих нарушений, мы по отноше-

нию сместителя к пересекаемой структуре можем выделить два основных вида сдвига: собственно сдвиги (фиг. 70, *а*), у которых крылья раздвигаются, и пересдвиги (фиг. 70, *б*), у которых происходит перебрасывание крыльев в горизонтальном направлении. Первая форма несколько походит на несогласный взброс, тогда как вторая форма не отличима от согласного взброса с крутым положением трещин. Очевидно, одних геометрических особенностей недостаточно для выделения сдвигов. Необходимо обратиться в данном случае к изучению самого сместителя, а также явлений изгибания пород вблизи этого сместителя. Ясно, что в случае сдвигов штрихи и борозды, обыкновенно образующиеся на стенках трещины сместителя, имеют горизонтальное направление, и породы вблизи трещины изгибаются так, что эти изгибы волочения можно увидеть лишь в горизонтальном сечении. К этому нужно прибавить, что в противополож-



Фиг. 70. Горизонтальные *I* и вертикальные по падению пласта *II* сечения прямого сдвига *а* и пересдвига *б*.

ность взбросам и надвигам, которые в подавляющем большинстве случаев подчинены складчатой структуре, сдвиги обычно пересекают эту структуру под углом, иногда — нормально. Можно даже сказать, что при сохранении векториальности тангенциального движения, вызвавшего складчатость и затем образовавшего сдвиги, последние, развивающиеся по направлению стресса, должны иметь именно поперечный характер.

Сдвиги могут иметь очень крупные размеры. Так, в связи с известным землетрясением 1906 г., разрушившим г. Сан-Франциско, проявился сдвиг по трещине, которая прослежена на протяжении более 300 км, причем перемещение, которым было обусловлено землетрясение, равняется 6,4 м; эта трещина протягивается вдоль морского берега и частью совпадает непосредственно с крутым берегом Тихого океана. Таким образом из этого примера видно, что могут быть и весьма крупные дизъюнктивы, являющиеся границей разных сред и имеющие существенно сдвиговой характер. Они образуются, очевидно, в результате каких-то крупных движений в литосфере, связанных с проявлением пары сил.

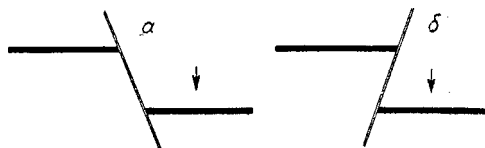
Если тангенциальное движение не перпендикулярно имеющейся структуре литосферы, то в большинстве случаев сместитель дизъюнктива приспособляется к этой структуре. В этом случае, как это видно из разложения движения по правилу параллелограмма, крыло дизъюнктива перемещается не в верти-

кальной плоскости, перпендикулярной к простиранию структуры, а в некотором наклонном направлении.

Поэтому большая часть взбросов и надвигов имеет более сложный характер, так что соответствующие формы приходится называть взбросо-сдвигами и надвиго-сдвигами. Конечно, констатирование таких сложных форм дизъюнктивов требует тщательного изучения самих сместителей, а именно штрихов и борозд на стенках трещин и направления загиба пород, прилежащих к трещинам.

8. Радиальные дизъюнктивы

Если в литосфере происходит растяжение, обусловленное различными причинами, в частности магматическими движениями, то образуются движения в вертикальном направлении. Из них наиболее известны перемещения, происходящие в силу тяжести масс, преимущественно сверху вниз. Так возникают нормальные, или прямые, сбросы (фиг. 71, а), у которых висячее крыло опускается относительно лежащего крыла, и обратные сбросы (фиг. 71, б), у которых опускается лежащее крыло.

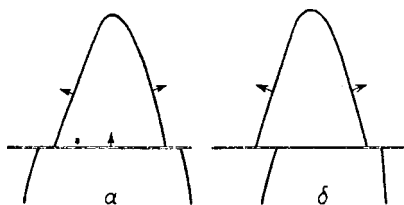


Фиг. 71. Основные формы радиальных дизъюнктивов: а — нормальный сброс; б — обратный сброс.

Последняя форма близка к взбросу, характеризуясь не растяжением, а сокращением поверхности литосферы; очевидно, она представляет лишь побочные образования, так что главная форма радиальных дислокаций — прямой сброс.

Сбросы очень часто поражают и спокойные, даже горизонтально залегающие толщи. В этом случае они легко определяются, и их нельзя смешать с тангенциальными дизъюнктивами, свойственными складчатым структурам.

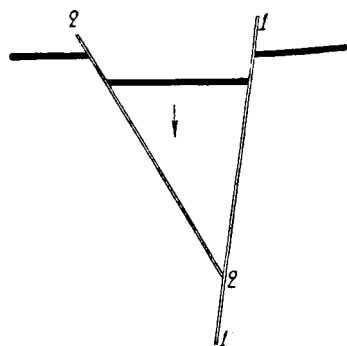
Но если сбрасыванию подвергается какая-нибудь древняя складчатая структура, то установить сброс и выделить его от других, похожих на него геометрически, дизъюнктивов, в частности от взбросов, довольно трудно. Впрочем, в подавляющем большинстве случаев сбросы являются поперечными к структуре осадочных толщ, и если



Фиг. 72. Горизонтальные сечения антиклинали с поперечным сбросом а и сдвигом б.

эту структуру, например при антиклинальных складках, можно восстановить полностью, то параллельно с этим восстанавливается и истинный характер поперечного дизъюнктива (фиг. 72).

Сбросы обычно развиваются целыми группами, причем, как минимум, образуются две трещины, падающие навстречу друг другу. В результате получается грабен (фиг. 73). Образование таких грабенов нередко объясняют одновременным перемещением по соседним трещинам. Однако в этом нет никакой

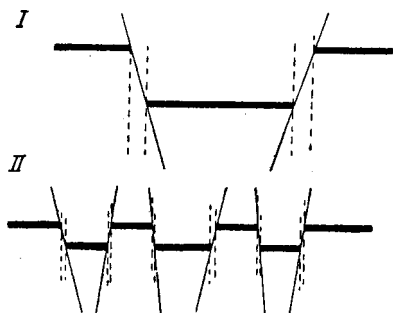


Фиг. 73. Схема нормального сброса: 1 — первичная трещина; 2 — дополнительная трещина.

необходимости. Действительно, если радиальные перемещения проявляются преимущественно при растяжении Земли или литосферы, то совершенно очевидно, что зияющие трещины могут быть уничтожены или внедрением магмы, как это нередко и бывает, с образованием даек или других магматических тел, или опусканием клиновидных участков. Таким образом грабен является элементарной формой радиальных движений. Клоос показал, что обычно сбросовые движения разбиваются на ряд таких элементарных грабенов и промежуточных горстов, образование коих является выражением, как он говорит, антитетических движений. Эти движения приводят к тому, что вместо

крупного перемещения в вертикальном направлении могут иметь место сравнительно мелкие перемещения, часто имеющие ступенчатый характер, с меньшею

затратою энергии движения (фиг. 74). Между прочим, Клоос принципом антитезиса склонен



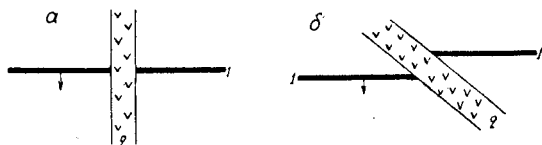
Фиг. 74. Простые парные сбросы I, заменяемые антитетическими сбросами II, при достижении одинакового сокращения.
По Г. Клоосу.



Фиг. 75. Антитетические взбросы II, наложенные на складку I, способствуют значительному сокращению поверхности.

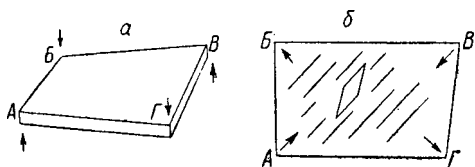
объяснять и проявление согласных взбросов при развитии складок, что экспериментально было доказано Зайдлем (фиг. 75): в этом случае достигается значительное сокращение литосферы при небольших вертикальных перемещениях.

Выше уже было указано, что многие радиальные трещины выполняются поднимающейся магмой с образованием различного типа магматических тел. Конечно, в этом случае радиального перемещения участков литосферы обычно не происходит. Интересные примеры такого именно выполнения магмой раскрывавшихся трещин мы находим в Саралинском золоторудном районе, где кварцевые золотоносные жилы очень часто пересекаются то под прямым углом (фиг. 76, *а*), то косо (фиг. 76, *б*) различной мощности дайками протеробазов, причем из соотношения крыльев кварцевых жил видно, что они лишь раздвигались, но не перемещались по этим трещинам.



Фиг. 76. Пересечение кварцевых золоторудных жил *I*, Саралинского района, дайками протеробаза *2* под прямым *а* или косым *б* углом, сопровождавшееся лишь раздвиганием, но не вертикальным смещением крыльев.

В сущности все крупные радиальные перемещения должны бы сопровождаться магматическими процессами, и если в ряде случаев мы видим сбросы без всяких следов магматической деятельности, даже без минерального выполнения термальных источников, то, повидимому, соответствующие дизъюнктивы имеют ограниченный характер, не распространялись до магматического очага.



Фиг. 77. Пример кручения, с образованием сбросо-сдвиговых нарушений, при неравномерных эпейрогенных движениях: *а* — участок плиты в аксонометрической проекции, подверженный кручению при поднятии и опускании угловых частей; *б* — тот же участок в плане, с показанием возникающих на верхней его поверхности движений и сбросо-сдвиговых трещин по стороне ромба напряжений.

При обычных сбросах перемещения происходят в плоскости по падению сместителя. Однако известны случаи и сбросо-сдвигов, висячее крыло которых перемещалось в некотором косом направлении. Повидимому, такое движение связано с некоторыми

парами сил. Конкретно можно представить проявление сбросо-сдвигов в результате даже эпейрогенных движений (фиг. 77).

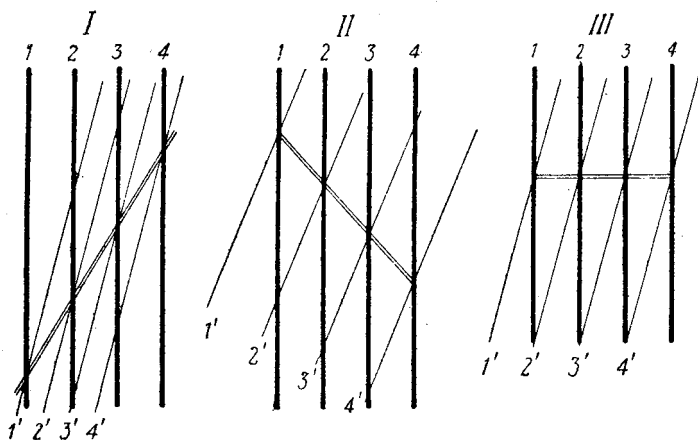
Если представить себе, что в данном районе одни участки поднимаются, а другие опускаются, то возможна комбинация движений, представленная на фигуре 77, *а*. Здесь на площади, имеющей форму неправильного четырёхугольника, два противоположных угла поднимаются, а другие два противоположных угла опускаются. В результате на данной поверхности проявляются: с одной стороны растяжение, а с другой — сжатие в виде

пары сил. Применяя ромб напряжений (фиг. 77, б), мы увидим, что верхние горизонты литосферы в данном месте разобьются трещинами, по которым под влиянием тангенциальных сил произойдут сдвиговые, а под влиянием растяжения — сбросовые перемещения.

9. Морфология сместителей

В ряде случаев анализ геологических особенностей дизъюнктивов не позволяет установить их истинный характер. В этом случае необходимо обратиться к изучению сместителей. Особенно большое значение имеют направление и характер срезания пород сместителями в рудничной практике; однако этими элементами нужно пользоваться и для решения вопросов о сущности перемещений.

В том случае, когда линии простирания пласта и трещины параллельны, линия их пересечения, или линия скрещения, занимает вполне определенное положение в пространстве, а именно она горизонтальна, что, между прочим, очень удобно для проведения подготовительных и очистных выработок. Но это бывает сравнительно редко, и обычно линия скрещения пласта и сместителя поднимается или опускается в плоскости пласта



Фиг. 78. Положение линии скрещения пласта и сместителя в горизонтальной проекции при различных их отношениях в случае согласного падения: 1, 2, 3 и 4 — горизонтالي пласта; 1', 2', 3' и 4' — одноименные горизонтали сместителя.

или другого геологического тела, занимая различное положение, в зависимости от относительного положения пласта и трещины.

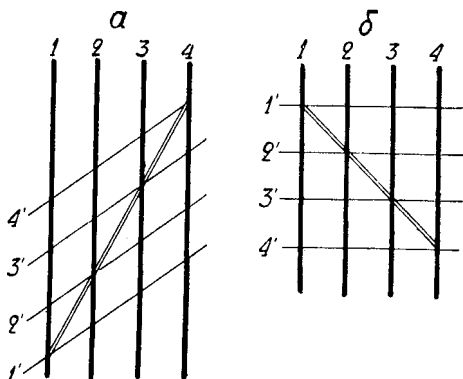
Рассмотрим сначала тот случай, когда пласт и трещина имеют согласное падение (фиг. 78). Если трещина падает круче, то

возможны случаи, когда при известном соотношении между элементами залегания пласта и сместителя линия скрещения будет совпадать с линией его падения. Такие случаи нередки, будучи интересны в том отношении, что могут быть приняты за поперечное нарушение, тогда как в действительности они часто относятся к таким сбрасывателям, которые почти совпадают с пересекаемой структурой. Вообще же при более крутом падении трещины пласт срезается по линии, которая в висячем крыле дизъюнктива обычно поднимается назад. Проще обстоит дело в том случае, когда трещина падает положе пласта: здесь линия скрещения, линия обреза пласта поднимается в висячем боку нарушения и всегда вперед, увеличивая размеры поля по восстановлению пласта.

Перейдем теперь к несогласным дизъюнктивам. Здесь отношения довольно просты: во всех случаях линия обреза висячего бока пласта поднимается вперед, притом довольно полого (фиг. 79, а), что представляет известные практические удобства, открывая большое поле для этого крыла; зато в лежащем крыле поле сокращается на большом протяжении. Отметим, что подобная форма неудобна и по слишком большому расхождению крыльев пласта, почему нужно признать ее самой невыгодной в эксплуатационном отношении.

При поперечном положении сместителя относительно простираения пласта линия скрещения висячего крыла взброса также поднимается вперед (фиг. 79, б), но сравнительно круто, и только при очень пологом падении трещины она может, уполаживаясь, представить некоторые эксплуатационные неудобства. При отвесном падении трещины линия скрещения совпадает с падением пласта, и этот случай действительно поперечного нарушения, которое может быть представлено сбросом или сдвигом, нужно отличать от согласного взброса, у которого линия скрещения иногда занимает такое же положение.

Необходимо подчеркнуть то довольно очевидное положение, что линия выхода сместителя на дневную поверхность или контуры обреза пласта на маркшейдерских планах вообще не совпадают с линией простираения сместителя.

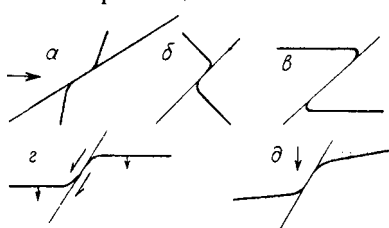


Фиг. 79. Положение линии скрещения пласта и сместителя в горизонтальной проекции при несогласном а и поперечном б их положении: 1, 2, 3 и 4 — горизонталь пласта; 1', 2', 3' и 4' — одноименные горизонталь сместителя.

Если сместитель имеет плоскостной характер, то установить морфологически действительные соответственные точки нарушения очень трудно. Но в том случае, когда этот сместитель резко изгибается, можно по соответствующим изгибам линии скрещения висячего и лежачего крыла нарушения восстановить совпадавшие до перемещения точки. Решение этой задачи представляет особенный интерес при анализе тел рудных месторождений, в частности кварцевых золотоносных жил, в которых золото распределяется неравномерно с образованием различных столбов или бананц.

Что касается поведения геологических тел вблизи сместителя, то оно бывает различным, в зависимости от отношения сместителя к структуре и от направления перемещения. Поэтому свойства геологического тела вблизи скрещения являются довольно хорошим признаком для суждения о характере самого перемещения.

Так, при согласных взбросах, обычно развивающихся при выкручивании крыльев складок и вообще при послойных перемещениях, срезание пород происходит очень аккуратно, и самое перемещение обычно не сопровождается заметными деформациями в крыльях дизъюнктивов.



Фиг. 80. Изгибы волочения пласта обратного надвига *а*, несогласного взброса *б*, поперечного взброса *в* и сброса *д* в сечениях по падению пласта и сдвига *г* в горизонтальном сечении.

метрически с трудом различимых: действительно, у сдвигов изгиб волочения проявляется в горизонтальном, а у сбросов лишь в поперечном вертикальном сечении. Впрочем, последующие движения по старым трещинам могут значительно искажать их первичные свойства. Во всяком случае изгибы волочения нужно отличать от дополнительных складок, испытавших в последующем разрыв среднего, иногда обращенного, крыла.

Кроме того, большая часть тангенциальных дизъюнктивов, особенно сложных по перемещению, имеет заметные по своей мощности зоны сместителей, в пределах которых породы более или менее сильно рассланцованы, вплоть до ультрамилонитов. Что касается сбросов, то их зоны, как это совершенно естественно, часто представляют различные брекчии

раздробления, или трения, нередко сцементированные различными минеральными новообразованиями, которые генетически связываются с анагеновыми растворами. Конечно, еще чаще сбросовые зоны залечиваются и совершенно перерабатываются магмой; впрочем, иногда и здесь остаются отдельные обломки брекчий с образованием вулканических брекчий. Что касается трещинных зон тангенциальных дизъюнктивов, то они обычно содержат лишь так называемую жильную глину перетирания горных пород, и лишь изредка в них образуются жилки минералов, характерных для катагеновых растворов; сюда относятся обычно различные окислы и карбонаты. Конечно, нередки случаи, когда сместители тангенциальных дизъюнктивов раскрываются при последующих растяжениях литосферы, и тогда они получают характер сбросовых трещин с соответствующими минеральными выполнениями. Можно даже думать, что большая часть минеральных, в частности рудных жил имела сложную историю, а именно их трещинные зоны то сдавливались, то расходились, в связи с пульсацией положительных и отрицательных движений соответствующих участков литосферы.

Особенное значение для установления направления движения при образовании дизъюнктивов имеют различные царапины, борозды, желобки и тому подобные метки на стенках сместителя.

Эти образования являются прямыми доказательствами направления движения, и при исследованиях на них необходимо обращать внимание, что, к сожалению, делается очень редко. Конечно, при этом необходимо выбирать более крупные поверхности, ибо на второстепенных поверхностях различных линзообразных участков могут быть случайные перемещения в том или другом направлении.

В общем случае все эти знаки указывают лишь на румб перемещения, но и такой материал является очень важным, ибо при помощи его можно отличить, например, сдвиг от взброса или сброса, а также установить косые перемещения типа взбросо-сдвига. Впрочем, в ряде случаев удастся установить и векториальность перемещения рассматриваемого бока сместителя, а именно, если проводить ладонью по направлению штрихов и борозд, а также более грубых знаков раздавливания или выдергивания отдельных кусков породы, то в одном направлении поверхность сместителя кажется гладкой, а в другом направлении шероховатой. В направлении шероховатости и было относительное перемещение рассматриваемого бока сместителя, или в обратном направлении — противоположного бока, ибо всякая борозда начинается с резкого и тонкого углубления, которое проводится острием того или иного объекта, в последующем раздавливаемого, с соответствующим выглаживанием и расширением такой метки.

10. Отношение между дизъюнктивными и пликативными формами

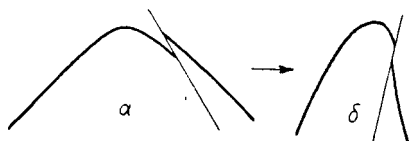
Так как литосфера в общем случае состоит из наслоенных или вообще анизотропного строения толщ, то основными структурными формами являются пликативные формы, в частности различные складки. Потому-то, совершенно естественно, в основу формирования структуры изучаемого участка литосферы обычно принимаются фазы складчатости. Однако нужно сказать, что даже в хорошо наслоенных толщах образование пликативных форм всегда сопровождается различными дизъюнктивными дислокациями; так что лучше говорить вообще о фазах тектогенеза. Конечно, совсем неправильно называть эти фазы орогенезисом, поскольку они не всегда приводят к образованию гор, которые, с другой стороны, могут получиться и при обычных эпейрогенных движениях.

Уже при самом начальном изгибании наслоенной толщи, как было показано выше, происходят межпластовые перемещения. Эти нарушения, сопровождающиеся некоторыми зонами смятия и образованием поверхностей притирания, еще усиливаются в связи с последующим выкручиванием складок уже более или менее диагенетизированных пород, причем неизбежное проявление дисгармонической складчатости находит здесь свое выражение в выдавливании целых горизонтов пород из крыльев в ближайшие замки складок, конечно, главным образом, антиклинальных.

Одних послойных перемещений недостаточно для согласования горизонтов различной компетентности, которые собираются в складки обычно подобного типа. Согласно опытам Зайдля, при изгибании пликативных толщ совершенно неизбежно образование настоящих дизъюнктивов, которые пересекают, по крайней мере, отдельные горизонты. Так возникают тангенциальные дизъюнктивы, из коих в первую очередь образуются согласные взбросы, сместители коих образуют острые углы с пластовыми элементами пересекаемой структуры. Впрочем, при различных комбинациях условий вместо согласных взбросов иногда проявляются согласные подбросы и поддвиги. Собственно это основные формы дизъюнктивов, которые тесно связываются с складками при их образовании. Однако эти формы могут при изменении складок перерастать в формы, имеющие иное отношение к элементам пересекаемой структуры, почему они и заслуживают выделения. Сюда относятся, например, прямые надвиги, часть коих, между прочим, может иметь и самостоятельное значение, образуясь под влиянием движения покрова шарьяжа над рассматриваемым участком. Затем обратные взбросы также представляют производные согласного взброса при опрокидывании сместителя в связи с выкручиванием соответствующего крыла складки.

Нужно думать, что к таким же производным образованиям получившимся за счет согласных взбросов, относятся и многие несогласные взбросы. Действительно, представим себе (фиг. 81), что на восточном крыле приведенной антиклинали в предыдущую фазу движения образовался согласный взброс. Если теперь предположить, что под влиянием западного одностороннего движения эта складка станет выкручиваться с поднятием западного ее крыла и с постепенным выкручиванием, а затем опрокидыванием сместителя взброса, то произойдет обратное перемещение крыльев этого дизъюнктива, и он получит форму несогласного взброса. Конечно, при этой перестройке прилегающие к сместителю крылья пластов подвергнутся значительным деформациям.

Все эти тангенциальные дизъюнктивы, как тесно связанные со складчатостью, хорошо подчиняются складчатой структуре, и обычно их сместители не пересекают замков складок (фиг. 59), которые являются шарнирами этих нарушений, величина перемещения коих увеличивается по мере удаления от таких шарниров. Однако те тангенциальные дизъюнктивы, сместители которых секут структуру под более или менее значительным углом, т. е. захватывают значительную толщу пород, имеют,



Фиг. 81. Перерастание согласного взброса *a* в несогласный взброс *б* при опрокидывании соответствующего крыла складки в результате ее последующего выкручивания.

