

I. ОБРАЗОВАНИЕ ГОР

ГЛАВА I РАЗВИТИЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О ГОРООБРАЗОВАНИИ И ЕГО ПРИЧИНАХ ОТ ДРЕВНЕГО ВРЕМЕНИ ДО ПОСЛЕДНЕЙ ЧЕТВЕРТИ XIX ВЕКА

Вступление. Мнения древних народов о горообразовании. Застой средних веков. Взгляды ученых от эпохи возрождения до XVII века (Леонардо да Винчи. Стено как отец стратиграфии. Плутонисты — Картезиус и Лейбниц. Гипотезы Бёрнётта и Удуорда). Развитие тектоники в XVIII веке (Гук, Валлиснери и Моро; „Теллиамед" Де Майлье; „Слово" Ломоносова). Деление гор и установление формаций (Леман и Фюксель; Ардуино и Сулави). „Эпохи природы" Бюффона и трактат Палласа. Наблюдения Соссюра. Нептунисты и плутонисты начала XIX века (Вернер и его школа; ф. Бух, Гумбольдт и Гюттон). Возникновение контракционной теории (Эли де Бомон как основатель теории; Турманн и Прево). Развитие контракционной теории в Северной Америке {Роджерс и Дэна, Шэлер). Значение теории Канта-Лапласа для объяснения горообразования. Литература.

Вступление. Человек уже с древнейших времен размышлял о прошлом обитаемой им планеты, об ее образовании и развитии; но ясные и научно обоснованные представления об этом были столь же чужды культурным народам древности, как и современным так называемым дикарям. В разнообразных мифах о мироздании отражается степень их знакомства с явлениями природы, а размеры их умственного кругозора обуславливают размах полета их фантазии. Пропасть между детски-наивными сказаниями о сотворении мира бушменов, австралийцев, негров и эскимосов и творениями арийско-германских народов Европы соответствует состоянию культуры и умственного развития тех и других.

Среди всех мифов о мироздании вавилонский и еврейский выдаются над остальными по наглядной определенности, по силе и красоте языка, — в особенности второй, приписывающий творение всего существующего единоличному всемогущему богу. Никакой другой культурный народ не обладает подобным сказанием о сотворении мира. К сожалению, это сказание было

принято христианской церковью в состав священного писания и поэтому получило значение, которое в течение веков тормозило развитие геологии. Считая его бесспорным догматом и защищая его всеми средствами церкви, теология сначала подавляла силой все наблюдения и мнения, не соответствовавшие тексту библии, а затем, утратив эту возможность, старалась примирить противоречие между догматом и наукой посредством перетолкования и разъяснения библейского изложения.

Мнения древних народов о горообразовании. Древние греки интересовались больше гипотезами об образовании, чем о развитии земли. Нахождение отпечатков растений и окаменелых раковин на горах Ксенофан (614 до н. э.) и Ксантос (около 500 до н. э.) объясняли периодическим затоплением суши; то же предполагал Геродот относительно долины р. Нила. Школа пифагорейцев высказывается более определенно о происхождении неровностей земли; Овидий в своих „Метаморфозах " приписывает Пифагору мнение, что долины врезаны текучими водами, горы обмыты ими, землетрясения погружают части суши в море вместе с городами; суша замещается морем, а море — сушей. Эмпедокл (492 — 432) заменил центральный огонь пифагорейцев расплавленным ядром земли, существование которого доказывают вулканы и горячие источники. Эратосфен (276 — 196) высказывал предположение о связи между горными цепями, о влиянии воды и прежнем покрытии суши морем. Страбон, много путешествовавший, говорит уже о периодическом поднятии и погружении суши, колебании уровня моря, отделении островов от суши благодаря землетрясениям и о поднятиях более отдаленных островов из воды силой подземного огня, примеры чего он сам наблюдал. Таким образом он является отцом современных теорий горообразования; он же считал вулканы предохранительными клапанами, обеспечивающими от частых и сильных землетрясений в связи с накоплением паров в недрах земли. Среди римских естествоиспытателей начала христианской эры подобные же мысли высказывал Сенека.

В общем итоге древние века дали немного по геологии, в особенности по вопросу о горообразовании; греческие ученые имели большую склонность к философским размышлениям и создали много гипотез об образовании мира и развитии земли; но изучением земной коры, ее состава и условий залегания горных пород не занимался ни один ученый античного мира и никто даже не подозревал, что эти породы и содержащиеся в них окаменелости могут служить для разъяснения истории земли.

Застой средних веков. Крушение римской империи, переворот всех государственных условий во время переселения народов и после него, религиозные споры между угасавшим язычеством и мощно развивавшимся христианством и бесконечные войны, тревожившие Европу почти до конца средних веков, не допускали развития науки; в монастырях и монастырских школах нашла приют сухая схоластика. В этот период только арабы в течение пяти веков (800 — 1300 н. э.) остались носителями культуры и наук и имеют большие заслуги в деле сохранения и дальнейшего развития научных сокро-

вищ античного мира в отношении математики, астрономии, алхимии, медицины и зоологии; но в области геологии и палеонтологии они не создали ничего заслуживающего внимания.

Взгляды ученых от эпохи возрождения до XVII века. Лишь XV век, конец средневековья, обнаруживает начало умственного возрождения Европы. Изобретение книгопечатания, деятельность гуманистов, учреждение университетов, академий и научных обществ, реформация, мореплаватели способствуют развитию наук; начинается непосредственное наблюдение природы, изучение животных, растений и минералов. Среди ученых этого века должен быть упомянут живописец Леонардо да Винчи (1452 — 1519), который в молодости был инженером и проводил канал в Сев. Италии; при этом он наблюдал окаменелости и правильно истолковал их как доказательства прежнего покрытия страны морем; он понимал значение воды как преобразующего фактора, учил, что реки промывают долины и создают террасы, что в устьях рек животные и растения погребаются в тонком илу, окаменевают и затем поднимаются вместе с отвердевшим илом из моря. Но только полтора-два столетия спустя были высказаны более определенные взгляды на горообразование датчанином Стено, жившим долго в Италии (1638 — 1687). Он является отцом стратиграфии, так как установил ее основы: нахождение наклонных или отвесных пластов он объяснял позднейшим нарушением их залегания подземными ударами или вымыванием пустот и обрушением; при этом слои могли также изгибаться дугообразно. Так он толковал образование гор и долин, нагорий и низменностей; но горы могут быть созданы также действием подземного огня, выбрасывающего пепел и обломки камней вместе с серой и горной смолой; кроме того дожди и ручьи создают неровности, вымывая рыхлые слои. Таким образом горы бывают двух родов: одни состоят из пластов, другие из обломков; но те и другие образовались постепенно, а не существовали с начала веков. В заключительной главе своего сочинения „*De solido intra solidum naturaliter contento*“ (Флоренция, 1669) он разделил историю Тосканы на шесть периодов, в которых излагал преобразования ее поверхности водой и огнем и пояснил их шестью диаграммами, представляющими первый опыт построения геологических профилей. К сожалению на развитие геологии сочинение Стено не оказало влияния; его современники не обратили на него внимания и оно было забыто до начала XIX века. Картезиус в 1685 г. учил еще, что материки и моря, горы и долины, создаются разломами земной коры, окружающей центральный огонь. Лейбниц в своей „*Protogaea*“ высказывал аналогичные взгляды: он полагал, что земля превратилась при охлаждении из самосветящегося солнца в темную планету, одетую шлаковой корой, на которой скопились воды из сгустившихся паров; давление воды на кору, и паров, заключенных в пустотах, обусловили образование больших трещин, в которые ушла вода, так что часть земной поверхности осушилась. Соприкосновение воды с горячими недрами вызвала сильную борьбу, при которой были опрокинуты многие пласты горных пород и обусловлены огромные наводнения; эта борьба еще не вполне закончилась и вы-

ражается теперь в виде вулканов и землетрясений. Таким образом его и Картезиуса можно считать основателями школы плутонистов.

В Англии Бёрнет, стараясь еще более согласовать свою теорию с библией, приурочивал эту катастрофу столкновения воды с подземным жаром к всемирному потопу, при котором земная кора разломалась и частями погрузилась в бездну; глыбы различной величины падали в беспорядке друг на друга и создали горы, долины и острова. Удуорд полагал, что недра земли были заполнены водой, при потопе кора разломалась, вода вырвалась на поверхность и покрыла самые высокие горы и растворила все землистые частицы; после успокоения вод эти частицы осели на дно по закону тяжести и образовали слои горных пород: с тех пор только дожди смывают с гор более легкие частицы и реки сносят их в низменности; его можно считать предтечей школы непунистов.

Развитие тектоники в XVIII веке. В начале XVIII в. Гук высказывал менее фантастичные взгляды: он принимал сменяющие друг друга поднятия и оседания почвы, обусловленные вулканическими силами, благодаря которым задолго до потопа море затопило сушу и отлагало слои с остатками животных. Подобного же мнения придерживался Валлиснери в Италии (I)1, ссылаясь на Страбона и приводя прил См. список литературы в конце главы меры поднятий и опусканий земной поверхности; его поддерживал и Моро, оспаривая теории Лейбница и Удуорда и отводя, подобно Страбону и Гуку, крупную роль землетрясениям и вулканическим силам, поднимавшим горы из морских глубин. Моро делил горы на первичные, состоящие из однородной массы, и вторичные, сложенные из параллельных слоев; материал последних выброшен вулканическими извержениями и отложен слоями, в чем можно убедиться на Везувии, Этне и Монте Нуово; равнины также состоят из вулканических выбросов, отложенных в море. Таким образом в Италии, благодаря соседству действовавших вулканов, развивалась школа плутонистов.

Интересные, хотя и крайне фантастические взгляды развивал Де Майлье в своем сочинении „Теллиамед или беседа между индийским философом и французским миссионером“, написанном в 1715 — 1716 гг., но изданном только после смерти автора в 1748 г. во избежание обвинения в ереси. Он подробно излагает образование слоев земной коры с содержащимися в них остатками животных отложений в море, некогда покрывавшем всю землю, но постепенно сокращавшемся; горы и долины в этих слоях созданы морскими течениями, а затем стоком воды с высот. Вулканы образуются от самовозгорания масла, жира и угля, попадающих в слои земли из погребенных в них организмов и местами насквозь пропитывающих почву. Со временем вулканы соединятся друг с другом и зажгут всю землю, превратив ее в раскаленное мировое тело, которое по охлаждении снова покроется водой и пройдет новый цикл развития.

Ломоносов в 1757 г. высказал взгляд на образование гор, совпадающий с теорией Моро, а в отношении причины вулканизма тождественный с представлениями Де Майлье. Он полагал, что горы возникают в связи с землетря-

сениями, но создаются также при извержениях из земных недр, когда вместе с огнем выметываются пепел и раскаленные камни. Огнедышащие горы доказывают существование подземного огня; материалом для него служат: сера, наблюдаемая в пламени этих гор, в горячих ключах, в рудах и камнях, затем горная соль, которая рождается от разрушения растений и животных, в третьих — тучные материи, происходящие из растений, как шифер (окаменелый чернозем), горный уголь, асфальт, каменное масло и янтарь, в четвертых — тела окаменелых животных. Подземное горение этих веществ возникает благодаря трению, обусловленному землетрясениями; те же вещества способствуют рождению металлов, залегающих в виде жил, горизонтальных слоев, гнезд и россыпей. Жилы заполняют трещины, открывшиеся при землетрясениях.

Загоревшаяся сера поднимает земные слои в виде гор, пепел засыпает растения, вода растворяет частицы и отлагает руды в горизонтальных слоях. Схороненные песком и пеплом леса и поля продолжают тлеть, уменьшаются в объеме, вышележащие слои оседают; благодаря этому образуются пологие горы и долины земли.

Деление гор и установление формаций. Нидгэм в 1769 г. принимал, подобно Лейбницу, центральный огонь и приписывал ему образование гор и вулканов; состав многих гор из концентрических слоев, первоначально образовавшихся в воде и содержащих окаменелости, не оставляет сомнения в том, что они подняты подземными силами, причем слои были разломаны, изогнуты и поставлены отвесно. Леман в 1756 г. считал, что земля после своего сотворения из смеси земли и воды состояла из равнин и первичных высоких гор, большею частью существующих и теперь; при потоке воды растворили много глины и извести, смыли плодородную почву с гор совместно с остатками животных и растений и отложили их у подножия и на склонах первичных гор, образовав слоистые флещовые формации; позже произошли частичные преобразования при наводнениях, наступлениях и отступлениях моря, землетрясениях и извержениях вулканов. Первичные горы отличаются от позднейших своей высотой и составом из „жиловых“ пород, слои которых не горизонтальны, а залегают отвесно или диагонально, продолжаясь в неизвестные глубины (ewige Teufe). Эти жилловые горы впрочем также водного образования, но возникли во время сотворения мира, до потопа; они богаты металлами и минералами и лишены окаменелостей. Флещовые горы состоят из флещов, т. е. слоев земли и камня, лежащих горизонтально друг на друге. Соотношения тех и других Леман пояснил диаграммами и подробным геологическим разрезом местности Иль-фельд и Мансфельд.

Фюкксель в 1762 г. впервые точно определил понятия пласт (stratum), залежь (situs) и формация (serius montana) и последний термин применил к серии пластов, образовавшихся в тех же условиях непосредственно один за другим и соответствующих эпохе в истории земли; он различал в Тюрингии 9 формаций, подробно описанных. Воздерживаясь от соображений об образовании земли в целом и происхождении жилловых или первичных гор, он пола-

гал, что флецовые формации отложились в море, омывавшем сушу, на которую первое периодически наступало; позднее поднятие пластов обусловлено землетрясениями. Он сделал первую в Германии попытку изобразить распространение разных горных пород на карте, сопровождаемой тщательно выполненными профилями. Ардуино в Италии в последнюю треть XVIII в. также изучал подробно строение местности I и впервые разделил горы по составу, условиям залегания и происхождению на первичные, вторичные, третичные и вулканические. Первые состоят из „стекловидных" слюдястых сланцевых пород, пересеченных жилами кварца, сильно складчатых и без окаменелостей. Вторичные горы сложены из твердых, слоистых известняков, из мергелей и глин с обильными морскими окаменелостями, а третичные — из слоистых же известняков, песка, мергеля и глины, частью образовавшихся при разрушении вторичных гор и также содержащих остатки животных и растений. Вулканические горы сложены частью из лав и туфов, частью из слоев с окаменелостями и указывают на повторные извержения и последующие затопления морем. Вулканическим породам, особенно базальту, Ардуино приписывал поднятие соседних известковых гор и изменения известняка. Вельтгейм в 1781 г. различал в Германии гранитные первичные горы, жилые горы, флецовые и вулканические горы. Сулави в то же время во Франции выделял первичный гранит, первичный известняк с остатками вымерших животных, вторичный известняк с частью вымершими, частью подобными ныне живущим организмами, вторичный гранит из цементированных обломков первичного; третичный известняк с валунами вулканических пород и остатками моллюсков, потомки которых живут в соседних морях; наносы из обломков древних пород с пресноводными моллюсками, костями наземных животных, окаменелым деревом и пр. и вулканические породы разного возраста. Образование долин он приписывал исключительно работе атмосферных осадков «текучих вод.

«Эпохи природы» Бюффона и трактат Палласа. Видное место среди ученых XVIII века занимали Бюффон, Паллас, Соссюр и Вернер. Первый в сочинении „Theorie de la Terre", изданном в 1749 г., объяснял врезание долин отступавшим морем и атмосферными осадками, а в напечатанном в 1778 г. десятитомном сочинении „Eroques de la Nature" разработал подробно свою теорию образования земли, в которой различал 7 эпох. В первую из них земля находилась в расплавленном состоянии; во вторую образовалась ее кора, причем возникли первые океанические впадины и главные горные хребты благодаря неравномерному сокращению шлаковой коры при затвердевании. В третью эпоху сгустившиеся пары воды покрыли землю слоем в 2000 туазов (3600 м) и из океана выдавались только самые высокие вершины; горячая вода разлагала породы коры, превращая их в глину, сланец, мергель и песок, отлагавшиеся параллельными слоями, содержащими остатки первобытных животных; так как уровень океана понижался благодаря провалам коры и стоку вод в первичные крупные пустоты ее, то известняки в горах соответствуют началу третьей эпохи; на осушившейся почве возникла тропическая

растительность, остатки которой местами образовали пласты каменного угля. В четвертую эпоху накопление и согревание горючих или легко разлагающихся веществ и соприкосновение воды с ними и с горячими недрами земли привело к возникновению вулканов, отчасти действующих до сих пор, но только по соседству с морем. Извержения, сопровождавшиеся страшными землетрясениями, разломами земной коры и огромными наводнениями, создали новые горы из вулканических пород и обусловили значительные изменения земной поверхности. Воды океана, продолжавшие стекать в пустоты, вырывали долины, которые потом были разработаны, углублены и расширены атмосферными и текучими водами. Пятая эпоха была эпохой покоя; у экватора еще господствовал сильный жар, но полярные страны настолько охладились, что в них возникли и распространились большие наземные животные — слоны, носороги, мастодонты, остатки которых, находимые на севере Европы, Азии и Америки, доказывают, что материки северного полушария соединялись еще в одно целое. В шестую эпоху они разделились, причем не обошлось без насильственных местных переворотов с потопами, образовались моря Средиземное и Черное, Великобритания и Скандинавия отделились от Европы, Формоза и Зондские острова от Азии, Антильские от Америки. Свидетелем этих последних конвульсий земли был уже человек, который в седьмую эпоху приобрел господство, основанное на науке и культуре.

Паллас, изучивший значительную часть Сибири по приглашению Академии Наук и познакомившийся во время этого путешествия с Уралом, Алтаем и другими горами, в 1777 г. опубликовал небольшой, но интересный трактат о строении гор и изменениях земного шара. Он полагал, что ядро всех главных горных цепей состоит из первозданного гранита, на котором залегают в отвесном или крутонаклонном положении различные сланцевые породы без окаменелостей, змеевика, порфиры и пр.; выше следуют глинистые сланцы и, особенно, известняки с морскими ископаемыми, которые в горах поставлены большей частью круто, но с удалением от них становятся горизонтальными и все более обогащаются раковинами, кораллами, белемнитами и пр. Холмы и равнины сложены из песчаника, мергеля, красной глины с остатками растений или из рыхлого материала с костями крупных наземных млекопитающих. Уровень первобытного океана никогда не превышал 100 туазов (180 м) над современным уровнем моря, т. е. не покрывал гранитное ядро гор. В сланцевом поясе или в горах первого порядка, образовавшемся до появления организмов, имеются большие скопления колчеданов и сернистых металлов, разложение которых явилось причиной вулканизма; вулканические силы подняли из первобытного океана известковые горы второго порядка и затем, сравнительно недавно, песчано-мергельные горы третьего порядка. Эти поднятия сопровождались сильными землетрясениями и вообще изменениями земной поверхности; в земной коре возникали большие пустоты, заполнявшиеся морской водой, а с другой стороны большие участки суши подверглись наводнениям. Благодаря образованию вулканов в южных морях воды устремились от экватора к полюсам и принесли из Индии трупы слонов,

носорогов, и других животных, а также стволы деревьев на север и отложили их вместе с песком и илом на равнинах Сибири. Так Паллас объяснял нахождение костей и трупов мамонта, носорога, буйвола и других южных млекопитающих в почве Сибири. Таким образом взгляды Палласа на состав и происхождение гор представляют дальнейшее развитие и более стройное сочетание воззрений Гука, Моро, Де Майлье и Лемана и во многом совпадают с взглядами его современников — Ардуино, Вельтгейма и Сулави, сильно расходясь с теорией Бюффона и еще более фантастическими теориями Лейбница, Бёрнета, Удуорда и других предшественников первой половины XVII и конца XVI века. Только в отношении причин вулканизма и роли подземных пустот взгляды Палласа и Бюффона совпадают. Паллас впервые более определенно описал состав гор из пород массивных, крутоподнятых, слегка наклоненных и горизонтальных, и сделал выводы о возрасте гор на основании условий залегания пластов.

Наблюдения Соссюра. Соссюр, изучавший с 1760 по 1792 г. строение Альп Швейцарии, собрал в своем обширном труде массу тщательных наблюдений по минералогии, топографии, метеорологии, фитогеографии и физической географии, по составу и условиям залегания горных пород: он подметил веерообразное залегание сланцев центральной цепи и доказывал, что в Альпах, подобно Уралу, ядро гор состоит из первозданного гранита и гнейса, на которых налегают сланцевые породы разного состава без окаменелостей, большую часть круто падая вглубь хребта, далее же следуют вторичные породы — известняки, песчаники, конгломераты с более слабым наклоном. Убедившись, что в Альпах нет следов вулканической деятельности, Соссюр отрицал вулканизм как причину горообразования и сначала приписывал положение поднятых пластов силе кристаллизации, но затем, обнаружив поднятые конгломераты, вынужден был признать, что они, как и все слоистые породы, образовались в горизонтальном положении; причину поднятия он не мог объяснить. В отношении генезиса гранита, кристаллических сланцев и жильных пород он стоял на точке зрения непунистов, а образование осыпей, наносов в долинах и у подножия гор, эрратических валунов, конгломератов, объяснял разломами и провалами земной коры, во время которых воды моря устремлялись в пустоты и при своем бурном движении отложили эти наносы. Нептунисты и плутонисты начала XIX века. Вернер, учивший с 1775 по 1817 г. в Фрейбергской Горной Академии, имел очень большое влияние на развитие геологии в конце XVIII и в начале XIX века, как выдающийся лектор, привлекавший слушателей из всех стран, хотя печатных трудов оставил очень мало. В отношении горообразования он стоял на крайней непунистической точке зрения и способствовал распространению этой теории. Он разделил все формации на первозданную, лишенную окаменелостей (граниты, гнейсы, кристаллические сланцы, порфиры, грюнштейны, змеевик, кварцит и др.), переходную (глинистые и кремнистые сланцы, грау-вакки и др.) с первыми окаменелостями, флечовые (известняки, песчаники, мергели, туфы, мел, каменная соль и угли, гипс, базальт, мандельштейн), наносные (пески,

глины, суглинки, галечники, нагельфлю и пр.) и вулканические породы. Первозданная формация соответствует хаотическому состоянию земли, когда все породы образовались кристаллизацией из водного раствора; в переходный период подготовлялись бури следующего времени, глинистые сланцы представляют еще химические, а граувакки механические осадки; в период образования флецовых гор чередовались эпохи покоя и бурь, наступания и отступления моря, отлагавшего механические осадки; в конце его началась вулканическая деятельность, обусловленная горением пластов угля и все вулканические породы представляют переплавленные этими пожарами осадки. Поднятие гор Вернер отрицал; пласты с падением до 30° образовались на месте их залегания в этом положении, а более крутое падение объясняется местными событиями — провалами, оползнями; все неровности земли, горы и долины он приписывал исключительно размывающей силе воды, главным образом течениям отступавшего моря.