вероятно, и вполне самостоятельное значение, представляя иное выражение складчатости, или, вернее, сокращения данного участка литосферы под влиянием тангенциального движения. Несомненно, таково происхождение дизъюнктивов в телах магматических пород, а также в уже сильно закрепленных диагенезисом и магматическими интрузиями осадочных формациях.

Особенно интересно влияние жесткого фундамента на структуры вышележащей осадочной толщи при образовании в ней складок. Естественно, что этот фундамент приспособляется к складчатости толщи существенно путем дизъюнктивов, которые, с другой стороны, продолжаясь в толщу, усложняют ее складчатые формы, особенно в нижних горизонтах. С этой точки зрения очень эффектны структуры на границе двух несогласных и испытавших разновременную складчатость формаций.

Из взбросо-надвиговых форм обратные надвиги с пологим сместителем представляют в большинстве случаев самостоятельные образования, притом приуроченные к верхним горизонтам литосферы, где трещины скалывания могут занимать положение согласно закону Гартмана. Только при скорлуповатых, изогнутых сместителях взбросов обратные надвиги могут проявляться и в более глубоких горизонтах (см. фиг. 64). Согласно

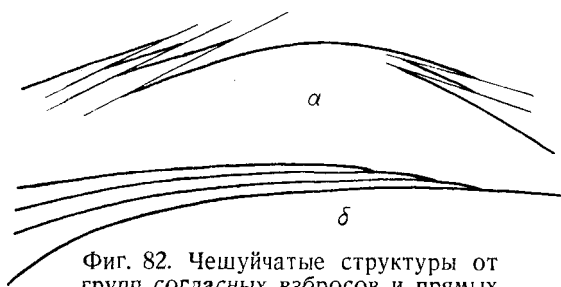
тому же закону, в более глубоких горизонтах литосферы, естественно, должны проявляться преимущественно взбросы.

Обратные надвиги в глубину могут перерастать во взбросы, а у самой поверхности литосферы, при наличии упора, и в шарьяжи.

Что касается шарьяжей, то они не представляют непосредственного развития лежащих складок. Зато довольно часто встречаются складки-взбросы, получившиеся из опрокинутых складок при разрыве их обращенного крыла.

Сдвиги и сбросы прямой связи со складчатой структурой вообще не имеют, причем в подавляющем большинстве случаев они секут складки под прямым углом или в диагональном направлении. Связь сбросов со складками проявляется только в том случае, когда резко выраженная антиклиналь имеет ось, сильно изгибающуюся в вертикальном направлении: здесь в результате реакции проявляются поперечные сбросы. Более ясна генетическая связь сбросов с структурными волнами, о чем выше уже было упомянуто. В сущности радиальные формы дизъюнктивов обычно и образуются в связи с проявлением соответствующих эпейрогенных движений. С другой стороны, нельзя забывать и того обстоятельства, что отрицательные эпейрогенные движения приводят к складчатости.

Структурные формы, особенно формы дислокаций, обычно проявляются целыми группами. Это вполне ясно в отношении складок, но и дизъюнктивы в подавляющем большинстве случаев также проявляются целыми группами. Во всяком случае анализ тектоники месторождений Кузбасса показал, что обычно дизъюнктивы, образуя параллельные группы, приводят к так на-



Фиг. 82. Чешуйчатые структуры от групп согласных взбросов и прямых надвигов а, также многоярусные шарьяжи б.

зываемым чешуйчатым структурам (фиг. 82). Интересно отметить, что и шарьяжи почти всегда встречаются группами, слагая многоэтажные чешуйчатые постройки. Это чешуйчатое строение приводит к повторению ряда горизонтов, представляя, сле-

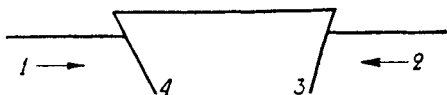
довательно, более обычные образования, чем изоклинальные структуры, представляющие ряд параллельных опрокинутых складок.

От собственно чешуйчатой структуры нужно отличать веерообразное расхождение сместителей тангенциальных дизъюнктивов, обусловленное, например, приспособлением их к складчатой структуре.

Особенный интерес представляет одновременное образование дизъюнктивных нарушений со сместителями, падения которых направлены в разные стороны. Мы уже видели, что сбросы естественно проявляются группами, будучи четными: эти антитетические движения разбивают перемещающийся участок на перемежающиеся горсты и грабены (см. фиг. 74). Менее ясен вопрос об одновременном образовании взбросов, поражающих различные крылья складок. В некоторых случаях такие взбросы имеют разный возраст, будучи проявлениями тангенциальных движений, шедших с разных сторон. Однако это может быть доказано только в том случае, если удастся констатировать взаимное пересечение с соответствующим перемещением рассматриваемых дизъюнктивных форм. Чаще эти дизъюнктивы образуются одновременно при общем изгибании данной толщи, согласно принципу Зайдля или принципу Клооса — принципу антитетических движений в изгибающейся толще (см. фиг. 75).

Увязывая большую часть тангенциальных дизъюнктивов со складчатостью разных фаз ее проявления, нельзя, конечно, забывать и того, что тангенциальные движения с течением времени изменяют свою векториальность. Поэтому вполне возможны различный возраст и взаимное пересечение тангенциальных дизъюнктивов.

Менее ясен вопрос о механизме выталкивания горстов, а также образования производных грабенов при тангенциальных движениях (фиг. 83). Исследованиями установлено, что многие возвышенности и целые горные системы, например Кузнецкий Алатау и Западный Саян, представляют горстовые образования, получившиеся, однако, в результате не радиальных, а тангенциальных движений с ясными взбросами и надвигами по периферии этих горных систем, причем дизъюнктивные зоны обычно падают под возвышенность. Некоторые полагают, что эти дизъюнктивные зоны различного направления падения образовались в разное время под влиянием тангенциального движения, шедшего сначала с одной, а затем с другой стороны. Однако такое решение вопроса является искусственным; кроме того, трудно доказать его правильность. Более вероятно, что подобные тангенциальные горсты образуются при одновременном движении по периферии или в результате антитезиса при изгибании данного крупного участка литосферы или при комбинации взброса и подброса на противоположных участках возвышенности.



Фиг. 83. Схема горста, образованного при тангенциальных движениях или одновременно с обеих сторон 1 и 2, и в этом случае 3 и 4 являются взбросами, или лишь с одной стороны, например, по направлению 1, и тогда 3 есть взброс, а 4 — подброс. Возможно и разновременное движение по 1 и 2.

ТРЕЩИНОВАТОСТЬ ГОРНЫХ ПОРОД



Горные породы всегда обладают трещинами, иногда густо расположенными. Если исключить трещины выветривания, которые часто бывают распределены беспорядочно, то нормальные трещины, свойственные породам и встречающиеся в них на любой глубине, распределены закономерно в телах горных пород, а следовательно, указывают своим расположением на известную закономерность в образовании и в дальнейшей жизни соответствующей толщи. Поэтому трещиноватость горных пород заслуживает внимания, тем более, что эти трещины можно наблюдать в любом обнажении горной породы. Вообще это очень интересные геологические элементы, еще недостаточно расшифрованные и привлекавшие недостаточное внимание, сравнительно, например, с формами дислокаций.

Нет еще более или менее определенной классификации трещин горных пород. В прежнее время они делились на диаклазы и параклазы, причем диаклаза получается без перемещения, а параклаза с перемещением вдоль трещины. Однако такое расчленение трещин является неудобным, ибо оно не имеет генетического характера, да и движение захватывает почти все трещины, по крайней мере в последующей жизни породы. Нередко еще говорят об энтокинетических и экзокинетических трещинах. Эта классификация является как будто генетической, ибо первые трещины образуются в результате изменения пород, а последние под влиянием какого-нибудь внешнего по отношению к горной породе движения. Но и эта классификация не может быть проведена, ибо энто- и экзокинетические трещины очень часто переходят друг в друга. Более правильно разделять трещины горных пород по характеру движения, вызвавшего их образование. С этой точки зрения выделяют отдельность, получающуюся при растяжении, и кливаж, перерастающий в сланцеватость, при сжатии. Конечно, между этими типами трещиноватости существуют взаимные переходы, но такое положение свойственно вообще всяким образованиям.

1. Первичная отдельность

Первичная отдельность — это отдельность в тесном смысле, а также энтокинетическое образование. Трещины такой отдельности получаются при натяжениях, которые являются следствием охлаждения преимущественно магматических пород и высыхания осадочных пород. Они располагаются параллельно и перпендикулярно к поверхностям охлаждения или отдачи воды, будучи обычно взаимно перпендикулярными и разбивая породу на формы кубической, параллелепипедальной или призматической отдельности. Впрочем, в ряде случаев текстура породы оказывает влияние на распределение этих трещин. Так, шаровые граниты обладают и соответствующей отдельностью. Интересно, что и шаровая отдельность некоторых осадочных пород, например песчаников, также указывает на некоторое радиальное и концентрическое расположение компонентов этих пород, согласно анализу с применением универсального оптического метода Федорова. Все эти трещины отдельности в свежих породах на значительной глубине едва намечаются, будучи аналогичны трещинам спайности минералов, и там породы нередко кажутся совершенно сплошными, массивными. Однако крупные блоки на поверхности, под влиянием выветривания, которое отчетливо выявляет трещиноватость, довольно быстро распадаются на ряд более мелких глыб. Вообще получение крупных глыб горных пород, например для строительных целей, представляет немало затруднений, тем более, что, кроме данных трещин отдельности, почти все породы в последующей своей жизни испытывают различные давления или движения, в связи с чем подчеркиваются, развиваются существующие и образуются новые трещины как отдельности, так и сланцеватости.

2. Отдельность при тектонических движениях

а) Отдельность осадочных толщ. Наиболее рельефно описанная первичная отдельность осадочных пород должна проявляться в том случае, когда они залегают спокойно, т. е. горизонтально, и образуя пологие структурные формы, ибо в этом случае первичные трещины не должны бы замаскироваться трещинами от различных движений. Кроме того, поскольку породы индивидуальны, каждый пласт или горизонт осадочной толщи должен иметь свои трещины отдельности, например, располагающиеся то гуще, то реже. Однако в ряде случаев даже спокойно залегающая толща как бы прорывается сплошными трещинами отдельности, которые секут эту толщу, не дифференцируясь по различным ее горизонтам. Очевидно, эти трещины не являются уже первичными, а возникли в результате хотя бы и слабых движений, которые испытала осадочная толща. Американский тектонист Невин в своем курсе

структурной геологии, выдвигая эту трещиноватость, хотел бы поставить ее в связь с тангенциальными движениями. Однако сделать такую увязку ему не удастся, при различных вариациях отношения предполагаемого тангенциального движения к элементам залегания толщи. Вопрос разрешается просто, если иметь в виду, что нет спокойно залегающих осадочных толщ, которые не принимали бы участия хотя бы в слабых эпейрогенных движениях, обуславливающих их пологую волновую структуру, а при таких движениях, как было показано выше, естественно проявляются трещины со склонностью к некоторым радиальным перемещениям, т. е. эти трещины образуются в результате растяжения.

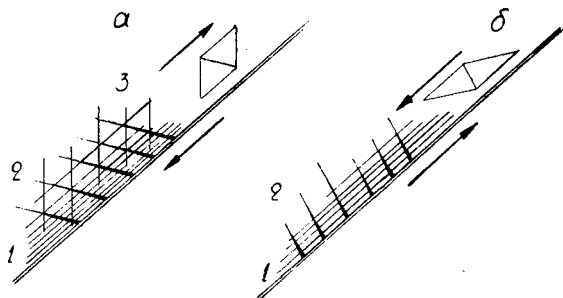
Рассматриваемые трещины отдельности толщ располагаются достаточно закономерно. Одна система трещин, имея почти вертикальное падение, пересекает структурные валы в поперечном к их длине направлении; другая система трещин, перпендикулярных к первым, располагается по простиранию осадочных пород, имея несколько варьирующее падение, так как они стремятся расположиться перпендикулярно к наложению толщ. Нужно думать, что эти трещины перекрывают первичную отдельность, которая, вероятно, не успела еще проявиться надлежащим образом, когда осадочная толща пришла в волновое движение с образованием рассматриваемой трещиноватости.

Конечно, кроме рассмотренных двух систем, в осадочных породах проявляется еще третья система трещин, параллельных наложению. Наблюдения показывают, что эта система является уже индивидуализированной, а именно: трещины располагаются гуще в мало компетентных мягких горизонтах и реже в более компетентных, например песчаниковых, горизонтах. Нужно думать, что такая пластовая отдельность в значительной степени является кливажем и даже сланцеватостью, возникшими под влиянием тяжести вышележащих толщ. Так, между прочим, возникают даже сланцеватые глины, очевидно, несколько раздавленные статическим давлением в пластическом состоянии и иногда не успевшие еще подвергнуться окаменению от диагенезиса.

б) Отдельность изгиба. Мы уже видели (фиг. 45), что при изгибании компетентных горизонтов на внешней их стороне проявляется растяжение. Так получают, особенно в замках антиклиналей, продольные трещины отдельности, иногда имеющие даже зияющий характер и нередко выполненные какими-нибудь минеральными образованиями, вещество коих в большинстве случаев отлагается циркулирующими водами из боковых пород. Конечно, эти трещины индивидуальны для каждого горизонта более или менее крепких пород, причем приурочиваются лишь к наружной части изгиба, ибо внутренняя сторона сводов испытывает не растяжение, а сжатие.

в) Рубцовые трещины. Всякое перемещение по сместителю дизъюнктива, кроме параллельных трещин местной сланцеватости, обычно сопровождается еще образованием рубцовых трещин отдельности в результате растяжения при таком движении. Действительно (фиг. 84), в результате трения, особенно в перемещающемся крыле при наличии резкого трения,

Фиг. 84. Образование сланцеватости срезания 1 и рубцовых трещин растяжения 2 в перемещающемся крыле взброса *a* и сброса *б*, иллюстрируемое применением ромба напряжения; изредка проявляется и вторая система трещин скалывания 3.



развивается пара сил. Применяя ромб напряжения, мы увидим, что в перемещающемся крыле действительно проявится растяжение по наибольшей оси соответствующего трехосного эллипсоида напряжений и, следовательно, перпендикулярно к этой оси и параллельно наименьшей оси эллипсоида образуется трещиноватость растяжения, причем эти трещины постепенно затухают по мере удаления от сместителя, также обычно выполняются каким-нибудь минеральным веществом.

Нужно отметить, что по относительному расположению рубцовых трещин можно в некоторых случаях различить взброс от сброса, а именно у взброса рубцовые трещины располагаются более полого, чем у сброса.

г) Отдельность при кручении. Еще старые опыты Добрэ с кручением стеклянной пластинки показали, что в ней довольно легко проявляются диагональные трещины растяжения. В естественной обстановке литосферы такое кручение можно представить себе так, как показано выше на фиг. 77 (см. стр. 63).

Выше было уже показано, что если участок литосферы испытывает волнообразное эпейрогенное движение, то в нем естественно проявляются крутящие моменты, и соответствующие горизонты разбиваются трещинами. Частично под влиянием растяжения по некоторым из этих трещин произойдут сбросо-сдвиговые перемещения.

Повидимому, кручение пользуется довольно значительным распространением в литосфере. К сожалению, до сих пор это явление очень плохо изучено, и даже не предложено методики для надлежащего анализа и установления соответствующих форм как дислокаций, так и трещиноватости.

3. Тектоника интрузивов

Интрузивные тела разбиваются большим количеством трещин, в частности трещин отдельности. Долгое время на них не обращали надлежащего внимания, и геологические исследования, более или менее детальные в области распространения осадочных пород, обыкновенно останавливались перед массивами интрузивных пород, в которых как будто нечего было делать. Но Г. Клоос разработал методику исследования трещиноватости интрузивов, поставивши их в связь с формой интрузивных тел и с развитием массивов при окончательном их формировании. Эта методика оказалась весьма плодотворной и помогает, с одной стороны, восстанавливать форму тела, а следовательно, и структуру вмещающего континента, а с другой стороны, находить закономерности в распределении и в проявлении различных дайковых и жильных образований, связанных с интрузивами.

Основные исследования Г. Клооса были приурочены к гранитным интрузивам, для которых он восстановил в большинстве



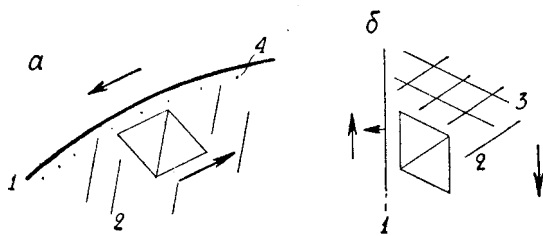
Фиг. 85. Схема гранитного лакколита по Г. Клоосу в вертикальных поперечном по II—II (а) и продольном по I—I (б) сечениях: 1 — пластовая отдельность L ; 2 — продольная отдельность S ; 3 — поперечная отдельность Q ; 4 — волокнистость F .

случаев форму односторонних крупных лакколитов, имеющих более или менее значительный приводной канал (фиг. 85). Пространство для этого тела получается в результате набухания магмы, которая давит как на кровлю, так и на боковые поверхности, особенно по простиранию получающегося тела. Следовательно, внутри застывающей магмы получается так называемая волокнистость F по продольным линиям, отвечающим растеканию магмы по простиранию и более или менее параллельным кровле. Вдоль этой волокнистости располагаются длинными осями резко выраженные призматические кристаллы породы, например порфировидные вкрапленники полевых шпатов, а также шлиры и отдельные листочки биотита, заимствованного существенно из боковых пород. Затем, примерно, параллельно поверхности охлаждения, а также и общей поверхности разбухания магмы образуются пластовые трещины

отдельности L , которые в случае лакколитов занимают обыкновенно пологое положение. Конечно, эти трещины отдельности проходят через волокнистость. Естественно, что через ту же волокнистость проходит другая система трещин отдельности, более или менее перпендикулярная к первой и обычно крутая; это продольные трещины отдельности S . Наконец, совершенно естественно проявляется третья система трещин отдельности, которая в данном случае ориентируется нормально к предыдущей или нормально к волокнистости, будучи также достаточно крутой, но в связи со сводообразным характером кровли располагающаяся обычно несколько веерообразно. Это поперечная отдельность Q .

Так располагаются, в связи с внутренней структурой магматических тел, зависящей от движения магмы, три основные системы трещин отдельности. Из этих трех систем особенно значительное растяжение испытывают трещины пластовые и поперечные, как нормальные к разбуханию магмы и к последующему ее сокращению. Во всяком случае некоторые из этих двух систем трещин получают зияющий характер, и они предпочтительно получают дополнительные порции магмы, давая различные аплитовые и лампрофировые дайки, а также выполняются эманационными продуктами с образованием минеральных жил. Естественно, что наиболее часто ассоциируют все эти образования с крутыми поперечными трещинами. Впрочем, большая часть трещин отдельности, наметившихся при охлаждении и сокращении интрузивного массива, находится, так сказать, в потенциальном состоянии и часто проявляется лишь при взрывах или вообще при обработке каменного материала, а также и при выветривании, которые подчеркивают всякую трещиноватость горных пород.

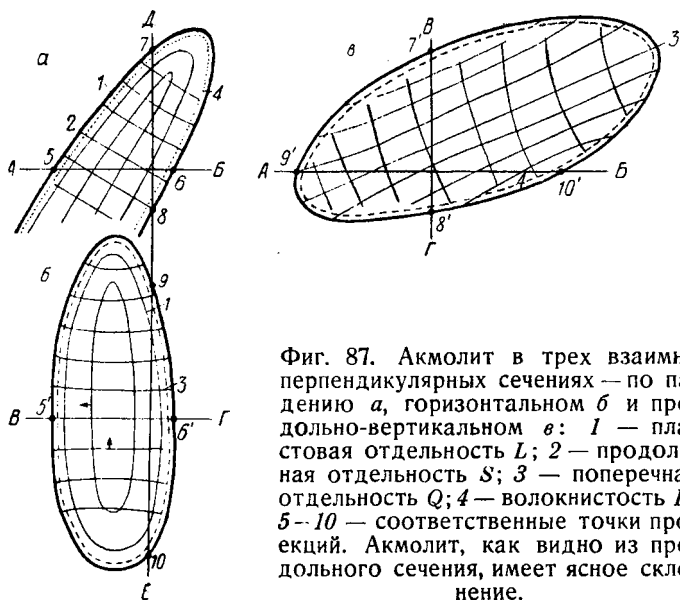
Кроме описанных основных трещин отдельности, при помощи которых легко восстановить форму интрузивного тела и которые имеют особенное значение в образовании даек и жил, интрузивы бывают разбиты иногда диагональными трещинами. Среди них можно выделить несколько систем. Так, одни трещины имеют простирание, отвечающее примерно простиранию волокнистости, и падение под углом к продольной отдельности. Эти трещины возникают, вероятно, в результате скольжения



Фиг. 86. Апикальная часть интрузива в поперечно-вертикальном сечении a с проявлением пары сил от оседания кровли и горизонтальное сечение интрузива b с парой сил от косо го движения континента: 1 — контакт интрузива; 2 — диагональная отдельность растяжения; 3 — трещины скалывания; 4 — волокнистость.

наклонной кровли при сокращении интрузивного тела, где развивается пара сил и проявляются трещины растяжения по короткой диагонали ромба напряжения (фиг. 86, *а*).

Но в гранитных массивах встречаются трещины с крутым падением при диагональном простираии по отношению к простираию основных трещин. Эти трещины возникают, вероятно, в результате действия пары горизонтальных сил при соответствующем, косом по отношению к простираию интрузивов, движении данного участка литосферы (фиг. 86, *б*). Отметим, что, кроме диагональных трещин растяжения, здесь проявляются еще диагональные трещины скалывания. Конечно, лишь те диагональные трещины, по которым происходит растяжение,

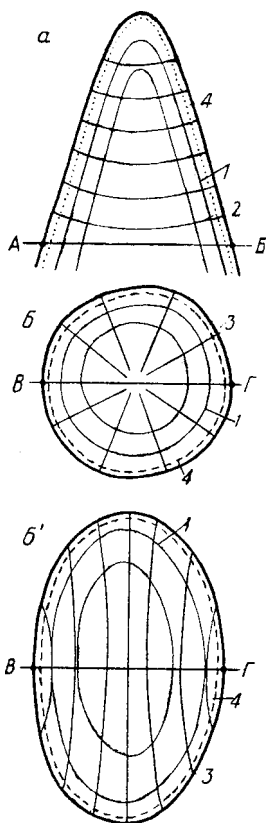


Фиг. 87. Акмолит в трех взаимно перпендикулярных сечениях — по падению *а*, горизонтальном *б* и продольно-вертикальном *в*: 1 — пластовая отдельность *L*; 2 — продольная отдельность *S*; 3 — поперечная отдельность *Q*; 4 — волокнистость *F*; 5–10 — соответственные точки проекций. Акмолит, как видно из продольного сечения, имеет ясное склоение.

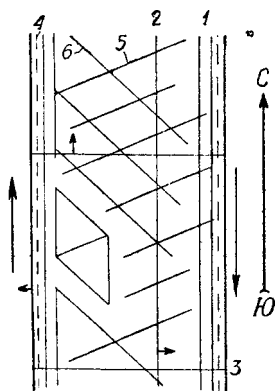
выполняются различными минеральными образованиями. Отметим еще, что по диагональным трещинам скалывания нередко наблюдаются горизонтальные штрихи скольжения, ясно указывающие на сдвиговый характер соответствующих перемещений и на их происхождение.

Кроме лакколитов, большим распространением пользуются акмолиты, т. е. конкордантные интрузивные тела, подчиненные крутой структуре континента. Обычно эти тела, как и минеральные жилы и линзы, обладают ясно выраженным наклоном (фиг. 87). В применении к такому интрузивному телу пластовые трещины занимают большую часть крутое положение, будучи параллельны контурам тела. Что касается „продольных“ трещин, то они здесь являются достаточно пологими,

проходя по волокнистости. Наконец, поперечные трещины имеют действительно ясно выраженный поперечный характер, будучи, впрочем, на протяжении несколько изогнутыми, так как они стремятся быть перпендикулярными к контурам тела, т. е. поверхностям охлаждения. Интересно отметить, что эти поперечные трещины имеют падение, примерно, по среднему склонению данного интрузивного тела. Конечно, дайки и минеральные жилы приурочиваются в первую очередь к пластовым трещинам, имеющим в данном случае продольный характер, а затем и к поперечным трещинам. Впрочем, в зависимости от условий сокращения интрузивного тела, минерализация приурочивается иногда в первую очередь к поперечным трещинам. Конечно, и в данном случае иногда образуются диагональные трещины нескольких порядков.



Фиг. 89. Схема куполовидного штока в вертикальном *а* и горизонтальном *б, б'* сечениях: 1 — пластовая отдельность *L*; 2 — продольная отдельность *S*; 3 — поперечная отдельность *Q* в круглом *б* и вытянутом *б'* горизонтальных сечениях; 4 — волокнистость *F*.



Фиг. 88. Горизонтальное сечение дайки, падающей на запад и испытывавшей действие пары горизонтальных сил: 1 — пластовая отдельность *L* и последующая трещиноватость скалывания; 2 — продольная отдельность *S*; 3 — поперечная отдельность *Q*; 4 — волокнистость *F*; 5 — диагональная отдельность; 6 — диагональная трещиноватость скалывания.

Особенно резко выражаются диагональные трещины в крутых дайках (фиг. 88): они определяют собой анизотропную структуру интрузивного тела, которая контролирует горизонтальные движения, происходящие обычно в порядке пары сил.

Несколько своеобразно положение основных трещин отдельности в интрузивных телах, имеющих форму купола или штока (фиг. 89). Здесь волокнистость, проявляющаяся, как обычно, в параллельном расположении призматических минеральных компонентов, отвечает как бы изогипсам интрузивного тела. Поэтому пластовые трещины, будучи концентрическими, параллельны контурам тела. Что касается „продольных“ трещин, то они фактически распо-

лагаются очень плоско, имея вид часовых стекол, обращенных вогнутостью кверху. Наконец, поперечные трещины, более или менее крутые, у правильных куполов располагаются радиально, а у вытянутых форм — в виде поперечных трещин, которые изгибаются, будучи нормальны к поверхности ограничения интрузивного тела. Между прочим, применяя методику изучения внутренней тектоники по трещинам отдельности и по распределению волокнистости, Г. Клоос показал, что известное куполовидное тело горы Драхенфельс в Германии, принимавшееся ранее за эффузивный купол, фактически имеет интрузивный характер, будучи совершенно конкордантным по отношению к вмещающим осадочным породам.

4. Тектоника минеральных жил

Итак, поперечные пластовые трещины отдельности, а также некоторые диагональные трещины в интрузивах, выполняются минеральными образованиями, давая различные минеральные жилы, в частности — рудные. В других случаях, а именно при достаточной разбитости континента, эманации имеют возможность выйти в апикальную часть над интрузивным телом и отложить минеральные вещества в трещинах континента. Анализ структуры и текстуры минеральных жил, а также парагенезис минералов показывают, что эти трещины выполняются минеральным веществом не сразу, а в целый ряд фаз, когда трещины раскрываются и минеральные растворы имеют возможность проникнуть в эти трещины, и что в промежутках между этими фазами трещины не только закрываются и становятся, таким образом, недоступными для эманационных струй, но и подвергаются сжатию с раздроблением как части уже отложенных минеральных образований, так и боковых пород. Во время этих промежутков эманации, вследствие изменения физико-химических условий, главным образом вследствие понижения температуры, изменяют свой состав, почему весь процесс минералообразования получает непрерывно-прерывистый характер, с выделением ясно отличающихся друг от друга минеральных генераций.

Промежуточное раздавливание выполнения трещин и боковых пород совершенно ясно устанавливается по обычно проявляющейся в минеральных жилах брекчиевидной текстуре различного типа. Кроме того, во время этого сжатия нередко происходит и перемещение вдоль трещинных зон с образованием различных полостей, обладающих обычно наклоном. Такие полости получаются в том случае, когда трещины имеют не совсем правильный, изогнутый характер, каковыми они обычно и бывают (фиг. 90). Естественно, что в этих полостях перед появлением минеральных растворов иногда находятся обломки

боковых пород, которые и обуславливают кокардовую текстуру многих минеральных образований. С другой стороны, последующие растворы, устремляясь преимущественно по полостям как наиболее удобным путям перемещения, в них и оставляют свои минеральные вещества, давая различные столбы, гнезда и бонанцы.

Таким образом детальный анализ минеральных жил, осуществимый в рудничной практике, показывает, что развитие интрузивов происходит в результате борьбы двух противоположных начал, а именно — расширения и сжатия. Такая пульсация свойственна вообще развитию Земли, как это будет установлено далее. В отношении к саморазвитию интрузивного процесса нужно заметить, что он естественно происходит сначала с ускорением, а затем с затуханием вплоть до того момента, когда корни интрузии перейдут в твердое агрегатное состояние, и движения, связанные с образованием магмы, прекратятся. В связи с этим первые моменты жизни интрузивов характеризуются появлением большого количества различных дополнительных интрузивных тел, а также даек. Позже, в начале затухающей деятельности интрузива, появляются многочисленные и более или менее длинные минеральные жилы, которые при последующем дополнительном их формировании получают новый минеральный материал на все более узких и вообще ограниченных участках.

Вообще анализ минеральных жил показывает, что самое разделение трещиноватости горных пород на отдельность и сланцеватость является несколько условным, ибо эти формы при развитии движений нередко переходят друг в друга.

5. Кливаж, или сланцеватость срезания

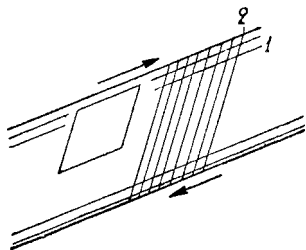
Эта трещиноватость, связанная не с растяжением, а со сжатием, при котором происходит скалывание или срезание, прежде всего характерна для складчатых толщ, проявляясь по получении осадочными породами определенной жесткости или хрупкости, при которых невозможна пластическая деформация, связанная со складчатостью.

Итак, когда осадочные породы получают достаточно хрупкий характер, то при дифференциальном движении между пластами, подвергающимися складчатости, в горизонтах, прежде всего некомпетентных, возникают напряжения со скалыванием по направлению сторон ромба напряжения (фиг. 91). Здесь некомпетентный горизонт в своей кровле подвергается действию перемещения выше залегающего компетентного слоя по направлению к седлу антиклинали, тогда как в почве этого

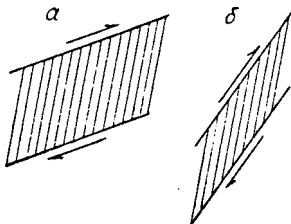


Фиг. 90. Образование полостей при смещении боков скорлуповатой трещины.

горизонта имеется обратное движение. Так проявляется ромб напряжения с соответствующим скалыванием, причем скалывание по стороне ромба, параллельной наложению пород, приводит к трещинам, совпадающим с первичной пластовой отдельностью, от которой эти трещины отличаются своей притертостью и некоторым смятием ближайших участков пород.



Фиг. 91. Сечение по падению западного крыла антиклинали мало компетентного пласта, испытывающего при выкручивании складки действие пары сил: 1 — послойные трещины скалывания, совпадающие с послойною отдельностью; 2 — трещины кливажа. Трещины растяжения по малому диаметру ромба напряжения почти не проявляются.

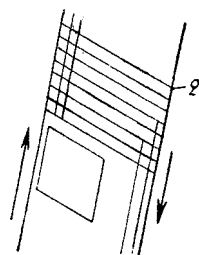


Фиг. 93. Уменьшение мощности пласта а при его выкручивании б как выражение дисгармонической складчатости, в связи с перемещениями по трещинам скалывания кливажа, имеющими сбросовый характер.

(фиг. 93), чем, между прочим, и достигается проявление дисгармонической складчатости в некомпетентных горизонтах, если в свое время здесь не успели образоваться дополнительные складки. Если же перед диагенезисом породы проявились дополнительные складки в замках основных складок, нередко

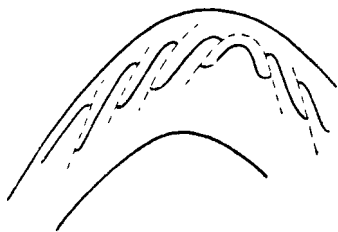
Более резко выражается, имея индивидуальный характер, вторая система трещин скалывания, собственно кливаж, который в большинстве случаев имеет согласное с пластом, но только более крутое падение. Впрочем, если порода становится диагенетизированной уже в достаточно крутом положении, то при дальнейшем выкручивании соответствующей складки в этом горизонте кливаж получает пологое падение, несогласное с падением пласта (фиг. 92).

Если кливаж успел уже образоваться при достаточно пологом залегании данного горизонта, то при выкручивании последнего не образуется новый кливаж, а старый кливаж получает все более крутое положение, что возможно лишь при относительном смещении партий породы, на которые она разбивается кливажем, в данном случае перерастающим в местную сланцеватость скалывания. Нетрудно видеть, что при этих дифференциальных перемещениях мощность осадочного горизонта уменьшается



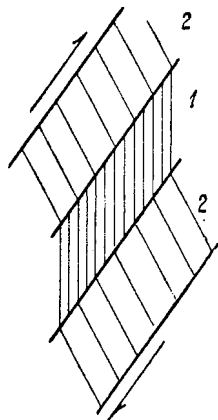
Фиг. 92. То же, что и на предыдущем разрезе, но порода затвердела уже в крутом положении пласта, и при дальнейшем его выкручивании образовался кливаж с более пологим падением.

имеющие пloyчатый характер, то здесь кливаж или местная сланцеватость скалывания имеет вид мелких, разорванных перемещениями (псевдокливаж) складок (фиг. 94).



Фиг. 94. Схема пloyчатости-кливажа в некомпетентном пласте среди резко компетентных горизонтов; дополнительные складочки-плойчатость, возникшие еще при слабом диагенезе породы, разорвались трещинами скалывания кливажа при дальнейшем выкручивании складки.

Конечно, и в компетентных горизонтах происходят дифференциальные перемещения с образованием кливажа, но последний имеет здесь гораздо более слабое выражение, трещины располагаются значительно реже и имеют другой угол падения сравнительно с более подвижными некомпетентными горизонтами (фиг. 95).



Фиг. 95. Дифференциальный кливаж в породах менее (1) и более (2) компетентных.

Местная сланцеватость скалывания проявляется обычно и в боках сместителей дизъюнктивов, причем трещины располагаются параллельно сместителю. Степень рассланцовки боков сместителя и ширина пояса рассланцовки зависят от длины перемещения, от глубины его проявления и от ряда других факторов, в частности от типа дизъюнктива (фиг. 84). Отметим, что, кроме сланцеватости вблизи сместителя, образуются еще рубцовые трещины растяжения.

6. Сланцеватость истечения

Горные породы, попадая на значительную глубину, находятся в напряженном состоянии от давления со всех сторон, довольно быстро переходя при этом в диагенетизированную фазу, причем здесь структура, обусловленная наложением, первичными трещинами, теряет свой анизотропный характер и вся масса пород становится более или менее однородной. Поэтому, когда на этих глубинах возникает одностороннее движение, то стресс разряжается не складками или отдельными дизъюнктивами, а истечением вещества пород кверху, к месту наименьшего давления, с соответствующим сжатием по направлению стресса. В зависимости от глубины залегания это истечение проявляется различным образом. На глубинах эпизоны породы разбиваются бесчисленным количеством трещин скалывания, которые, согласно закону Гартмана, занимают очень крутое положение, будучи наклонены в ту сторону, откуда действует стресс. Эти тре-

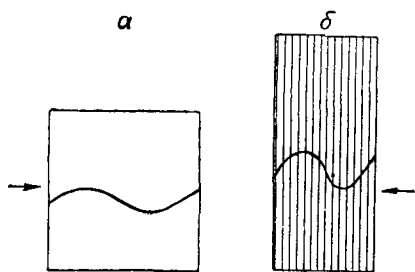
щины сланцеватости секут первичную структуру в одном направлении, причем в ряде случаев, а именно в замках складок, они пересекают структуру под прямым углом. Равным образом, если стресс, вызвавший рассланцовку, был не перпендикулярен к простиранию формаций, то и сланцеватость будет пересекать породы под углом к их простиранию.

Достаточно однородные и тонкозернистые породы, например аргиллиты, разбиваются при этом параллельными, гладкими и очень густо расположенными трещинами сланцеватости, которые имеют характер притертых, а иногда являются и тонко рубчатыми. Что касается крупнозернистых пород, которые состоят из компонентов различных физических свойств, то они разбиваются менее густыми и менее правильно расположенными трещинами, очень часто скорлуповатыми, выделяющими из породы линзовидные участки, которые и перемещаются друг относительно друга, примерно, в таком порядке, как это было установлено выше для послойных перемещений (см. фиг. 54). Естественно, что при этом перемещении по близко расположенным трещинкам минералы линзочек раздробляются, развальцовываются и т. п., в частности, листочки слюды и лейсты плагиоклаза изгибаются, зерна кварца распадаются на вытянутые полисомы, или во всяком случае внутри зерен кварца происходят перемещения с проявлением облачного погасания, в зернах кальцита, а также других минералов, образуются двойники скольжения и т. п.

На более значительных глубинах, в связи с этими движениями, при которых развивается дополнительное тепло, происходит не только раздробление минералов, все более тонкое, но и перекристаллизация вещества с образованием различных кристаллических сланцев регионального метаморфизма. Нужно отметить, что эта перекристаллизация начинается еще в эпизоне с образованием слюды и хлорита, между прочим, облегчающих дифференциальные перемещения при истечении горных пород вверх.

Зандер подробно разобрал различные случаи регулирования структур горных пород, перестраивающихся в результате сланцеватости истечения, а также выработал методику ее изучения.

Так как при этом процессе происходит значительное увеличение вертикальной мощности раздавливаемой толщи, то



Фиг. 96. Сланцеватость истечения, пересекающая складчатую структуру: блок *а* при рассланцевании укорачивается в направлении стресса и удлиняется вверх, в связи с чем складчатая структура становится более крутой, при нередком искажении отдельных горизонтов *б*.

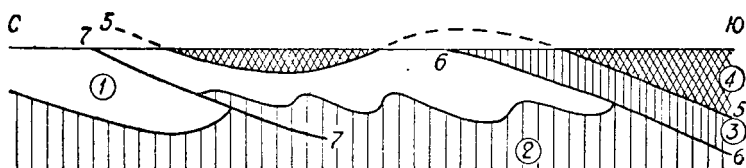
рассланцовка, повидимому, сопровождается заметным поднятием соответствующего участка литосферы, и возможно, что ряд радиальных движений, с образованием даже значительных возвышенностей, имеет своим источником именно процесс рассланцовки глубинных горизонтов, т. е. рассланцовка истечения представляет лишь иную форму тектогенеза сравнительно со складчатостью и тангенциальными дизъюнктивами, характерными для более высоких горизонтов литосферы (фиг. 96). Конечно, это не исключает возможности пloyчатых движений при расплавлении и при вторжении магмы в нижние горизонты мощных геосинклинальных отложений, где кристаллические сланцы как результат сланцеватости истечения перерастают в кристаллические сланцы, связанные с перемещением расплавленной массы.

7. Зоны тектогенезиса

Итак, каждая зона литосферы характеризуется особым проявлением тектогенезиса тангенциального типа. Если основываться на сводке Борна, то эти зоны снизу вверх располагаются в следующем порядке: кристаллические сланцы ката- и мезозоны, серицито-хлоритовые сланцы эпизоны, морщинистые сланцы, гладкие сланцы (применительно к глинистым сланцам), грубая сланцеватость и отдельные зоны раздробления, в связи с дизъюнктивными перемещениями. К этой схеме необходимо сделать следующие добавления. Верхняя зона литосферы характеризуется как складчатостью, которая является основной формой тектогенезиса верхних горизонтов литосферы, так и различными тангенциальными дизъюнктивами, прежде всего тесно связанными с развивающейся складчатостью. Но по мере консолидации этих горизонтов тангенциальные дизъюнктивы начинают преобладать над собственно складчатостью, и движение разряжается взбросо-надвиговыми перемещениями, причем надвиги по пологим сместителям характерны для самых верхних горизонтов. Конечно, при наличии пары сил здесь проявляются и различные сдвиговые перемещения. Как самая яркая форма тектогенезиса, свойственная участкам с мощными слабыми отложениями в раме жестких плит, проявляется местами шарьяжное движение. Нужно отметить, что шарьяжные перемещения проявляются и при отсутствии толщи слабых пород, но, очевидно, при значительной разности в свойствах соседних участков. В частности, Г. Клоос выдвигает понятие о селективности дизъюнктивов, которые приурочиваются к относительно слабым участкам, причем движение по этим зонам нередко проявляется при каждой фазе тектогенезиса.

Различными проявлениями тектогенезиса можно воспользоваться для решения вопросов о возрасте тех или иных крупных перемещений и вообще образования сложных тектонических форм. Например, Фурмарье, анализируя динантский ша-

рьяж Бельгийского каменноугольного бассейна (фиг. 97), приходит к заключению, что нижний палеозой аллохтона этого шарьяжа подвергся тектогенезу, с образованием резко выраженной складчатости, еще задолго до образования данного шарьяжа, ибо лежащие на одном горизонте с нижним палеозоем верхнепалеозойские породы не имеют такой рассланцовки и вообще сравнительно слабо дислоцированы, так что разработка заключающихся в этих формациях пластов угля не встречает особых технических затруднений. Из этого, между прочим, нужно вывести заключение, что данный шарьяж вовсе не является развитием какой-то лежащей складки, как это принимают многие тектонисты, а представляет образование исключительно дизъюнктивное, получившееся после завершения основной складчатости верхнего палеозоя района и даже рассланцовки более глубоких горизонтов этих палеозойских формаций.



Фиг. 97. Разрез Бельгийского каменноугольного бассейна с шарьяжными постройками (по П. Фурмарье): 1 — вестфальский ярус; 2 — верхний морской палеозой; 3 — силур и 4 — кембрий покровов шарьяжей, испытавшие рассланцовку; 5 и 6 — поверхности волочения; 7 — взброс паравтохтона.

Параллельно с этим небезынтересно заметить, что и мощные движения Томского надвига совершенно аналогичны Бельгийскому шарьяжу. Здесь в покрове залегают сильно рассланцованные девонские и нижнекарбоновые морские формации, тогда как угленосные отложения Кузнецкого бассейна, находящиеся в лежащем боку этого мощного дизъюнктивного образования, испытали лишь пластические деформации, а также ряд простых дизъюнктивов без сланцеватости истечения и только с кливажем, поразившим дифференциально различные горизонты.

ТИПЫ ТЕКТОГЕНЕЗИСА



1. Основные понятия

Стратиграфические структуры образуются при основных вертикальных движениях Земли. Эти структуры составляют основу строения земной коры, и вместе с тем их устанавливать трудно, так как для этого требуется детальное исследование на значительных площадях. Гораздо рельефнее проявляются и особенное значение имеют в истории Земли, а также в образовании и распределении металлических полезных ископаемых тектонические структуры, которые образуются в определенные революционные фазы жизни Земли, захватывая уже готовые толщи горных пород, и которые сравнительно легко восстанавливаются по отдельным разрезам.

Существует несколько типов тектонических структур литосферы и, следовательно, несколько типов тектогенезиса, в зависимости от состава соответствующих участков литосферы и обстановки, в которой они находятся. Наиболее распространенное представление о характере и распределении тектогенезиса таково. Земная кора в схематическом виде может быть разбита на две категории тектонических элементов. Во-первых, выделяются закрепленные складчатостью и магматическими образованиями плиты, или платформы, которые подвергаются существенно эпейрогенным движениям или радиальным дислокациям. В этих плитах может проявиться лишь грубая и пологая глыбовая складчатость, сопровождающаяся такою же простою складчатостью в маломощных эпиконтинентальных отложениях, образующихся местами на глыбах в результате прогибов, которым они подвергаются. Породы платформ не испытывают заметного метаморфизма, и здесь проявляется существенно экстррузивный вулканизм. Совершенно иначе ведут себя подвижные, или геосинклинальные участки литосферы, в которых проявляется, конечно, с остановками и с колебаниями, длительное погружение с накоплением мощных толщ отложений, которые и в фациальном отношении отличаются от эпиконтинентальных образований. Эти геосинклинальные толщи,

представляя, следовательно, слабые участки литосферы, в революционные фазы сжатия Земли под тангенциальным давлением соседних блоков приходят в интенсивную складчатость и большую частью опрокидываются, выливаясь на платформы с образованием мощных и обычно многоярусных шарьяжей и обычно отодвигая прогибы (*Vortiefen*) перед своим фронтом, так что геосинклинали испытывают некоторую миграцию. Здесь же, при мощных движениях литосферы, происходят и массовые перемещения магмы, которые образуют большое количество интрузивных тел, связанных с различными рудными полезными ископаемыми.

Особенно резко противопоставляет геосинклинали платформам, или плитам, Кобер, к которому присоединяется теперь большая часть геологов. Кобер подчеркивает не только различный характер тектогенезиса в этих основных структурных элементах литосферы, но и различную фациальность соответствующих отложений, а также и резкую разницу этих областей в вулканизме и метаморфизме. По его представлению, только на месте геосинклиналей возникают настоящие высокие горы, почему он соответствующие области называет орогеном (*ὄρος* — гора, *γένος* — род), в противоположность платформам, которые образуют континентальные массивы и которые он называет кратогеном (*κράτος* — твердь). Но дело обстоит, несомненно, не так схематично. Во-первых, имеется целый ряд промежуточных образований, и, во-вторых, как показал Арган и как это явствует из данных изучения сибирских горных районов, значительным дислокациям, сопровождающимся интрузиями и заметным метаморфизмом, подвергаются уже достаточно закрепленные как складчатостью, так и магматическими процессами, жесткие формации, входящие в состав таких областей, которые, по Коберу, нужно было бы отнести к кратогену. В дальнейшем мы рассмотрим эти переходные образования, но сначала обратимся к изучению классических типов тектогенезиса. Это альпийотипный тектогенезис геосинклинальных областей, особенно хорошо выраженный и прекрасно изученный в Альпах, и германотипный тектогенезис, в чистом своем виде представленный и прежде всего изученный в Германии.