Крайнее непунистическое учение Вернера, считавшее даже базальт водным осадком, переплавленным пожаром подстилающего угля, вопреки ряду точных наблюдений в Италии, Франции и Германии, возбудило ожесточенный спор между непунистами и плутонистами; среди последних были и ученики Вернера, в том числе Леопольд фон Бух и Александр фон Гумбольдт, приобретшие крупное значение среди геологов первой трети XIX века. Оба они совершили большие путешествия и познакомились с строением гор в разных странах, первый главным образом в Европе, второй также в Азии и Америке; наблюдения в вулканических районах Италии, Оверни и на Канарских островах сделали ф. Буха, сначала сторонника учения Вернера, ярким защитником противоположных взглядов; он выработал теорию кратеров поднятия, полагая, что Альпы подняты силой изверженных пород, подтвердил наблюдения Гелля, Линнея и Цельсия над береговыми линиями и террасами Скандинавии и объяснил их поднятием суши, а не понижением уровня моря. Гумбольдт много занимался изучением вулканов и землетрясений, доказывал их зависимость друг от друга, связь очагов соседних вулканов, обнаружил в Центральной Америке трещину в 150 миль, вдоль которой расположены крупные вулканы, находил в Центральной Азии признаки современного вулканизма и приписывал последнему активную роль в горообразовании. Наблюдения в Германии, а затем в Центральной Америке привели его к выводу об универсальности югозападно-северовосточного простиранья более древних пластов в горах, независимо от простиранья самих горных цепей и обусловленного первоначальными законами притяжения вещества нашей планеты. Вулканизм, по Гумбольдту, представляет воздействие внутренней земного шара на его внешнюю кору, изменявшееся соответственно стадиям постепенного охлаждения планеты; в первобытные времена тонкую еще кору прорывали упругие жидкости внутреннего ядра, поднимая материки, горные цепи и отдельные горы, перемещая горные породы с заключенными в них органическими остатками и производя поднятия или впадины при оседании выдвинутого свода; обширную Арало-Каспийскую впадину он

считал страной-кратером, подобной огромным кратерам на Луне и тесно связанной с поднятием Кавказа, Гиндукуша и Персидского плоскогорья. В настоящее же время, благодаря толщине земной коры, роль вулканизма очень ослаблена. В Азии Гумбольдт различал три меридиональных хребта (Урал, Кузнецкий Алатау с Салаиром и Болор-таг) и четыре широтных (Алтай, Тянь-Шань, Куэнь-лунь и Гималаи) и главное направление поднятия с СВ на ЮЗ, характерное для всего Старого Света; в промежутках между этими хребтами залегают обширные степи.

Плутонисты первой трети XIX века имели уже видного предшественника в лице шотландца Гюттона, который в самом конце XVIII века учил, что единственной силой, могущей поднять участки морского дна и превратить их в сушу, является внутренний жар земли, который также обуславливает затвердевание слоистых осадков на дне моря и переплавление их в неслоистые массы как гранит и порфир; при расширении пород от внутреннего жара слои поднимаются из воды и при этом изгибаются и ломаются, а в трещины проникают минералы, руды и расплавленные породы; вулканы предупреждают чрезмерное поднятие материков под действием подземной силы расширения, так как дают выход расплавленной магме на поверхность, где она застывает в виде шлаковых и пористых лав, тогда как при затвердевании на глубине под большим давлением дает породы плотного кристаллического строения, как гранит и порфир. Гюттон по праву должен считаться основателем школы плутонистов. Его взгляды поддерживал и подтверждал научными доказательствами его современник и друг Плефер (Playfair); с ними не без успеха боролись англичанин Kirwan и француз Де Люк, отстаивавшие неплутонистическую теорию и большую согласованность с библией, тогда как Кювье, стоявший в отношении горообразования на точке зрения Палласа и Соссюра, защищал свою теорию периодических катастроф, при которых первоначально горизонтальные слои морских осадков принимали наклонное положение. Де ла Беш, Беббедж, Лайелль, Пулэ-Скроп развивали идеи Гюттона.

Возникновение контракционной теории. Дальнейшее развитие теории плутонистов принадлежит Эли де Бомону, который под влиянием Буха и Гумбольдта горячо защищал кратеры поднятия и значение постепенного охлаждения земли для преобразования ее поверхности, образования морщин и трещин. Беглое указание Буха, сделанное в 1824 г., что в Германии можно различать по общему простиранию четыре геогностические системы — нидерландскую, северовосточную, рейнскую и альпийскую — явилось исходной точкой изысканий Эли де Бомона, взгляды которого получили определенную форму в виде опубликованного только в 1852 г. подробного обоснования его систем гор, которым впервые была выдвинута контракционная теория, приобретшая столько сторонников во второй половине XIX века и господствующая до сих пор. Медленное и постепенное охлаждение нашей планеты обуславливает постоянное сокращение радиуса земли и общее центростремительное движение земной коры, при котором образуются неровности и выпячивания поверхности, впрочем не получающие значения гор. Но если

напряжение, постепенно нарастая, становится уже слишком сильным, внезапно происходит поперечное раздробление, при котором боковое давление поднимает складки; каждый сегмент земли, поднятый при разломах и смятый; в складки, образует горную систему. Расплавленные массы глубин, вынужденные боковым давлением искать себе исхода, вытесняются г вверх и могут достигнуть поверхности, подобно пальцу, проникающему в петлю; поэтому массы гранита часто образуют вершины и гребни горных цепей, склоны которых часто состоят из поднятых осадочных горных пород, покрытых у подножия гор слабо наклонными или горизонтальными слоями, развитыми в соседних равнинах. Поднятие горных систем происходит, следовательно, время от времени катастрофически, причем определение возраста самых молодых I поднятых слоев и покрывающих ненарушенных указывает время этого, события. Согласно Эли де Бомону образование гор большей частью I совпадает с границами формаций, т. е. и с принятыми Кювье революциями в развитии организмов, так что горы получают значение хронологических документов для истории земли. Применяя к горным цепям указание Вернера, согласно которому параллельные рудные жилы заполняют одновременные трещины, Эли де Бомон считал горные системы параллельного направления одновременными; в Европе он на основании этого принципа насчитал сначала 12, а позже 21 систему, пришел к выводу о геометрическом законе, господствующем в горообразовании, приурочивал горные системы к большим кругам шара и, предполагая, что 15 больших кругов соответствуют ребрам находящегося в центре земли правильного икосаэдра, установил пентагональную сеть в качестве основы всего распределения гор. Это теоретическое увлечение Эли де Бомона имело мало сторонников и встретило возражения многих геологов, как Прево, Буэ, Ляйелля и др., которые, признавая правильность основной идеи, восстали против признания одновременности параллельных горных систем и особенно против внезапного быстрого поднятия гор, доказывая для некоторых систем, например Альп, Гарца, Рудных гор несколько эпох поднятия. С последним возражением согласился и Эли де Бомон и позже сам определил четыре эпохи горообразования в Пиренеях.

Детальное изучение кражей швейцарской Юры привело Турманна сначала к объяснению сводообразных складок силой, действовавшей снизу вверх, причем нередко образуются разрывы, сбросы и другие нарушения; но в окончательном своем труде он признал, что параллельные цепи этих гор созданы боковым давлением со стороны Швейцария.

Прево оспаривал в 1832 г. теорию кратеров поднятия и объяснял, в противоположность Эли де Бомону, образование горных систем и материков соседними опусканиями и провалами, причем один край трещины выпирался вверх. Эта теория опускания не имела многих защитников. Гершель в 1838 г. и Беббедж в 1847 г. доказывали, что для накопления мощных толщ осадочных отложений необходимо допустить опускание соответствующих площадей; поднятие, складчатость и разрывы таких утолщений земной коры они объяснили расширяющим воздействием тепла, господствующего в глубоких

слоях, в которые при опускании попадают эти осадки. Отметим, что в руководстве по геогнозии Наумана в 1850 г. впервые была помещена глава о „геотектонике“, названной также „хтонотектоникой“ и признанной, таким образом, особым отделом геологии, посвященным процессам горообразования и их результатам.

Развитие контракционной теории в Северной Америке. Новые взгляды на горообразование развивались и в Северной Америке. Подробное изучение Аппалачских гор привело братьев Роджерс к отрицанию подъемной силы изверженных масс и возможности образования гор местными разломами и опусканиями; односторонние несимметричные складки Аллеган, отсутствие кристаллической центральной оси, состав всей системы из многочисленных, большей частью изогнутых параллельных складок нельзя было объяснить гипотезами, господствовавшими в Европе; исследователи предложили другое объяснение — волнообразные пульсации магмы в недрах, обусловившие комбинированное волнообразное и тангенциальное движение коры, сопровождавшееся инъекцией изверженных масс в образовавшиеся пустоты под складками.

Гораздо большее значение и влияние имели взгляды Дэна, который в 1846 — 1849 гг. опубликовал первые соображения об образовании материков и гор, развитые и дополненные в 1873 г. и проложившие новые пути в геологии. Он отрицал возможность горообразования силой сдавленных паров или поднимающихся изверженных пород, а также гравитационную теорию своего соотечественника Голля (1859 г.), согласно которой накопление осадочных масс в поясах опускания земной коры вызывает складчатость и разрывы. Принимая, согласно своим предшественникам Декарту, Де ла Беш,

Кордье и Эли де Бомону, стяжение земной коры над сокращающимся вследствие охлаждения ядром в качестве основной причины образования гор и материков, Дэна подробнее объяснил влияние контракционной силы. Он полагал, что направление границ материков. и горных цепей позволяет установить линии наименьшего сопротивления, находящиеся в зависимости от неравномерной толщины и температуры земной коры и сравнимые со спайностью многих минералов по определенным поверхностям. Первые затвердевшие глыбы остывавшей планеты образовали материки, по краям которых сила стяжения проявлялась наиболее интенсивно, почему они и ограничены обыкновенно горными цепями, высота которых соответствует глубине океана, т. е. самое глубокое море окаймлено более высокими горами. Большое значение чем это не бесспорное предположение имеет мнение, что центростремительное движение земной коры, оседающей на сжимающемся ядре, превращается, как в своде, в тангенциальное напряжение; это горизонтальное давление и создает складчатость из сводообразных кряжей и мульдообразных впадин — как у усыхающего яблока; последние Дэна назвал геосинклиналями, первые геантиклиналями. Горные цепи, созданные одной постепенно поднимавшейся складкой, он называл моногенетическими; горы, состоящие из нескольких цепей, возникают всегда в геосинклиналях, в которых накоп-

ляются мощные осадки; когда последние мало по малу опустятся в глубины, где высокая температура ослабляет их прочность частью расплавлением, частью размягчением, они разрываются; уступающие боковому давлению разломанные глыбы стискиваются в сторону линии разлома на меньшее пространство, сминаются в складки и, благодаря этому, поднимаются. Горный хребет, созданный таким образом, Дэна назвал синклиналием. При повторении этого процесса! к поднятому синклиналию примыкают другие. Поэтому горная система, состоящая из параллельных цепей, не могла подняться сразу в один прием, согласно Эли де Бомону, а требует для своего образования огромного промежутка времени и должна иметь несимметричное строение. К круто оборванным краям материков примыкают самые глубокие мульды, в которых создаются новые горы, присоединяемые после поднятия к материку. Но так как земная кора при постепенном остывании земли становится все толще, а благодаря механическому и химическому метаморфизму делается тверже и устойчивее, то горообразование затрудняется; продолжающееся тангенциальное давление обуславливает выпячивание коры, оканчивающееся ее разрывом; по образовавшимся трещинам на поверхность прорываются вулканические массы. Горные системы, созданные в новые периоды, отличаются значительной высотой и часто сопровождаются вулканическими извержениями по краям разломов. Ряд признаков доказывает, что горообразовательная сила до сих пор еще не угасла.

Некоторые идеи, высказанные Дэна вначале только мимоходом и в неопределенной форме, были подхвачены другими геологами и обоснованы ими лучше. Наиболее значительным из сотрудников по теории горообразования боковым давлением был Ле Конт, яркие разъяснения которого много способствовали пониманию ее, и Дэна позже сам часто ссылался на него. Шэлер проводил различие между образованием материков и гор; те и другие обусловлены сокращением земного ядра, но материки представляют морщины всей толщи земной коры, тогда как горы являются складками поверхностных частей ее, вызванными боковым давлением в связи с сокращением охлаждающихся более глубоких слоев. Опускание морских бассейнов создает при участии накопившихся осадков разломы вдоль берегов и в связи с этим образование горных цепей параллельно береговой линии.

В то время, когда в Северной Америке теория сокращения и складчатости от бокового давления все более упрочивалась и вопрос о горообразовании рассматривался многократно и с разных сторон, в Европе еще господствовали устаревшие взгляды Буха и Эли де Бомона, хотя ряд геологов указывал на значение горизонтальных смещений в земной коре. Например, Маллэ называл поднятие гор вертикальным выражением двух тангенциальных сил и высказался в пользу одностороннего строения гор, причем он предполагал, что более крутой западный склон горных цепей обусловлен влиянием вращения земли.

Значение теории Канта-Лапласа для объяснения теории горообразования. Таким образом к началу последней четверти XIX века в Европе и в осо-

бенности в Северной Америке представление о зависимости горообразования от стяжения земной коры, обусловленного сокращением земного ядра вследствие продолжающегося охлаждения нашей планеты, начало вытеснять другие орогенетические гипотезы. Школа плутонистов, одолевшая после многолетнего спора школу нептоунистов, подготовила почву для этого представления, доказав распространение изверженных пород на земной поверхности и их значительное участие в составе горных цепей. Этому успеху много способствовало распространение теории Канта-Лапласа о мироздании и образовании солнечной системы из первичной „бесформенной туманности, которая, хотя появилась еще в XVIII веке, но первоначально встретила мало сочувствия благодаря тому, что противоречила слишком резко библейскому изложению сотворения мира. Маленькое сочинение Канта, напечатанное анонимно в 1755 г. перед началом семилетней войны, не нашло читателей и было забыто; на него обратил внимание только через 90 лет Гумбольдт, способствовавший его распространению. Эта теория окончательно дискредитировала взгляды нептоунистов и оказала могучую поддержку плутонистам; она же является основой контракционной гипотезы, доказывая прежнее газообразное, а затем огненно-жидкое состояние планет и постепенное их охлаждение с образованием твердой оболочки, на которой так или иначе должно отражаться дальнейшее сокращение ядра благодаря, потере тепла в холодном мировом пространстве. Но плутонисты принимали реакцию ядра на его оболочку слишком упрощенно, в виде кратеров поднятия и складкообразования под напором газов и расплавленных масс, не учитывая толщину этой оболочки; поэтому их теория должна была уступить место более совершенной контракционной, медленно, но упорно завоевывавшей себе все больше сторонников

ГЛАВА 2

БЫСТРЫЕ УСПЕХИ ТЕКТОНИКИ В ПОСЛЕДНЮЮ ЧЕТВЕРТЬ XIX ВЕКА

Книга „Происхождение Альп" Зюсса и ее значение. Механизм горообразования Гейма. Экспериментальное изучение процесса складкообразования и деформации горных пород под давлением. „Лик Земли" Зюсса как история развития земной поверхности, приведшая к торжеству контракционной теории. Теории расширения (Рид) и скольжения (Рейер). Учение об изостазии (Дёттон). Учение о геосинклиналях (Голль и Дэна в новом изложении Ога).

Книга „Происхождение Альп" Зюсса и ее значение. Читатель в своей истории геологии и палеонтологии говорит, что появление в 1875 г. малень-

кой книжки Эд. Зюсса „Происхождение Альп" знаменует начало новой эпохи, так как она содержит множество новых идей, кратко, но ясно намеченных, которые упали подобно плодотворному дождю на высохшую почву. Проблему горообразования Зюсс представлял себе, подобно Эли де Бомону, как выражение жизни нашей планеты и старался разъяснить ее не детальным исследованием отдельной горной цепи, как большинство его предшественников, а сравнительным изучением главных горных систем земли. Он оспаривал поднятие гор и материков силой, действующей снизу вверх, на ряде примеров опроверг активное участие изверженных пород в горообразовании и после яркой характеристики главных горных систем заявил, что распределение их по геометрическим законам обманчиво. Не направление горных цепей дает возможность судить «о способе и времени их возникновения, а точное изучение их тектоники разъясняет движение и силы, которым они обязаны своим происхождением. Подробное рассмотрение системы Альп, включая в нее Юру, Карпаты, срединные горы Венгрии, Динарийские цепи и Апеннины приводят к выводу, что вопреки существующему взгляду строение этих гор характеризуется не симметрическим расположением отдельных зон, а полной односторонностью. Крутой южный обрыв Западных Альп к равнинам Пьемонта и Ломбардии соответствует дугообразной трещине разлома, от которой горы ложились в складки под действием тангенциальной силы, направленной на СЗ, С и СВ. Южные побочные зоны Восточных Альп образовались не благодаря центральному разрыву и боковому раздвижению первоначально однородного покрова, а представляют самостоятельную горную систему, прижатую к Альпам движением на СЗ. Между той и другой на востоке вклинивается еще одна система складчатых гор — срединные горы Венгрии. Подобное же одностороннее строение имеют Балканы, Кавказ и Арарат, складчатость которых обусловлена такой же тангенциальной силой, действовавшей с юга на север. Таким образом получается замечательное сходство с американскими горами, описанными Роджерсом и Дэна, и защищаемая ими теория бокового сдвижения применима и к горам Европы с некоторыми модификациями. Но в связи с этим к определению времени поднятия гор нужно приметить иной метод, чем предложенный Эли де Бомоном.

В Альпах тектонические нарушения начались уже в мезозое и продолжались не только до конца миоцена, а до плиоцена, — по крайней мере на южном склоне, — может быть даже до дилuvia. Но нет оснований приложить гипотезу Дэна полностью к Альпам и считать, что внутренние самые высокие цепи этих гор являются и самыми молодыми. Необходимо учитывать разнообразные препятствия в виде соседних неподвижных горных глыб, включенных древневулканических пород и сопротивление самой массы, подлежащей складчатости. Рассмотрение масс или глыб (позже названных горстами), расположенных к З и С от Альп, показывает, что та же сила, которая создала Альпийские складки, действовала в Исполиновых горах, в Судетах, Богемском лесе, саксонских Рудных горах, Гарце, Арденнах и т. д. и что эти древнейшие горы также сдвинуты давлением, действовавшим то на СЗ, то на

С или СВ. Но имеются также примеры гор, сдвинутых силой, действовавшей на Ю, хотя в общем на всем громадном пространстве Европы северное направление настолько преобладает, что можно было бы предположить в северном полушарии общее стремление вещества к северному полюсу; но этому противоречат другие данные — за Уралом главные горы Азии представляют дуги, выпуклые к Ю, а не к С, как в Европе. Гималаи замечательно сходны с Альпами, но с тем отличием, что местность, сложенная из третичных пород у южного подножия первых, соответствует северной молассовой зоне вторых, так что уже Медликотт предполагал давление, направленное с севера. Далее Зюсс указал, что хотя огромная мощность и пелагический состав осадочных пород, слагающих горы, позволяет думать, вместе с Дэна, что они большею частью отложились в геосинклиналях, но что нередко наблюдаются пробелы и несогласия в последовательности формаций, свидетельствующие о колебаниях морского покрытия. Он подчеркнул также, что мощные пелагические отложения, пробелы в формациях и трансгрессии замечаются и в плоских местностях, где нет сколько-нибудь значительных нарушений залегания слоев. Подробным очерком огромной трансгрессии сеноманского моря Зюсс показал, что, наряду с дислокациями твердой коры имеются движения — трансгрессии и регрессии — жидкой оболочки, которые лучше определяют время известных отделов в истории развития земной поверхности, чем поднятие гор.

В заключительной главе своего труда, столь богатого идеями и фактами, Зюсс дает сводку своих взглядов на образование гор. Направление горных цепей не только совпадает с большими кругами, но представляет отклонения благодаря препятствиям; крупные складчатые системы часто, если не исключительно, возникают в геосинклиналях и требуют огромных промежутков времени. Вулканы в горообразовании играют подчиненную роль. Горы в большинстве случаев имеют одностороннее строение. Простейшая форма горообразования — разрыв, перпендикулярный к направлению стяжения, причем оторванная часть перемещается по направлению стяжения (пример — Рудные горы). Вторая наиболее частая форма начинается образованием главной складки, расположенной перпендикулярно к стяжению и наклонной в его направлении; затем в складке по линии наибольшего напряжения образуется разрыв, передняя часть ее движется дальше по направлению стяжения и сминает перед собой осадочные породы в ряд складок, тогда как задняя часть опускается и среди ее обломков воздвигаются вулканы (пример — Апеннины и Карпаты). В третьей форме возникает более значительное число параллельных складок, занимающих широкое пространство и обыкновенно кончающихся крутым разрывом внутреннего склона внутренней складки (примеры: Юра, Аппалачи, Таунус, Арденны). В зависимости от степени и направления складкообразующей силы, от рода сопротивления, от большей или меньшей хрупкости пород находится сохранение вторичных складок или же превращение их в разломы по плоскостям, наклоненным внутрь гор и большею частью представляющим поверхности взбросов (надвигов). Сила

стяжения, по-видимому, сохраняет в обширных районах одно и то же направление очень продолжительное время. Иногда амплитуда главной складки так велика, что в результате получается не горная цепь, а массивное поднятие, как в настоящее время в Скандинавии.