Штилле ввел это расчленение тектогенезиса, или, по его терминологии, складчатости, для основных типов движений в литосфере. Но необходимо заменить термин складчатость более общим понятием — тектогенезис, ибо, действительно, тектонические структуры выражаются не только в складках, но и в целом ряде дизъюнктивных дислокаций. Даже в Альпах, где, по общим представлениям, основной тип дислокаций — складчатость, фактически дизъюнктивные формы, в частности те же шарьяжи, являются даже преобладающими, если считаться с окончательно сформировавшейся структурой этого классического горного района.

2. Структуры Альп

Альпы — единственная в своем роде горная страна, которая обладает очень сложными структурами и вместе с тем подверглась весьма детальному исследованию, что обусловлено рядом причин, в частности ее хорошо доступностью и прекрасной обнаженностью. Вместе с тем понадобились весьма продолжительные и очень тонкие исследования, чтобы вскрыть истинный характер альпийских структур, среди коих шарьяжи являются наиболее характерными формами. Здесь именно эта грандиозная структурная форма была надлежащим образом восстановлена.

Итак, Альпы представляют многоярусные шарьяжные постройки, которые расчленяются здесь на три группы, отличающиеся и по времени своего образования, и по фациальности слагающих пород, и по метаморфизму, которому последние подверглись. Это гельветская, пеннинская и австрийская, или восточноальпийская, структуры, которые Кобер считает свойственными всякому альпинотипному горному сооружению и которым недавно он дал более общие названия, соответственно — экстерниды, метаморфиды и централиды.

а) Гельветская структура. Все шарьяжи собственно Альп относительно перемещались в северном направлении. Наиболее выдвинувшиеся к северу покровы, лежащие здесь в основании всей альпийской постройки, составляют гельветскую структуру (экстерниды), которая состоит из восьми отдельных покровов, лежащих один на другом, при наибольшем перемещении этих шарьяжей на расстояние 40 км. По своему составу гельвет сложен мезозоем и частью нижнетретичными отложениями, которые имеют почти среднеевропейский, эпиконтинентальный тип. Эти формации сохранились довольно хорошо, с очень слабым проявлением метаморфизма, имеющего дислокационный характер. По общим представлениям, гельветские покровы представляют ряд опрокинутых и разорванных горизонтальных складок, которые при своем движении местами ниспадали каскадообразно в понижения, находившиеся перед фронтом покровов, захватывали при дальнейшем движении отложения этих понижений, называемые здесь флишем, и местами заворачивались с образованием довольно сложных складчатых построек. При таком движении массы аллохтона, последний частично подминал и приводил в движение с образованием простых опрокинутых складок и взбросов также подлежащие породы того же возраста автохтона. Местами этот автохтон настолько смят и частично перемещен в общем движении к северу, что заслуживает названия паравтохтона (фиг. 98).

Следует, однако, отметить, что такое представление о дислокациях гельвета имеет несколько умозрительный характер, отвечая убеждению большинства геологов, что чуть ли не

единственной формой проявления тектогенезиса является складчатость, а структура гельвета настолько сложна, что по отдельным фрагментарным данным наблюдений, хотя бы и в хорошо вскрытой местности, можно сделать любые построения. Так, нам кажется прежде всего, что подлежащий автохтон еще до появления аллохтона принял приблизительно ту структуру,



Фиг. 98. Схематический профиль гельветских покровов Гларнских Альп (по А. Гейму): 1 — кристаллические сланцы; 2 — мезозойско-зогеновый автохтон; 3 — паравтохтон флиша; 4 — молассы; 5 — гельветские покровы; 6 — поверхность волочения основного покрова.

которую он сейчас обладает, ибо покровы шарьяжей двигались уже по более или менее выровненной поверхности литосферы. Кроме того, самые покровы гельвета, как это выводится и альпийскими геологами, пришли к месту своего залегания не сразу, а последовательно и в течение большого промежутка времени. В общем можно думать, что покровы гельвета представляют вовсе не опрокинутые и разорванные складки, а надвиги, переросшие в шарьяжи. Интересно отметить, что в самих покровах формации нередко залегают спокойно, почти горизонтально. Таким образом складчатость, наблюдаемая в покровах, частично представляет наследство той складчатости, которая образовалась на месте первичного залегания формаций, а частью возникла в связи с перемещением покровов.

б) Пеннинская структура. С юга на гельвет налезает, большею частью по крутым поверхностям при небольшом надвигании к северу, совершенно другого характера структуры, которые названы пеннинскими. Прежде всего эти структуры отличаются резко метаморфическим характером пород, которые их слагают, почему соответствующие покровы названы еще метаморфидами. Здесь мы находим в классическом выражении различные гнейсы с слюдяными сланцами и филлитами. Менее измененные члены этой метаморфической толщи относятся, несомненно, к мезозою, ибо в них были обнаружены такие окаменелости, как аммониты, белемниты, грифеи и пр., конечно, сильно смятые и местами развальцованные. Теперь считают, что гнейсовые разности метаморфических пород относятся к палеозою, а может быть и к более древним образованиям, пронизанным верхнепалеозойскими интрузиями. Одним словом, полагают, что это верхнепалеозойские варисциды, переработанные региональным метаморфизмом.

Эти кристаллические сланцы не составляют сплошного массива, надвинувшегося на гельвет; детальные исследования, на-

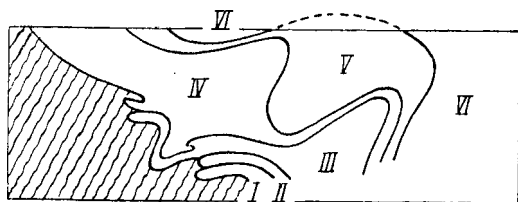
пример в Симплонском туннеле, показали, что толща кристаллических сланцев расщеплена на шесть партий, которые, в виде сравнительно коротких шарьяжных покровов, налезли или влезли друг в друга. При этом все движения имели пластический характер с образованием дополнительных форм кристаллических сланцев, частично, впрочем, имеющих и диафторезовый характер (фиг. 99).

Конечно, как первичный метаморфизм более глубокой зоны, так и метаморфизм, связанный с пластической тектоникой пеннина, могут происходить лишь на значитель-

ных глубинах, и альпийские геологи полагают, что это произошло при следующих условиях. Во-первых, мезозойские отложения в этой зоне Альп, конечно, располагавшиеся первично гораздо южнее, имели очень большую мощность, отвечая настоящим геосинклинальным образованиям. Во-вторых, как думают, метаморфизм проявился и самые пластические перемещения происходили под нагрузкой третьей группы шарьяжных покровов, которые составляют австрийскую или восточноальпийскую структуру.

Конечно, все эти представления в значительной степени являются умозрительными, и изучение альпийских кристаллических сланцев нельзя считать законченным. Возможно, что при дальнейшем исследовании этого сложного вопроса об условиях образования кристаллических сланцев Альп изложенные здесь построения придется в значительной степени изменить.

в) Австрийская или восточноальпийская структура. Верхняя группа шарьяжных покровов, притащенных с южной зоны Альпийской геосинклинали, перекрывающих предыдущие две структуры и названных по своему положению центрами, имеет довольно отличный состав отложений. Собственно мезозой представлен здесь преимущественно рифовыми известняками и доломитами, которые занимают большие площади и обладают мощностью более 1,5 км. В настоящее время значительная часть Восточных Альп сложена именно этими карбонатными породами, которые в условиях морозного выветривания дают своеобразный ландшафт высоких гор, составляющий особенную прелесть Альп. Однако, кроме мезозоя, в движении австрийских шарьяжей приняли участие и палеозойские отложения, местами также выраженные рифовой фацией; кроме того, здесь встречаются и метаморфические сланцы, часть которых, как полагают, могла образоваться или из верхнепалеозойских

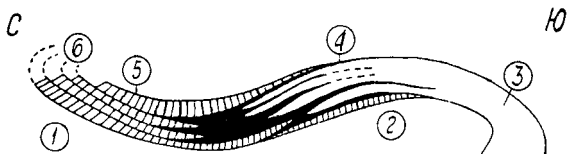


Фиг. 99. Тектонограмма пеннинских покровов I—VI из кристаллических сланцев, испытавших пластическую тектонику, в районе Симплонского туннеля. По Э. Аргану.

или из мезозойских отложений, попавших на значительную глубину до шарьяжных движений. Впрочем, этот вопрос еще недостаточно ясен.

Общая схема австрийских сооружений, по Коберу, представлена на фиг. 100.

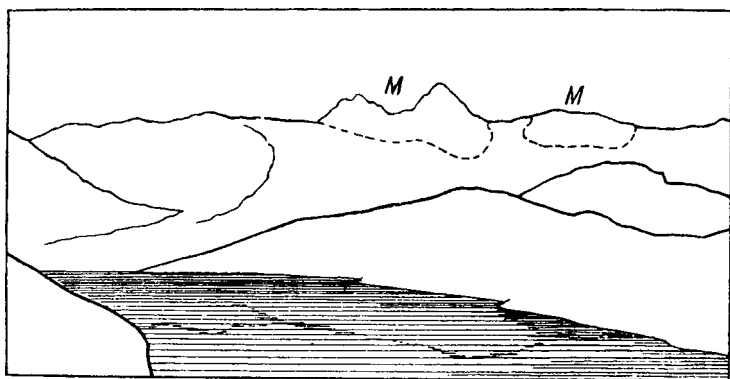
Австрийская структура имеет различные проявления в разных частях Альп, где ее члены распределены теперь неравномерно, а именно в Западных Альпах, которые поднимались более сильно за последнее геологическое время, верхняя группа альпийских шарьяжей уничтожена, за исключением отдельных участков.



Фиг. 100. Схема австрийских покровов (по Л. Коберу): 1 — гельвет; 2 — пеннин; 3 — кристаллические сланцы; 4 — верхний палеозой и 5 — мезозой австрийских (восточноальпийских) покровов; 6 — поверхности волочения.

Особенно интересны небольшие остатки восточноальпийских покровов, сложенных известняками и доломитами, в северо-западной части Альп, недалеко от общего фронта шарьяжных построек, где эти лоскутья, получившие название „утесов“ и экзотических скал, сохранились

восточноальпийских покровов, сложенных известняками и доломитами, в северо-западной части Альп, недалеко от общего фронта шарьяжных построек, где эти лоскутья, получившие название „утесов“ и экзотических скал, сохранились

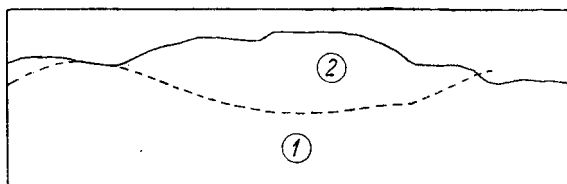


Фиг. 101. „Утесы“ Митен (М) на флише в окрестностях озера Четырех кантонов.

благодаря некоторому погружению этой части горной страны (фиг. 101).

Между прочим, история изучения „утесов“ была довольно интересной. В прежнее время на них смотрели как на острова из мезозойских пород среди третичного моря. Однако при ближайшем изучении оказалось, что никаких прибрежных отложений, в частности конгломератов, третичного возраста вокруг этих островов не имеется. Тогда решили, что это ядра диапиро-

вых складок. В конце концов, после выведения шарьяжной формы дислокаций, ясно увидели, что это отторженцы без корней, которые, так сказать, плавают на поверхности третичных отложений, будучи отделены от них милонитизированными образованиями. Местами „утесы“ настолько незначительны, что представляются отдельными скалами, которые, по мнению геологов начала 19-го столетия, могли попасть сюда, будучи выброшены вулканами из центральных частей Альп. Интересно, что такие „утесы“ и экзотические скалы пользуются довольно значительным распространением и на северной периферии Карпат, имеющих аналогичное Альпам строение. И в более древних сооружениях, например в Алтае, где денудация проявила себя весьма интенсивно, также констатированы образования, аналогичные „утесам“ и скалам северной части Альп.

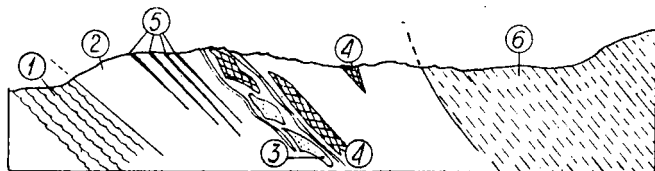


Фиг. 102. Восточноальпийские известняковые покровы вблизи Вены (по Л. Коберу): 1 — передовой покров; 2 — верхний покров. Схема с фотоснимка.

Сплошное развитие покровов австрийской структуры наблюдается в Восточных Альпах, где они составляют всю верхнюю их постройку, за исключением отдельных, иногда довольно значительных „окон“, в которые выглядывают кристаллические сланцы пеннина. Здесь выделяется несколько покровов, разбивающихся в свою очередь на две серии. В северной части Восточных Альп, например ближе к Вене, австрийская группа состоит из нормальных покровов, которые, между прочим, прогнулись за последующее время в средней своей части (фиг. 102). Но в южной части Альп, ближе к корням всех покровов горной страны, мы находим более крутое положение этих покровов, причем местами они образуют обычную чешуйчатую взбросовую структуру, так что, по мнению некоторых геологов, это вообще нормальные взбросы, которые на более высоких горизонтах, теперь уничтоженных денудацией, и не переходили в шарьяжные покровы.

Стоит несколько остановиться на этой структуре, поскольку в более древних постройках, испытавших значительную денудацию, например в сибирских горных районах, она может найти довольно частое выражение. Например, на одном из разрезов, приводимых Кобером (фиг. 103), видно, как между пен-

нином и кристаллическими сланцами верхних чешуй австрийской структуры помещаются несколько мелких чешуй, сложенных различными горизонтами триаса, причем местами в триасе находятся тонкие клинья юры или отдельные горизонты того же триаса, но занимающие ненормальное стратиграфическое положение. В общем получается впечатление сильно развальцованных и перемешанных образований. Особенно легко перемещения происходили при помощи втертых линз и партий основных



Фиг. 103. Профиль восточноальпийских взбросов в Каринтии (по Л. Коберу): 1 — пеннин; 2 — сланцы; 3—4 — обломки доломита и серпентина, а также 5 — чешуи юрских черных сланцев в триасовых сланцах; 6 — слоистые сланцы.

и ультраосновных магматических пород, превращенных в змеевики, которые представляют прекрасную смазку для таких перемещений. Не менее интересны участки, в которых находятся более или менее крупные партии, глыбы и обломки более жестких пород, например известняков и доломитов, а также кварцитов, как бы захваченные и обжатые чуждой для них глинистой цементной массой. Иногда встречаются образования, состоящие из мелких и окатанных обломков прослоек более крепких пород, так что получаются „псевдоконгломераты“.

В альпийской геологии большое значение придается для объяснения чешуйчатых образований участкам зеленокаменных и озмеевикованных магматических пород, которые получили здесь общее название — офиолиты. Конечно, это довольно хорошая смазка для различного рода втираний участков, чуждых для данной толщи пород; однако не нужно преувеличивать значения этих образований: взаимные внедрения с развальцовыванием могут происходить и среди пород совершенно другого состава, как это имело место, например, по отношению пары: известняк — глинистый сланец.

3. История формирования Альп

Альпийская геосинклиналь возникла в конце палеозоя, ибо местами пермские отложения залегают трансгрессивно на более древних формациях, испытавших варисцийский тектогенезис и вулканизм. Эта геосинклиналь развивалась с обычными эпейрогенными движениями в течение почти всего мезозоя. Однако уже

в начале мела начались более серьезные движения тектонического порядка, с образованием первых покровов, и к середине этого периода Альпийская геосинклиналь превратилась в островную страну, причем острова были сложены существенно гельветскими покровами, двигавшимися к северу и дававшими материал для песчаниковых отложений флишевого моря, отступавшего к северу перед фронтом этих шарьяжей. Интересно, что местами наблюдается, как флиш конца мела вовлекается в движение гельветской фазы.

Так обстояло дело в северной части Альпийской геосинклинали. В это время в центральной части геосинклинали пеннин перекрылся австридами и к палеогену погрузился в депрессию, где и перекристаллизовался в кристаллические сланцы типа, главным образом, мезозоны.

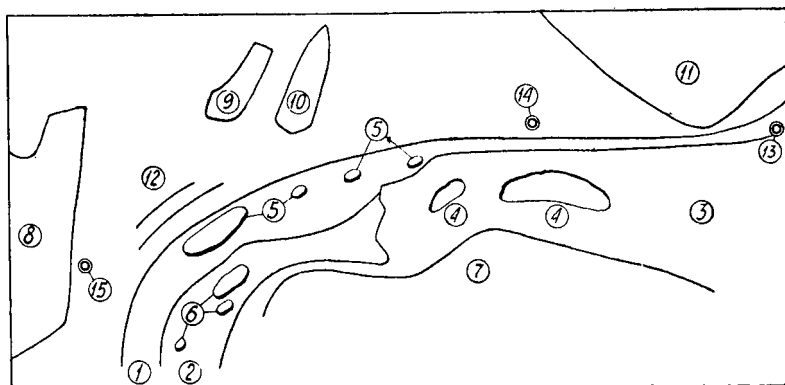
К олигоцену все покровы Альп приходят в интенсивное движение к северу, которое сопровождалось поднятием горной страны, испытавшей значительную пенепленизацию. В это время к северу от покровов находилась депрессия молассового моря, оставившего подобные флишу, различные песчаниковые отложения. Между прочим нужно отметить, что как флиш, так и молассы ближе к фронту шарьяжных покровов содержат местами в своих конгломератах очень крупные глыбы пород этих покровов, которые попали сюда, вероятно, не без участия древних третичных ледников и которые представляют прекрасный документ, позволивший восстановить достаточно детально последовательность движения различных покровов к северу.

В плиоцене исчезают и молассовые бассейны. Примерно в это время Альпы приобрели свою основную структуру. Тогда же Альпийская геосинклиналь, повидимому, совершенно исчезла. В это же время в корневой части альпийской постройки, где были резкие вертикальные дизъюнктивы перемещения, произошла интрузия тоналитовой магмы, которая дала целый ряд тел гипабиссальной фации этмолитового типа. Местами вулканизм имел эффузивный характер, особенно в аналогичной части Карпат, где в связи с экструзиями образовались знаменитые серебро-золоторудные жилы молодой эффузивной фации.

Изложенная история формирования Альп представляет, конечно, грубую схему. Конкретно эта история состояла из гораздо большего количества отдельных фаз движений, прерывавшихся возобновлением морских условий на значительной площади Альпийской геосинклинали. В общем насчитывается не менее 12 фаз, как говорят, складчатости, или, вернее, тектогенезиса. И в настоящее время альпийский участок литосферы далеко не успокоился. Так, в начале постплиоцена Альпы поднялись в порядке эпейрогенного движения, приняв современный облик высокогорной страны. Это поднятие сопровожда-

лось рядом циклов денудации, а также радиальными обрушениями на месте современного Средиземного моря, причем эти радиальные движения сопровождались вулканизмом, и теперь еще проявляющимся, в связи с продолжающимися тектоническими подвижками, которые сигнализируются довольно частыми, по крайней мере в области Средиземного моря, землетрясениями.

Из этого очерка истории формирования Альп вытекает один, весьма существенный, вывод. Он заключается в том, что, в противоположность прежнему мнению, нельзя рассматривать



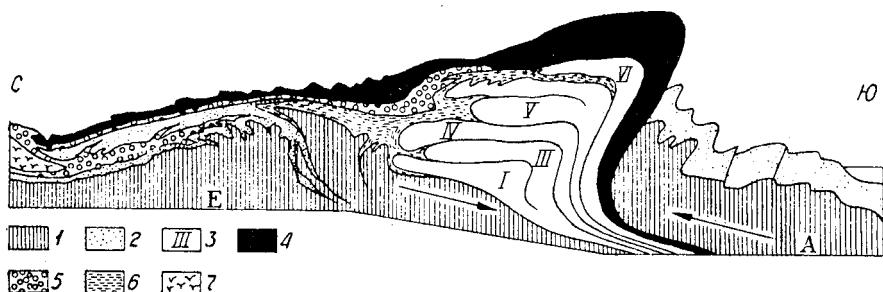
Фиг. 104. Схема тектонической карты Альпийской области: 1 — гелльвет; 2 — пеннин; 3 — австрийские покровы; 4 — окна с пеннином; 5 — утесы австрийского покрова на гелльвете; 6 — то же на пеннине; 7 — динариды. Горсты: 8 — Центрального плато Франции; 9 — Вогез; 10 — Шварцвальда и 11 — Богемского Леса; 12 — Юрские горы; 13 — Вена; 14 — Мюнхен; 15 — Лион.

действительно альпийскую структуру как складки, опрокинутые при интенсивном развитии складчатого процесса и постепенно переросшие в настоящие шарьяжные движения. Фактически процесс является гораздо более сложным: поднятия сопровождались опусканиями, тангенциальные движения прерывались возобновлением морских условий и размывов верхних частей сооружений. Таким образом шарьяжные покровы представляют чешуи различного происхождения и различного возраста, и современное относительное положение этих чешуй явилось результатом поздних фаз тангенциальных движений, после которых были значительные эпейрогенные движения, сопровождающиеся денудацией целого ряда чешуй. В общем позднейшие движения были таковы, что все альпийские постройки имеют склонение на восток, и верхние покровы в Западных Альпах оказались довольно сильно денудированными (фиг. 104).

4. Альпиды и динариды

Итак, Альпы, или альпиды, представляют многоярусную постройку из целого ряда шарьяжных покровов, которые по времени образования и вместе с тем по фациальности разделяются снизу вверх на три группы: гельветскую, пеннинскую и австрийскую. Корни этих покровов располагаются в указанном порядке с севера на юг, причем в настоящее время наиболее доступны исследованиям корни южной австрийской группы покровов, имеющих сложную структуру опрокинутых складок с большим количеством взбросовых и надвиговых перемещений.

Сразу к югу от этих корней располагаются широтные зоны структур, которые в противоположность альпидам опрокинуты к югу, в каковом направлении и происходило перемещение сравнительно небольших шарьяжных покровов в количестве



Фиг. 105. Схематический разрез Западных Альп (по Jenny): 1 — палеозойский фундамент; 2 — мезозой гельвета, его автохтона и паравтохтона, а также мезозой динарид; 3 — пеннин (I—VI); 4 — австрийская фация; 5 — флиш; 6 — бюнднерские сланцы, захваченные движением покровов; 7 — молассы; стрелками показано поддвиговое движение Европейской (Е) и Африканской (А) плит.

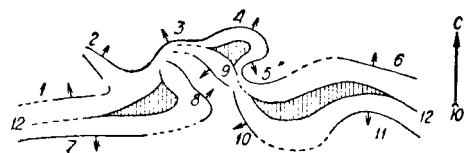
до четырех. Лучше всего эта структура, противоположная по направлению движения альпидам и уже давно названная динаридами, проявляется в восточной части Южных Альп, в то время как на западе этой горной страны она представляет лишь сравнительно небольшой пояс опрокинутых толщ южной зоны корней собственно альпийских покровов. Следовательно, Альпийская горная страна имеет двустороннее строение с опрокинутым перемещением горных масс как к северу, так отчасти и к югу.

Такое строение объясняют очень близким придвижением друг к другу Европейской и Африканской плит (фиг. 105), которые на глубине, может быть, уже непосредственно сомкнулись. При таком представлении, основные движения с образованием альпийских сооружений имеют поддвиговой характер.