Материки представляют, как указал уже Шэлер, стяжение всей земной коры, тогда как горы являются складками ее наружных слоев в связи с сокращением более глубоких. Наряду с подвижными и гористыми участками земной поверхности имеются также упорные массивы, состоящие, как в Богемии, или из надвинутых друг на друга и скрещивающихся горных цепей, сравнимых с ледяными торосами, или из ненарушенных горизонтальных слоев, как русская глыба. В распределении этих глыб, большею частью характеризующихся пробелами в толще осадков, как равно в их очертаниях, не заметно геометрического закона, но их положение является решающим для формы и направления складок, создаваемых стяжением в промежуточных гибких участках земной поверхности. Таким образом горообразование является процессом затвердевания земной коры, формы которого обусловлены распределением более древних первичных глыб или архибол.

Из сказанного видно, что в этом небольшом труде Зюсса уже содержались все основные положения контракционной теории, подробнее развитые затем многими геологами; в нем были намечены и главные формы складок, и жесткие упорные массивы или глыбы двух родов, и разница между внешней и внутренней стороной складчатых систем, и обширные вздутия, позже получившие название эпигрогенетических или мегаскладок (Grossfalten), и брошена первая мысль о чешуйчатой и покровной структуре целых горных систем. Значение этого труда ясно из того, что он вызвал целый поток литературы о горообразовании и строении гор, продолжающийся донныне.

Механизм горообразования Гейма. Вторым сочинением, ознаменовавшим начало новой эпохи в тектонике, является труд Гейма о механизме горообразования, появившийся в 1878 г., в котором результаты детального изучения небольшого, но очень сложного по строению участка Альп были развиты в общую теорию горообразования. На примере Гларнской двойной складки, опрокинутой в обе стороны, рассмотрены различные условия складкообразования и показана возможность опрокидывания складок той же горной цепи в разные стороны, хотя вообще преобладает одно направление. Гейм приводит также многочисленные доказательства пассивного отношения центральных кристаллических массивов и изверженных пород к складкообразованию; первые принимают участие в складчатости, являясь частью тесно расположенными сводами, частью веерообразно сдавленными складками и не оказали никакого влияния на вышележащие осадочные породы. Изолированные обрывки последних в центральной цепи Альп представляют только остатки от размыва прежнего сплошного покрова. Во втором томе этого труда, на основании сделанных наблюдений, рассмотрен механизм горообразования вообще и доказано, что изгибы, плейчатость, разминание, кливаж, растяжение слоев, механическое изменение формы окаменелостей являются ре-

результатом горообразующих сил. Горные породы во время поднятия являются не мягкими „пеломорфными“, как предполагал Турманн; они были переформированы или посредством разрывов или без таковых, независимо от физического и химического состава; переформировка без разрыва, т. е. пластичность пород имеет место только на большой глубине и обусловлена большой нагрузкой и всесторонним давлением; она обнаруживается чаще всего у древних пород. Горным давлением обусловлены также некоторые виды метаморфизма, как превращение плотного известняка в мрамор, гематита в магнетит.

Образование горных цепей обусловлено исключительно сокращением земного ядра, оседанием земной коры, сделавшейся слишком большой, и складчатостью ее благодаря тангенциальному давлению. Благодаря складчатости первоначальная площадь, которую занимали горы, сокращается и Гейм подсчитал, что площадь, занятая складками Юры, сократилась на 5—5. 3 км, а площадь Альп на 120 км. Но укорочение земного диаметра благодаря совокупности горообразования меньше 1 %.

В отношении причин орогенезиса и в частности тектоники Альп Гейм в общем пришел к тем же выводам, как Зюсс. Новой является его теория скрытой пластичности горных пород, благодаря которой уже на глубине 2200 — 2600 м зияющие трещины невозможны. Нужно еще отметить, что тектонические описания Гейма пояснены прекрасными частными и общими геологическими профилями и рисунками горных групп, могущими служить образцами изображения тектоники тор на бумаге по точности и наглядности выполнения. Позже Гейм совместно с Маржери дали первую сводку с классификацией и номенклатурой различных форм в результате дислокаций.

Возможность переформирования без разрыва и молекулярная пластичность вызвали сильные возражения Гюмбеля, Брёггера, Штапфа, Пфаффа и др., указывавших на соответствующие опыты, а также на то, что существование вулканов и землетрясений опровергает теорию Гейма, что уже на небольшой глубине нет зияющих трещин. Пфафф даже отвергнул всю теорию сжатия земли и складчатости и свел проблему горообразования к процессам выщелачивания, влекущим за собой провалы и другие нарушения в земной коре, пропитанной водой и изобилующей пустотами.

Экспериментальное изучение процесса складкообразования и деформации горных пород под давлением. Выводы Гейма побудили нескольких геологов заняться экспериментальным изучением пластичности горных пород и складкообразования. Добрэ, Фавр, Шардт, Уиллис, Кэдель достигли в своих опытах с пластинками металлов, слоями воска, глины, гипса, песка и пр., подвергаемыми боковому давлению, поучительных результатов; они получили разнообразную складчатость, воспроизводящую целый ряд явлений, наблюдаемых в горах; опыты Добрэ над изменением разных горных пород, стекла, воска под давлением показали также закономерность распределения и характера трещиноватости, аналогичной наблюдаемой в природе и привели к установлению новой номенклатуры (диаклазы, параклазы, литоклазы).

Рейер в своей „Теоретической геологии" подробно рассмотрел трещины и разрывы земной коры и объяснил последние различным напряжением в связи с неодинаковой нагрузкой, неодинаковым изменением состава, различным охлаждением или нагреванием соседних районов. Он придает большим разрывам крупнейшее значение в формировании земной поверхности и показывает на многочисленных примерах грабенов, котловин провала и полей разломов, как в областях опускания, ограниченных разрывами, выступают изверженные породы, закрепляющие эти области.

„Лик Земли" Зюсса как история развития земной поверхности, приведшая к торжеству контракционной теории. В 1883 — 1885 и 1888 гг. появились первые два тома огромного сочинения Зюсса „Лик Земли", в котором этот геолог не только подробно развивает, дополняет и исправляет представления об образовании материков и гор, намеченные в общих чертах в „Происхождении Альп", но рассматривает также все главные события, которые имели место в течение геологических периодов как в твердой земной коре, так и в водной оболочке нашей планеты, чтобы объяснить ими современное состояние земной, поверхности — лика земли. Он начинает изложение с описания потопа, основываясь на библейском и вавилонском эпосе и доказывая, что это губительное наводнение в Месопотамии скорее всего было обусловлено землетрясением и циклоном со стороны Персидского залива. Вторая глава рассматривает землетрясения, а третья — различные дислокации, связанные с сокращением земного ядра. Дислокации Зюсс делит на горизонтальные и вертикальные, обусловленные тангенциальными и радиальными силами. Среди первых он рассматривает на ряде примеров различные виды складок, воздушные седла, складки-взбросы и сдвиги или блятты, направленные перпендикулярно к простиранию; повторение взбросов складок создает так называемую чешуйчатую структуру. Вертикальные смещения выражаются опусканиями и провалами, всегда сопровождаемыми многочисленными разрывами и трещинами, которые можно подразделить на периферические, радиальные, диагональные и поперечные. Смотря по роду опускания дислоцированной части земной коры возникают котлообразные провалы, грабены, флексуры, сбросы. Сложные тектонические формы получаются при сочетании опускания и тангенциального движения. Вулканы Зюсс считает незначительными поверхностными проявлениями грандиозных процессов, происходящих в глубине; рассматривая на ряде примеров постепенное обнажение и частичное разрушение вулканической горы, он приходит к установлению „денудационных рядов", которые показывают, что нет существенной разницы между насыпными вулканами современности и массивными излияниями, лакколитами и глубинными породами прежних периодов. Подробно изложено также образование трещин и жил в действующих и погасших вулканах, трещин и дислокаций при землетрясениях.

После этих подготовительных глав Зюсс приступает к своей главной задаче и подвергает горные системы сравнительному рассмотрению, стараясь выяснить историю их возникновения на основании их строения. Начиная с

северных предгорий (Vorland) Альп он доказывает существенную роль Русской плиты, Судет и средневропейских горных масс, которые представляли препятствия для развивавшейся складчатости Альпийской системы и при этом или преодолевались и покрывались надвигавшимися складками, как Судеты и часть Русской плиты, или оставались недвижимыми глыбами среди смещенной окрестности. Из направлений простираения главных складок выводятся так называемые руководящие линии Альпийской системы, их завороты и закручивания (Wirbel). Подробно рассмотрена огромная область провалов в Южных Альпах, с которой связано также образование Адриатического моря. Отдельная глава посвящена геологическому прошлому Средиземного моря: на основании рассмотрения третичных отложений Зюсс прослеживает прежнее распространение, очертания и фазы развития этого моря (получившего название Тэтис), от Антильских островов через Атлантический океан, среднюю Европу и далеко вглубь Азии. Раздробление соседних материков и позднейшие провалы Эгейского и Черного моря прослежены во всех деталях с изумительным знанием объектов и литературы. Дальнейшие главы посвящены описанию обширной плиты пустыни Сахары и ее продолжения в Аравию и Палестину, затем еще более крупной столовой страны Южной Африки, которая прежде в виде материка Гондвана простиралась через Мадагаскар до Южной Индии и Австралии и теперь со всех сторон ограничена береговыми сбросами, наконец индийским и центрально-азиатским горным системам и их отношению к Альпам и европейским горам. Северная и Южная Америка рассмотрены столь же подробно, а в заключительной главе дана сводка важнейших результатов исследования. Зюсс отмечает, что названия „Старый и Новый Свет“ геологически не верны, так как Северная Америка в большей части оставалась сушей со времени мела и потому представляет сравнительно старый материк; так же стара и Южная Америка, представляющая щит, окаймленный с трех сторон валами гор и оборванный только с С и СВ без видимых руководящих линий. В Старом Свете спаяны три разнородные области: 1) южная страна Гондвана, которая со времени карбона не вполне покрывалась морем; 2) Индо-Африка — современная Сахара, Египет, Сирия и Аравия, покрытая меловым морем, но с палеозоя не подвергавшаяся складчатости и 3) Евразия, обнимающая север Африки, Европу и остальную Азию; ее южная часть сильно складчата и на большом протяжении надвинута на столовую страну Индо-Африки.

Второй том „Лица Земли“ начинается историческим обзором различных мнений о значении перемещения берегов, вековых поднятий и опусканий, причем Зюсс указывает на преимущество индифферентной терминологии в виде положительных и отрицательных движений береговой линии. Затем следует блестящая характеристика очертаний Атлантического и Тихого океанов с выяснением различий в строении их берегов и установлением двух основных типов морского берега — атлантического, характеризуемого разломами, и тихоокеанского, обусловленного складчатостью, направленной от суши к морю; указана и связь вулканизма и образования островов с обоими

типами. Три главы посвящены рассмотрению палеомезозойских и третичных морей, их трансгрессиям и регрессиям с характеристикой осадков (между прочим и образования ископаемого угля); это рассмотрение приводит к современным колебаниям морского уровня, которыми заняты следующие главы, описывающие перемещения береговой линии в Скандинавии, Северном, Балтийском и Средиземном морях и на берегах других материков. Зюсс объясняет эти перемещения движениями гидросферы, а не литосферы и называет их эйстатическими; этому вопросу посвящена последняя глава, в которой доказывается различный возраст берегов, зависимость очертаний материков от складчатости и разломов разного времени, отвергается активное или пассивное поднятие частей земной коры; автор приходит к выводу, что земной шар сокращается, морские бассейны поэтому опускаются, что обуславливает эпизодическое отрицательное движение морского уровня; накопление осадков в морях обуславливает противоположное непрерывное положительное движение морского уровня.

В сочинении Зюсса дана удивительно ясная и всеобъемлющая сводка геологических знаний почти до конца XIX века и обрисована в стройной картине история развития земного шара, образование материков и морей, горных систем и столовых стран и преобразование их в смене времен, приведшее к современному „Лику Земли“, основные черты которого подверглись анализу и синтезу гениального мыслителя, овладевшего огромной литературой. Конечно, не все мнения и выводы Зюсса являются бесспорными: многое в связи с успехами науки и изучением местностей, о которых Зюсс располагал только скудными данными, подвергнется изменению или уже подверглось ему, как увидим ниже. Тем не менее, „Лик Земли“ надолго останется сокровищницей, из которой поколения геологов будут черпать знание геологических идей прошлого и находить задачи будущего. Труд этот должен быть настольной книгой каждого геолога с широким кругозором, которую полезно перечитывать время от времени. Он положил начало новому важному отделу земледения — сравнительной топографической геологии, особенно подробно разработанной в третьем томе сочинения, появившемся уже в начале XX века и характеризуемом ниже. Значение „Лику Земли“ прекрасно оттенено выдающимся геологом Бертраном в предисловии к французскому изданию следующей фразой: „Создание науки, как и сотворение мира, требуют более одного дня; но когда наши преемники напишут историю нашей науки они скажут, я в этом уверен, что труд Зюсса отмечает в этой истории конец первого дня, когда появился свет“.

Теории расширения и скольжения. Сочинение Зюсса встретило восторженный прием, но также — в особенности сначала — жестокую критику. Оно дало контракционной теории почти всеобщее признание, хотя продолжались попытки иначе объяснить горообразование. Рид разработал подробнее теорию расширения Гюттона, чтобы приспособить ее к Достижениям геологии и встретил сторонников, особенно в Англии и Северной Америке. Он исходит, подобно Голлю и Дэна, из принципа, что горообразование про-

исходит только в областях мощного накопления осадков и что в утолщенных последних частях земной коры повышается температура пропорционально их мощности, обуславливающая расширение вниз, вверх и в стороны; но так как расширение в стороны встречает сопротивление со стороны толщ земной коры, окаймляющих согревшуюся область и сохранивших нормальную температуру, то оно выражается в складкообразовании и выпучивании согретых толщ вверх. Верхние слои, мало подверженные влиянию тепла, находятся под действием давления расширяющихся нижних слоев в состоянии сильного натяжения, нижние, наоборот, в состоянии сильного сжатия. Эти слои разделены нейтральной зоной, в которой нет ни сжатия, ни растяжения. Но в том и другом участвуют также породы, на которых отложились осадки, поэтому и древние породы, размягченные теплом и давлением, должны образовать складки и сжиматься; так как массы глубин, сделавшиеся пластическими, не могут подаваться в стороны, а вдавливаются в ядра антиклиналей по линиям наименьшего сопротивления, то они усиливают поднятие на поверхности и обыкновенно образуют осевые части высших цепей горных систем, состоящие из кристаллических пород. А так как образование горной системы требует огромного промежутка времени, то в подземных массах могут иметь место многократные изменения температуры; каждое повышение ее вызывает новое расширение вверх и таким образом горные цепи мало по малу поднимаются над окружающей местностью. Охлаждение вызывает разрывы и сбросы, которые поэтому вообще моложе складчатости и поднятия гор; с каждым разрывом обычно связано опускание одного края трещины или обих. Рид подкрепляет свою теорию многими примерами и профилями из английской и американской литературы. Его теория признает горообразование местным, тесно ограниченным явлением и в этом, а также в недостаточном объяснении того, каким образом суммирование незначительных расширений может создать со временем такие высокие горы, состоит ее слабая сторона.

Рейер, отрицая контракционную теорию, выдвинул гипотезу скольжения, которую подтверждал экспериментально. Он полагал, что каждая складчатая система обусловлена разрывом земной коры, при котором получается несимметричный рельеф; если осадочные породы одного из краев трещины окажутся благодаря поднятию в наклонном положении, они начинают ползти вниз по уклону и при этом собираются в складки. Эта гипотеза, приобретшая не много сторонников, в последнее время возродилась в новой более полной и разработанной форме в виде осцилляционной теории Хаармана (см. ниже).

Ротплец также считал контракционную теорию не удовлетворительной для объяснения неравномерного распределения силы тяжести в земной коре и вулканических извержений и полагал, что расширение известных частей коры позволяет объяснять эти явления лучше. Он принимает, что земная кора представляет замкнутый шаровой свод, в который включены материки в виде сводов меньшего радиуса. Под твердой корой расположено вязкое или расплавленное ядро, а между ними пояс охлаждения, который при затвердевании не сокращается, а расширяется; из него исходит вертикальное и танген-

циальное давление на свод коры. В местах наименьшего сопротивления образуется разрыв, затвердевающий пояс расширяется вверх, поднимает часть коры, создавая на поверхности материка столовые страны, а по трещинам расплавленные массы находят пути для подъема из глубин. Одновременно тангенциальное напряжение находит исход в виде складкообразования на материках; в особенно слабых участках образуются поднятия и складчатые горы, сопровождаемые извержениями вулканов. Расширившиеся при затвердевании и охлаждении массы под материками и горами имеют меньший удельный вес и поэтому получают дефекты силы тяжести сравнительно с массами, лежащими под океанами. Теория расширения Ротпльца основана на предположении, что подкорковые массы при охлаждении не сжимаются, под влиянием большой нагрузки расширяются подобно висмуту и другим веществам.

Учение об изостазии. Дёттон, отвергая контракционную теорию, хотел заменить ее своим учением об изостазии. Он полагал, что земная кора не однородна, а состоит из более тяжелых и более легких масс и для восстановления равновесия (изостазии) первые должны опускаться, образуя впадины, вторые должны подниматься, создавая выпуклости земной поверхности. Когда существующая впадина заполняется толщами осадков и становится тяжелее — она должна оседать; расположенная рядом выпуклость, представляющая сушу, одновременно становится легче, так как денудация сносит с ее поверхности материал во впадину; поэтому выпуклость должна подниматься и на ее склонах происходит нечто вроде течения отложившихся свежих осадков, причем образуются складки и целые горные цепи. Это учение об изостазии основано на наблюдениях геодезистов над отклонением отвеса горными хребтами и окраинами материков и изменениями силы тяжести, которые привели к выводу, что земная кора не однородна и местами содержит избытки тяжелых масс, обуславливающие положительные аномалии силы тяжести, местами же дефекты масс, обуславливающие отрицательные аномалии. Но на известной глубине должна существовать компенсация этих избытков и дефектов в поверхностных частях коры, т. е. выравнивание их в так называемом изостатическом слое. Вследствие довольно значительной вязкости земной коры изостатическое равновесие не может «быть вполне совершенным и распространяется только на достаточно большие площади.¹ Основы этого учения постепенно были разработаны Праттом и затем Эри, вычисления которых доказали неизбежность известной компенсации на глубине: без нее отклонения силы тяжести, приведенные к уровню моря, должны были быть значительно больше наблюдаемых в действительности, так как материка с средним удельным весом в 2,7 поднимаются до 9000 м над уровнем моря, а океаны с удельным весом 1,023 опускаются до 10 000 м. Но термин изостазии и приложение этого учения к горообразованию принадлежит Дёттону.

Учение о геосинклиналях. Чтобы закончить рассмотрение развития

¹ Новейшую сводку учения об изостазии дает Б. Л. Личков. Природа, 1928, № 7—8.

взглядов на горообразование и его причины в последней четверти XIX века остается еще указать учение о геосинклиналях, выработанное Огом, и поныне играющее крупную роль в тектонических; представлениях. Основы этого учения были положены американскими геологами; Голль в 1859 г. в описании Аппалачских гор показал, что складчатые горные хребты сложены из более мощных и однообразных горных пород, чем прилегающие равнины, и объяснил это тем, что на месте гор прежде были морские бассейны в виде длинных корытообразных впадин, в которых постепенно накапливались осадки; тяжесть последних прогибала дно впадин все глубже и глубже, благодаря чему поддерживалась известная глубина бассейна и однообразие осадков, которые иначе должны были быстро заполнить впадину, принимая вместе с тем все более мелководный характер. Дэна в 1873 г. окрестил эти корытообразные впадины геосинклиналями, как указано в гл. 1, но считал, что не тяжесть осадков, а боковое давление углубляет геосинклинали. Зюсс в 1875 г., принимая представления Дэна, отметил, что и в отложениях геосинклиналей нередко замечаются пробелы и несогласия в смене осадков (которые он назвал пелагическими, т. е. образованиями глубокого открытого моря), что говорит о колебаниях морского уровня, т. е. о временном осушении геосинклиналей; он подчеркнул также, что мощные пелагические отложения, пробелы в формациях и трансгрессии наблюдаются и в плоских местностях при отсутствии сколько-нибудь значительных нарушений залегания. Ог в своей статье о геосинклиналях и материковых площадях развил представления Дэна и пришел к следующим выводам: 1) геосинклинали — это узкие и длинные пояса земной коры, особенно-подвижные, способные к длительному прогибанию, расположенные между более устойчивыми материковыми площадями или платформами. В противоположность американским геологам, полагававшим, что геосинклинали пролегают по окраине материков, отделены от моря только узким порогом и что горообразование увеличивает материка, Ог настаивал на том, что геосинклинали всегда расположены между двумя материками и в качестве доказательств приводил Пиренеи, Альпы, Карпаты, Атлас, Гималаи. Он составил карту геосинклиналей мезозойской эры, которая должна быть известна геологам, так как приводится во всех учебниках; узкие ленты прогиба извиляются между огромными материковыми площадями, обнимающими как современные материка, так и океаны, установленными Огом на основании палеонтологических данных, 2) Геосинклинали до своего заполнения представляют морские впадины довольно значительной глубины, в которых накапливаются мощные и непрерывные толщи осадков, в та время как на материковых площадях, при временных трансгрессиях: морей образуются тонкие покровы перемежающихся разнородных фаций с многочисленными перерывами. Хотя осадки, образующиеся в геосинклиналях, большею частью относятся к глубоководным пелагическим, иначе батинальным формациям (глубины от 200 до 1000 м), но по краям, а иногда и в середине (при воздымании дна в начале горообразования), отлагаются мелководные (неритические) осадки. Ог допускает в виде исключения, что в иных геосинклина-

лях осадки образуются и в неглубокой воде, даже в пресной, например, в случае третичной геосинклинали Скалистых гор.