Нужно отметить, что непосредственный контакт между альпидами и динаридами представляет наиболее слабую зону, по

которой могла проникнуть магма, и здесь в этом „шве“, а также в соседних участках динарид встречаются экстрוזии и интрузии магматических пород, в то время как в остальной части Альп с многоэтажными покровами эти породы не обнаружены.

Кобер полагает, что вообще все структуры, возникшие на месте Средиземноморской геосинклинали, имеют двусторонний характер (фиг. 106). Северные элементы этой общей сложной структуры с движением на север представлены следующими молодыми горными системами с запада на восток: Бетские



Фиг. 106. Схема Альпийского орогена (по Л. Коберу). Северные структуры: 1 — Бетские Кордильеры; 2 — Пиренеи; 3 — Альпы; 4 — Карпаты; 5 — Балканы; 6 — Кавказ. Южные структуры: 7 — Атлас; 8 — Апеннины; 9 — Динариды; 10 — Геллениды; 11 — Ираниды; 12 — шов с промежуточными массами.

Кордильеры в Испании, Пиренеи, Альпы, Карпаты, Балканы и Кавказ. Южными членами этой широтной постройки, при образовании которой происходили движения к югу, являются: Атласские горы, Апеннины, Динариды, Геллениды, Тавриды, Ираниды. Не везде симметричные элементы структуры непосредственно соприкасаются друг с другом.

В большинстве случаев между ними имеются промежуточные массы, или интерниды, более или менее жесткие и испытавшие нормальную складчатость без резких покровных перемещений. Таков, например, Венгерский массив, представляющий в настоящее время низменность, или Тирренский массив — теперь почти целиком потопленный.

Итак, альпинотипные структуры, возникающие на месте геосинклиналей, естественно, должны иметь двусторонний характер, и только при большой площади промежуточных массивов встречаются чисто односторонние образования. Во всякой такой постройке различают следующие элементы: форланд плиты, на которую опрокидывается шарьяжное сооружение, вероятно, в связи с поддвигами этой плиты, причем между форландом и экстернидами находится депрессия (Vortiefe) как наследство мигрировавшей геосинклинали; затем покровная структура из пород геосинклинали, в различной степени измененная, примерно, по типу собственно Альп; наконец, промежуточный массив, который, впрочем, может, как показывает пример Альп, и отсутствовать.

Конечно, это схема, которая имеет ряд исключений, тем более что в ней особенно неопределенное положение имеют промежуточные массивы; в частности, детальное изучение тектоники Кавказа, проведенное за последние годы рядом советских геологов, позволяет внести в указанную схему альпинотипных структур некоторые дополнения.

5. Структуры Кавказа

По исследованиям Ренгартена, Кавказ во многом отличается от Альп. Прежде всего, его стратиграфия довольно своеобразна, а именно отложения Кавказской геосинклинали имеют существенно песчано-глинистый, или, по аналогии с Альпами, флишево-молассовый характер. Это объясняется тем, что Кавказская геосинклиналь получала большое количество обломочного материала с поверхности Русской плиты. Только во время морских трансгрессий этой плиты в Кавказской геосинклинали отлагались преимущественно органогеновые известковистые осадки. Затем, здесь нет таких пологих шарьяжных структур, как в Альпах: кавказские структуры представляют сравнительно пологие складки, разбитые большим количеством довольно крутых взбросо-надвиговых перемещений, направленных почти исключительно на юг. Интересно еще, что почти все эти чешуи состоят из слабо метаморфизованного мезозоя с третичными отложениями, и только в районе Дарьяльского ущелья выходят чешуи, аналогичные пеннину Альп, в составе палеозоя с соответствующими интрузиями.

Таким образом кавказские структуры, сравнительно с альпийскими, являются менее сложными, и самые движения имели, очевидно, менее интенсивный характер. Возможно, что это стоит в связи с сравнительно меньшей мощностью отложений Кавказской геосинклинали. Кроме того, в противоположность приведенной выше схеме Кобера, основное движение здесь было не к северу, а к югу; только в самой северной части хребта, по данным Ренгартена, наблюдается как бы опрокидывание третичных отложений на север. Следовательно, здесь наиболее активной была южная плита, которую не приходится считать за какой-то промежуточный массив. Отметим еще, что в связи с такими открытыми структурами Кавказа в нем имеется достаточное количество новейших вулканических масс, причем, ввиду еще слабой, денудированности этой горной постройки, продолжающей формироваться и теперь, мы находим, главным образом, экструзивные образования, и только кое-где вскрываются молодые интрузии.

Вялов полагает, что Кавказ или относится к южной ветви какого-то другого орогена, не связанного с Альпами, или представляет вполне самостоятельное образование — Юрские горы в крупном масштабе.

Позднейшие исследования Варданянца вносят в эту схему структуры Кавказа некоторую поправку, а именно указанная выше палеозойская центральная часть Кавказа является своего рода промежуточной массой, ибо около нее наблюдается опрокидывание и к северу и к югу, выразившееся в образовании довольно пологих надвигов, но, повидимому, не имеющих настоящего шарьяжного характера, т. е. с перемещением аллохтона

по поверхности литосферы. Основное движение было, действительно, со стороны южной Куринской плиты, так что главное перемещение кавказских чешуй направлялось на юг. Затем, Варданянц, применяя геоморфологический метод, показал, что основные движения, давшие современную структуру гор, имеют совсем молодой возраст, относясь преимущественно к постплиоцену, и в течение последнего происходили в четыре фазы, применительно к основным постплиоценовым циклам: гюнц, миндель, рисс и вюрм, причем вюрмский цикл движений еще не закончился, и во время этого цикла некоторые клинья-горсты поднялись почти на 1000 м, как это можно хорошо установить по antecedentному характеру ряда рек, прорезающих такие горсты, и по высоте расположения соответствующих террас. Следовательно, Кавказ в основном формировался на глазах человека, и Варданянц подсчитал, что движение по основным надвигам Кавказа происходило со скоростью, может быть, до 20 м в год, если принять, что, как и везде, движения имели прерывистый характер.

Следует отметить, что Кузнецов еще более суживает тангенциальные движения, по крайней мере для кавказских структур альпинотипного тектогенезиса, стремясь доказать, что все эти структуры имеют несколько иную форму и могут быть выведены из вертикальных движений литосферы. Но, повидимому, это увлечение, ибо надвиговые формы здесь настолько рельефно описаны рядом геологов, что едва ли можно сомневаться в их существовании.

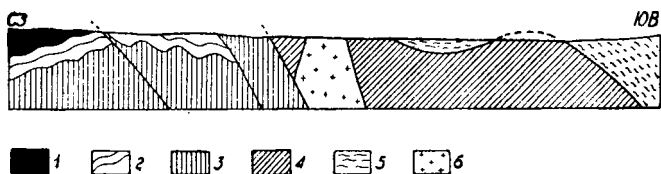
6. Варисцийские структуры Центральной Европы

Геотектоника Западной Европы довольно своеобразна: Европа формировалась путем последовательного перемещения закреплявшейся геосинклинали с севера на юг. А именно в каледонскую фазу тектогенезиса образовались на северо-западе каледониды; затем, в конце палеозоя тектогенезис альпийского типа захватил центральную часть Европы, образовав варисциды, и, наконец, в третичный период возникли альпиды. Обращаясь к варисцийским структурам Центральной Европы, изученным почти так же подробно, как и структуры Альп, необходимо отметить, что соответствующие постройки выходят теперь на дневную поверхность лишь в отдельных горстах, между которыми находятся мезозойские и третичные эпиконтинентальные отложения, и что эти варисцийские постройки уже значительно пострадали от денудации с уничтожением верхних их ярусов. Тем не менее детальные исследования могли восстановить здесь структуры, чрезвычайно близкие к альпийским. Конечно, здесь сохранились преимущественно северные части структур, получившихся в результате основного движения к северу, тогда как структуры, аналогичные динаридам, оказались в зна-

100

чительной степени перестроенными под современными альпидами.

Если обратиться к схеме разреза северо-западных горстов Центральной Европы, захватывающего Рурский каменноугольный бассейн, то получается следующая картина структур, которые легко сравниваются с современными альпидами (фиг. 107). Угленосный карбон Рурского бассейна можно сравнить с молассом Альп. Он находится в первичном залегании и имеет сравнительно простую тектонику с некоторым опрокидыванием



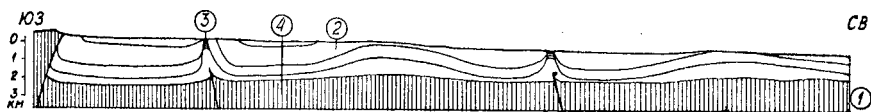
Фиг. 107. Схема варисцид в разрезе через Вестфалию (по Коссмату): 1 — карбон; 2 — девон; 3 — нижний палеозой; 4 — палеозой и кристаллические сланцы; 5 — кристаллические сланцы; 6 — интрузивы.

складок и с перемещением по взбросам на север. К юго-востоку от него располагается паравтохтонная наружная зона, сложенная верхним палеозоем от карбона до нижнего девона, причем в этой зоне наблюдается большое количество взбросовых перемещений; возможно, что некоторые чешуи в свое время выходили на поверхность, имея характер гельвета, но теперь они уничтожены денудацией. Затем проходит средняя зона очень мощных взбросовых чешуй, которые состоят частью из кристаллических сланцев докембрия, частью из нижнего или даже верхнего палеозоя, имеющего более или менее метаморфизованный характер. Эту зону можно параллелизовать с пеннином альпид, хотя она и не имеет такого метаморфического характера, которым отличается настоящий пеннин. Наконец, южная наружная зона сложена настоящими кристаллическими сланцами, которые образуют здесь ряд крутых чешуй, представляя корни для некоторых покровов, сохранившихся кое-где на поверхности средней зоны; эту южную зону можно параллелизовать с австрийской структурой. Таким образом наблюдается большая аналогия между альпидами и только что рассмотренными варисцидами. Разница заключается в том, что здесь наиболее глубокие и наиболее измененные участки литосферы выведены на поверхность не в средней, а в наружной зоне и что от собственно покровов осталось здесь очень немного. К этому нужно прибавить, что в пределах средней и южной зон варисцид находится довольно большое количество послетектонических гранитных тел, которые, вероятно, приурочены к границам между покровами, почему, между прочим, в Альпах и не видны аналогичные интрузивы.

Интересно, что местами, несмотря на длительную денудацию, сохранились покровы даже в наружной зоне варисцид. Это имеет место, например, в Бельгийском каменноугольном бассейне, угленосная толща которого местами перекрыта кембросилуром (см, фиг. 97). Следует, впрочем, иметь в виду, что эти покровы могли притти сюда не в вариссийскую фазу тектогенезиса, а в более позднее время, каковая возможность устанавливается, например, по исследованиям в Кузбассе.

7. Германотипный тектогенезис

Штилле резко отделил альпинотипный тектогенезис, характерный интенсивною складчатостью, крупными тангенциальными дизъюнктивами вплоть до шарьяжей и развитием интрузивов, от германотипного тектогенезиса, который характеризуется слабою открытою складчатостью, сравнительно редкими маломощными дизъюнктивами и отсутствием кислых интрузий. Такими структурами обладают эпиконтинентальные отложения мезозойского и третичного возраста между палеозойскими горами



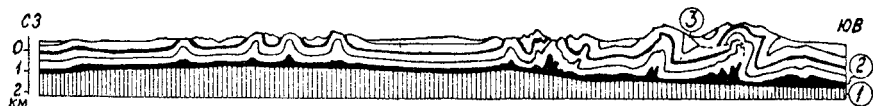
Фиг. 108. Разрез германотипной структуры триаса к СВ от Гарца (по Вольдштедту): 1 — фундамент палеозоя; 2 — триас; 3 — соляные купола цехштейна, проткнувшие седла вторичных антиклиналей, возникших под давлением пластической массы каменной соли; 4 — скважина.

Центральной Европы, в частности Германии, где они и были прежде всего изучены надлежащим образом, почему данный тип тектогенезиса назван германским, также саксонским.

В качестве примера проявления этого типа тектогенезиса можно взять разрез мезозоя к северо-востоку от Гарца (фиг. 108). Здесь залегает толща от перми до мела, мощностью в 1200 м. На большей части площади развития этих формаций толща лежит очень спокойно, образуя широкие и плоские волны; только вблизи Гарца, поднимавшегося горстообразно и надавливавшего на соседние участки эпиконтинентальных отложений, а также кое-где в середине поля развития мезозоя, вероятно, над дизъюнктивными срывами палеозойского фундамента, наблюдается действительная складчатость, сопровождающаяся даже тангенциальными дизъюнктивами. К этому нужно прибавить, что местами складчатость особенно подчеркивается диапировым протыканием ядер антиклиналей со стороны масс каменной соли цехштейна, приведенных в движение указанными более интенсивными перемещениями.

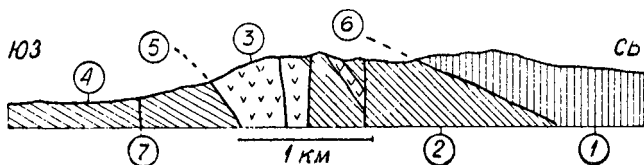
Таким образом в данном проявлении германотипный тектогенезис выражается собственно в образовании складок и местных тангенциальных форм, в связи с дизъюнктивными движениями жесткого фундамента. Возможно, впрочем, что некоторые из этих тангенциальных форм получились и в порядке прогибания соответствующего участка литосферы по типу блокированных синклиналей.

Несколько иначе проявляется складчатость данного типа в Юрских горах (фиг. 109). Здесь на всем протяжении горной



Фиг. 109. Разрез юрской структуры (по А. Буксторфу): 1 — палеозойский фундамент; 2 — соленосный цехштейн, облегчивший скольжение мезозоя по фундаменту при складчатости под влиянием ЮВ стресса; 3 — прямой надвиг, испытавший складчатость, как указание на несколько фаз движения.

страны мезозойские формации слагают довольно крутые складки, более резко выраженные на юге и постепенно уполаживающиеся и, в конце концов, исчезающие на севере. Такое проявление складчатости объясняется нажимом со стороны альпийского тангенциального движения. При этом Буксторф полагает, что мезозойская толща отделилась от палеозойского фундамента

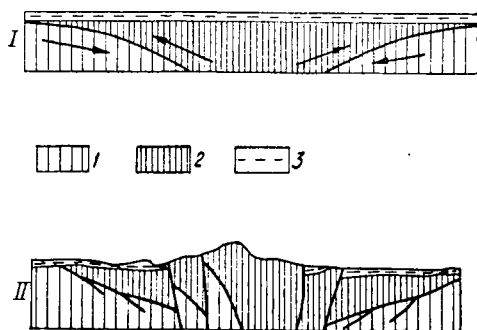


Фиг. 110. Разрез западной окраины Мюнхберга (по Г. Брандту) с резким проявлением германотипного тектогенеза: 1 — гнейсы; 2 — сланцы девона; 3 — девонские эффузивы; 4 — кейпер; 5 — взброс саксонской фазы; 6 — древний взброс, возобновленный в саксонскую фазу; 7 — сбросы.

при таком складкообразовании, продвинувшись по поверхности этого фундамента не без содействия солей цехштейна, являвшихся как бы смазкой для перемещения.

За последнее время объем германотипного тектогенезиса был значительно расширен, а именно исследованиями, главным образом, Штилле и его учеников установлено, что местами по периферии горстов палеозоя происходили такие резкие движения, что получались довольно крупные надвиги, даже перераставшие в шарьяжи. Мало того, установлено, что такие движения имели место и внутри горстов, осложняя палеозойские структуры (фиг. 110). Следовательно, между альпинотипным и германским тектогенезисами нельзя провести очень резкой грани. Арган даже по-

лагает, что складчатости с крупными дизъюнктивными вплоть до шарьяжных покровов могут захватывать любой участок литосферы, в частности такой, который не подготовлен образованием геосинклинальных толщ. Это глыбовая складчатость Аргана, с которой тесно связывается покровная складчатость эпиконтинентальных отложений как отражение глыбовой складчатости в подлежащем фундаменте.



Фиг. 111. Диаграмма древней альпийской структуры *I*, оживленной более поздними движениями *II* (по Л. Коберу): 1 — древние плиты; 2 — складчатые толщи; 3 — эпиконтинентальные отложения.

двигаются друг относительно друга в порядке различных взбросов и надвигов с возможными и более пологими дизъюнктивными перемещениями; при этом не исключена возможность некоторого выкручивания, т. е. дальнейшего развития, складок внутри глыб.

8. Сибиретипный тектогенезис

При изучении сибирских горных районов выяснилось, что в них неоднократно проявлялся тектогенезис, сопровождавшийся даже интрузивными процессами, без предварительного омоложения литосферы мощными осадочными толщами. В связи с этим было предложено выделить сибиретипный тектогенезис, краткая характеристика которого может быть представлена следующим образом: при этом тектогенезисе происходит усложнение складчатых структур более древних формаций, уже испытавших складчатость в предыдущие фазы тектогенезиса, причем особенно выкручиваются, собираясь в дополнительные складки и подвергаясь рассланцовке, некомпетентные горизонты этих формаций; затем, нередко проявляются тангенциальные дизъюнктивы, переходящие даже в шарьяжные образования, в покровах которых мы встречаем закрепленные осадочные толщи или даже более древние интрузивы; наконец, этот тектогенезис, даже при не особенно ярком проявлении глыбовой складчатости, сопровождается интрузиями, тела которых занимают иногда

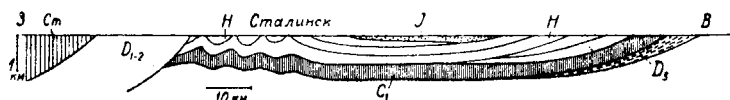
значительные площади. Таким образом сибиретипный тектогенезис отличается от альпинотипного по менее яркому проявлению покровных структур, а также по отсутствию значительных новых геосинклинальных отложений, и от германотипного как интенсивностью дислокаций, так и особенно порой мощным развитием интрузивных процессов.

В качестве примера сибиретипного тектогенезиса можно привести проявления структур Кузнецкого Алатау, особенно Горной Шории, отдельные участки которой хорошо изучены в связи с подготовкой железорудной базы для Кузнецкой металлургии. Нижние палеозойские формации этой горной страны в основном консолидировались еще в таконийскую фазу тектогенезиса, но в девоне тектогенезис возобновился, хотя ему предшествовало образование совсем незначительных по мощности формаций осадочных пород и эффузивов. Эта тельбесская фаза диастрофизма сопровождалась значительными интрузиями магмы адамеллитового состава, эманации которой и дали главную массу железорудных месторождений горной страны. Интересно, что многие интрузивные тела этой фазы, а также рудные месторождения залегают исключительно среди формаций и даже интрузивов нижнего палеозоя; таковы, например, образования недавно открытых Кондомского и Тейского железорудных районов.

Еще своеобразнее структуры юго-западного Салаира. Здесь мы находим почти все отделы нижнего палеозоя, а также некоторые формации верхнего палеозоя. И вот между отложениями этих отделов проявлялись фазы тектогенезиса, который был в общем небольшого масштаба, так что основные структуры местами выражены крупными открытыми складками. Но более древние формации, подвергавшиеся неоднократным тектоническим воздействиям, оказались или более или менее сильно расланцованными или в мало компетентных горизонтах испытали значительную дополнительную складчатость. В общем складчатость палеозоя этой части Салаира имеет резко дисгармонический характер. Кроме того, почти каждая фаза тектогенезиса сопровождалась интрузивными процессами; формации района имеют сравнительно небольшую мощность, почему, может быть, и тектогенезис отличается несколько своеобразным характером, а именно он приближается к германотипному, но походит на альпинотипный по некоторому проявлению регионального метаморфизма и особенно по сопровождающим интрузивным процессам.

Несколько необычна структура и района Кузбасса. Если ограничиваться в первую очередь верхнепалеозойскими отложениями бассейна, конечно, лучше всего изученными, то последовательность тектогенезиса намечается здесь в таком виде. После отложения угленосной свиты верхнего палеозоя толща получила довольно пологие пликативные формы, сопровождав-

шиеся и тангенциальными дизъюнктивами. После отложения юрских свит складчатость возобновилась, и палеозойские свиты стали более крутыми. Затем имела место экструзия магмы щелочного базальта, давшая преимущественно лакколитовые тела, которые местами образовались на совсем небольшой глубине; например, в Нарыкских горах, прорезанных рекою Томью, глубина образования этих тел была настолько невелика, что магматическая порода получила даже несколько стекловатую структуру. В более низких стратиграфических горизонтах кристаллизация магмы произошла более совершенно, и получились эссекситовые диабазы. И только после этой экструзии произошла основная складчатость в бассейне в результате движения с западной стороны. В связи с этим движением резко выкрутились складки по западной периферии бассейна, а вместе с ними выкрутились и более древние тангенциальные дизъюнктивы, получившие местами необычную форму, например, обратных взбросов. Это усложнение структуры с выкручиванием свит, которое сопровождалось различными послойными перемещениями, имело место кое-где и в центральных частях бассейна, повидимому, под влиянием дизъюнктивных движений в подлежащем жестком фундаменте (фиг. 112).



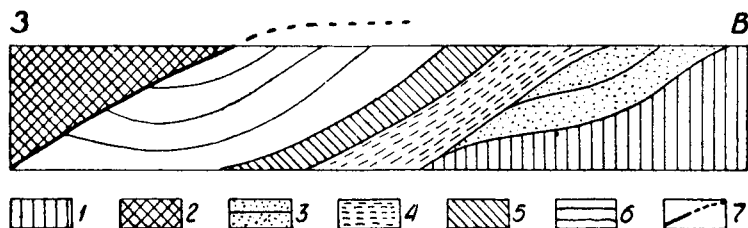
Фиг. 112. Широтный разрез Кузбасса через г. Сталинск, иллюстрирующий усложнение складчатости угленосных отложений в связи с позднейшими тангенциальными движениями Салаира.

Ст — кембрий; D_{1-2} — нижний и средний девон; D_3 — верхний девон; C_1 — нижний карбон; Н — угленосная свита; J — юра.

Кроме выкручивания и усложнения складчатых структур, по западной периферии проявились и резкие дизъюнктивные перемещения покровного типа. Впрочем, аллохтонные массы с горизонтальным залеганием сохранились от денудации в очень редких случаях в виде небольших лоскутьев, например, в Инском районе бассейна, где девонские и нижнекарбоновые морские породы залегают почти горизонтально на дислоцированных и даже испытавших при этом значительное выветривание породах угленосной толщи с находящимися среди них силлами эссекситовых диабазов. Впрочем, исследования еще не везде проведены надлежащим образом, и возможно, что будут обнаружены и более значительные аллохтонные массы, отличные от вышеуказанных „утесов“ (см. стр. 92). В большинстве же случаев денудация настолько продвинулась вперед, что сохранились лишь более круто поставленные корневые части покровов. Такую, например структуру имеет Анжеро-Судженский

район (см. фиг. 67 и 113). Нет сомнения, что угленосные отложения этого района некогда были скрыты покровом среднего девона. Влияние волочения этого покрова сказалось в том, что в автохтонной угленосной толще проявились своеобразные дизъюнктивные перемещения послойного типа и типа прямых надвигов, у которых перемещалось висячее крыло сверху вниз. Вообще угленосная свита района имеет довольно типичные признаки паравтохтона.