Рассматривая вопрос, где образуются новые геосинклинали, Ог находит, что это приблизительно все те же особенно подвижные пояса земной коры; на месте возникших из геосинклинали горных цепей, превращенных денудацией в почти-равнины, образуется новый прогиб, из которого затем вырастают новые горы, подвергающиеся той же участи. Прослеживая распределение палеозойских и третичных геосинклиналей Ог пришел к выводу, что оно было приблизительно такое же, как и мезозойских; в большинстве случаев ось новой геосинклинали параллельна оси старой, но иногда расположена под углом или даже перпендикулярно к последней. Трансгрессии и регрессии морей тесно связаны с жизнью геосинклинали; когда последняя углубляется — на соседних материках море отступает, так как воды собираются в геосинклиналь, т. е. происходит регрессия; при обмелении геосинклинали море разливается на материке, — происходит трансгрессия. Главные морские трансгрессии происходят одновременно в обоих полушариях как в полярных, так и в экваториальных странах, но они не универсальны. Современными геосинклиналями могут быть западный Ла-Манш, Мозамбикский и Малаккский проливы и Персидский залив, по мнению Ога; из чего следует, что в настоящее время от третичных геосинклиналей, почти совпадавших с мезозойскими, сохранились только жалкие остатки. Впрочем позже, в своем руководстве по геологии 1908 г., он высказал мысль, что современный Атлантический океан можно считать громадной геосинклиналью в стадии ее раздвоения образованием геантиклинали в средней части и что абиссальные впадины по окраинам Тихого океана и к югу от о. Явы в Индийском океане также являются геосинклиналями. Теория геосинклиналей в формулировке Ога сыграла крупную роль в современной геологии и в течение почти двух десятилетий продержалась без сколько-нибудь значительных изменений; только за последние 10 лет она подверглась существенной критике и переработке.

Заметим еще, что в конце века акад. Карпинский с точки зрения контрационной гипотезы описал общий характер колебаний земной коры в пределах Европейской России, выяснил, что здесь, вне геосинклинали, происходили попеременные погружения страны и трансгрессии моря в широтном и меридиональном направлениях и изобразил это на ряде карт соответствующих эпох, а еще раньше рассмотрел характер дислокации пород в южной половине Европейской России, проследив их от Польши до Мангышлака в качестве „зачаточного кряжа". Он же дал карту дислокаций послепалеозойских периодов для Европейской России и положил начало современным представлениям о тектонике Русской платформы.

ГЛАВА 3

РАЗВИТИЕ КОНТРАКЦИОННОЙ ТЕОРИИ В XX ВЕКЕ

Теория шарриажа и покровной структуры. Третий том „Лица Земли“ Зюсса я его значение в истолковании тектоники. Орогенезис и эпирогенезис. Горообразование в связи с растяжением земной коры (по Рихтгофену). Тектонические элементы земной коры (по Бубнову). Главные орогенетические формы {по Штилле). Оро- и эпирогенетические циклы (по Зондеру). Альпийское и германотипное горообразование (по Штилле). Ороген и кратоген (по Коберу). Теория геосинклиналей в новом освещении (по Даке, Шухерту, Грабау и др.). Глыбовые и покровные складки (по Аргану).

Теория шарриажа и покровной структуры. В течение первого периода развития учения о горообразовании никто не сомневался в том, что горные породы находятся на месте своего первоначального происхождения и в своей естественной связи по вертикали. Нарушение их первоначального горизонтального залегания объясняли поднятием или местным смятием, при которых все-таки сохранилась правильная последовательность более древних и более молодых отложений снизу вверх, т. е. породы являлись аутохтонными. Но уже в 70-ых годах XIX в. исследования Эшера и Гейма в Альпах обнаружили перекрытие молодых пород более древними в виде лежачих складок, которые обусловили многократное повторение последовательности тех же слоев по вертикали, т. е. такое расположение их, которое не могло быть создано в процессе их отложения; очевидно, что толщи были смещены в горизонтальном направлении, они как бы плыли друг по другу, не имели корней, т. е. были аллохтонными (фиг. 1). Это сложное смещение привело Гейма к построению известной Гларнерской двойной лежачей складки, одна часть которой была опрокинута с Ю на С, другая — с С на Ю, причем получилась не только обратная последовательность пород в опрокинутых крыльях складок, т. е. налегание древних на молодых, но и местные пробелы, объясненные растяжением и полным выжиманием некоторых толщ. Но это смещение по горизонтали не считали значительным и полагали, что каждую складку не трудно проследить назад до ее „корня“.

В то же время Зюсс в своей книге „Происхождение Альп“ высказал уже мысль о возможности более значительных смещений в одном направлении, а в 1884 г. Марсель, Бертран доказывал, что Гларнская складка является не двойной, а одиночной, опрокинутой с юга, что подобное перекрытие складками характерно для всего северного склона Альп Швейцарии и Савойи и высказал даже мнение, казавшееся парадоксальным, но позже подтвердившееся, об аналогии строения французско-бельгийского угленосного бассейна и Альп, т. е. что в этом бассейне также существуют перекрытия молодых

осадков более древними.

В 1893 г. Шардт применил уже представление о крупных горизонтальных смещениях для объяснения сложного строения Фрейбургских Альп, а в 1898 г. Ротплец предложил объяснение Гларнских Альп с той же точки зрения. Марсель Бертран еще в 1890 г. представил Французской Академии Наук замечательный мемуар „О движениях, которые создали складки земной коры и о роли горизонтальных смещений“, основанный на наблюдениях над строением Альп Прованса. В этом мемуаре, напечатанном только в 1908 г. после смерти автора (который взял его в рукописи обратно для исправлений), доказывается, что Альпы Прованса целиком состоят из лежащих складок, дано сравнение их строения с строением Альп Швейцарии и Пиренеи и установлено понятие о покровах перекрытия, чуждых подстилающим породам, принесенным с Ю на С на расстояние нескольких километров, т. е. понятие о „шарриаже“. Но все эти представления о крупных смещениях толщ обратили на себя в конце XIX в. мало внимания геологов и только в 1901 — 1903 гг. Лужону удалось в блестящем синтезе учения о шарриажах доказать значение его для объяснения строения сложных горных систем.

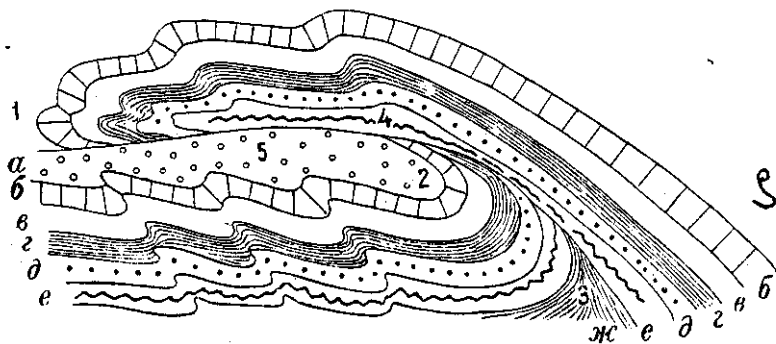
На Международном геологическом конгрессе 1903 г. в Вене теорию перекрытий к объяснению строения горных систем применили в своих докладах, кроме Лужона, изложившего ее основы, также Килиан к Альпам Прованса, Ог к Альпам Французской Швейцарии (район Монблана), Тернебом к складчатым горам Скандинавии, Уиллис к горам Соединенных Штатов, Космат к части Эйфеля у Лайбаха; Кейс докладывал о складчатых сбросах Южн. Аппалач, а Гризбах — об экзотических глыбах, т. е. остатках покрова перекрытия в Гималаях, тогда как Улих доказывал, что „клиппен“, Карпат (рифообразные массы известняков среди нарушенных слоистых отложений) не могут быть объяснены как остатки покровов, а являются аутохтонными. Таким образом уже в начале XX века теория покровного строения гор, выведенная из механизма складкообразования в геосинклинали, получила приложение для объяснения структуры не только молодых горных систем, но и более старых, и затем, преодолев первоначальное недоверие и сопротивление геологов, приобретала все больше сторонников.

В основании теории шарриажа лежит представление о возможности отрыва поверхностных слоев земной коры, сминаемых в складки, от глубже лежащих и о смещении первых в горизонтальном направлении по некоторым поверхностям разрыва, превращающимся в поверхности скольжения. В сущности вообще нельзя себе представить, что складкообразование распространяется на большую глубину в земной коре, так как там боковое давление должно встретить слишком большое сопротивление в виде нагрузки вышележащих толщ. В случае плавной складчатости с складками прямыми или только слегка наклоненными в одну сторону, можно думать, что с углублением амплитуды складок постепенно уменьшаются и наконец сходят на нет, т. е. что вглубь складки мало по малу затихают и резкая граница между слоями, подвергшимися складчатости, и слоями, сохранившими первоначальное

положение, отсутствует. Но при сильной складчатости с складками опрокинутыми, тем более лежащими, — такой плавный переход едва ли возможен, и на известной глубине должна пролегать поверхность отрыва, ниже которой слои останутся не затронутыми складчатостью,

а выше смещены на большее или меньшее расстояние от первоначального положения. Такой поверхностью скорее всего является поверхность морской абразии или вообще трансгрессии, т. е. несогласного налегания вышележащих слоев, затем поверхность резкой смены фаций, например налегания яснослоистых пород на неяснослоистых или массивных или пластических (глина, соль). В некоторых случаях слои ниже этой поверхности также могут быть смещены, но иначе, чем вышележащие. На неизбежность существования такой поверхности отрыва сравнительно поздно (в 1906 г.) указал Амппферер, а Букс-горф построил профили Швейцарской Юры с опрокинутыми и частью надвинутыми друг на друга разорванными складками, предполагая поверхность отрыва, пролегающую между верхним и нижним раковинным известняком триаса. Но такой отрыв еще не влечет за собой аллохтонность вышележащих толщ, которая наступает уже в случае их бокового смещения, отделяющего складки от их корней, оставшихся на месте. Шарриаж развивается из лежащих складок, в которых благодаря продолжающемуся боковому давлению происходит разрыв растягиваемого среднего крыла, превращающийся в поверхность скольжения верхнего крыла в направлении давления (фиг. 1). В среднем крыле лежащей складки пласти находятся в опрокинутом положении; разрыв может пройти по той или другой толще всего комплекса или переходить из одной в другую; некоторые толщи или отдельные пласти могут быть растянуты и совсем выжаты при движении и в зависимости от этих условий получаются различные сочетания последовательности опрокинутых пластов, их налегания на пласти нижнего крыла и налегания пластов верхнего крыла на первых. Верхнее крыло совместно с оторванной частью среднего образует покров шарриажа, который может разветвляться, подвергаться вторичной, складчатости, а передняя часть его (лоб) может или погнуться при движении, или воздыматься; свод лежащей складки (шарнир) может сохраниться, представляя крутой перегиб пластов, или исчезнуть при эрозии. Если шарриажу подвергается не одна, а несколько лежащих складок, опрокинутых друг на друга, то возникает не один, а несколько покровов, ползущих один по другому на различные расстояния, а по вертикали то сближающихся, то расходящихся. Все эти обстоятельства в совокупности создают очень сложную картину тектоники гор, состоящих из покровов, разъяснение которой требует самых детальных исследований и не удивительно, что истолкование строения Альп до сих пор, несмотря на многолетние исследования, не удалось в окончательном и бесспорном виде, т. е. что существует несколько толкований, более или менее сильно отличающихся друг от друга, как всей системы в совокупности, так и отдельных ее частей — восточных, центральных и западных Альп — в зависимости от взгляда на число покровов, время их образования, взаимную связь и от теории горообразования, из

которой исходит данный исследователь. Наиболее известны толкования, которые дали Зюсс, Гейм, Шардт, Люжон, Термье, Арган, Кобер, Штауб, Герич. Бубнов составил краткую и ясную сводку основ теории покровов в Альпах, а Герич— изложил основы альпийской тектоники. По этим двум небольшим сочинениям можно познакомиться с различными взглядами исследователей в критическом освещении: то и другое дают также краткое изложение главных современных теорий горообразования с критикой их. Интересно отметить вывод, к которому пришел Бубнов: он говорит, что учению о покровном строении не удалось дать однообразное и законченное истолкование тектоники Альп, а также безусловно выяснить основные причины горообразовательных процессов. Это учение является дальнейшим развитием учения о складчатости, в котором господствовала контракционная теория и пристокавшая из последней теория одностороннего давления и одностороннего строения складчатых гор, которая привела к необходимости принять гипотезу больших перемещений масс. Но после того как это перемещение во многих случаях было подтверждено, оказалось, что его едва ли можно объяснить теорией бокового давления. Таким образом приходится отказаться от первоначальных предпосылок и теория осталась висящей в воздухе, лишенной глубоких основ. Замена последних, предлагаемая в настоящее время другими теориями, во многом еще не ясна и они объясняют эти основы не безусловно одинаково.



Фиг. 1. Схема лежачей складки с разорванным средним крылом, переходящей в шарриаж: 1—шарнир свода; 2—шарнир мульды; 3—корень; 4—ядро свода; 5—ядро мульды.

Третий том „Лица Земли“ Зюсса и его значение в истолковании тектоники. Крупное значение для дальнейшего развития теорий о горообразовании имело появление заключительного третьего тома „Лица Земли“ Зюсса, первая часть которого вышла в 1901 г. и вторая в 1909 г. В этом томе в сущности рассмотрены основные черты земного лица, тогда как первые два тома, оха-

рактированные выше, готовили материал для этого сравнительного изучения. Первая часть посвящена строению Евразии, т. е. материка Европы и Азии, представляющих одно целое: Зюсс во введении указывает, что его задачей является определение плана руководящих линий строения земли, затрудняемого тем, что более $\frac{2}{3}$ ее поверхности скрыты водой, а на суше имеются обширные столовые страны из горизонтальных слоев, скрывающих складчатое основание; он отмечает, что все архейские породы подвергались складчатости или равносильной с ней прессовке. Уже эта повсеместная складчатость доказывает сокращение поверхности планеты, а налегание горизонтальных слоев на древних складках доказывает докембрийский размыв складок; горизонтальное положение кембрийских слоев в известной местности, например у Ленинграда, доказывает, что здесь земная кора очень долгое время находится в покое, силы горообразования дремлют в противоположность другим местностям, где молодые осадки складчатые; в докембрийское время складчатость охватывала весь земной шар, теперь она ограничена отдельными его частями. Из этого следует, что искомым планом руководящих линий будет содержать участки разного возраста и возможно, что мы встретимся с участками, совмещающими разнородные планы.

Шесть глав этой части тома посвящены строению Азии, которое рассматривается начиная с равнины, столовых стран и складчатых дуг севера Сибири. Зюсс устанавливает новые характерные наименования структурных единиц материка: Тургайский пролив вдоль восточного склона Урала, по которому в третичный период Ледовитое море соединялось с Арало-Каспийским, остатком азиатского средиземного моря Тэтис; Иркутский амфитеатр — южную часть Иркутской губернии, ограниченную высотами Байкальского и Саянского нагорий и смятую вдоль их подножия в складки окраинного типа; Ангарскую сушу, которая в послелюрское время благодаря исчезновению Тэтиса соединилась с материком Гондваны; древнее темя, обнимающее Прибайкалье, Забайкалье с Патомским нагорьем, Саяны и Северную Монголию до Гобийского Алтая и являющееся первичным докембрийским остовом Евразии, вокруг которого постепенно формировались горные складки и нарастал материк: со времен кембрия оно подвергалось разломам, но не складчатости; Алтайды — многочисленные складчатые горы Евразии, которые начинаются с Алтая, более молодого „темени“, примыкающего с запада к древнему, и распространяются подобно волнам по всему матерiku; Киргизские складки — самостоятельная система иного направления, чем Алтайды, расположенная в промежутке между Уралом с одной, ветвями Алтая и Тянь-Шаня с другой стороны; периферические образования к В от древнего теменя — оба Хингана, Сихота-алин, горы Сахалина и Хоккаидо. Проследив строение и направление Алтайд по Центральной и Южной Азии до Зондских островов Зюсс рассматривает и западные Алтайды, проходящие в виде Таврида и Динарида через Малую Азию на Балканский полуостров и заканчивает первую часть тома изучением Русской платформы, Урала и его соотношения к Кавказу, докембрийских складок Украины, каледонских надвигов Сканди-

навию и их отношения к Шотландии: Урал он считает постумным, т. е. позднейшим образованием на старом плане, а Русскую платформу — частью древнего темени, именно его Саянской половины. Древнее основание темени, погружившееся у Енисея вглубь, в платформе вновь выступает. В промежутке между погружающимся теменем на севере Европы и тоналитовым выступом в Динаридах на р. Драу позже возникли обе западные конечные ветви Алтаид — сначала варисцийско-армориканская, затем альпийская.¹

С рассмотрения европейских Алтаид начинается вторая часть тома; от Кавказа через Крым и Балканы в Карпаты, во Францию и через Атлантический океан в Аппалачах Зюсс прослеживает варисцийские горы, переходящие и в Северную Африку в виде Алтаид Сахары и Атласа; три главы посвящены постумным Алтаидам, под которыми подразумеваются складчатые горные цепи, которые возникли в третичное время и позже во впадинах, посредством которых варисцийские Алтаиды были расчленены на горсты; эти цепи представляют Альпийскую систему, протягивающуюся от Черного моря до Гибралтара; ее строение анализируется подробно, причем рассмотрены и покровы согласно новым данным об альпийской структуре. Затем Зюсс переходит к северу Америки, Гренландии и Исландии и другим островам Полярного моря как остаткам исчезнувшей суши, богатой излияниями базальтов, а вслед за ними рассматривает Южную и Центральную Африку — страну столовых возвышенностей, разломов и вулканических излияний. Следующая глава посвящена Океанидам — островным цепям Тихого океана и их отношению к Азии. С севера последней, изучая Таймырскую и Верхоянскую дуги, Зюсс через посредство Анадырид и Аляскид — островных дуг северной части Тихого океана — переходит в Америку, прослеживая Кордильеры и затем Анды до Огненной Земли.

Последние главы книги посвящены общим вопросам: очень подробно дается анализ общего плана строения земного лика с сравнением разных частей его, и анализ складчатых дуг; в другой главе Зюсс рассматривает „глубины“, т. е. недра планеты, устанавливая их разделение на зоны по удельному весу и обозначая их терминами Sal, Sima и Nife, вошедшим затем в науку; он описывает отдачу недрами газов, батолиты и вулканы, процессы расплавления и инъекции, зеленокаменные породы; распределению вулканов, их связи с разломами и складками, атлантическим и тихоокеанским лавам отдана другая глава; объяснением форм поверхности луны, сравнением лунных и земных впадин, отделением луны и его последствиями начинается предпоследняя глава, в которой рассмотрены изостатическое уравнивание гор и материков, сокращение земного шара и закономерное распределение складок и впадин; обзор складчатых дуг и древних массивов всей планеты заканчивает ее, давая беглую сводку итогов всех глав этого тома. Последняя глава посвящена развитию жизни, изменениям и миграции форм, появлению млекопитающих, четырем спокойным „убежищам“, в которых наземные организмы

¹ Подробное изложение содержания этой части т. III дал К. И. Богданович в своем отзыве о труде Зюсса. Отчет Русск. геогр. общ. за 1901 г., приложения, стр. 19—32. СПб. 1902.

спасались во время трансгрессий морей и процессов горообразования — это Лаврентия, страны Ангара и Гондвана, Антарктика с Австралией и Патагонией. На трех картах показано расчленение всей земной поверхности, расчленение Европы и покровное строение Альп.

Огромный материал наблюдений, собранных во всех странах земли бесчисленными исследователями, сведен Зюссом в заключительном томе его классического труда в одно стройное целое — обзор руководящих линий земной поверхности, основанный на анализе всех данных и синтезе всего существенного. Заканчивая этот труд Зюсс говорит скромно: „многочисленные вопросы и сомнения остаются в результате этого несовершенного опыта, обзора лика земли, подобно нитям, спускающимся с концов незаконченной ткани". Но эти нити, оставленные рукой этого гениального ткача, являются руководящими для его преемников, которые должны продолжать работу по завершению, ткани; сочетания красок, узоры ткани будут меняться и совершенствоваться в связи с успехами исследований, углублением и расширением геологических проблем и лучшим познанием природы земного шара, основа же ткани, положенная Зюссом, останется навсегда.

Орогенезис и эпирогенезис. В 1890 г. Джилберт в своей монографии района прежнего озера Бонвиль, остатком которого является Большое Соляное озеро штата Ута, предложил два различные термина для обозначения двух существенно различных морфологических форм — горных кряжей, с одной стороны, плоских вздутий и обширных впадин большого радиуса, с другой. Совокупность тектонических деформаций земной коры или диастрофизм, по терминологии Пууэля, он разделил на „орогенезис" и „эпейрогенезис", обозначая первым термином тектонические процессы, создающие горные цепи и вторым — движения большого радиуса, создающие материки и плато, океанические бассейны и континентальные впадины;¹ эти движения он представлял себе в виде крупных выгибов земной коры вверх и вниз, так как установил их на оснований молодых изгибов древних террас оз. Бонвиль. Это разделение движений земной коры на две существенно различные категории быстро распространилось среди геологов: Бертран отметил, что воздымания происходили под прямым углом к главному направлению складок в виде поперечной складчатости большого радиуса и считал те и другие одновременными, а Ог из сопоставления и времени наступления последовательных морских трансгрессий и регрессий вывел закон, что орогенические движения сопровождаются одновременными с ними эпирогеническими, идущими обыкновенно в поперечном к ним направлении, но в обратную сторону. Нужно отметить, что рассуждения, которые у Ога предшествуют формулировке этого закона, сбивчивы: сначала он возражает Бертрану относительно одновременности тех и других движений и указывает, что „поперечная складчатость" всегда является более поздней, чем главная, а затем говорит, что это явления сопутствующие; он не поясняет также, что значит „в обрат-

¹ Эпейрос по гречески — континент; по предложению Ога в употребление вошел латинизированный термин эпирос, эпирогенезис, хотя пользуются и термином эпейрогенезис.

ную сторону" — подразумевается ли, что поднятию горной цепи в геосинклинали сопутствует погружение соседнего материка. Он распространял области воздыманий и погружения также на системы геосинклинальных складок, указывая V на общее поднятие или погружение их осей и называл эти движения эпигеническими, так как они перпендикулярны к складчатости; с другой стороны, постумные поднятия, параллельные складчатости в областях погружения он считал орогеническими.

Наиболее четко понятие оро- и эпирогенезиса формулировал и разграничил Штилле уже в 1919 г.: первые он называл ундуляциями, мелкой волнистостью, вторые — ундациями, крупными волнами земной поверхности, сравнивая её с поверхностью моря, на которой различимы резко выраженные волны при шторме и так называемая „мертвая зыбь", когда море после прекращения шторма продолжает еще подниматься и опускаться широкими и плоскими волнами. Он указывал, что орогенические процессы протекают сравнительно быстро, в определенные геологические эпохи, тогда как эпирогенические движения происходят очень медленно, растягиваясь на продолжительное время; поэтому он называл первые также революциями, а вторые — эволюциями земной коры. Кроме разницы в продолжительности он отметил еще, что при орогенезисе всегда нарушается первоначальная структура земной коры в связи с образованием резко выраженных складок, трещин, сбросов и взбросов, тогда как при эпирогенезисе эта структура сохраняется — плоские выгибы больших площадей вверх или вниз не сопровождаются их разрывами. Он указал также, что эпирогенические движения могут приводить, так же как и орогенические, к образованию гор, например, когда благодаря выгибу вверх почти-равнины эрозия возобновляется и ровное вздутие расчленяется ею; поэтому существенным для различения тех и других движений является не столько их результат, сколько самый характер. Медленные глубокие прогибы земной коры, в которых образуются геосинклинали, он естественно относит к эпирогеническим, а поднятие горных складок из геосинклинали - к орогеническим движениям. И хотя в ряде геосинклиналей отмечены сбросы, образовавшиеся во время их погружения, т. е. нарушения первоначальной структуры, вопреки указанному определению характера эпирогенезиса, но Штилле считает эти нарушения позднейшими — сначала образуется прогиб без разрывов, а затем уже разрывы.

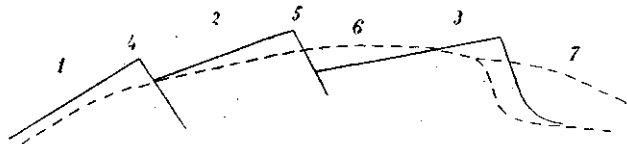
Это чересчур жесткое разграничение оро- и эпирогенезиса в последнее время возбуждает критику. Возможность плавного прогиба геосинклинали без разрывов оспаривается: Шухерт указывает на Эфиопское средиземное море между Африкой и Лемурией, представляющее геосинклинали, развившуюся из грабена; Обручев говорит, что Кузнецкая котловина также ограничена сбросами с излияниями вулканических пород, происшедшими еще во время погружения этой геосинклинали и что даже при плавном и медленном прогибе dna геосинклинали может, а во многих случаях должен, — наступить момент, когда растяжение материала, слагающего это дно, превзойдет пределы его пластичности; разрывы естественно должны пролегать вдоль окраины,

где растяжение наибольшее, а состав осадков более грубый, т. е. менее пластичный. Равным образом трудно себе представить, что вздутия больших площадей, например почти-равнин древней и разнородной структуры, представляющих жесткие глыбы, может произойти плавно, без разрывов и смещений отдельных клиньев друг относительно друга, т. е. без образования сбросов, нарушающих структуру; примером таких вздутий являются древнее темя, Алтай, Тянь-Шань и многие другие горные цепи. Поэтому определение Штилле, что при эпирогенезисе сохраняется первоначальная структура, приходится признать не соответствующим фактам и кроме того признать, что и эпирогенезис непосредственно, а не только благодаря последующей эрозии, может создавать горы, только не складчатого, а сбросового типа. Второе определение, что орогенезис отличается от эпирогенезиса тем, что он происходит сравнительно быстро, основана исключительно на теоретических соображениях, так как никто еще не наблюдал этот процесс во время его развития в природе. Пересечение реками отдельных горных цепей или даже целых систем, т. е. antecedentность рек, объясняют тем, что река древнее гор и могла сохранить свое первоначальное направление благодаря медленности поднятия складок; это не говорит в пользу быстроты горообразования, так что и это определение Штилле нельзя считать существенным. Главным различием между оро- и эпирогенезисом остается только разница в величине радиуса ундации и ундуляции и приуроченность горообразования в тесном смысле слова к сравнительно узким поясам земной коры, а эпирогенезиса или „warping“ американских геологов к целым материкам или крупным частям их. Слишком строгое разграничение того и другого процесса едва ли необходимо, так как оба они связаны между собой переходными формами дислокаций. Штилле выделяет еще синорогенические движения, которые по времени совпадают с орогеническими, но по типу относятся к эпирогеническим; они происходят в периоды складчатости вне районов собственного орогенезиса. По форме они представляют ряд переходов от глыбовых гор (см. ниже) до плавных выгибов без разрыва. Этот промежуточный тип, по нашему мнению, подтверждает ненужность слишком строгого разграничения оро- и эпирогенезиса.

Горообразование в связи с растяжением земной коры. Знаменитый исследователь Китая Рихтгофен противопоставил горным системам, обусловленным сокращением земной коры, т. е. альпийскому типу, восточно-азиатский тип, который объяснял растяжением ее. Причину растяжения он видел в огромной разнице высоты между нагорьем Тибета и глубокой впадиной Тускарора, пролегающей вдоль восточного берега Японии; эта разница достигает 15 км и обусловила движение земной коры в сторону Тихого океана с разрывом ее на крупные ступени Монгольскую, Манчжурскую и Японскую; при сползании ступени получают наклон с востока на запад, а на их приподнятой восточной окраине образуются вздутия в виде горных цепей — Б. Хингана на окраине Монгольской ступени, Сихота-алина на окраине Манчжурской, и Японских гор на окраине Японской (фиг. 2). Кроме этих цепей

меридионального простирания по восточной окраине ступеней, южная окраина последних также окаймлена горным цепями почти широтного направления, примыкающими к первым под тупым углом так, что в совокупности получаются дугообразные цепи с выпуклостью на ЮВ. Изучение этих дуг показывает, что они не состоят из складок, а обусловлены флексурами и сбросами, доказывая растяжение земной коры; меридиональные колена дуг обусловлены растягивающей силой, действовавшей со стороны Тихого океана, куда сползли ступени, а широтные колена — такой же силой, действовавшей с юга, со стороны Цзин-лин-шаня. Очаг силы, обусловившей растяжение и разрывы, находится на значительной глубине в земной коре; при сползании ступеней по их окраинам образовались флексуры, переходившие в сбросы, создавшие этот своеобразный тип восточно-азиатских дуг растяжения, обусловленный движением материка Азии в сторону увеличивавшихся впадин Тихого океана в связи с тенденцией к изостазии. Разрывы пересекают более старое складчатое строение материка, распавшегося на ступени.

К этим взглядам на строение восточной части Азии присоединились Фрех и Вольц, причем последний старался подтвердить гипотезу Рихтгофена подсчетом разницы между высотами дна океана и поверхности материка; противники указывали, что разница высот в 10 - 11 км между Монголией и впадиной Тускарора при их горизонтальном расстоянии в 2300 км, т. е. уклон в 1 : 200, слишком недостаточен для объяснения сползания ступеней; Вольц полагал, что если сложить друг с другом высоту сбросов между отдельными ступенями, то мы получим немного менее 50 км. Но Штилле указывает, что такое сложение неправильно, так как разница высот между отдельными ступенями получилась уже в результате их наклона после сползания, а первоначальная разница, которая вызвала растягивающие силы, слишком недостаточна. Другие противники отметили, что новые исследования обнаружили в дугах Рихтгофена признаки не растяжения, а сжатия, местами даже с надвигами, что при таких крупных разрывах вдоль них должны были получиться большие излияния изверженных пород, которые отсутствуют и что вообще нет существенной разницы между строением Альп и восточно-азиатских дуг. Лоренц объяснял дуги растяжения вращением глыб большого ступенчатого сброса, обусловленным тем, что направление тангенциальных сжимающих сил при молодых дислокациях не совпадало с направлением сил, создавших архейские складки, а шло под некоторым углом к нему, и полемизировал по этому поводу с Фридрихсенем, защищавшим взгляды Рихтгофена.



Фиг. 2. Схема уступов Восточной Азии (по Рихтгофену): 1—Монгольский; 2—Манчжурский; 3—Японский; 4—Б. Хинган; 5—Сихота-алин; 6—Японское море; 7—Тихий океан.

Тектонические элементы земной коры. Их классификацию предложил в 1923 г. Бубнов независимо от теорий горообразования, на основании анализа орогенических, эпирогенических и глубинно-вулканических процессов и в зависимости от геологической роли этих элементов. Он различает четыре основных элемента :

1. Постоянные континентальные глыбы с устойчивой тенденцией к поднятию.
2. Постоянные океанические впадины с устойчивой тенденцией к опусканию.
3. Слабо подвижные шельфы, которые колеблются между состоянием мелкого моря и плоской суши.
4. Очень подвижные геосинклинали, которые колеблются между состоянием глубокого моря и высоких гор.

Характеристика этих элементов следующая:

Континентальные глыбы представляют области, которые в течение продолжительных периодов испытывали эпирогеническое поднятие и поэтому представляют важнейшие устойчивые черты лика земли; среди них можно различать глыбы 1-го порядка, которые оставались сушей чуть ли не с архея и едва ли подвергались морской трансгрессии; молодые осадки на них отсутствуют или являются континентальными. Таковы Канадский щит, Подольский массив, части Африки, Индии, Бразилии и Австралии (и, добавим, древнее темя Азии — Байкальское нагорье). Глыбы 2-го порядка получили свою устойчивость позже, после каледонского или варисцийского орогенезиса, и не сохраняли ее полностью, а по временам могли затопляться мелким морем; поэтому молодые осадки в иных случаях на них отсутствуют, в других — являются неритовыми, чередующимися с континентальными. Примерами служат Богемский массив, часть Великобритании, Шварцвальд (и, добавим, Кузнецкий Алатау, Алтай, Тянь-Шань). Строение глыб характеризуется тесной складчатостью кристаллических или по крайней мере довольно сильно метаморфизованных пород с обильными интрузиями глубинных пород: к площадям этой древней складчатости могут примыкать (особенно в глыбах 2-го порядка) более молодые, также складчатые отложения с интрузиями; глыбы нарастают благодаря орогеническому причленению, но сами реагируют на позднейшие горообразовательные движения только разломами, расчленяющими их на поля или полосы, границы » которых соответствуют старым структурным линиям только в более или менее несовершенной степени; перемещаясь друг относительно друга эти полосы образуют грабены и горсты, которые являются функцией степени жесткости глыбы, с одной стороны, и силы орогенического импульса, с другой, и могут служить показателем обоих. Бубнов отмечает еще сингенические движения в глыбах, представляющие орогеническую реакцию жестких глыб на позднейший орогенезис и выражающиеся плоскими вздутиями (*warping*) их, и в качестве примера приводит южно-германские глыбы и западную часть центрального плато Франции, которые реагировали на альпийский орогенезис таким выпучиванием и раз-

ломами, параллельными, альпийской дуге, т. е. имитировавшими структуру Альп. Наконец характерными для глыб являются горизонтальные надвиги и сдвиги по их окраинам, вдоль соприкосновения жестких древних: масс и молодых отложений, подвергающихся складчатости. Если эта граница более или менее перпендикулярна к направлению горообразовательного давления, то молодые складки прижимаются к глыбе, причем могут получиться подвиги молодых отложений под древние породы глыбы (пример — подвиг кулмы под гнейсы южного-Шварцвальда) или надвиги первых на последние. Если же граница параллельна направлению давления, то вдоль нее на глубине должна образоваться поверхность разрыва, вдоль которой глыба должна передвинуться по направлению действующей силы или же вдоль границы получается сдвиг. (*Transversalverschiebung*) или, наконец, складки обтекают глыбу.

Шельфы или плиты¹ подразделяются на устойчивые (стабильные), неоднородные и подвижные (лабильные); они вообще характеризуются колебанием между состояниями суши и мелкого эпиконтинентального моря, благодаря чему на них отлагаются толщи осадков циклического типа, т. е. со сменой континентальных — морскими мелководными и более глубоководными и обратно, — вообще изменчивых, — менее мощные на устойчивых, более мощные на подвижных плитах, которые имеют преобладающую тенденцию к опусканию. Когда плита становится сушей, толщи образовавшихся на ней морских осадков подвергаются более или менее сильному размыву, замещаясь отчасти континентальными. Так как плиты являются образованием промежуточного типа между глыбами и геосинклиналями, приближающимися то к первым, то ко вторым, то и реакция их на оро- и сингенические движения различна; у одних орогенезис захватывает только окраины, у других — всю площадь, но всегда отражает на себе, влияние окаймляющих массивов. Примером устойчивой плиты Бубнов считает Русскую платформу, а подвижной — Саксонскую складчатую площадь. Мы можем присоединит Средне-Сибирскую платформу как пример плиты сначала (в кембрии и силуре) подвижной, а затем сделавшейся устойчивой; она подверглась складчатости более сильной по периферии, окраинного типа, и более слабой во внутренней части, причем на направлении складок ясно отражается окаймление более древними массами Байкальского нагорья на востоке, Саяна на юге, Енисейского горста на западе.

Геосинклинали по Бубнову представляют области не с постоянной тенденцией к опусканию, как думал Ог, а области особенной подвижности: в одних случаях для них характерны батинальные и даже абиссальные морские отложения, а в других случаях батинальные, неритовые и даже континентальные; цикличность осадков часто отсутствует, перерывы в отложениях возможны и разнородные осадки могут чередоваться без ясной правильности,

¹ Е. В. Милановский предложил заменить термин „шельф“, имеющий определенный и точный смысл в учении о морфологии моря, термином „плита“, однотипным с термином „глыба“ и дающим более реальный образ для морфолого-тектонической характеристики.

Трансгрессии и регрессии моря могут сменять друг друга как в подвижных шельфах, Сингенические движения создают ундации меньшего радиуса, чем в устойчивых шельфах и предшествуют орогенезису, который превращает геосинклиналь в складчатые высокие горы, направление которых зависит от окаймления только вблизи последнего; складчатость сопровождается надвигами и покровным строением. Примерами являются Альпы, Гималаи, Донецкий бассейн (и, добавим, Кузнецкая котловина, в которой орогенезис не создал высоких гор, а только небольшие складки с надвигами).

Океанические впадины характеризуются неподвижностью или постоянной тенденцией к опусканию; осадки являются батинальными и абиссальными, орогенезис, невидимому, отсутствует, не благодаря чрезмерной жесткости, как в глыбах, а благодаря чрезмерной пластичности, не допускающей образование долговечных форм рельефа в однородной среде. Примерами являются Атлантический и Тихий океаны.¹

Бубнов отмечает, что указанные четыре элемента земной коры равноценны в тектоническом отношении. Эпирогенезис в пределах каждого из них протекает совершенно иначе и выражается в резко различном характере осадков. Столь же различен в них и орогенезис и можно сказать, что изучение тектоники данной области выясняет ее эпирогенический характер. Но нельзя забывать, что природа не знает резких границ и что могут существовать промежуточные формы, наличие которых мы должны принять уже потому, что допускаем с течением времени превращение одного элемента в другой.

Главные орогенические формы. Штилле в 1918 г. предложил деление орогенических форм на главные типы, а Бубнов отметил приуроченность определенных форм к своим элементам земной коры. Эти типы, по Штилле, должны заменить прежнее деление на горы складчатые, обусловленные тангенциальным давлением, и горы сбросовые или глыбовые, созданные радиальными силами, в особенности направленными вниз. Обе эти группы обнимают столь существенно различные формы, что, по мнению Штилле, лучше различать четыре главные группы, а именно :

1) Покровные горы, существенно сложенные из лежащих складок и покровных надвигов, создавших значительное горизонтальное перемещение масс горных пород. Типичный пример представляют Альпы.

2) Складчатые горы, состоящие главным образом из складок, по сравнению с которыми надвиги играют незначительную роль. Сбросы по своему значению остаются на заднем плане, поскольку мы не имеем дела с древними складчатыми горами, расчлененными сбросами гораздо позже. Пример — Юрские горы Швейцарии.

3) Сбросово-складчатые горы, характеризующиеся первенствующим значением разломов: отдельные глыбы (Schollen) складчаты или изогнуты, так что

¹ Более подробную характеристику всех четырех тектонических элементов земной коры Бубнов дал в только что вышедшей из печати очень интересной книге „Grundprobleme der Geologie“, Berlin, 1931.

в общем получается картина складчатости, но складки ломались в самый момент их возникновения. Примером являются горы средней и северо-западной Германии, созданные саксонской фазой орогенезиса.

4) Глыбовые горы, созданные только сбросами, расчленившими кору на отдельные глыбы, в которых пласты горизонтальны или наклонены в одну сторону; изгибы отсутствуют или выражены слабо. Пример — горы запада Северной Америки между Сиерра Невада и Скалистыми горами, некоторые горы Германии по окраинам варнцийских складчатых гор.

В примечании Штилле указывает, что с типом сбросово-складчатых гор, в которых складчатость и сбросы произошли одновременно, не следует смешивать горы типа второго, в которых разломы по типу глыбовых гор возникли во время позднейшей тектонической фазы. Таким образом эти горы, совмещающие два типа, оказываются вне предложенной им классификации, а между тем имеют большое распространение, особенно в Азии. Поэтому Обручев предложил дополнить классификацию пятым типом:

5) Складчато-глыбовых гор, характеризуемых тем, что после более или менее интенсивной складчатости, даже с надвигами, они были размыты до состояния, близкого к почти-равнине. Позднейший орогенезис в таком уже сплошном и жестком участке земной коры мог выразиться только разломами и сбросами, расчленившими площадь на отдельные глыбы, в которых сохранилась первоначальная складчатость. Примером являются многие горы Азии — цепи на древнем темен, Алтай, Тянь-Шань, Верхоянский и Становой хребты, отчасти Урал.

Естественно, что все эти типы связаны друг с другом переходными формами, что отметил и Штилле, который, рассматривая типы, доказывает также, что различные типы могут быть созданы одно-временно, что горообразование происходит в определенные промежутки времени — орогенические периоды, разделенные периодами покоя земной коры (и те и другие можно проследить в разных странах), что все типы создаются движением вверх от уровня океана и даже погружения, и провалы вдоль трещин разломов имеют место в поднимающихся зонах земной коры, в которых только и может проявляться ее растяжение, обуславливающее разрывы и оседание известных полос, которые кажутся пониженными сравнительно с соседними, но в действительности также поднимались и только отстали в своем движении вверх или осели позже. За исключением этих случаев, которые Штилле называет „Ruckbruche“, всякое движение вниз относительно морского уровня происходит плавно без разломов. Он указывает также необоснованность прежнего деления горообразовательных сил на тангенциальные, создающие складчатые горы, и вертикальные, дающие начало глыбовым горам; все типы гор обусловлены поднятием над уровнем океана.

Бубнов, отмечая приуроченность определенных типов гор к различаемым им элементам земной коры, говорит, что покровные и складчатые горы характеризуют геосинклинали, а сбросово-складчатые и частью глыбовые горы свойственны шельфам (плитам), последние частью также континен-

тальным глыбам; добавим, что для последних особенно; характерны складчато-глыбовые горы.

Оро- и эпирогенические циклы. В 1922 г. Зондер опубликовал интересную статью о диастрофизмах земной коры с точки зрения контракционного учения. Подразделяя, согласно Штилле, все движения на две основные группы — орогеническую и эпирогеническую, он характеризует их следующим образом. Орогенические процессы эпизодичны и изменяют строение: складчатость более крупной степени происходит отдельными фазами, причем чередуются периоды усиленной и ослабленной активности; складчатые области одновременно являются областями наибольшей мощности осадков; складчатость крупного масштаба имеет место в орогенических фазах всемирного значения; периоды складчатости одновременно являются периодами разломов; они всегда сопровождаются также периодами усиленной магматической деятельности; Орогенические области нарушений земной коры имеют преимущественно меридиональное и широтное направления с отклонениями в ту или другую сторону до 45° ; крупный орогенический цикл всегда заканчивается главными орогенезами, более или менее различными по времени, одним широтным, другим меридиональным.

Эпирогенические процессы происходят вообще медленно и с сохранением строения; трансгрессии развиваются постепенно, регрессии же вообще быстро; главные трансгрессии имеют место одновременно на всей земле; региональное распределение разновременных трансгрессий в общих чертах остается постоянным в той же области, т. е. моря затопляют все те же части материков, если только в промежутке не было складчатых движений, изменивших строение; в Европейской России, согласно Карпинскому, трансгрессии происходили попеременно в меридиональном и в широтном направлении, как указано выше.