Тектогенезис, который испытали формации района Кузбасса, отличается от альпинотипного, главным образом, тем, что здесь



Фиг. 113. Схематический широтный разрез Анжеро-Судженского района Кузбасса: 1 — $С_{m_1}$ или Alg ; 2 — морской D_2 ; 3 — Барзасская сапропелитовая формация D_{1-2} ; 4 — верхний морской девон; 5 — нижний морской карбон; 6 — угленосная свита; 7 — поверхность волочения.

шарьяжные движения произошли спустя значительный промежуток времени после фаз складчатости, затронувшей осадочные толщи бассейна. Впрочем, возможно, что и в Альпийской области основные шарьяжные движения вовсе не связываются с первичными пликативными дислокациями. От германотипного проявления рассматриваемые структуры отличаются широким проявлением надвиговых движений и проявлением вулканизма.

Итак, нужно признать, что фазы тектогенезиса не обязательно приурочиваются к молодым геосинклинальным зонам, что тектогенезис может получить и довольно мощное проявление в зонах, уже значительно закрепленных предыдущим тектогенезисом, и что структурные формы зависят от обстановки, в которой протекал тектогенезис. В частности, нужно иметь в виду селективность последующих движений, которые возобновляются и приурочиваются существенно к слабым зонам, огибая более жесткие участки, например, массы магматических пород. Вместе с тем нужно признать, что наиболее резкие тангенциальные движения литосферы приурочиваются к геосинклинальным прогибам, в которых по наследству проявляются различные фазы тектогенезиса, иногда растягивающиеся на весьма продолжительный отрезок времени.

9. Радиальный тектогенезис

Рассмотренные типы тектогенезиса отвечают тангенциальным движениям, которые являются следствием сжатия тела Земли. Этим типам противопоставляется радиальный тектогенезис. Здесь происходит образование открытых трещин как выражение противоположного движения, а именно расширения тела Земли. По одним из этих трещин, главным образом имеющим более наклонное падение, происходят сбросовые перемещения, которые и компенсируют сжатие, но в других случаях, а именно более крутого положения, настоящего радиального характера и глубокого проникновения трещин растяжения, минеральные массы соответствующих горизонтов, находящиеся в напряженном состоянии, расплавляются, и магма перемещается в верхние горизонты, а иногда и на поверхность литосферы с проявлением разных форм вулканизма.

Фазы радиального тектогенезиса перемежаются с тангенциальными фазами. Между тем обычно их соединяют, и нередко говорят, что интрузивные процессы проявились в фазу обычного диастрофизма. Но это неправильно как с методологической точки зрения, так хотя бы потому, что мы собственно и не встречаем, например, нормальных ортогнейсов, кристаллизовавшихся, а не перекристаллизованных, при одностороннем тангенциальном движении. Если интрузивные процессы проявляются существенно в районах, только что подвергавшихся тангенциальному тектогенезису, то это и естественно, поскольку такие участки литосферы являются наименее устойчивыми и наиболее разбитыми, так что они легко расщепляются при последующем растяжении.

Очень рельефно показал самостоятельность фаз растяжения, сопровождавшихся магматическими процессами, Квининг на примере тектонической истории района Рейнских сланцевых гор, в частности в районе известных бурошпатовых месторождений Зигена. Из этого района во всех учебниках исторической геологии приходится разрез девона как классический пример непрерывных отложений. Между тем Квининг показал, что отложение девона происходило здесь с целым рядом перерывов: им зарегистрировано шесть фаз сжатия, с соответствующей складчатостью и перерывами в седиментации, и четыре фазы растяжения, сопровождавшиеся небольшими интрузиями и экструзиями, которые дали ряд минеральных жил, иногда приуроченных к одним и тем же телам, с проявлением последовательного метасоматоза. В частности, в месторождениях Зигена можно установить следующие четыре генерации минералов: пирит, сидерит, сульфиды цветных металлов и гематит.

Приуроченность интрузивных процессов к районам предыдущих фаз сжатия совершенно естественна, ибо при этих фазах сжатия происходит раздробление литосферы с образова-

нием трещин, которые легко раскрываются при последующих фазах растяжения и к которым приурочиваются образования и перемещения магмы с ее газообразными и водно-жидкими дериватами. При этом магма большей частью застревает в верхних горизонтах литосферы, пользуясь различными интерформационными поверхностями или пологими трещинными зонами для образования тел типов лакколита, силла и акмолита. Магма в большинстве случаев не выходит на поверхность потому, что трещинные зоны как бы теряются, распадаясь на ряд мелких трещин в верхних разрыхленных горизонтах литосферы, и под влиянием гидростатического давления, а также давления внутреннего со стороны растворенных газообразных веществ магма образует интрузивные тела, приподнимая, а также раздвигая породы континента. Нет сомнения, что при этом происходит более или менее значительная ассимиляция магмой пород, ибо даже ясные приводящие каналы, не говоря о порою крупных штокообразных телах батолитового типа, имеют иногда крупные поперечные размеры и секут структуру вмещающих пород. Сущность этой ассимиляции не совсем еще ясна, но нет сомнения, что она происходит при значительном участии газообразных компонентов, имея, так сказать, метасоматический характер. В общем становление магматических тел аналогично формированию минеральных жил и других минеральных эманационных образований, имея гораздо более крупные масштабы и совершаясь в более быстром темпе. Необходимо отметить, что формирование магматических тел также растягивается иногда на ряд фаз растяжения и что эти тела в большинстве случаев имеют комплексный состав; даже лакколиты получают сложное строение не столько от дифференциации магмы на месте, сколько от повторных интрузий магмы, дифференцировавшейся в более глубоком подземном очаге.

Не все участки районов тектогенезиса удобны для проявления интрузивного вулканизма. Несомненно, что места, где имеется нагромождение надвиговых покровов, лучше защищены от образования трещин при растяжении, чем области корней шарьяжных покровов. Во всяком случае в области корней магма может по крутым трещинам выйти в более высокие горизонты, тогда как пологие покровы шарьяжей задерживают магму, если даже образовались приводящие каналы в автохтонном фундаменте, и интрузии образуются под этими покровами или в нижних их частях. Вероятно, так дело и обстоит, ибо в передовых участках покровных сооружений, например в Кузбассе, нет нормальных кислых интрузивов, а в альпидах, покровы которых еще сохранились от денудации, на современную дневную поверхность интрузивы вообще не выходят. Но в варисцидах Центральной Европы, где покровы почти уничтожены или в значительной степени сняты денудацией, массивы

интрузивов встречаются нередко, особенно ближе к корневым частям бывших покровов (см. фиг. 107).

В районах тангенциального тектогенезиса, а именно там, где нет широко распространенных надвиговых покровов, магма иногда прорывается на дневную поверхность, давая вулканы, преимущественно центрального типа, которые находятся в тесной связи с очагами интрузивных тел и агонизируют нередко в течение долгого времени после того, как эти интрузивные тела окончательно раскристаллизуются. Нужно думать, что многочисленные вулканы Анд или Кавказа, представляющих молодые как структурные, так и горные сооружения, образовались именно таким способом, являясь, следовательно, некоторым внешним выражением тех интрузивных процессов, которые недавно проявились в верхних горизонтах литосферы. Между прочим, такая точка зрения подкрепляется и составом лавы вулканов, связанных со складчатыми районами, которая имеет состав средней кислотности, и местами ясною связью экструзивных образований с более мелкими интрузивными, которые уже вскрыты денудацией; в частности, Анды и Кавказ как раз характеризуются наличием значительного количества так называемых молодых интрузивных тел.

Радиальный тектогенезис может проявиться и в районе плит, вследствие раскалывания их в фазы наиболее мощного проявления растяжения Земли. Естественно, что такие фазы сопровождаются излиянием большого количества магмы, с образованием покровов, занимающих иногда громадные площади или в общей сложности образующих громадные толщи. При этом магма имеет почти всюду одинаковый состав базальта, отвечая, очевидно, составу вещества Земли более глубоких горизонтов литосферы, откуда эта магма выходит непосредственно на поверхность без заметной дифференциации и ассимиляции боковых пород. Впрочем, и здесь, как показали позднейшие исследования, например, Тунгусского угленосного бассейна и германских буроугольных бассейнов, преобладают гипабиссальные интрузии, с образованием силлов, породы которых, в случае глубокого первичного их залегания, имеют даже стекловатый характер. Конечно, более крупные очаги лакколлитов и здесь дают иногда вулканы центрального типа; таковы, например, вулканы, обнаруженные в юго-восточной части Среднесибирской платформы.

Эффузивы нередко встречаются среди геосинклинальных толщ, переслаиваясь с осадочными породами. В этом нет ничего особенного, ибо по сравнению с геоантиклиналями депрессии являются более подвижными участками литосферы, и в них, при прочих равных условиях, в фазы растяжения легче могут образоваться радиальные трещины с выводом магмы на поверхность. Вместе с тем весьма возможно, что в более резкие фазы растяжения вулканизм может иметь различные проявления, в зави-

симости от физико-географической обстановки, а именно в области плит и развивающихся геосинклиналей вулканизм получает преимущественно эффузивный характер, при более или менее основном составе лавы, в то время как в области тангенциальных движений предыдущих фаз тектогенезиса предпочтительно образуются интрузивы, имеющие более кислый состав, поскольку здесь могли проявиться дифференциация и ассимиляция.

В настоящий геологический момент преобладают вулканы центрального типа, причем количество действующих вулканов значительно меньше того количества вулканов, которые действовали недавно, когда, очевидно, и было проявление последней фазы растяжения Земли. Современный вулканизм питается, повидимому, подземными очагами интрузивов. Это, между прочим, довольно хорошо устанавливается на примере единственного в своем роде вулкана Мауна-Лоа в группе Сандвичевых островов Тихого океана. В жерле этого вулкана находится постоянное лавовое озеро с постоянной вертикальной циркуляцией основной лавы между этим озером и, очевидно, неглубоко залегающим подземным очагом. Современный вулканизм, несомненно, находится в стадии замирания, хотя отдельные вспышки его в виде выстрелов скапливающихся под жерловой пробкой газов имеют поражающий воображение человека характер. Современный момент характеризуется относительным спокойствием Земли, с проявлением существенно эпейрогенных движений как результата волнообразного поднятия и опускания при слабом изменении объема материи Земли в ее недрах.

ГЕОТЕКТОНИЧЕСКИЕ ТЕОРИИ



1. Значение геотектонических теорий в развитии геологии

Среди геологических процессов ведущими являются эндогенные движения, связанные с саморазвитием материи Земли. Собственно каждый геологический документ свидетельствует об этих движениях. Но геологические документы обычно разрознены и возникли при условиях, которые во многих случаях остаются недостаточно ясными, не будучи воспроизводимы в лабораторной обстановке или путем наблюдений над современными процессами.

Таким образом приходится прибегать к помощи гипотез, которые являются формами развития естествознания. А именно наблюдаемые факты и явления, а также результаты произведенных опытов объединяются предположениями о существующих между ними закономерностях, и эти закономерности, выраженные в виде гипотез, с одной стороны, стимулируют дальнейшие исследования, выдвигая новые точки зрения, с которых улавливаются элементы процессов, дотоле ускользавшие от внимания, а с другой стороны, проверяются на новых фактах и опытах.

Конечно, гипотезы неминуемо изменяются, приближаясь к большему соответствию с действительностью, но они представляют необходимый путь к закону: без гипотез не были бы выведены законы, не была бы вскрыта сущность процессов. Поэтому трудно провести грань между гипотезой и теорией данного вопроса.

Так и в геологии были предложены различные гипотезы о сущности эндогенных процессов, нашедших свое особенно яркое отражение в тектонике земной коры как части общей структуры Земли, почему эти гипотезы обычно называются геотектоническими теориями. Нужно только отметить, что, в противоположность другим наукам, в геологии предлагалось слишком много таких теорий. Объясняется это чрезвычайно сложным содержанием данной науки, имеющей дело с весьма разнообразными предметами и их отношениями, при сложном пере-

плете частных проявлений саморазвития Земли. Кроме того, геология находилась в плену формальной логики мышления, которая не в состоянии вскрыть сущность сложных и противоречивых процессов развития Земли.

Вместе с тем почти каждая из предложенных геотектонических теорий отображает какую-нибудь сторону этих процессов, в общем способствуя развитию геологии. Поэтому небезынтересно и полезно для уяснения истории развития геологических знаний сделать хотя бы краткий обзор геотектонических теорий, разбив их на главные группы по признаку основных закономерностей, намечаемых этими теориями.

2. Теории плутонизма

Мощные вулканические процессы, оказывающие большое впечатление на человека, и давно уже установленный факт повышения температуры с углублением в недра Земли явились основанием для выведения теорий, которые объясняют основные движения Земли преимущественно влиянием магмы.

Первую достаточно сформулированную геотектоническую теорию предложил Гюттон в конце 18-го столетия. Согласно этой теории, основной силой, обуславливающей движения земной коры, является внутренний жар Земли. От этого жара горные породы, постепенно накапливающиеся в водных бассейнах, нагреваются и в связи с этим расширяются, что приводит к поднятию соответствующих участков с образованием различных складок и разломов. Расплавленная масса более глубоких зон Земли, а также магма, получающаяся при расплавлении сильно нагретых пород, пользуется этими трещинами, чтобы выйти на дневную поверхность, давая различные пористые и шлаковые лавы, или попасть в верхние горизонты коры, где она кристаллизуется с образованием гранитов и порфиоров. Интересно, что в этой теории вскрыты многие мысли, развиваемые за последнее время, но они изложены в очень несовершенной форме, будучи, конечно, недостаточно развиты, вследствие отсутствия достаточного количества фактического материала и вследствие слабого развития естественных наук в то время.

Чисто плутоническую теорию предложили известные естествоиспытатели А. Гумбольдт и Л. фон-Бух в начале 19-го столетия. Известно, что вулканические горы образовались вследствие поднятия магмы, которая прорвалась через земную кору с образованием кратеров. В других местах магма не могла прорваться на поверхность, и здесь ее влияние сказывается в образовании значительных положительных форм рельефа, в частности гор. Эта теория по своим основным исходным положениям получила название теории кратеров поднятия. Интересно, что аналогичные взгляды на активность магмы, которая может поднимать значительные участки земной коры с образованием

гор, высказывались даже в 20-м столетии, например, В. Пенком без объяснения причин такого воздействия магмы на земную кору.

Конечно, магма обладает известной активностью под влиянием растворенных в ней газов и паров, а иногда и под влиянием гидростатического давления. Можно считать установленным, что, попавши в верхние горизонты земной коры, она поднимает и раздвигает породы континента, чтобы освободить место для себя. Но от этого далеко до такой активности магмы, которая принимается плутоническими теориями, тем более что сама магма является результатом, а не причиной тектогенезиса. Неосновательность теорий плутонизма видна уже из того, что существуют складчатые области, например Юрские горы, которые лишены каких-либо интрузивных массивов.

Позднейшие неоплутонисты, например Амперер или Швиннер, предложили гипотезу течений подкоровой магмы: если представить себе, что под влиянием разных причин происходит поднятие данного участка литосферы с подкоровой магмой, то последняя будет оттекать и увлекать за собой соответствующие части земной коры, которая и соберется в складки с образованием также других производных структурных форм, а на поднятом участке возникнут трещины, по которым магма выйдет на поверхность или в верхние горизонты земной коры. Искусственность этой теории очевидна, хотя бы потому, что ею не вскрыта основная причина поднятий, за которыми следует течение подкоровой магмы.

Несколько иначе связывают хорошо выявленные поднятия и опускания земной коры с магмой другие геотектонисты, например Андре, полагающий, что эти движения являются результатом перехода магматических масс в другое агрегативное состояние, с чем связывается резкое изменение объема. Нужно подчеркнуть, что эта точка зрения является заслуживающей внимания, приближаясь к теории, выдвигаемой за последнее время, с применением методологии диалектического материализма, но она касается лишь частного случая, который не может связать все сложные проявления геотектогенеза.

3. Контракционная теория

Контракционная теория господствовала в геологии почти целое столетие. Она излагается как наиболее вероятная теория даже в некоторых действующих учебниках и многими геологами приемлется до сих пор.

Эта теория, сформулированная Эли де-Бомоном в 1852 г. и усовершенствованная затем рядом геологов, основывается на том, что всюду, или непосредственно у поверхности или с некоторой глубины, горные породы образуют складки, испытывают пликативные процессы, которые могли проявиться лишь при сокращении объема Земли, при стяжении или контракции зем-

ной коры. С другой стороны, контракционная теория представляет дальнейшее развитие, в применении к Земле, космогонической теории Канта-Лапласа, которая также господствовала до последнего времени.

Согласно этой общей теории, Земля, родившись из туманности, прошла стадию газообразного тела, находившегося в раскаленном состоянии, вследствие выделения громадного количества тепла от интенсивного сжатия этого тела по закону всемирного тяготения. При ослаблении темпов дальнейшего уплотнения материи, Земля стала охлаждаться и перешла в жидкое состояние, когда вещество ее и распределялось по удельному весу с образованием основных геосфер, границы между которыми установлены теперь путем анализа сейсмических волн на глубинах 1200 и 2900 км. В связи с дальнейшим охлаждением, вследствие лучеиспускания, наиболее интенсивного с поверхности, образовалась земная кора, сначала очень тонкая и часто прорывавшаяся с катастрофическими извержениями магмы, а затем постепенно утолстившаяся до современной мощности порядка 50 км, как это можно вычислить, исходя из величины геотермического градиента, с возможной поправкой на повышение температуры плавления силикатов от увеличения давления.

Но пиросфера постепенно охлаждается через земную кору путем теплопроводности, а также вулканических извержений и выхода тепла с водными и газовыми источниками, а следовательно, сокращается. К этому сокращающемуся ядру Земли должна, вследствие молярных сил, приспособляться земная кора, породы которой могут изменить свой объем лишь в незначительной степени.

Так, при общем опускании земной коры, в частности при обрушении отдельных ее участков, в ней возникают напряжения с производными горизонтальными или тангенциальными силами, под действием которых образуются в слабых местах складки, а в более жестких участках различные тангенциальные дизъюнктивы. Что касается вулканизма, то магма пиросферы может выходить на поверхность по трещинам, образующимся в сводах относительно поднимающихся участков, или по трещинам первичных радиальных движений, обладая значительной ассимиляционной способностью, при которой она легко проби- вает себе дорогу.

Таким образом, согласно контракционной теории, внутренняя жизнь Земли постепенно замирает, и по выделении всего тепла, запасенного еще в звездную стадию и лишь отчасти восполняемого при распаде радиоактивных веществ, которые находятся преимущественно в самых верхних горизонтах литосферы, состоящих из кислых пород, Земля превратится в безжизненное тело, лишенное внутренних движений.

Подробный анализ основ контракционной теории показал, что она страдает многими недостатками. Мы отметим лишь не-

соответствие этой теории наиболее существенным геологическим факторам.

Так, теперь можно считать установленным, что, кроме складок и других тангенциальных структурных форм, являющихся результатом стяжения, существуют и радиальные движения, с расширением земной коры, например, сбросы и движения, приводящие к образованию вертикальных магматических тел. Можно сказать, что последние формы пользуются, вероятно, не меньшим распространением, чем формы тангенциальные, но их труднее констатировать, и они мало принимаются обыкновенно во внимание. И если контракционная теория хорошо объясняет или собственно основывается на тангенциальных структурах, то она решительно противоречит структурам, образующимся при расширении земной коры.

Затем в региональной геологии установлено, что складчатые и другие процессы протекают не непрерывно, а с довольно значительными промежутками относительно спокойного состояния литосферы, что складчатость проявлялась лишь в немногие моменты геологической жизни Земли, которые обычно определяются как революционные ее эпохи. Такой ход тектонической истории также резко противоречит данной теории, при которой процессы сокращения должны были бы протекать непрерывно.

Одним словом, теперь нужно признать контракционную теорию не выдерживающей критики, даже при обычном подходе с точки зрения соответствия ее накопленным геологическим фактам. Но эта теория в настоящем ее виде должна быть отвергнута и с точки зрения общей методологии, как это будет показано ниже.

4. Теория изостазии земной коры

В замену контракционной теории, несостоятельность которой стала очевидной, был предложен ряд новых теорий, частью отображающих различные геологические явления, а частью представляющих чисто умозрительные построения. Среди этих теорий особенное распространение получила в последнее время теория изостазии (равновесия) земной коры, как бы плавающей на пиросфере.

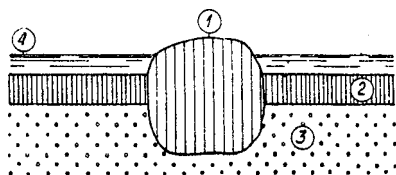
Теория изостазии была сформулирована для объяснения геологических процессов Деттоном в 1892 г. Согласно этой теории, земная кора, будучи неоднородной, состоит из частей различного удельного веса, которые погружены в жидкую пиросферу на разную глубину в зависимости от их толщины и плотности, подобно льдинам, плавающим на воде.

В связи с этим такие неоднородные участки имеют и неровную поверхность. Но неровности рельефа сглаживаются денудацией, перемещающей минеральные массы с более высоких на более низкие участки. Это изменение нагрузки будет

сопровождаться всплыванием блоков, потерявших массы, и погружением участков, получивших дополнительную нагрузку. Так восстанавливается равновесие между блоками. При взаимном перемещении блоков, последние разрываются трещинами, по которым подкоровая магма пробирается вверх, местами изменяя равновесие между блоками в другом направлении. Кроме того, осадочные породы, оказавшиеся в переходной зоне, подвергаются как растяжениям, так и сжатиям, участвуя в различных дислокациях. Равновесие между блоками может быть нарушено, с проявлением соответствующих вертикальных движений, и внешней нагрузкой, например, со стороны мощного ледника, под которым земная кора прогибается.

Общая теория изостазии земной коры была еще ранее разработана геодезистами, которые при измерении силы тяжести установили, что под крупными положительными формами рельефа имеются дефекты массы, которые, по предположению Эри, можно объяснить лишь более значительным погружением сравнительно легкой земной коры под такими выступами в более

Фиг. 114. Строение верхних горизонтов литосферы по теории изостазии: 1 — сиалическая масса континентов; 2 — симическая земная кора под океанами; 3 — базальтовая постель; 4 — океан.



тяжелую подкоровую магму (фиг. 114). Такое предположение оправдывается тем, что, по вычислениям, в основу которых положены измерения значения силы тяжести, на некоторой глубине под выступами коры, а именно на глубине около 120 км, проходит компенсационный горизонт, имеющий всюду одинаковую сверху нагрузку. Собственно по этому слою равновесия и самая теория получила название изостазии (*ἴσος* — одинаковый, *στάσις* — положение). Впрочем, Пратт считает возможным установление изостазии и без выступов блоков земной коры в пирросфере.

Обращаясь к анализу теории, нужно прежде всего остановиться на геодезическом ее обосновании, которое может представляться вполне надежным, имея строго математический характер. Однако против этого обоснования нужно выдвинуть следующие возражения. Градиент силы тяжести всюду представляет незначительную величину, а действие массы обратно пропорционально квадрату расстояния. Поэтому тот градиент, который обусловлен разностью масс в верхних горизонтах земной коры, будет сглаживаться неравномерным распределением более крупных масс на значительных глубинах, где анизотропность строения также существует, что недавно доказано установлением фокусов землетрясения на глубинах до 600 км. Вме-

сте с тем точных определений глубины залегания компенсационного горизонта сделано немного, причем в разных местах или у разных авторов эта глубина получается различной.

Совсем наивны геологические обоснования теории изостазии, если даже считаться с возможностью существования подкоровой жидкой магмы, каковой в действительности не существует. Во всяком случае эта теория не может объяснить, как и контракционная, взамен которой она предлагалась, ни периодичности тектогенезиса, ни смены сжатия и расширения; она лишь отмечает, притом в наивной форме, существование (эпейрогенных) колебательных движений.

Между тем теория изостазии чрезвычайно распространена; многие геологи объясняют эпейрогенные движения в эпоху оледенений именно ледниковой нагрузкой, подменяя причину следствием. Вообще эта теория стала задерживать дальнейшее развитие геологии, сведя все геологические процессы к механическим перемещениям земной коры на жидкой основе, и от этой теории нужно освободиться как можно скорее.

5. Теории мобилизма земной коры

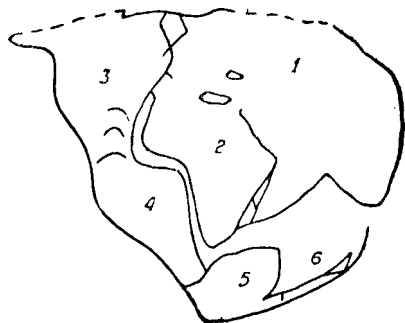
Теория изостазии, как явно недостаточная, была переработана и расширена теориями подвижности, или мобилизма, земной коры, перемещающейся на жидкой пиросфере в горизонтальном направлении. При выработке этих теорий имелось в виду преодолеть затруднения, встреченные предыдущими теориями, а также объяснить довольно непонятный факт иногда резкого изменения климата с течением времени.

а) Особенно большое впечатление произвела теория плавления континентов, сформулированная Вегенером в 1922 г. Вегенер применяет основное положение изостазии: материки, состоящие из горных пород среднего удельного веса 2,7, представляют глыбы, резко выдающиеся как вверх, так и вниз и имеющие значительно большую мощность сравнительно с тонкой литосферой под океанами, которая обладает удельным весом около 3. Такое строение литосферы получилось в результате сбивания первичной легкой „сиалической“ оболочки Земли в отдельные партии — континенты, а промежутки между ними были заняты гидросферой на тонкой коре, образованной за счет подкоровой, более тяжелой „симической“ магмы (фиг. 114).

Эти континентальные глыбы подвергаются воздействию центробежной силы, направляющей их к экватору, и тормозящей приливной волны, под влиянием которой они перемещаются с востока на запад. Конечно, и другие части земной коры участвуют в этом движении по поверхности пиросферы, но с меньшей скоростью, обладая меньшими массами. Следовательно, континенты перемещаются относительно симического слоя ба-

зальтовой постели, разбивая его подобно ледоколу, движущемуся среди льда, причем ввиду сложности строения континенты могут разбиваться на отходящие друг от друга части.

Интересно, что если соединить все доли суши, приставив их друг к другу, то они дают почти сплошную массу (фиг. 115).

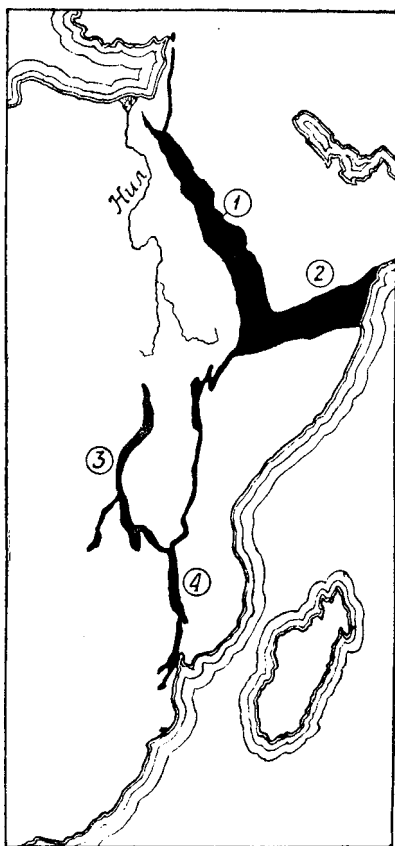


Фиг. 115. Первичный материк до раскола на современные доли суши (по Вегенеру): 1 — Евразия; 2 — Африка; 3 — Северная Америка; 4 — Южная Америка; 5 — Антарктика; 6 — Австралия.

Особенно поразительна географическая гомология между обращенными друг к другу береговыми частями Африки и Южной Америки, которые, по мнению Вегенера, недавно составляли одно целое, что доказывается им при помощи различных геологических, палеонтологических, биологических и других аргументов.

Раздробление долей суши, естественно, сопровождается массовым проявлением вулканизма вдоль новых трещин, особенно на внутренней стороне перемещающихся континентов. Так, сильно развиты вулканы на западной периферии Тихого океана, где острова недавно оторвались и отстали от азиатского материка, образуя „гирлянду“. В стадии дробления находится и Африка с ее восточными узкими грабенами, или „рифтами“, где имеется много озер и вулканов, правда, теперь почти потухших (фиг. 116).

При движении к западу или к югу соответствующие побережья континентов испытывают большое сопротивление со стороны симической коры и подвергаются интенсивным дислокациям, с образованием складчатых и других тангенциальных



Фиг. 116. Грабены и рифты Восточной Африки: 1 — Красное море; 2 — Аденский залив; 3 — оз. Танганьяка и 4 — оз. Ниасса,

структур. Таково, например, происхождение сплошного пояса складчатых гор по западному побережью обеих Америк, которые находятся в движении к западу, постепенно удаляясь от Европы и Африки.

Таким способом теория плавления континентов как будто хорошо увязывает основные геологические факты. Многие геологи признали возможность горизонтального перемещения континентов, причем для этого движения был даже предложен особый термин, а именно — эпейрофорез (*ἑπειρος* — материк, *φορέω* — увлекаю).

Однако при ближайшем рассмотрении эта теория оказывается совершенно несостоятельной даже в свете известных уже фактов. Например, соответственные части разошедшихся долей суши, в частности Африки и Южной Америки, по позднейшим исследованиям, имеют различное строение; западные и южные побережья континентов во многих местах не испытали позднейшего тангенциального диастрофизма; Антарктика и Австралия, оторвавшись от Азии, переместились к полюсу, а не к экватору и т. п. Совершенно справедливо также указывают на то, что центробежная сила от вращения Земли около ее оси и приливное действие со стороны Луны и Солнца совсем недостаточны для того, чтобы приводить в движение громадные массы материков да еще строить сложные тектонические структуры. Наконец, эта теория не предусматривает прерывистости диастрофизма в истории Земли, вполне установленной всеми геологическими исследованиями, а также твердое агрегатное состояние Земли.

б) В ином аспекте использовал основные идеи теорий изостазии и плавления континентов Джоли в своей термической теории 1925 г., в которой он попробовал увязать явления радиоактивного распада элементов горных пород и периодичности тектогенезиса земной коры, а также принял во внимание современное твердое агрегатное состояние Земли, отмечаемое геофизическими исследованиями.

Итак, Джоли полагает, что обычно подкоровая магма находится в твердом агрегатном состоянии; таковой она является, между прочим, в настоящее время. Но радиоактивные элементы, установленные во всех горных породах, выделяют при своем распаде тепло, которое частично теряется через земную кору путем теплопроводности и излучения. Естественно, что с глубиной потеря этого тепла уменьшается, и с некоторого горизонта оно начинает накапливаться. Это накопление тепла особенно энергично происходит под континентальными массами сиалического состава, которые обладают плохой теплопроводностью, и здесь прежде всего симические массы базальтовой постели начинают расплавляться. Когда расплавление распространится по бокам континентальной глыбы, то она осядет в пиросферу и подвергнется морской трансгрессии, а по краевым трещинным зонам магма получит возможность перемещаться вверх и начать

различные вулканические процессы, отвечающие, таким образом, фазе растяжения земной коры при расплавлении базальтовой постели.

Когда симические массы постели расплавятся и под океанической корой, то вся земная кора может свободно перемещаться по пиросфере, как это предусматривает теория плавания континентов. Но при горизонтальном перемещении земной коры наиболее нагретые участки базальтовой постели, находившиеся под континентальными выступами, быстро охлаждаются, попадая под тонкую оболочку гидросферы, и в конце концов вся симическая масса опять застывает. При этом застывании она сокращается в объеме и нажимает с боков на континенты, которые в это время поднимаются, и в их слабых зонах проявляется тангенциальный диастрофизм. Так заканчивается основной геологический цикл впредь до нового накопления тепла при распаде радиоактивных веществ. Джоли вычисляет, что продолжительность этого цикла равняется примерно 50 млн. лет.

Теория Джоли была принята весьма благосклонно, ибо она объясняет периодичность тектогенезиса, выделяет перемежающиеся фазы расширения и сжатия, учитывает такой важный фактор термики Земли, как радиоактивный распад, и удовлетворяет настойчивые требования климатологов о горизонтальном перемещении континентов.

Но и эта теория не выдерживает критики не только со стороны методологических ее оснований, но и с точки зрения соответствия различным установленным фактам. Так, огромное излияние базальтов на континентах, в частности на Среднесибирской платформе, не укладывается в схему теории, согласно которой такие излияния и вообще магматические процессы должны приурочиваться к периферическим частям континентов или отдельных их глыб; совершенно не согласуется с ней и обычное проявление интрузии сразу после основной фазы тангенциального тектогенезиса, ибо, по теории, последняя заканчивает собой геологический цикл; не объясняются также условия резкой дифференциации интрузивных магм, связанных с районами тангенциального диастрофизма, и пр.

Таким образом теории мобилизма земной коры должны быть оставлены. Впрочем, есть один момент, который может задержать наше внимание на принципе мобилизма континентов и заставить ввести этот принцип в новую, более совершенную теорию; это резкие смены климата в истории Земли, как будто невозможные без изменения географических координат соответствующих районов.

Но пример близкого к нашему времени, сравнительно хорошо изученного постплицена, в течение которого везде на поверхности Земли изменения климата, будучи достаточно резкими, шли в одном направлении, а полюсы неизменно оставались на своем месте, показывает, что гораздо плодотворнее

вести изыскания причин колебания климата в режиме Солнца, являющегося ведущим фактором климата Земли, а также в теллурической обстановке, чем чисто механистически сводить весь сложный вопрос о колебаниях климата к весьма проблематическим горизонтальным перемещениям континентов.

6. Осцилляционная теория Хаармана

Среди целого ряда других геотектонических теорий следует еще остановиться на позднейшей осцилляционной теории, сформулированной Хаарманом в 1930 г. Подвергнув действительно уничтожающей критике контракционную теорию, которая по существу признает лишь тангенциальные движения в тектонических процессах, Хаарман указывает, что первичными движениями земной коры являются вертикальные, приводящие к вздутиям, или геотуморам, и к впадинам, или геодепрессиям, и что тангенциальные движения имеют производный характер, являясь вторичными и для истории Земли мало характерными. Соответственно колебательному характеру первичных движений земной коры, принимаемому теорией, последняя и названа осцилляционной. Между прочим, Хаарман вполне правильно отметил, что следует отказаться от термина орогенезис в отношении тектонических движений, которые не всегда сопровождаются образованием гор, и называть совокупность тектонических движений тектогенезисом.

Вообще основной принцип теории Хаармана нужно признать правильным, но детали этой теории и ее развитие в применении к конкретной истории Земли не выдерживают никакой критики. Действительно, согласно теории, колебательные движения вызываются какими-то космическими причинами, сущность которых не выявлена; складчатость является результатом сползания осадков по склонам геотумора в соседнюю геодепрессию; вулканизм приурочивается к геотуморам, в которых проявляется расширение, в связи с указанным сползанием масс и т. д. Отсюда видно, как при правильной констатации даже основных геологических явлений можно дать совершенно неудовлетворительные теоретические построения, если не руководствоваться определенными методологическими установками, а именно методологией диалектического материализма, ибо только последняя помогает нам мыслить в соответствии с действительными отношениями в объективном мире.

7. Основы геотектонической теории саморазвития материи Земли

Все вышеизложенные геотектонические теории, кроме несоответствия их целому ряду фактических данных, характеризуются недостатками с методологической точки зрения.

Так, естественные процессы саморазвиваются в результате борьбы противоположных начал, которые им свойственны. Между тем предложенными теориями развитие Земли рисуется как результат односторонних отношений ее к мировому пространству, например в виде охлаждения, или как результат влияния внешних сил, а именно притяжения со стороны Луны и Солнца. В связи с этим эволюция Земли рассматривается как чисто механистический процесс количественного увеличения или уменьшения качественно однородного тела, при простом повторении явлений, которые совершенно бесперспективны, не представляя ступеней развития с появлением новых качественных отношений. Поэтому развитие Земли представляется как затухающий процесс постепенного ее охлаждения и замирания, тогда как саморазвитие всех естественных процессов, обусловленное обострением противоречий, имеет ускоренный характер. Отметим еще, что во всех изложенных теориях тектогенезис рассматривается как история одной земной коры, т. е. с отрывом части от целого. Таким образом с точки зрения методологии диалектического материализма все эти теории являются резко метафизическими и по одной этой причине не могут быть признаны отвечающими действительности.

Вместе с тем почти в каждой из этих теорий имеется зерно истины, ибо они отражают бессознательно диалектический ход развития Земли, противоречивый в своей сущности. А именно, пользуясь исключительно метафизическим мышлением по законам формальной логики, геологи принимали во внимание при выдвижении теорий какие-нибудь отдельные стороны сложного процесса развития Земли, выпрямляя этот процесс, фактически протекающий по кривой спиральной линии. Естественно, такие односторонние теории не могли объяснить разнообразные явления в жизни Земли и нередко приходили в противоречие друг с другом.

Тектонику земной коры можно понять лишь как одну из форм проявления саморазвития всей Земли или первичной ее материи. Но основным свойством материи является движение, представляющее, так сказать, способ ее существования, причем, согласно Ф. Энгельсу, движение есть взаимодействие притяжения и отталкивания, которые не отделимы друг от друга, как положительное и отрицательное, имея различные формы своего выражения.

Так, в геологической истории Земли, в истории земной коры, состоящей из горных пород, притяжение и отталкивание выражаются как сжатие и растяжение, сменяющие друг друга в борьбе этих противоположных начал саморазвития Земли. К такой концепции уже начали приходить за последнее время при анализе фактического материала. Например, Квинринг вполне определенно представляет историю Рейнского девона как перемежаемость складчатости и растяжения с магматическими процессами, а Джоли

выразил эту идею в своей геотектонической теории, страдающей, однако, отрывом части от целого и признанием ведущей роли за внешними силами в общей эволюции литосферы.

Конечно, сжатие и расширение земной коры суть не пассивные формы тектогенезиса под влиянием каких-то внешних сил, а особые формы притяжения и отталкивания в саморазвитии материи Земли как части космоса. С этой точки зрения геотектоника находится в тесной связи с астрофизикой и физикой; и только теперь при коренной перестройке взглядов на строение материи и в свете методологии диалектического материализма имеется возможность приступить к выработке геотектонической теории как теории саморазвития материи Земли. Начала такой теории уже заложены Букановским и Тетяевым. Развивая эти начала, можно представить намечающийся абрис теории в следующей схеме.

Небесные тела, к которым относится Земля, представляются как узлы сгущения мировой материи, происходящего вследствие притяжения, которое обычно формулируется как закон всемирного тяготения. Но это сгущение материи на первых стадиях его развития сопровождается, как известно и из старых космогонических теорий, выделением тепла в таком количестве, что, несмотря на громадное излучение этого тепла, являющееся формой проявления отталкивания, его хватает на повышение температуры небесного тела.

Однако повышение температуры имеет место лишь до определенной степени сжатия, и дальнейшее уплотнение вещества сопровождается понижением температуры тела, в основном обуславливаясь превращением атомов. Действительно, на определенной ступени сжатия материи крупного небесного тела электроны и позитроны вещества сбиваются в более плотные атомы с большим атомным весом.

Наблюдая звезды, которые имеют сравнительно с Землей несравненно большие объемы, мы видим, что некоторые из них, например Крюгер № 60, обладают плотностью 9,1, но еще продолжают светиться, т. е. у них при очень сильно сжатом ядре периферическая часть развивает вполне достаточно тепла для лучеиспускания. Очевидно, с нашей Землей, которая даже сейчас имеет плотность 5,5, дело обстоит несколько иначе, а именно эволюция при сравнительно малой массе протекала быстрее, и периферическая часть застыла почти одновременно с затвердеванием более глубоких горизонтов планеты.

Итак, в противоположность старым теориям, нужно признать следующие положения:

1) Земля не потому сжимается, что охлаждается, а потому охлаждается, что сжимается;

2) тело Земли представляет концентрические геосферы, состоящие из все более тяжелых с глубиной атомов, которые

образовались в этих зонах соответственно физико-химическим условиям, а не распределились по удельному весу, как готовые элементы, в жидкую фазу Земли;

3) вещество глубоких зон Земли находится в твердом агрегатном состоянии, которое, впрочем, отличается от твердого состояния земной коры тем, что при уменьшении давления вещество может перейти в жидкое состояние;

4) совершенно не приходится противопоставлять твердую земную кору жидкой пиросфере, а нужно считать, что магма есть историческое образование, появляющееся в связи с тектоническими движениями.

Твердое агрегатное состояние внутренних частей Земли является очень неустойчивым. Хотя сжатие и уплотнило материю Земли, но эта материя находится в очень напряженном состоянии, стремясь расшириться в результате, так сказать, радиоактивного распада, и чем сильнее происходит сжатие, тем более сильного противника оно себе готовит. Так ведется между этими началами, связанными единством противоположностей, борьба с переменным успехом: то побеждает сжатие, то берет верх расширение.

Когда земной коры еще не существовало, приспособление периферических частей к сокращающемуся ядру происходило очень просто — путем перераспределения вещества, находившегося здесь в жидком или даже газообразно-раскаленном состоянии. Что касается фаз расширения, то они выражались, вероятно, в форме протуберанцев нашего Солнца, эволюция которого также идет скачками.

С возникновением земной коры, вещество которой в условиях сравнительно невысоких температуры и давления остается более или менее постоянным и которое обладает механическими свойствами обычного твердого вещества, геотектоника стала сложнее.

Сжатие Земли происходит непрерывно, равно как и непрерывно ему противодействует расширение, причем до сих пор ведущим было сжатие. Эта борьба ведется и в сравнительно спокойные эволюционные периоды жизни Земли с волнообразными ее проявлениями как во времени, так и в пространстве. В результате происходят медленные эпейрогенные движения, изредка осложняющиеся довольно резкими прорывами, которые сигнализируются землетрясениями при расположении фокусов их на различных глубинах, в частности на глубинах в несколько сот километров, как это недавно установлено. Эпейрогенные движения, происходящие в течение длительного периода, приводят в конце концов к образованию крупных неровностей на поверхности литосферы, каковыми являются материковые выступы и океанические депрессии, а также выступы горных массивов, расчленяемые до состояния горных ландшафтов эрозией, и к образованию стратиграфических структур.

Но вот изменение физико-химических условий, по крайней мере в некоторых горизонтах Земли, достигает критической точки, за которой большая часть вещества этих горизонтов переходит в иное атомистическое состояние, что происходит, несомненно, сразу с резким изменением объема. Здесь можно провести аналогию с поведением воды на поверхности Земли: вода при охлаждении до $+4^{\circ}$ сжимается, затем при дальнейшем охлаждении расширяется, а при 0° происходит скачкообразное увеличение ее объема.

Если скачок выражается в уменьшении объема в виде соответствующего увеличения мощности более плотной геосферы за счет менее плотной оболочки, то периферическая часть Земли сокращается, притом в короткий промежуток времени, и наступает тангенциальный диастрофизм. Последний в пределах земной коры выражается складчатостью разного типа и различными тангенциальными дизъюнктивами, причем такие резкие движения поражают прежде всего наиболее слабые участки коры, представленные мощными геосинклинальными отложениями, которые сдавливаются соседними плитами. Но движение приурочивается иногда и к более жестким участкам коры, имеющим резкую анизотропию строения с наличием слабых зон, оставшихся еще от предыдущих фаз тектогенезиса.

Этот тангенциальный диастрофизм захватывает и более глубокие горизонты литосферы, приходящие в движение, которое выражается в возникновении и перемещении магмы, подвергающейся в связи с этим более или менее значительным процессам дифференциации и ассимиляции при образовании в основании складчатых участков кислых разностей магмы. Но поднятия таких порций магмы в самые верхние горизонты коры, сильно сдавленные стрессом, не происходит.

В следующую фазу победы резкого скачкообразного расширения открываются в земной коре старые и образуются новые зияющие трещины, и по ним устремляется кверху магма, как уже ранее подготовленная под складчатыми участками, так и вновь вскипающая в областях молодых радиальных трещин. Так проявляется вулканизм, принципиально различный в областях, перед этим испытавших глубокую складчатость, и в областях, разбитых радиальными дизъюнктивами: первые характеризуются более или менее кислыми магмами, которые по своей природе и вследствие продвижения в сильно разбитых горизонтах литосферы склонны давать интрузии кислого состава, а вторые — экструзиями подкоровой основной магмы, еще не успевшей дифференцироваться. Естественно, что в различных районах во время радиального диастрофизма может проявляться вулканизм различного состава.

Таким образом, в противоположность прежним теориям, нужно признать, что диастрофизм земной коры имеет два принципиально различных проявления, которые разделены проме-

жутками времени, и что вулканизм во всех его стадиях, представляя одну специфическую форму отталкивания материи Земли, приурочивается к фазам ее энергичного расширения. Поэтому необходимо выделять в геологической истории Земли фазы как тангенциального, так и радиального тектогенезиса, если условиться понимать под радиальным диастрофизмом резкое расширение Земли с образованием в земной коре обычных радиальных трещин, по которым магма устремляется вверх. Было бы желательно ввести для фаз радиального тектогенезиса особые названия, тем более, что не всякий тангенциальный диастрофизм непосредственно перемежается с радиальным тектогенезисом.

Необходимо отметить, что, по Тетяеву, каждый революционный цикл известной истории Земли обуславливается расширением и что тангенциальный диастрофизм представляет лишь одну или несколько временных фаз в течении этого цикла, будучи вызван сопротивлением земной коры общему поднятию масс; кроме того, интрузии формируются во время тангенциального диастрофизма. Однако фактический материал как будто противоречит последнему положению.

Борьба между сжатием и расширением Земли, вследствие усложнения всяких процессов, с течением времени обостряется. Это явствует из того, что фазы тангенциального диастрофизма за последние геологические периоды стали все более частыми и напряженными. Вероятно, в такой же последовательности сменялись и фазы вулканизма, но этот вопрос еще недостаточно выяснен геологическими исследованиями, ибо установление возраста проявлений вулканизма встречает значительные затруднения.

В общем Земля, убыстряя свою геотектоническую жизнь, стремится, по мнению Букановского, к взрыву с переходом в иное, качественно отличное от современного состояние, абрисы коего еще не ясны и будут выявляться в связи с уточнениями астрофизических исследований, которые откроют аналогов нашей Земли.