Эти основные положения Зондер поясняет подробно и затем рассматривает геологические циклы, состоящие из сменяющих друг друга фаз различных движений — оро- и эпирогенических — и покоя. В каждом цикле можно различить следующие фазы: 1) континентальную фазу покоя, характеризующую наибольшим развитием суши, ослаблением вулканизма, образованием наземных, озерных и лагунных осадков, к которым постепенно присоединяются морские мелководные Отложения в связи с усиливающимися эпирогеническими движениями и затоплением частей суши. 2) Эти развивающиеся трансгрессии составляют переход к следующей фазе погружения, в общем также являющейся периодом покоя с минимальным вулканизмом, хотя в виде исключения могут иметь место и орогенические движения. Эпиконтинентальные моря расширяются и углубляются, а в геосинклиналиях отлагаются полупелагические и пелагические осадки. Последнее, а также развитие трансгрессий, свидетельствуют о приближении тангенциального напряжения к критической точке, после чего начинаются ясно выраженные Орогенические движения, заканчивающие эту фазу спокойного развития и приводящие к следующей 3) фазе переменного состояния. Она характеризуется сравни-

тельно частым и быстрым изменением распределения суши и моря в связи с повторяющимися орогеническими движениями и эпирогеническим беспокойством; вулканическая деятельность усиливается, но остается эпизодической, осадочные свиты становятся пестрыми от примеси кластического материала, трансгрессии учащаются и достигают наибольшего развития. Максимальное тангенциальное напряжение приводит к обширным орогеническим движениям, обозначающим начало последней 4) фазы поднятия, характеризующейся интенсивной складчатостью и образованием гор покровного типа. Цоколи материков поднимаются над уровнем моря и суша достигает наибольшего развития, вулканическая деятельность усиливается, осадочные серии получают наибольшее разнообразие; поднятие горных систем приводит к их оледенению. Это фаза наибольшего оро- и эпирогенезиса, фаза революции, заканчивающая цикл, после чего постепенно, с ослаблением всех движений, начинается континентальная фаза следующего цикла. Зондер прилагает эту схему к истории развития земли и различает в последней циклы докембрийские, зопалозойский, палеозойский и мезозойский (заканчивающийся фазой поднятия в третичный период), до всеми вышеуказанными фазами. Причиной циклического развития явлений он считает упругость материала земной коры, которая позволяет накопление тангенциального напряжения с последующим внезапным разрешением энергии сжатием в определенных областях, представляющих орогенические провинции. В связи с приложением схемы к истории земли приходится внести следующие изменения в общепринятую геологическую хронологию: 1) разделить палеозойскую эру на две; 2) присоединить третичный период к мезозою; 3) отделить нижний карбон от собственного карбона, соответственно американскому mississipian; 4) отделить нижний силур (ордович) от собственно силура и 5) разделить кембрий и девон каждый на два периода.

Альпинотипное и германотипное горообразование. Штилле в 1924 г. напечатал целую книгу, посвященную основным вопросам сравнительной тектоники. В первой части ее он рассмотрел основные понятия тектоники — геосинклинали и геантклинали, орогенезис и эпирогенезис, устойчивость и подвижность в отношении частей земной коры и процессы, обуславливающие эти качества; эта часть представляет дополненную и исправленную сводку его воззрений на эти вопросы, содержащиеся в ранее опубликованных отдельных статьях. Вторая часть посвящена основным вопросам орогенезиса — закону времени и распределению отдельных фаз каледонского, вариссийского и альпийского горообразования в истории земли с характеристикой и номенклатурой этих фаз, а затем причинной зависимости форм проявления орогенезиса с характеристикой главных и переходных форм, их последовательности и сочетания, консолидации земной коры и ее значения для орогенезиса; орогеническому давлению и его проявлениям в складках и разломах, зависимости форм от условий состава и строения подпочвы и локализации этих форм в связи с этими условиями. В третьей части рассмотрены основные вопросы эпирогенезиса — закономерность колебаний уровня моря,

выраженных в перемещениях береговой линии в минувшие геологические периоды и закон Ога относительно трансгрессий и регрессий, источник ошибок при его применении, вопрос о компенсирующих процессах при движениях моря и геодинамические явления в анорогенические эпохи. Из богатого содержания этого сочинения необходимо отметить: орогенический закон времени, вытекающий из сравнительного рассмотрения горообразования в течение всей геологической хронологии в разных странах земли и выражающийся в том, что главные фазы каледонской, варисцийской и альпийской складчатости происходили одновременно повсюду, где они проявлялись. Штилле определил три фазы каледонского орогенезиса, четыре главные фазы варисцийского и 18 — 20 фаз альпийского и обозначил их соответствующими именами, частью уже применявшимися ранее, частью установленными впервые. Положение об одновременности орогенических форм говорит о том, что разнообразные формы — покровы, складки, флексуры, сбросы, сдвиги могут развиваться в одну и ту же фазу; положение об их связи указывает на возможность перехода одних форм в другие; положение об орогеническом движении вверх утверждает, что не только складчатость, но и все другие формы образуются при поднятии над уровень моря; положение об однородности орогенической силы гласит, что одна и та же сила создает все орогенические формы как складчатые, так и сбросовые и положение о зависимости форм от состава и строения подпочвы, т. е. области, подвергающейся горообразованию, выясняет, почему в одних случаях получается складчатость, в других разломы и сбросы. Эта зависимость привела Штилле к установлению двух основных типов орогенезиса — альпинотипного и германотипного: первый характеризует толщи горных пород, впервые подвергающихся орогеническому давлению и развивается преимущественно в геосинклиналях с их молодыми и мощными осадочными формациями, приводя к образованию покровных и складчатых гор; второй проявляется в тех частях земной коры, которые ранее уже подвергались складчатости, пронизаны интрузиями и поэтому сделались жесткими, неподатливыми, неспособными к новой интенсивной складчатости; поэтому в результате орогенического давления образуются глыбовые и сбросово-складчатые (и, добавим, складчато-глыбовые) типы гор, обусловленные разломами и перемещением отдельных клиньев друг относительно друга. Эта жесткость и является „консолидацией" данного участка земной коры. Название типов сразу указывает соответствующие примеры: Альпы Европы — пример альпинотипного орогенезиса, а Шварцвальд, Гарц, Вогезы и другие горы Германии — примеры германотипного орогенезиса, развившегося за время альпийских фаз в стране, подвергшейся уже варисцийскому орогенезису, т. е. консолидированной. Хотя складчатость влечет за собой жесткость подпочвы, но не всегда в такой степени, которая не допускает дальнейшей альпинотипной складчатости: это доказывается тем, что последняя повторяется несколько раз в той же местности пока не будет достигнута консолидация. Обыкновенно в этом случае перед новой фазой складчатости происходило вековое погружение и накопле-

ние осадков, т. е. процессы „моби́ли-зирующие“, восстанавливающие подвижность. Но в случае консолидации альпинотипная складчатость не повторяется, несмотря на местное и иногда сильное погружение; примеры этого представляет север Европы, где впадины, частью очень глубокие, заполнились после каледонской консолидации толщами древнего красного песчаника, а также средняя и западная Европа, где в послеварисцийское время отложилась при погружении германская фация триаса и даже более молодые осадки; те и другие впадины обнаруживают не альпинотипные, а германотипные формы орогенезиса.

Уже Бертран и Зюсс показали, что Европа делится с севера на юг на четыре зоны, подвергавшиеся складчатости в разные, следующие друг за другом эпохи — докембрийскую, каледонскую, варисцийскую и альпийскую, т. е. материк постепенно нарастал в этом направлении. Штилле связывает это с постепенной консолидацией после складчатости и различает: Архевропу, консолидированную после докембрийской складчатости; Палеоевропу, консолидированную после каледонского, Мезоевропу — после варисцийского орогенезиса и Неоевропу, — подвергшуюся альпийской складчатости и частью, может быть, еще не консолидированную (фиг. 3). В каждой из первых трех зон последующие фазы орогенезиса выражались не альпинотипно, а германотипно.

Штилле указывает, что строение подпочвы изменяется с течением времени и в зависимости от орогенических, эпирогенических, магматических и даже экзогенных процессов и в связи с этим в той же местности формы орогенической реакции меняются от одной фазы складчатости к другой; сама складчатость во многих случаях предотвращает возможность своего повторения, а „цементация“ жидкой, проникающей всюду и затем затвердевающей магмой является существенным агентом консолидации. В общем замечается определенное целеустремление в развитии строения подпочвы в сторону увеличивающейся устойчивости, чему соответствует и проявление орогенезиса в виде более и более простых орогенических типов вплоть до полного прекращения орогенической реакции. Геосинклиальные погружения, имеющие место в иных случаях, являются обратными фазами на том же пути, подготовляющими дальнейшие успехи консолидации. В состоянии молодости (геосинклиальная фаза) подпочва способна к складчатости, в состоянии старости (глыбовая фаза) — к разломам; последние свидетельствуют о старости района. Возобновление складчатости возможно только после процесса „омоложения“ в виде нового геосинклиального погружения и накопления свежих осадков; в таких случаях „кажушейся молодости“ уже консолидированных районов получают условия для образования сбросово-складчатых гор, а в исключительных случаях омоложения — даже альпинотипной складчатости.

Штилле останавливается также на вопросе, образуются ли горы благодаря одно- или двустороннему направлению давления, и указывает, что в случае узкой геосинклинали получают горы двусторонне-складчатые, подобно Пиренеям или каледонидам северной Европы, в которых складки опрокиды-

ваются в обе стороны на пороги или края (Randschewleen), действующие подобно щекам тисков. При увеличивающейся ширине геосинклинали эти две половины горной цепи, расположенные веерообразно друг относительно друга, отдаляются и между ними остается промежуток слабо или совсем не складчатый; каждая ветвь этой двойной цепи представляет уже одностороннее «наружи строение. Ряд складчатых форм оканчивается вполне односторонними складчатыми дугами, которые окаймляют материки по окраине океанов, как в Сев. Америке, причем уже нельзя говорить о противоположном пороге этих материков, т. е. другой щеке тисков (фиг. 4). Таким образом односторонность является половинчатой двусторонностью.



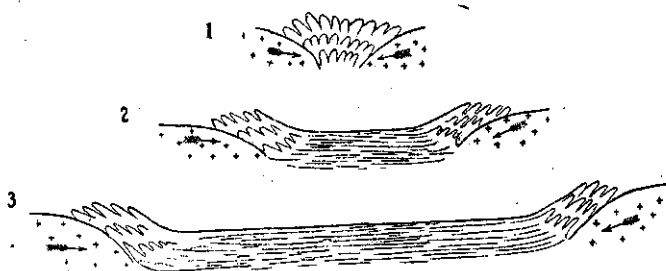
Фиг. 3. Тектоническое расчленение Европы (по Штилле). Знаки v — области докембрийской консолидации; штрихи вкрест — то же каледонской консолид.; жирные точки — то же вариссийской; тонкие точки — то же альпийской. 1 — Тиман; 2 — Урал; 3 — Донбас; 4 — Кавказ; 5 — Карпаты; 6 — Альпы; 7 — Пиреней; 8 — Атлас; 9 — Армориканские горы; 10 — Варисийские горы.

В отношении эпирогенезиса важно отметить, что Штилле показал неверность предположения Ога, что регрессиям моря в геосинклиналих соответствуют по времени его трансгрессии вне последних; это соответствие является не правилом, а исключением; когда в геосинклинали в связи с горообразованием происходит регрессия, море одновременно отступает и в других областях. Эпирогенезис также обусловлен боковым давлением: он также происходит одновременно в различных странах и выражается в одних областях в ундации вверх, т. е. в выпучивании обширных площадей, в других — в ундации вниз, т. е. в обширных погружениях; при этом замечается, что унда-

ции вверх наиболее свойственны стабильным, устойчивым областям, а ундации вниз — мобильным, подвижным. Штилле рассматривает также вопрос о передовых впадинах (Vortiefen) в их отношении к орогенезису. Уже Зюссом были установлены понятия „Ruckland“, т. е. задняя или внутренняя сторона складчатых дуг, характеризуемая разломами и выходами изверженных пород, и „Vorland“—наружная сторона, на которую складки надвигались, причем эта передняя зона обнаруживает во многих случаях опускание, представляя уже впадину „Vortiefe“ или „Saumtiefe“ (окраинную впадину). Штилле посвятил современным и древним окраинным впадинам отдельную статью (18 а), а в рассматриваемой книге отмечает, что эти впадины представляют прогиб без разрывов, т. е. эпирогенический, образующийся в связи с орогенезисом в геосинклинали, но несколько позже последнего, как результат изостатической компенсации горообразования. Складчатая горная система развивается не только вверх, поднимаясь над прежним уровнем земной коры, но и вниз, вытесняя пластические массы под дном геосинклинали в стороны, а затем медленно опять оседает, увлекая в своем движении и свой Vorland, преобразуемый в впадину, как указали уже Гейм и затем Космат на основании наблюдений над распределением аномалий силы тяжести под горными цепями и по соседству с ними. Разрывы в этой впадине образуются уже позже.

Из позднейших работ Штилле по тектонике нужно еще упомянуть статью „О родословном древе гор и форландов“, в которой он развивает установленные ранее понятия о том, что как геосинклиналь является материнским морем гор, так и ее рамы или пороги (Schellen) являются их родословными или отцовскими порогами (Vaterschellen, Stammschwellen); в противоположность Зюссу, который считал, что форланд горной системы является пассивной зоной, препятствием, перед которым складки вздымались как волны, набегающие на берег, и через которое они дугообразно изливались под воздействием силы, исходившей из геосинклинали, Штилле, как уже отмечено выше, полагает, что эти пороги являются активными, что они давят на геосинклиналь и создают в ней складчатость. На примере Европы он показал, как в течение трех послекембрийских эр орогенезиса материк постепенно нарастал причленением новых складчатых и консолидируемых зон к более древним порогам и спаиванием последних посредством складчатости и консолидации промежуточных областей. В последней статье он прослеживает эти „родословные пороги“ и обусловленные их давлением одно- и двусторонние складчатые зоны по всему земному шару и различает родословные форланды каледонские, варисцийские и альпийские, обозначая их особыми названиями. Важным выводом из этого обозрения является тот, что складчатые зоны окружают более или менее всесторонне форланды, т. е. что движение складок к форландам происходило со всех сторон I и сокращение промежутков между форландами благодаря складчатости происходило по всем направлениям перпендикулярно к соответствующим по времени очертаниям форландов; этот факт трудно совместить с представлением Вегенера об очень значительной подвижности континентальных масс (см. ниже). Столь же мало

оснований предполагать, что при взаимном приближении консолидированных масс в связи с процессом складчатости одна из них являлась неподвижной, а другая двигалась. Скорее можно говорить об относительном сближении этих масс, всех ко всем. Это обстоятельство до сих пор ни одна геотектоническая теория не может объяснить даже приблизительно так хорошо, как контракционная (18 b).



Фиг. 4. Схема складчатости между рамами (по Штилле): 1—двусторонний ороген (напр. каледониды Европы); 2—то же с нескладчатой промежуточной зоной (напр. Ноевропа); 3—складчатость вокруг материков.

Ороген и кратоген. Очень близок к Штилле по своим тектоническим взглядам Кобер, отличаясь несколько иной терминологией. В своем труде „Строение земли“, являющемся современным руководством по геотектонике, он рассматривает последовательно историю развития земли с характеристикой циклов архейского, протерозойского, древне- и позднепалеозойского и альпийского, расчленение земной коры и ее состав из кратогенных (континентально-осадочных и магматических) и орогенных (геосинклинально-осадочных, магматических и кристаллически-сланцевых) горных пород и их фаций; затем движения земной коры, причем он устанавливает понятия ороген и кратоген, подразумевая под первым движения в пластической, под вторым — движения в затвердевшей земной коре, их характер и различные типы, приводящие к тем и другим формам гор как в орогене, так и в кратогене, различая, согласно Штилле, фазы горообразования и горообразование альпийского и саксонского типов (соответствующих альпинотипному и германотипному Штилле). Затем следуют главы, посвященные анализу строения Европы, Азии, Австралии, Африки, Америки, Антарктики и океанических впадин Атлантической, Арктической, Индийской и Тихой; глава, рассматривающая морфотектонику, общую (направление горных систем) и частную (по материкам) и распределение силы тяжести на земной поверхности и его зависимость от тектоники; в следующей главе излагаются главные теории, объясняющие образование материков и океанов — теория их постоянства, теория

соединительных мостов, теория перемещения материков и геосинклинально-орогеническая теория. Последняя глава посвящена „законам и теориям" и является сводкой всего содержания книги относительно материала земной коры, ее движений, горообразования, орогенических теорий, затвердевших масс, геотектонических единиц и общего плана строения.

Кобер делит земную поверхность в тектоническом отношении на эпироген и океаноген: основными типами первого являются орогены — подвижные области, и кратогены — затвердевшие, жесткие массы; распределение тех и других характеризует атлантическое и тихоокеанское полушария; первое окаймлено кратогенами, второе — орогенами, тихоокеанском плане строения погружены кратогены, в атлантическом — орогены. 50% поверхности построены по плану эпирогена и многое говорит в пользу того, что и океаногены следуют тому же принципу, т. е. что однотипность всей поверхности вероятна; много данных также в пользу того, что расчленение на эпироген и океаноген молодое; эта деформация земной поверхности представляет деформацию поверхности эллипсоида вращения, которая должна зависеть от глубинных процессов. Главные линии нарушений группируются в экваториальные и меридиональные, очевидно зависящие от вращения земли, центробежной силы, смещения материков от полюсов. Они привязаны в общем к орогенам и соединяются в дуги; можно различать главные направления: средиземноморское, атлантическое, индийское и тихоокеанское, в которых морфология, тектоника и вулканизм проявляются единообразно. В земле действуют определенные силы в определенных зонах и проявляются в определенных эпохи; орогены обнаруживают определенные размеры в зависимости от материала и действующих сил и с течением времени. Приходится думать, что в строении земли имеется гораздо больше закономерности, чем принимают до сих пор.

Теория геосинклиналей в новом освещении. Учение о геосинклиналях, разработанное Огом в самом начале XX века и господствовавшее без изменений в течение 12—15 лет, оказалось в свете новых исследований слишком жестким, схематичным и подверглось критике и переработке. Дееке подробным анализом осадочных формаций альпийской геосинклинали показал, что мезозой ее представляет сложную и пеструю картину чередования разнообразных фаций от глубоководных известняков и сланцев до прибрежных конгломератов - и содержит даже пробелы и стратиграфические перерывы в смене осадков. Даже отметил, что геосинклинали — особо гибкие зоны земной коры, расположенные не между материками, как полагал Ог, а в пределах континентальных щитов как их части; что для них не обязательна форма узких и длинных каналов и большая глубина; что тип осадков может быть очень различный в зависимости от состава, рельефа и отдаления прилегающей суши, от быстроты накопления осадке в и прогибания дна, так что вполне возможны осадки не только морские, но и лагунные, лиманные и континентальные; что не обязательна даже большая мощность их и наличие горообразовательных процессов. Аналогичные взгляды на характер геосинклинали

лей защищают Штилле и Бубнов. Шухерт на основании изучения геосинклиналей Северной Америки установил четыре типа их: моногеосинклинали — узкие впадины вдоль края материка, отделенные от океана невысоким порогом „бордерлендом“; полигеосинклинали, состоящие их двух или большего числа впадин, разделённых геантиклиналями, также вдоль края материка, с одновременным орогенезисом; мезогерсинклинали, расположенные среди материков, имеющие длинную и сложную историю (пример — Тэтис) и парагеосинклинали на краю материков, отделенные от океана цепью островов подобно современным Японскому, Китайскому и Охотскому морям. Грабау (или Грэбо, Grabau) подробно рассмотрел вопрос о миграции геосинклиналей в связи с горообразованием в них; он предполагает, что геосинклиналь всегда расположена между древней гористой сушей (old land), размыв которой доставляет ей осадки и низменной окраинной равниной (marginal plain), на которую воды могут трансгрессировать; и поперечный профиль геосинклинали не симметричный, как полагал Ог, состав осадков зависит от сноса материала с древней горной страны, которая параллельно с погружением дна геосинклинали поднимается; горообразование в геосинклинали сопровождается погружением этой горной страны (или части ее), на месте которой получается новая геосинклиналь; это и представляет миграцию. Типичным примером являются Гималаи, после поднятия которых у их южного подножия образовалась Сиваликская геосинклиналь, а после ее заполнения и горообразования последняя переместилась еще южнее и аллювиальная впадина Инда-Ганга представляет современную опускающуюся геосинклиналь с континентальными осадками.

Из русских ученых вопросом о геосинклиналях в последнее время занимались Борисяк, Обручев и Милановский; последние двое дали также сводку прежних и новых взглядов, на которые мы и ссылаемся, так как с ними читатель легко может познакомиться по соответствующим очеркам (24—26).

Глыбовые и покровные складки. Швейцарский геолог Арган на Международном геологическом конгрессе в Брюсселе в 1922 г. подробно изложил тектонику Азии, причем развил оригинальную теорию горообразования во внегеосинклинальных областях. Последние, согласно Коберу, представляют кратоген, т. е. устойчивые, жесткие части материков, в которых горообразование выражается разломами с сбросами и надвигами, т. е. является германотипным по терминологии Штилле, с переходами к альпинотипному, если эти области покрыты достаточно мощными молодыми осадками, например эпиконтинентального моря или континентальными, в которых до известной степени может развиваться складчатость.

Арган полагает, что вне геосинклинальных областей под воздействием тангенциального напряжения, в связи с сжатием земной коры развиваются глыбовые и покровные складки. Глыбовая складка¹ — это складка среднего

¹ Термин Аргана „Plis de fonds“ некоторые переводят „глубинные складки“, что я считаю неправильным. „Fond“ не только глубина, но также дно, основание, грунт, так что перевести

или большого радиуса, возникающая в древней, абрадированной или превращенной в почти-равнину, более или менее жесткой глыбе, независимо от направления ее прежней складчатости. В этом древнем основании образуется вздутие, обыкновенно более длинное, чем широкое, которое приподнимает и толщу поверхностных отложений, если таковые имеются. Древние складки и интрузии изверженных пород остаются пассивными и глыба реагирует как одно целое; глыбовая складка может охватить по ширине несколько древних складок и навязать свою форму какому угодно комплексу древних структур: древние складки могут пересекать глыбовую поперек, наискось и пролегать параллельно ей, делать разнообразные изгибы, переходящие из одной глыбовой складки в другие. Все это — древние мертвые детали в пределах новых форм и нет никакой закономерной зависимости между направлением движения глыбовых складок и древних складок, захваченных ими в свой состав. Глыбовые складки могут сочетаться в горные цепи и подчиняются тем же общим законам, поскольку таковые совместимы с меньшей пластичностью их масс; расположение в виде крупных совокупных дуг, виргации, расчленение на частные дуги, погружение осей с чередованием вздутий и понижений в продольном направлении, асимметрия в поперечном, удлинение свободных концов зависят и у них, как у обыкновенных складок, от деформирующей силы, от внутреннего сопротивления, от формы свободного пространства и от неодинаково реагирующих препятствий.

Но так как полупластическое течение в земной коре, создающее глыбовые складки, имеет материковые размеры, а не ограничивается шириной геосинклинали, то оно должно считаться с неоднородностью древних глыб; среди них могут залегать менее способные к деформации крупные массы, которые окажут влияние на образование и распределение глыбовых складок, представляя до известной степени препятствия, обуславливая воздымания и погружения осей, изгибы, «виргации и т. п. (фиг. 5). Глыбовые складки, выпячиваясь вверх, разрываются, подобно обыкновенным складкам (а, а, фиг. 5), но так как объем их гораздо больше, а масса менее пластична и содержит больше энергии, то разрывы проявляются в более грандиозном размере, превращаясь в крупные сбросы. Поверхность страны, подвергшейся глыбовой складчатости, представляет крупную зыбь; в известном смысле это горсты и грабены, но возникновение их не мешает дальнейшему развитию этой складчатости. Оно может остановиться в стадии более или менее ассиметричных выпуклостей (А фиг. 5), но так как глыбовая складка по недостаточной пластичности материала не может вздуться так высоко и круто, чтобы опрокинуться и превратиться в лежащую, то при продолжающемся давлении в ее переднем

Если сопоставить представления Аргана с взглядами Кобера и Штилле, то мы получим следующее: глыбовая и покровная складчатость соответствует деформациям, характеризующим кратоген Кобера и германотипный оро-

можно также складки основания или донные, но по сущности дела это именно складки не глубины, а жестких глыб. Немцы переводят Grundfalten, а не Tiefenfalten.

генезис Штилле; сильная степень покровной складчатости может быть приравнена к переходным формам от германотипного к альпинотипному орогенезису, обусловленным достаточной мощностью молодых отложений на жестких глыбах. Но Арган принимает большую пластичность материала этих жестких глыб, чем Кобер и Штилле, допускающую образование вздутий и погружений в виде глыбовых складок, тогда как последние ограничивают его деформацию образованием разломов с сбросами, взбросами и надвигами, смещением отдельных клиньев относительно друг друга. Разница между теми и другими взглядами не очень большая, в особенности если предположить, что Арган в увлечении новой гипотезой преувеличивает, что глыбовые складки являются менее высокими, менее резко выраженными, а шарриаж скальвания менее значительными, чем он думает. Во всяком случае допущение деформаций той или иной степени в жестких глыбах между геосинклиналями устраняет одно из существенных возражений, выдвигаемых против контракционной теории, именно вопрос, почему орогенезис проявляется не по всей поверхности земли в связи с сокращением ядра, а ограничивается определенными узкими поясами геосинклиналей. В последних, заполненных пластичным свежим материалом, развивается складчатость альпийского типа, а на остальном пространстве земной коры, более устойчивом, жестком, тангенциальное напряжение также проявляется, но в зависимости от малой пластичности материала в других формах — германотипных деформациях или глыбовой складчатости. Следовательно земная кора реагирует на сокращение ядра повсеместно, но в разной степени и в разных формах в зависимости от своего состава и строения. Можно поставить еще вопрос, не заменяет ли глыбовая складчатость эпигрогенические деформации земной коры, обширные вздутия и погружения целых материков или крупных частей их, обуславливающие главным образом трансгрессии и регрессии морей, согласно Штилле, т. е. существует ли вообще эпигрогенезис в качестве самостоятельного явления, не связанного во времени с орогенезисом, происходящего медленно и постепенно в продолжительные анорогенические эпохи жизни земли и обусловленного законом изостазии? Этому вопросу Штилле посвящает ряд страниц в вышеупомянутом сочинении и доказывает самостоятельность эпигрогенезиса и приурочение его к анорогеническим эпохам, но считает эпигрогенические силы ничем иным, как ослабленной орогенической силой. После фаз орогенезиса, эпох разрешения тангенциального напряжения сравнительно коротких революций, резко проявляющихся деформациями земной коры разной степени и повсеместно, как указано выше, земная кора постепенно приспособляется к новым условиям равновесия в продолжительные эпохи эволюции. Это доказывается современными поднятиями и опусканиями, хорошо выражающимися на берегах морей, а для прежних времен — погружением геосинклиналей, необходимым для накопления мощных толщ осадков, трансгрессиями и регрессиями, занимающими продолжительные эпохи покоя между фазами орогенезиса.

ГЛАВА 4

ВОЗРАЖЕНИЯ ПРОТИВ КОНТРАКЦИОННОЙ ТЕОРИИ. ДРУГИЕ ТЕОРИИ ГОРООБРАЗОВАНИЯ, ВЫДВИНУТЫЕ В XX ВЕКЕ

Главные возражения против контракционной теории и ответы на них. Термическая гипотеза (Рид). Плутоническая гипотеза (Пенк, Зандберг и Саломон). Гипотеза горообразования Бёма фон Бёмерсгейма. Гипотеза магматических течений (Ампферер, Космат и др.). Гипотезы перемещения материков (Тейлор-Вегенер). Гипотеза радиоактивных процессов Джолли. Осцилляционная гипотеза Хаармана. Гипотеза больших складок Абенданона. Гипотеза Дэли. Сочинение Штауба. Вывод Чемберлена о законе изостазии. Общее заключение.

Главные возражения против контракционной теории и ответы на них. К началу XX века контракционная теория горообразования приобрела многочисленных сторонников и сделалась господствующей, чему особенно способствовало сочинение Зюсса „Лик Земли“, разъяснившее посредством глубокого анализа и великолепно проведенного синтеза закономерное распределение и формирование основных черт рельефа земного шара. Это сочинение побудило также к более детальному исследованию отдельных горных систем и выяснению их строения, причем накопилось все больше и больше фактического материала, часть которого противоречила контракционной теории в той форме, которую защищал Зюсс, что заставляло искать другие объяснения. Одновременно продолжали также разрабатывать другие теории горообразования, оттесненные контракционной на задний план или даже совершенно забытые и мало по малу число противников последней увеличивалось. Появились совершенно новые теории, основанные на открытии радия и преобразования химических элементов или на предположении о подвижности подкорового слоя и самой земной коры, как теории Джолли, Ампферера, Вегенера; плутоническая теория Буха и Гумбольдта возродилась в новой форме, теория скольжения Рейера получила новое обоснование и широкое приложение. Но и сторонники контракционной теории не сдавали своих позиций, а продолжали развивать ее шире и глубже, устраняя спорные положения, имевшиеся в концепции Зюсса, совершенствуя свои предположения под влиянием критики противников, как мы видели при изложении трудов Зондера, Штилле, Кобера, Аргана, Шухерга и др.

Недостаток места не позволяет рассмотреть остальные теории горообразования с той же подробностью, с которой было изложено развитие контрак-

ционной теории, которая все-таки до сих пор остается наиболее распространенной как лучше всего обоснованная и отвечающая на все вопросы горообразования. Мы ограничимся обзором возражений против этой теории и краткой характеристикой главных остальных, предоставляя читателю знакомиться с ними подробнее по указываемым источникам.

Главные возражения против контракционной теории состоят в следующем:

1) Контракционная теория основана на предположении, что земной шар охлаждается со времени своего образования благодаря потере тепла в холодное мировое пространство. Но это излучение тепла так незначительно, что оно не может обусловить сокращение земной коры, необходимое для объяснения складкообразования. Кроме того это излучение хотя бы частично возмещается развитием тепла при радиоактивных процессах в недрах земли. Равным образом само сокращение ядра есть процесс, связанный с теплообразованием. В общем самая основа контракционной теории подвергается сомнению.

На это возражение отвечают следующими доводами: степень сокращения не определяется величиной излучения тепла, а скорее процессами термодинамического характера или изменением агрегационного состояния или строения атомов, которые могут быть связаны с ничтожной отдачей тепла или даже без этой отдачи. Радиоактивные процессы вглубь земли несомненно ослабевают, так как если бы они происходили с той же интенсивностью, которая подсчитана для поверхностных слоев земной коры, то земля давно уже вновь превратилась бы в расплавленную массу. Сокращение же глубин бесспорно доказывается интрузиями и эффузиями расплавленных масс, перемещающихся из глубин в поверхностные слои коры и на ее поверхность и сопровождаемых выделением газов и паров в атмосферу, и ювенильных вод, стекающих в водные бассейны; масса глубин уменьшается, а масса коры и океанов увеличивается этими процессами, т. е. кора становится слишком большой и должна приспособляться к новому состоянию, а сокращение ее безусловно доказываете» складчатостью, надвигами, шарриажками.

2) Излучением тепла толщи земной коры охлаждаются сильнее, чем глубины, почти совершенно защищенные земной корой от потери тепла, т. е. земная кора должна сокращаться, сжиматься на ядре, не уменьшающемся в объеме; такое сжатие должно вызвать не складчатость, а растяжение и разрывы коры, которая стала слишком тесной.

Это возражение опровергается теми же доводами, как и первое, — в особенности отдачей тепла глубин и уменьшением их объема с увеличением объема коры интрузиями, эффузиями, выделением газов и горячих источников.

3) Земная кора не представляет сочетание плоских сводов, а, так сказать, плавают на магматическом основании. Соппротивление горных пород давлению недостаточно для того, чтобы передавать напряжение, возникающее в земной коре в связи с ее сокращением, на большие расстояния, что необхо-

димо, чтобы объяснить горообразование в отдельных геосинклиналях; при этой передаче напряжение должно нарастать до таких размеров, что земная кора должна раздробляться на куски, а не образовать складки.

На это отвечают, что для перемещения коры по ее пластическому основанию вовсе не нужны особенно большие силы. Но и давление, превышающее в 1000 раз ту силу, которая нужна для такого перемещения, не превзошло бы сопротивление горных пород раздроблению. А так как земная кора легко перемещается по пластическому I основанию, то тангенциальное напряжение распространяется по ней равномерно и разрешается только в местах наибольшей слабости коры.

4) Если земная кора сокращается, то ее поверхность должна морщиться повсеместно, как у сохнувшего яблока, а не только в отдельных узких поясах.

Это возражение потеряло свою силу с тех пор, как контракционная теория приняла положение об орогене и кратогене, или об альпино-и германотипном горообразовании; глыбовые и покровные складки Аргана в дополнение к геосинклинальным также устраняют это возражение. Земная кора реагирует на развивающееся при ее сокращении напряжение повсюду, но в разной степени и форме в зависимости от своего состава и строения.

5) По законам механики скорость вращения вокруг оси сокращающегося тела должна увеличиваться. В отношении земли, наоборот, как будто наблюдается уменьшение скорости вращения, которым большинство астрономов объясняет вековое ускорение обращения луны.

По подсчетам это уменьшение скорости вращения составляет 3 секунды в 100 лет.

Главным доводом против этого возражения является, что ускорение вращения, обусловленное сокращением земли, с избытком компенсируется замедлением вращения благодаря трению, возникающему при приливах и отливах. Кроме того указывают, что плотность земного ядра может быть теперь уже достигла такой величины, которая допускает только незначительное сокращение его, а также, что сокращение может происходить не постоянно, а периодически, толчками, и что хронология человечества обнимает только период покоя (этот довод имеет в виду, что замедление вращения выведено на основании определения времени некоторых солнечных затмений, наблюдавшихся в древности). Таким образом главные возражения, выдвинутые против контракционной теории, легко опровергаются¹ и она продолжает оставаться господствующей, хотя наряду с ней существуют еще другие, частью предложенные раньше, в большинстве же выработанные в последнее время противниками контракционной.

Термическая гипотеза. Эта гипотеза, выдвинутая еще в 1886 г. Ридом, изложена нами выше. Позже ее защищал Рихтгофен сокращением объема вследствие охлаждения земли. Принятое Квингом укорочение экваториального радиуса на 7 км и соответствующее ему удлинение полярного на 14

¹ Опровержение возражений хорошо сведено у Нёльке (2 а, б) и Шгилле; последний особенно убедительно доказывает, что сокращение земного ядра имело и имеет место.

км, которые должны быть обусловлены замедлением вращения на целых 7 часов, недостаточны для объяснения орогенезиса одной только альпийской фазы, которая выражается в сокращении земной коры на сотни километров, судя по степени складчатости. 2) Трение приливных волн и следовательно замедление вращения происходят постоянно, а орогенезис только периодически, остается не объясненным. 3) У всех устойчивых эллипсоидов вращения, т. е. таких, у которых отношения осей больше 0,583, длина меридиана при переходе к форме шара не сокращается, а увеличивается. Если, например, длина экватора уменьшится на 100 км, длина меридиана увеличится на 50 км. Поэтому, если несмотря на это, почему либо произойдет образование широтных складок, то это сжатие должно компенсироваться более значительным меридиональным растяжением и образованием разломов, грабенов. Подобное сочетание орогенезиса разного рода нигде не наблюдается.

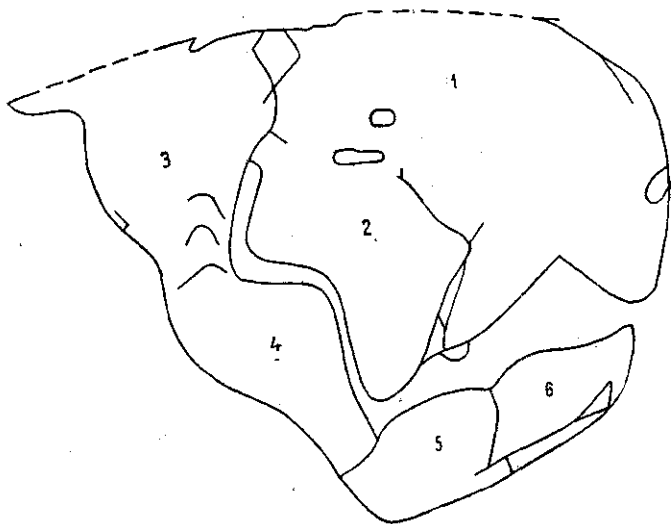
Гипотеза магматических течений. Она ведет свое начало от Дёттона, который в 1892 г., предлагая гипотезу изостазии (см. гл. 2, № 13), высказал мысль, что при восстановлении равновесия между морским дном, нагруженным осадками, и материковой массой, облегченной эрозией, пластические подкоровые массы из под морского дна выдавливаются под окраины материка. Отложенные осадки увлекаются этим течением и при этом образуют складки. Эта мысль позже была разработана подробнее Амферером, а затем Андрэ, Швиннером и Косматом. Первый полагал, что складчатые горы представляют пояс более или менее значительных поднятий, от которых исходят магматические течения, направленные в стороны и обуславливающие складчатость. Эти поднятия могут быть обусловлены как расширением пластических подкоровых масс, так и опусканием прилежащих мест; кроме того могут играть роль также самостоятельные термические течения масс. О причинах поднятий и опусканий в пластическом поясе Амферер высказывался вскользь, а подробнее указал их Андрэ, который предполагает главным образом кристаллизационные процессы, связанные с увеличением объема, основываясь на соображениях Рихтгофена о причинах вулканизма и опытах Тамана над кристаллизацией и расплавлением некоторых веществ под большим давлением; последний пришел к выводу, что силикатные породы под очень большим давлением должны затвердевать с увеличением объема, подобно глауберовой соли. Если этот процесс затвердевания происходит медленно и кристаллизационные центры распространяются на большие площади земных недр, то происходят вековые изменения земной поверхности, тогда как при быстром и местном затвердевании могут возникнуть землетрясения. В связи с нарушением равновесия при изменениях объема в глубине, в пластическом поясе возникают изостатические течения, обуславливающие в геосинклиналях горообразование; направление течения обусловлено разницей высот между соседними поясами и создает переднюю и заднюю стороны (Vorland и Ruckland); благодаря сцеплению твердой коры и пластического пояса движение последнего увлекает первую и сминает ее в складки; в рубце между задней стороной и стекающими складчатыми массами магма нередко прорыва-

ется на поверхность. Направление течения обуславливает одностороннее строение складчатых гор. Возможно также выпирание (Uberquellen) форланда. Пластические течения вызывают орогенические явления только в подвижных областях геосинклиналей, а в устойчивых материковых их следствием являются эпирогенические движения.

Эта гипотеза также вызвала серьезные возражения: 1) самая основа ее проблематична, так как возможность увеличения объема силикатных пород при затвердевании под большим давлением не доказана. 2) Если твердая кора прочно сцеплена (*verzahnt*) с пластическим поясом, то при образовании вздутия в последнем, первая должна растягиваться и разрываться, а в зияющие трещины вдавливаясь магма и только после затвердевания последней может иметь место складкообразование в увлекаемой течением коре. Задняя сторона складчатых гор должна представлять повсюду заполненные изверженными породами обширные разрывы-грабены, соответствующие сокращению пространства при образовавши складок. Ни то, ни другое развитие магматических пород в размерах, соответствующих степени складчатости, в действительности не наблюдается. 3) Поднятие, необходимое для того, чтобы вызвать в твердой коре складчатость и преодолеть сопротивление осадочных толщ горных пород, имеющих от 10 до 20 км мощности (в некоторых геосинклиналях), должно достигать примерно 23 км; подобные вздутия пластического пояса не правдоподобны. Это возражение остается в силе как при допущении, что твердая кора прочно сцеплена с пластическим поясом, так и при допущении, что она легко может скользить по последнему. 4) Трудно выяснить закономерность образования вздутий пластического пояса и объяснить, почему в геосинклиналях складчатость всегда возникает параллельно окраине материков. При значительной ширине некоторых южной части Азии, простиравшейся ранее в виде длинного полуострова до Мадагаскара, а Антарктика с Австралией откололись от Африки и Азии в своем движении на юг, а позже отделились друг от друга (фиг. 7). Альпийские складки в мелком море между Европой и Африкой и между последней и Азией возникли благодаря движению Евразии к экватору, а Гималаи на упомянутом полуострове — вследствие его сокращения также в сторону экватора. Гирлянды гористых островов на восточной окраине Азии представляют участки материка, завязшие в затвердевшей сима дна океана и поэтому оторвавшиеся от Азии при ее смещении на запад (фиг. 8). Современные грабены Восточной Африки вместе с впадиной Красного моря и Иордана с Мертвым морем представляют образующийся в настоящее время раскол, вызванный той же силой, смещающей материка на запад; со временем он отделит большую часть Африки и Европу от Азии.

Прежнюю связь всех материков Вегенер доказывает геофизическими, геологическими, палеонтологическими, биологическими, палеоклиматическими и геодезическими аргументами и предполагает также в связи с перемещением материковых масс передвижение полюсов по земной поверхности, т. е. изменение оси вращения земли в течение геологических периодов. Это

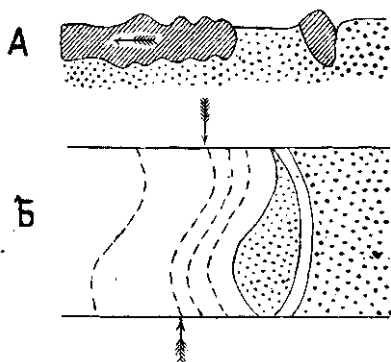
изменение предполагали ранее Вегенера другие ученые, чтобы объяснить периодическое оледенение разных материков в минувшие геологические периоды и миграцию фаун и флор.



Фиг. 7. Схема раскола первичного материка в меловой период (по Вегенеру): 1—Евразия; 2—Африка; 3—Сев. Америка; 4—Южн. Америка; 5—Антарктика; 6—Австралия.

Гипотеза Вегенера встретила сначала сильную критику отрицательного характера, но постепенно ряд ученых присоединялся к ней с более или менее существенными оговорками; возникла обширная литература за и против, перечислить и рассмотреть которую в настоящем очерке нет возможности. Наиболее существенные взгляды сведены в изданном недавно по английски «Симпозиум», в котором приведены мнения ряда геологов и геофизиков, а в вводной статье Ван-дер-Грахта гипотеза рассмотрена объективно и приведены в ее пользу новые доказательства из литературы по изостазии, устойчивости земной оси и радиоактивности. Возможность известной подвижности материков и их смещения по симическому слою допускают теперь многие ученые, но к гипотезе Вегенера (вернее Тейлор-Вегенера, так как первый уже в 1910 г. предполагал значительные горизонтальные перемещения материков и связывал с ними складчатость третичного Периода) в ее целом большинство все-таки относится отрицательно. Наиболее непонятны в ней следующие пункты: 1) первоначальное сосредоточение сиалического слоя в одном материке, главная масса которого располагалась в северном полушарии; при

морщени и раскалывании слоя, первоначально охватывавшего всю землю, скорее должен бы был получиться узкий материк вдоль всего экватора. 2) Отсутствие складчатых гор по западному берегу Европы и Африки, где они должны были бы возникнуть по той же причине, как и горы на западном берегу Америк; вместо того мы видим складчатые горы по восточному берегу Азии. 3) Широтный отрыв Антарктики и Австралии от Азии и Африки и смещение их на юг, т. е. к полюсу, а не к экватору.