ЛИТЕРАТУРА

Для некоторых работ дается краткая аннотация положений, принятых здесь во внимание.

1. Архангельский А. Д. и Шатский Н. С., Схема тектоники СССР, Бюлл. Моск. о-ва исп. природы. Отдел геологии, XI (4), 323—348, 1933.

Основные тектонические элементы земной коры — геосинклинали и плиты; последние обычно являются форландами для складок геосинклиналей.

2. Бугославский В. Ф., Внутриаомная энергия при процессах созидания и распада вещества, изд. АН СССР, 1933.

Сводка новейших достижений по данному вопросу, необходимая для геотектонической теории саморазвития материи Земли.

3. Букановский В. М., К вопросу о диалектике развития Земли. За марксистско-ленинскую перестройку геолого-разведочных наук, 65—104, 1932.

Критика существующих геотектонических теорий и наметка новой теории в связи с саморазвитием материи Земли.

4. Вardанянц Л. А., Тектоническое строение Горной Осетии и ее отношение к Центральному Кавказу, Зап. Рос. мин. о-ва, LXII, в. 1, 1—50, 1933.

Схема структуры Кавказа, формировавшейся и в течение постплицена.

5. Вегенер А., Происхождение материков и морей. Перевод, 1925. Теория плавания континентов.

6. Вялов О. С., Опыт приложения некоторых идей Кобера к Кавказу, Проблемы сов. геологии № 5, 126—132, 1934.

Кавказ не относится к северной ветви альпийской зоны.

7. Герасимов А. П., Медленные движения суши и их изучение, Природа № 7/8, 552—566, 1927.

8. Губкин И. М., Учение о нефти, 1932.

Много графических примеров складчатых и дизъюнктивных структур.

9. Гутт А. Е., Курс горной геометрии, Харьков, 1933.

Углубленный геометрический анализ и геометрическая классификация форм дислокаций.

10. Джоли Дж., История поверхности Земли. Перевод, 1929.

Термическая теория развития Земли.

11. Жемчужников Ю. А. и Яблоков В. С., К вопросу об изучении нарушений в угольных пластах Подмосковского бассейна, Разведка недр № 15, 18—22, 1933.

Древние карстовые провалы; размывы пластов сингенетические, эпигенетические и позднейшие.

12. Кузнецов И. Г., Колебательные движения земной коры и их роль в структуре Кавказа, Проблемы сов. геологии № 7, 1—32, 1933.

Согласно теории Хаармана, Кавказ возник существенно в результате колебательных движений, имевших место как при формировании

толщи, так и при образовании структур, а также гор, причем дается формула для определения амплитуды этих движений.

13. Личков Б. Л., Изостазис и современное представление о движениях земной коры, Природа № 7/8, 654—683, 1928.

14. Личков Б. Л., Движения материков и климаты прошлого Земли, изд. АН СССР, 1932.

Сводка соответствующих геотектонических теорий с доказательствами изменения климата в зависимости от миграции полюсов Земли.

15. Лодочников В. Н., Тектоника гранитных массивов и проблема батолитов Г. Клооса, Зап. Рос. мин. о-ва, LV, в. 2, 335—353, 1926.

16. Милановский Е. В., Очерк теории геосинклиналей в ее современном состоянии, Бюлл. Моск. о-ва исп. природы. Отдел геологии, VII, в. 4, 331—379, 1929.

17. Милановский Е. В., Геологические карты, их чтение и построение, Москва, 1933.

Есть элементы структурной геологии.

18. Мушкетов Д. И., Краткий курс общей геологии, 2-е изд., 1931.

Среди русских курсов по общей геологии содержит наиболее полную сводку форм дислокаций.

19. Наливкин Д. В., Учение о фациях, 1932.

Имеются данные и по стратиграфическим структурам.

20. Обручев В. А., Полевая геология, I и II, 1932.

21. Обручев В. А., Образование гор и рудных месторождений, изд. АН СССР, 1932.

Сводка всех геотектонических теорий.

22. Ог Э., Геология. Перевод, 3-е изд.

23. Попов В. С., Некоторые детали механизма образования тектонических форм с приложением их к Донбассу, Горн. журн. № 3, 37—41, 1933.

Применение теории блокированных складок Зайдля к структуре Донбасса.

24. Ренгартен В. П., Геологический очерк района Военно-Грузинской дороги, Тр. ВГРО, 148, 1932.

Структурный разрез Кавказа.

25. Румянцев С. С., Тектонические нарушения, наблюдающиеся по СЗ окраине Кузбасса, и их объяснение (опыт приложения теории сопротивления материалов к тектонике), Горн. журн. № 10 и 11, 1928.

Доказательства образования дизъюнктивов вместе с развитием складок.

26. Тетяев М. М., Принципы геотектонического районирования территории СССР, Проблемы сов. геологии № 1, 9—32, 1933.

Основными тектоническими элементами земной коры являются складчатые зоны и платформы, в которых образуются примерно одинаковые отложения, но складчатая зона обладает большею мощностью и разнообразием, в результате иного проявления колебательных движений, при нарастании которых происходит здесь качественный переход этой формы тектогенеза в другую — складчатость, сопровождающуюся интрузивными процессами с их рудными образованиями.

27. Тетяев М. М., Формы тектогенеза в их историческом развитии, там же, № 1 и 2, 1934.

История саморазвития материи Земли определяется борьбой притяжения и отталкивания, или сжатия и расширения. В эволюционные эпохи относительного равновесия сжатия и расширения происходят колебательные движения, различные по темпу и амплитуде в областях будущих складчатых зон и их платформ, причем первые являются геосинклинальными, а вторые геоантиклинальными волнами. В известной истории Земли эволюция сменялась революциями, как победой расширения над сжатием, выражавшегося в общем движении масс, в частности возникающих магм, к периферии. Однако временное сопротивление земной коры приводило к победе сжатия, которое находило свое разрешение в горизонтальном,

складчатом и надвиговом движении осадков более мощных геосинклиналей к их платформам; в этом движении участвовала и магма в интрузивном ее проявлении. При последующем восстановлении расширения возникали зияющие трещины в периферической части земной коры, с эффузивным вулканизмом и сбросовыми движениями. В то время формировались крупные волны, с резким обособлением гор, примерно, на месте складчатых зон и морей. Эта смена эволюционного и революционного этапов развития Земли происходила с ускорением, подобно всем естественным процессам под влиянием борьбы связанных с ними противоречивых начал.

28. Уиллис Б. и Уиллис Р., Структурная геология. Перевод части американского курса, 1932.

29. Усов М. А., Формы дизъюнктивных дислокаций в рудниках Кузбасса, Сб. по геологии Сибири, 1—50, Томск, 1933.

30. Шатский Н., Жуков М., Милановский Е. и Ружен В., Дислокационные брекчии и грязевые вулканы в Азербайджане, Бюлл. Моск. о-ва исп. природы, XXXVII, 97—161, 1929.

Разнообразные дислокационные брекчии как результат перемещений между свитами при дисгармонической складчатости.

31. Ampferer O., Ueber das Bewegungsbild im Faltengebirge, Jahrb. d. K. K. Geol. Reichsanstalt, 56, 1906.

32. Argand E., La tectonique de l'Asie, C. R. de la XIII Sess. du Congr. géol. intern. Bruxelles, 171—372, 1924.

Выделены глыбовые складки, захватывающие массив континента и обычно разрешающиеся рядом взбросов и надвигов, и покровные складки в эпиконтинентальном покрове, возникающие существенно под влиянием движений (глыбовой складчатости) в подлежащем фундаменте.

33. Barrell S., Rhythms and the measurements of geologic time, Bull. Geol. Soc. Amer., 28, 745—904, 1917.

В каждой осадочной свите больше промежутков, чем зарегистрированных отложениями моментов.

34. Baschin O., Der Einfluss der Erdrotation auf die tektonischen Bewegungen der Erdkruste, Die Naturwissenschaften, 87—9, 1923.

35. Berg G., Vein filling during the opening of fissures, Econ. Geol., XXXVII—I, 87—94, 1932.

Перевод: Вестник ВГРО № 3/4, 79—82, 1932.

Неоднократное раскрытие трещин при формировании жил.

36. Bertrand M., Mémoire sur les refoulements qui ont plissé l'écorce terrestre et sur le rôle des déplacements horizontaux, Paris, 1908.

Обоснование шарьяжа как своеобразной формы пликативной дислокации.

37. Bertrand M., Étude sur le bassin houiller du Nord et sur le Boulonnais, Ann. d. mines, V, 569—635, 1894.

Последующее изгибание покрова шарьяжа.

38. Beurlen K., Diluvialstratigraphie und Diluvialtektonik, Berlin, 1927.

Четвертичная тектоника в основном обусловлена изостатическими движениями в связи с изменением ледниковой нагрузки.

39. Born A., Ueber Druckschieferung im variszischen Gebirgskörper, Fortschr. d. Geol. u. Pal., 7, 333—427, 1929.

Типы сланцеватости по глубинным зонам, при более молодом возрасте ее относительно основной фазы складчатости.

40. Böttcher H., Die Tektonik der Bochumer Mulde zwischen Dortmund und Bochum und das Problem der westfälischen Karbonfaltung, Glückauf, 1145—1153 и 1189—1194, 1925.

С глубиной складки более сжаты.

41. Brill R., Die Tektonik an der Haupttheintalverwerfung am Lorettoberg bei Freiburg, Geol. Reichsanst., XXIII a, 38—51, 1933.

Пример антитетической системы сбросов.

42. Bubnoff S., Die Gliederung der Erdrinde, Fortschr. d. Geol. u. Pal., 3, 1923.

Тектонические элементы земной коры: континентальные глыбы, океанические впадины, шельфы, геосинклинали.

43. L. v. Buch, Gesammelte Schriften, Berlin, 1867—1877.

Теория кратеров поднятия.

44. Cloos H., „Feather joints“ as indicator of the direction of movements on faults, thrusts, joints and magmatic contact, Proc. Nat. Acad. Sc., 18, 1932.

45. Cloos H., Tektonik und Magma, Abh. d. Pr. Geol. Landesanst., 89 и 96, 1922—1926.

46. Cloos H., Einführung in die tektonische Behandlung magmatischer Erscheinungen. I. Das Riesengebirge, 1925.

47. Cloos H., Die Quellkuppe des Drachenfels am Rhein. Ihre Tektonik und Bildungsweise, Z. f. Vulk., XI—I, 33—40, 1927.

Обоснование и развитие метода восстановления тектоники интрузивов путем изучения трещин отдельности интрузивных тел.

48. Cloos H., Ueber Biegungsbrüche und selektive Zerlegung, Geol. Rundschau, XXIV—3/4, 203—219, 1933.

Нужно отделять волны с растяжением от складок со сжатием, причем эти формы нередко связаны между собою. Распределение дислокаций происходит избирательно, или селективно, в зависимости от состава, строения и формы слагающих земную кору геологических тел.

49. Daubrée A., Études synthétiques de géologie expérimentale, Paris, 1879.

50. Dorn P., Ueber den tektonischen Bau des ostfränkisch, oberpfälzischen Deckgebirges, Geol. Rundschau, XXIIIa, 81—90, 1933.

Пример структурной карты слабо дислоцированного района, составленной существенно по естественным обнажениям для границы рэт-лейас и хорошо иллюстрирующей структуру и морфогению района.

51. Dutton E., On some of the greater problems of physical geology, Bull. Phil. Soc., Washington, XI, 1892.

Геологическое обоснование теории изостазии.

52. Elie de Beaumont L., Notice sur les systèmes des montagnes, Paris, 1852.

Формулировка контракционной теории.

53. Fourmarier P., L'évolution de l'importance des phénomènes de charriage en Belgique et dans les régions voisines, C. R. Congr. intern. géolog., XIII, I, 507—516, 1924.

54. Fourmarier P., Le clivage schisteux dans les terrains paléozoïques de la Belgique, ibidem, 517—530.

Кливаж подчинен складчатой структуре и проявился до образования шарьяжа.

55. Grabau A., Principles of stratigraphy, New York, 1913.

Изображены и стратиграфические структуры.

56. Gregory I., The structure of Asia, London, 1929.

Описание интересного примера продавливания замка антиклинали каменной солью и растекания ее по поверхности пустынного района Персии.

57. Guttenberg B., Ueber Erdbeben mit Erdtiefen von mehreren hundert Kilometern, Geol. Rundschau, XXIV, 3/4, 229—239, 1933.

58. Haarmann E., Die Oszillationstheorie, Stuttgart, 1930.

59. Haug E., Traité de géologie, Paris, 1907.

60. Hulin C., Structural control of ore deposition, Econ. Geol., XXIV, I, 15—49, 1929.

Образование жил происходит в несколько фаз раскрытия трещин.

61. Hutton I., Theory of the earth, Edinburgh, 1795.

62. Joly S., The surface of the earth, Oxford, 1925.

63. Keller G., Sedimentation und Faltung im Ruhrobercarbon, Z. d. D. geol. Ges., 84, 8, 577—606, 1932.

При седиментации не было существенных движений, и изменение мощностей пластов угля и промежуточных пород обусловлено в Рурском бассейне перемещениями при дисгармонической складчатости.

64. Kober L., Der Bau der Erde, Berlin, 1921.

Основное сочинение по геотектонике, в частности по описанию типов тектогенезиса.

65. Kober L., Die Orogentheorie, Berlin, 1923.

Дополнительные данные и предположения по альпинотипному тектогенезису.

66. Lawson A., Insular arcs, foredeeps and geosynclinal seas of the Asiatic coast, Bull. Geol. Soc. Amer., 43, 2, 353—382, 1932. Реферат: Пробл. сов. геол. № 2, 154—156, 1934.

Дуги хребтов и островов объясняются пересечением с шарообразною поверхностью Земли поддвиговых поверхностей при последующих изостатических обрушениях.

67. Leith C., Structural Geology, New York, 1923.

68. Link Th., Échelon folds and arcuate mountains, Journ. of Geol., XXXVI, 6, 526—538, 1928.

Опыты, устанавливающие образование гирлянд и кулис складок как при вращательном движении, так и при наличии разного сопротивления.

69. Lovering T., Field evidence to distinguish overthrusting from underthrusting, Journ. of Geol., XI, 7, 651—664, 1932.

Первые примеры вполне конкретных поддвигов.

70. Margerie E. et Heim A., Les dislocations de l'écorce terrestre, Zürich, 1888.

Основная сводка, не потерявшая своего значения, форм дислокаций и их элементов.

71. Nehm W., Bewegungsvorgänge bei der Aufrichtung der Rheinisch-Westfälischen Steinkohlengebirge, Glückauf, 289—299, 1930.

При складчатости мягкий материал притекает в замки складок.

72. Nevin Ch., Principles of structural geology, New York, 1931.

Наиболее интересные главы: принципы механики в применении к тектонике и анализ трещиноватости горных пород.

73. Paackelmann W., Ueber die Beziehungen zwischen Fazies und Tektonik im Devon des Sauerlandes, Z. d. D. geol. Ges., 82, 590—598, 1930.

В результате складчатых движений во время седиментации свиты в седлах тоньше, в мульдах — толще.

74. Penck W., Die morphologische Analyse, Berlin, 1924.

Некоторые движения Земли могут быть восстановлены лишь геоморфологическим анализом.

75. Pfannenstiel M., Die Tektonik des Eisenbahneinschnittes von Uffhausen bei Freiburg in Br., Geol. Rundschau, 23a, 111—118, 1933.

Интересный пример группы антитетических сбросов в висячем крыле крупного синтетического сброса.

76. Quiring H., Die Fortsetzung des Siegener Hauptsattels in den Ardennen, Z. d. D. geol. Ges., 85, 3, 214—228, 1933.

В Рейнском девоне устанавливается 6 фаз сжатия, выражавшегося в складчатости, образовании взбросов и сланцеватости, а также в некоторой перестройке структур более древних ярусов, и 5 фаз растяжения, приведших к сбросам, поднятию магмы и образованию минеральных, в частности рудных жил.

77. Reid H., Davis W., Lawson A. and Ransome F. Report of the Committee on the nomenclature of faults, Bull. Geol. Soc. Am., 24, 163—186, 1913.

78. Salomon-Calvi W., Epeirophoresse, S. Ber. d. Heidelberg, Ak. d. Wiss., 6, 1930.

79. Sonder B., Gefügekunde der Gesteine, Wien, 1930.

80. Schmidt W., Tektonik und Verformungslehre, 1932.

Теория и методика, предложенные Зандером, анализа структур горных пород, перестраивающихся при движениях и давлении.

81. Schwinner R., Vulkanismus und Gebirgsbildung, Z. f. Vulkanologie, V, 1920.

Геотектоническая теория течения подкоровой магмы.

82. Seidl E., Bruch- und Fließformen der technischen Mechanik und ihre Anwendung auf Geologie, 1930.

83. Seidl E., Hohlformdruck-Tektonik, erläutert an Mulden- und Sattelformen des Appalachischen und des Ruhr-Lippe Steinkohlengebietes, Z. d. D. geol. Ges., 85, 2, 118—133, 1933.

Теория блокированных складок, воспроизведенных опытами и примененных при анализе структур ряда горных районов.

84. Shepard F., The bearing of normal faults on the hypothesis of a shrinking earth, Am. Journ. Sc., 7, 146—154, 1924.

Типичная попытка сторонников чистой контракционной теории или вести сбросы к взбросам или объяснять их производные образования, например, в связи с усилением складчатости на глубине.

85. Stach E., Gleichzeitigkeit von Sedimentation und Faltung, Z. d. D. geol. Ges. 74, 118/12, 215—226, 1922.

В противоположность Келлеру доказывается, что в Рурском бассейне были складчатые движения при седиментации; вследствие этого складчатость с глубиной более интенсивна, а в основных мульдах мощность свит и пластов угля больше, чем в антиклиналях.

86. Stille H., Normaltektonik, Salztekonik und Vulkanismus, Z. d. D. geol. Ges. 74/118/12, 215—226, 1922.

Магмы и соли перемещаются не только при орогенических, но и при эпейрогенических движениях.

87. Stille H., Göttinger Beiträge zur saxonischen Tektonik, Abh. Preuss. Geol. Landesanst., 95, 1923—1925.

88. Stille H., Grundfragen der vergleichenden Tektonik, 1924.

Основное сочинение по анализу оро- и эпейрогенеза с точки зрения контракционной теории и по восстановлению фаз складчатости в истории Земли.

89. Stutzer O., Die wichtigsten Lagerstätten der Nichterze. II. Kohle. Berlin, 1914.

Много графических примеров форм дислокаций.

90. Suess F., Intrusionstektonik und Wandertektonik im variszischen Grundgebirge, 1926.

Примеры альпинотипного тектогенезиса варисцийского возраста в Центральной Европе.

91. Thurner A., Entstehung von Linsen in Gesteinen, Centrbl. f. Min. etc., A, № 4, 147—158, 1928.

При дизъюнктивных перемещениях разного масштаба поверхности имеют обычно изогнутый характер, разбивая породы и формации очень часто на линзы.

92. Wager R., Kugelförmige Absonderung in dem Granit von Mittweida, Geol. Rundschau, XXIIIa, 25—31, 1933.

Анализ структуры гранита с применением диаграммы Зандера показал, что шаровой отдельности породы отвечает соответствующее расположение кристаллографических осей компонентов.

93. Wegener A., Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 2 Auflage, 1920.

94. Willis B. and Willis R., Geologic structures, 2 edit., New York, 1929.

Наиболее разработаны главы с описанием дизъюнктивов, названных, впрочем, всюду сбросами, а также элементов дизъюнктивов.

ОГЛАВЛЕНИЕ

<i>I. Введение</i>	3
1. Основные категории структур земной коры	3
2. Значение структур в восстановлении эндогенных движений	4
а) Современное движение литосферы	4
б) Геоморфологический анализ	4
в) Стратиграфический анализ	5
г) Анализ форм дислокаций	5
3. Главнейшие стратиграфические структуры осадочных горных пород	5
а) Согласное наложение	5
б) Скрытое несогласие	7
в) Явное, или угловое, несогласие	8
4. Классификация тектонических структур	10
5. Методы изображения структур	12
6. Принципы механики в применении к тектонике	15
<i>II. Пликативные структуры</i>	21
1. Основные формы структурных волн	22
а) Положительные формы	22
б) Отрицательные формы	23
2. Элементы складок	26
3. Основные формы складок	27
а) Типы складок, выделяемые по положению оси	27
б) Формы поперечных профилей складок	28
4. Дополнительные складки	30
5. Складчатость наложенных толщ	34
а) Концентрическая складчатость	34
б) Подобная складчатость	36
в) Уплотненные складки	39
г) Блокированные складки	39
6. Группы складок	40
7. Генезис пликативных структур	42
<i>III. Дизъюнктивные структуры</i>	44
1. Элементы и классификация дизъюнктивов	44
2. Послойные перемещения	47
3. Взбросы	49
а) Согласный взброс	49
б) Обратный взброс	51
в) Несогласный взброс	51
г) Поперечный взброс	52
4. Надвиги	53
а) Прямой надвиг	53
б) Обратный надвиг	54
5. Шарьяжи	55
6. Поддвиги и подбросы	58

7. Сдвиги	59
8. Радиальные дизъюнктивы	61
9. Морфология сместителей	64
10. Отношение между дизъюнктивными и пликативными формами	68
IV. Трещиноватость горных пород	72
1. Первичная отдельность	73
2. Отдельность при тектонических движениях	73
а) Отдельность осадочных толщ	73
б) Отдельность изгибания	74
в) Рубцовые трещины	75
г) Отдельность при кручении	75
3. Тектоника интрузивов	76
4. Тектоника минеральных жил	80
5. Кливаж, или сланцеватость срезания	81
6. Сланцеватость истечения	83
7. Зоны тектогенезиса	85
V. Типы тектогенезиса	87
1. Основные понятия	87
2. Структуры Альп	89
а) Гельветская структура	89
б) Пеннинская структура	90
в) Австрийская структура	91
3. История формирования Альп	94
4. Альпиды и динариды	97
5. Структуры Кавказа	99
6. Варисийские структуры Центральной Европы	100
7. Германотипный тектогенезис	102
8. Сибиретипный тектогенезис	104
9. Радиальный тектогенезис	108
VI. Геотектонические теории	112
1. Значение геотектонических теорий в развитии геологии	112
2. Теории плутонизма	113
3. Контракционная теория	114
4. Теория изостазии земной коры	116
5. Теории мобилизма земной коры	118
а) Теория плавления континентов Вегенера	118
б) Термическая теория Джоли	120
6. Осцилляционная теория Хаармана	122
7. Основы геотектонической теории саморазвития материи Земли	122
Литература	128

Отв. редактор Ю. А. Кремчуков.
Техн. редактор А. З. Сокольский.
Отв. корректор В. П. Скворцов.
Художник П. А. Масляненко.

*

Сдано в производство 22/VII 1940.

Подписано к печати 21/IX 1940.

А - 29724, Изд. № 74, Инд. 5 - 2.

*

Тираж 10 000 экз. Формат 60×92 в $1/16$,
 $8\frac{1}{2}$ п. л. по 48 т. зн. + 1 вкл. 10 у.-з. л.

*

Типолиитография Гостеолиздата.

Львов, ул. Розвадовского, 20.

Зак. 101.

2
28833