Фиг. 8. Схема образования гирлянды островов (по Вегенеру): А — разрез; Б — план. Сильно охлажденная часть „симы“ показана жирными точками

Но насколько значительны те силы, которые, согласно Вегенеру, обуславливают перемещение материков? Нёльке подсчитал, что сила, вызываемая полярным сплюснением, достигает всего 2 атмосферы на 1 см^2 , что совершенно недостаточно для преодоления сопротивления симического слоя впереди материковой глыбы и перехода его в пластическое состояние, допускающее движение глыбы. Столь же недостаточна и сила, получающаяся благодаря приливному трению. Вегенер сам признает, что согласно закону изостазии сиалические глыбы плавают подобно льдинам, погружаясь на известную значительную глубину, в зависимости от своего веса, в симический слой, т. е. при своем перемещении должны преодолевать сопротивление той его части, которая расположена выше их нижней поверхности и которая должна под давлением глыбы перейти в пластическое состояние, без чего перемещение немислимо.

Отметим еще, что Саломон недавно предложил новый термин «эпейрофбрез» для горизонтальных движений материков, принимаемых не только Тейлор-Вегенером, но и другими, несогласными в разных отношениях с их взглядами (17а).

Гипотеза радиоактивных процессов Джолли. Эта гипотеза, основанная на радиоактивных процессах, в полном виде появилась в 1925 г.. Она принимает, согласно закону изостазии и послойному распределению материала, слагающего земную кору, что материки, состоящие из сиалических веществ с удельным весом 2,7, плавают на симическом слое состава базальта с удельным весом 3,0. В том и другом слое имеются радиоактивные минералы, постепенный распад которых происходит, как известно, с выделением большого количества тепла. Материковые глыбы имеют толщину около 30—35 км и на 8/9 этой толщины погружены в базальтовую постель, непосредственно образующую дно Тихого океана, но покрытую тонким сиалическим слоем на дне других океанов. Материки и дно океанов теряют тепло излучением в мировое пространство, но на некоторой глубине, подсчитываемой в 48 км, в базальтовой постели тепло, развиваемое распадом радиоактивных элементов, не только компенсирует потерю, но постепенно накапливается. Температуру дна материков принимают в 961°С, а температуру поверхностной толщи базальта, находящейся в твёрдом состоянии, в 1050°С, т. е. на 100° ниже точки плавления этой породы. Принимая определенное опытами известное содержание радия в базальте, скорость его распада и выделение тепла Джолли вычисляет, что в течение от 33 до 50 миллионов лет накопившееся тепло должно расплавить базальтовую постель; базальт, переходя из твердого в жидкое состояние, увеличивается в объеме, следовательно, радиус земли увеличится, поверхностные слои земли начнут растягиваться, а материки погрузятся несколько глубже в базальт, удельный вес которого в жидком состоянии меньше. Поэтому на материках произойдут трансгрессии моря, а на дне океанов в связи с растяжением постели образуются разрывы и расплавленный базальт прорвется на поверхность, создавая вулканические острова и целые плато.

Когда значительная часть базальтовой постели (но конечно не до самой поверхности дна океанов, постоянно охлаждаемой потерей тепла в воду с температурой около 0°) перейдет в жидкое состояние, на нее начинает действовать притяжение солнца и луны, возникнут приливы и отливы, а твердая кора и материки будут скользить по жидкой постели, двигаясь с востока на запад. Благодаря этому дно океанов постепенно передвинется на место материков и в связи с более быстрым охлаждением, через массы воды начнется обратный процесс перехода базальта в твердое состояние; затвердевшие массы его, имея больший удельный вес, будут погружаться в магму и охлаждение будет происходить снизу вверх, постепенно наращивая твердую кору. Но при затвердевании базальт уменьшается в объеме, т. е. поверхностные слои должны будут сжиматься и в результате океаническое дно, само сокращаясь в виде плоских волн, будет нажимать на края материков и в затопленных при предшествующей трансгрессии частях последних, превратившихся в геосинклинали, в свежих толщах осадков образуются складки горных цепей, опрокинутые внутрь материков, местами переходящие в шарриажи. Затвердевание базальта обусловит также всплывание материковых глыб, т. е. рег-

рессии моря, сопровождающие складкообразование.

После этих тектонических процессов, обусловленных затвердеванием базальтовой постели через охлаждение на дне океанов, наступает снова период покоя и нового накопления тепла в глубине постели, постепенное ее расплавление и те же явления, описанные выше. Таким образом объясняется цикличность горообразования, трансгрессий и регрессий морей, повторявшихся несколько раз в истории земли. Подробности гипотезы Джолли читатель, незнакомый с английским языком, на котором написана его книга, может найти в двух статьях Герасимова : во второй из них приведены и некоторые замечания критиков гипотезы, а также новые данные относительно вероятной толщины сиалического слоя, количества тепла, выделяемого при, радиоактивных процессах, радиоактивности не только урана и тория, но и калия, данные сейсмологии и др., которые должны существенно менять подсчеты Джолли. При всем остроумии его гипотезы последняя основана все-таки на слишком произвольных предположениях и на недостаточно определенных данных о содержании радиоактивных элементов на большой глубине, о скорости их распада и величине тепла, выделяемого при этом в условиях высокого давления и температуры, о быстроте потери тепла и др. Имеются и геологические факты, противоречащие гипотезе: продолжающиеся извержения базальтов в целом ряде пунктов Тихого океана в современную эпоху тектонического покоя; огромные излияния основных пород базальтового типа (траппов) на Средне-Сибирской платформе, на плато Декан в Индии, на островах Арктического моря от Исландии до о. Беннета, происходившие не на дне глубокого океана, а в эпиконтинентальных морях или даже лагунах; излияния базальтов на древнем тении Азии и в Монголии, происходившие в третичное и частью четвертичное время в пределах материковой глыбы. Эти излияния противоречат подсчетам мощности сиалического слоя на материках, заставляя предполагать гораздо большую близость симического. Далее перемещение материков с востока на запад, обусловленное им охлаждение их прежней базальтовой постели и затвердевание ее должно было происходить крайне медленно, может быть даже медленнее, чем накопление тепла и расплавление базальта, что заставляет растягивать процессы складчатости в геосинклиналях на такие же многие миллионы лет, а это не вяжется с представлением о сравнительной быстроте орогенезиса, установленной по стратиграфическим данным в разных странах и для разных фаз его.

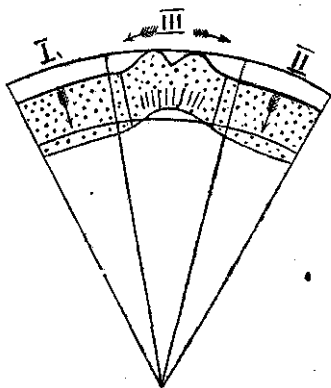
Осцилляционная гипотеза Хаармана. Она подробно формулирована недавно и представляет развитие гипотезы скольжения Рейера, объяснявшей складкообразование сползанием свежих осадочных толщ по наклонной плоскости (см. стр. 30), но оставившей причину образования неровностей земной коры, со склонов которых сползали эти толщи, недостаточно разъясненной. Хаарман совершенно отвергает контракционную гипотезу как несостоятельную и предлагает даже заменить термин «орогенезис» термином «тектогенезис», как более общим, указывая, что изменения тектоники, т. е. структуры земной коры, вовсе не обязательно связаны с образованием гор. Он исходит

из мысли, что всякие нарушения тектоники обусловлены как первопричиной, нарушением условий равновесия в земле и стремлением последней восстановить свое равновесие, что достигается перемещением масс как на ее поверхности, так и в подкорковой зоне. Нарушения же обусловлены космическими причинами, вероятно изменением гравитационной силы солнца, вызывающими перемещение полюсов земли. В ранние стадии жизни земли нарушения равновесия легко компенсировались перемещением крупных первичных сиалических глыб коры затвердевания. Катастрофа докембрийской эры, вероятно отделение луны от земли, разорвала собравшиеся в одном полушарии шлаковые ядра материков и отделила их друг от друга в места, занимаемые ими еще и теперь. С тех пор нарушения равновесия могут компенсироваться только перемещениями жидкой части сиалического слоя, сохранившейся под материками, с одного места на другое, благодаря чему в одном месте образуются вздутия земной коры, которые Хаарман называет «геотуморами», в другом месте впадины — «геодепрессии»; те и другие представляют первичный тектогенезис, последствием которого является вторичный, именно складчатость и разрывы. Геотуморы представляют те возвышенности, на склонах которых создается уклон, достаточный для скольжения свежескопленных осадков. На поверхности геотуморов в верхней части их склонов, с которой начинается скольжение, пласты растягиваются, разрываются и благодаря этому здесь имеют место прорывы изверженных пород; в геодепрессиях, наоборот, благодаря отложению осадков и их складчатости, образующейся при скольжении толщ со склонов геотуморов, получается утолщение земной коры, но не горные цепи, которые являются уже следствием нового поднятия, образования геотумора на месте геодепрессии, тогда как геотумор с его вулканическими излияниями погружается, превращаясь в геодепессию. Эти колебания земной коры вверх и вниз, обуславливающие первичный и вторичный тектогенезис, и составляют основной принцип гипотезы Хаармана, которую он поэтому и называет осцилляционной, т. е. колебательной. Он рассматривает подробно различные типы складчатости, обусловленные мощностью и характером осадочных толщ в геодепрессиях, именно: а) свободное скольжение в незаполненных геодепрессиях, при котором образуются лежащие складки, надвиги, покрова и дугообразный наружный край; б) скольжение в почти заполненных геодепрессиях, создающее в поверхностных слоях слияние толщ, а в более глубоких — сжатие с образованием преимущественно стоячих складок и круто падающих поддвигов; в) сбросовое скольжение, условием которого является более или менее твердая поверхностная толща и хороший скользкий слой на глубине; образуется сбросовоскладчатая тектоника; г) экспрессионное скольжение, при котором давлением малопластических толщ более пластические (магма, глины, соль, уголь, трепел, руда) втискиваются в трещины или сжимаются в штоки. В связи с перемещением геотумора складчатый тектоген нередко подвергается повторному скольжению, обуславливающему новую складчатость или кливаж.

Эта гипотеза еще не подверглась всесторонней критике тектоников¹, так что пока в отношении ее можно высказать только следующее: основа ее, причина образования геотуморов и геодепрессии, совершенно проблематическая в виде космических влияний на землю и оставляет без объяснения цикличность горообразования; перемещение геотуморов на место геодепрессий, в которых развилась складчатость и которые теперь должны превратиться в горные цепи, также не объясняется; возможность скольжения огромных толщ осадков в целые километры мощностью, обнимающих нередко несколько периодов истории земли, в более глубоких слоях благодаря диагенезису уже отвердевших и утративших пластичность, мало правдоподобна; одна сила тяжести при пологом уклоне дна едва ли в состоянии преодолеть сопротивление пород; не объяснено, почему в геодепрессиях скольжение не происходит периодически с перерывами, по мере накопления известной толщи осадков, и одновременность этого процесса в известные эпохи по всей земной поверхности остается не мотивированной; складчатость континентальных осадков в очень плоских впадинах материков озерного или даже наземного образования не может быть объяснена скольжением в виду горизонтальности или слишком слабого уклона поверхности.

Гипотеза больших складок Абенданона. Оригинальное сочетание основ контракционной теории с гипотезой скольжения представляет гипотеза больших складок (Grossfalten) Абенданона, предложенная в 1914 г., но обратившая на себя мало внимания. Он указывает, что земная кора не однородна, а состоит из отдельных глыб, которые могут смещаться друг относительно друга; в связи с сокращением ядра в коре развиваются центростремительные силы, под действием которых отдельные более тяжелые глыбы опускаются, что становится возможным благодаря тому, что промежуточные более легкие глыбы выгибаются вверх, т. е. выпячиваясь наружу, уменьшают занимаемую ими площадь (фиг. 9).

¹ Перед самой сдачей рукописи в печать, за границей издана дискуссия по этой гипотезе, содержащая ее критику со стороны ряда ученых и ответ Хаармана, а по русски напечатана критика Мушкетова, к которой и исходит растяжение, а в более глубоких — сжатие; растяжение вызывает разрывы с образованием горстов и грабенов, сжатие — интенсивную складчатость и образование кристаллических сланцев на глубине. Глыбы, выпяченные вверх, представляют антиклинали больших складок земли, опустившиеся — синклинали их; на крыльях антиклиналей, благодаря образовавшемуся наклону, свежие осадочные породы приходят в движение, скользят и сминаются в складки; опустившиеся глыбы давят на магму и отжимают ее в сторону поднятых, где, благодаря разрывам, она может проникать в вышележащие толщи, образуя интрузии и эффузии; так объясняются вулканические явления, землетрясения, трансгрессии моря (на опустившиеся глыбы) и регрессии его (с поднятых глыб), интенсивная складчатость кристаллических сланцев на глубине больших складок, вторичная складчатость и пloidчатость осадочных пород на их крыльях, окраинные складки, лежащие складки и покровы, а также периодическое оживление рельефа земли, омоложение эрозии, эпигрогенические движения, оледенение, цикличность горообразования и эрозии. Абенданон проследил доказательства своих взглядов по всей земле, начиная с островов между Азией и Австралией, где личные наблюдения привели его к выработке гипотезы больших складок, затем в Европе, Азии, Африке и Америке.



Фиг. 9. Схема большой складки (по Абенданону): I и II—опускающиеся глыбы; III—выжимаемая ими глыба.

Вилькенс в своем реферате об этом сочинении¹ отмечает, что гипотеза Абенданона едва ли получит общее признание, так как она основана на недостаточном знании литературы и фактического материала; она не объясняет причины сложного строения Альп, между прочим лежачие складки гнейсов в Пеннинских Альпах; она принимает что большие складки независимы от древней тектоники, что в иных случаях неверно; она не считается в достаточной мере с теорией геосинкиналей Ога; отвергая горизонтальное движение как причину горообразования согласно контракционной теории, она прибегает все-таки к тангенциальным силам для объяснения выпячивания больших складок и отвесного положения складок в кристаллических сланцах (далеко не везде наблюдаемого). Неверно также, мнение Абенданона, что современный рельеф всей земли является очень молодым, обусловленным образованием больших складок в третичный период. К этим указаниям можно добавить, что в отношении возможности скольжения с складкообразованием огромных осадочных толщ на крыльях больших складок остаются в силе те же сомнения, которые высказаны при изложении гипотезы Хаармана, имеющей довольно много общих положений с гипотезой Абенданона.

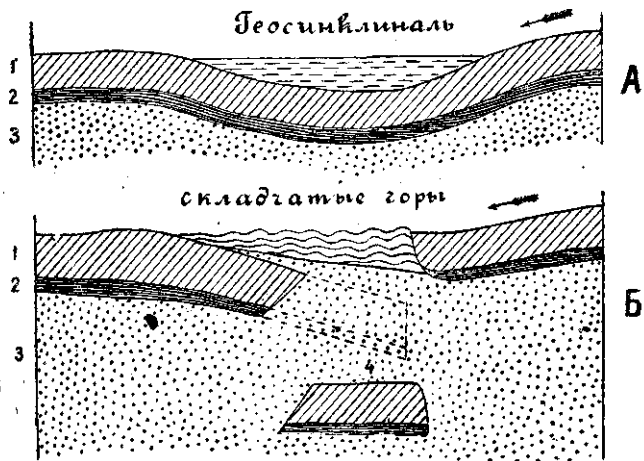
Гипотеза Дэли. Остается еще упомянуть гипотезу известного американского геолога Дэли, изложенную в его последней книге (13b). Он принимает, что поверхность земли ранее всякой складчатости была уже неровная; у полюсов и вдоль экватора возвышались большие выпуклости, разделенные двумя сравнительно узкими впадинами, занимавшими средние широты; современными остатками выпуклости у северного полюса, являются щиты

¹ Geologische Rundschau, VIII, 1917, 261—263.

Гренландский, Канадский, Русский и Сибирский, у южного полюса — Антарктический, вдоль экватора — Бразильский, Африканский и Австралийский. Причиной образования этих первичных неровностей Дэли считает неравномерное сжатие земли, а также изменение ее формы в связи с замедлением вращения. Затем произошел разлом первичных выпуклостей, причем глыбы материковой величины соскользнули в геосинклинальные впадины, сдавили накопленные в последних осадки, сложили их в складки, но не подняли еще над уровнем моря. Поднятие этих складок обусловлено погружением глыб гранитного (сиалического) дна геосинклиналей в более легкие стекловатые подстилающие слои, причем произошло расплавление этих глыб и более глубоких частей складчатых толщ геосинклиналей, связанное с увеличением объема, которое и вызвало поднятие горных систем над уровнем моря (фиг. 10). Современные большие складчатые горы экваториального пояса созданы скольжением глыб, оторванных от выпуклости северного полюса, в впадину Тэтис северного полушария, а складчатые горы, окружающие Тихий океан, созданы скольжением глыб во впадину последнего. Таким образом в его гипотезе есть много общего с представлениями Тейлор-Вегенера, Аргана, Штауба и Саломона о смещениях глыб материковой величины и произведенного ими давления на геосинклинальные осадки как причины складкообразования, хотя физические основания первой иные. С гипотезой Рейера, Абенданона и Хаармана также имеется общая точка зрения в виде мысли, что складчатые горы представляют огромные оползни, но причину последних Дэли ищет в другом, не в силе тяжести, а в давлении со стороны глыб. В этой гипотезе трудно понять одновременное образование выпуклостей у полюсов и экватора; в связи с более быстрым вращением и более сильной сплюснутостью земли выпуклость должна была подняться вдоль экватора; при замедлении вращения могли возникнуть, в связи с уменьшением сплюснутости, выпуклости у полюсов, но экваториальная должна была уменьшиться.

Непонятен также отрыв крупных глыб и в особенности погружение их и магну под дном геосинклиналей.

Сочинение. Штауба. Отметим еще новейшее сочинение Штауба о механизме движения земной коры, в котором главной причиной горообразования принимается не перемещение материков с востока на запад, как у Тейлор-Вегенера, а перемещение их от полюса к экватору; два основных материка Лауразия в северном, Гондвана в южном полушарии двигаются друг к другу, сминая осадки геосинклиналей между ними в складки, в то время как в подкорковом слое развивается обратное течение масс от экватора к полюсам благодаря большому охлаждению их под тонкой корой на дне геосинклиналей; это течение создает обратное перемещение материков от экватора к полюсам и образование новой впадины геосинклинального типа, в которой накапливаются осадки для следующей фазы горообразования.



Фиг. 10. Схема складчатости в геосинклинали (по Дэли): А — до сжатия; Б — после сжатия; 1 — гранит; 2 — крист. базальт; 3 — стекловатый базальт; 4 — погруженная глыба.

Пережимаемостью этих движений и обусловлена цикличность горообразования, а основной причиной их являются центробежные силы и подкорковые течения. Краткое изложение этой гипотезы и критику ее дал Вильзер.

Вывод Чемберлена о законе изостазии. Относительно принципа изостазии видный американский геолог Чемберлен пришел в самое последнее время к следующему выводу: этот принцип можно считать установленным, но его значение часто преувеличивают. Если бы складчатые горные цепи создавались силами, стремящимися к изостатическому равновесию, то отклонения от компенсации должны были быть наибольшими непосредственно перед горообразованием, а завершение последнего должно было бы сопровождаться восстановлением компенсации. В действительности же наблюдается обратное: молодые горные цепи оказываются всего менее компенсированными. На основании этого факта и других соображений Чемберлен заключает, что складкообразование независимо от изостазии и даже противоречит ей, т. е. горы возникают вопреки закону изостазии. Силы изостазии играют в горообразовании второстепенную и подчиненную роль; они стремятся сохранить равновесие или восстановить его. Изостазия не ускоряет процесс горообразования, а скорее задерживает его; она действует в направлении противоположном горообразованию и эрозии, стремясь к восстановлению равновесия, нарушенного завершением этих процессов. Принцип изостазии в указанных пределах является важным и должен иметь соответствующее применение.

Общее заключение. Мы проследили постепенное развитие представле-

ний о горообразовании и его причинах, начиная с древних времен, и изложили наиболее подробно главные гипотезы, разработанные в конце XIX и в начале XX века, борющиеся и в настоящее время за господство в геологии. Ограниченность места не позволила рассмотреть также некоторые гипотезы, менее распространенные или представляющие только вариант или первоначальную форму других, как-то гипотезу перемещения полюсов Крейхгауэра, принимавшего общее передвижение земной коры по ядру как причину горообразования, гипотезу колебаний эксцентриситета земли Блитта, гипотезу дифференциационно-изостатическую Мордзиоля, пендуляционную Зимрота, поднятий и опусканий Башина. Упомянем их здесь с ссылкой на источники (37—41), чтобы интересующиеся могли познакомиться с ними в оригинале.

К какому же заключению относительно основной причины горообразования можно придти благодаря этому сравнительному рассмотрению? Какая из предложенных гипотез является наиболее приемлемой с точки зрения современной науки? Нам кажется, что несмотря на все сделанные возражения и разностороннюю критику все-таки контракционная теория является наиболее глубоко и всесторонне продуманной, лучше всего обоснованной и наиболее согласующейся с обширным материалом наблюдений о строении гор и имеющимися данными о внутреннем состоянии земли. Прочно установленными можно считать представления о составе земной коры из более подвижных участков в виде геосинклиналей или орогенов и менее подвижных материковых глыб или кратогенов, о цикличности и одновременности горообразования в разные фазы по всей земле и о различных типах его — альпийском и германском, в зависимости от той или иной податливости земной коры. Можно допустить известное значение и влияние движений сиалического слоя по симическому в связи с вращением земли и его замедлением. Возможны в ограниченном масштабе глыбовые складки Аргана и роль подкоровых течений Амферера; приемлема некоторая активность магмы при горообразовании; в известных случаях как непосредственную причину последнего можно принять и скопление свежих осадков по наклону, согласно Хаарману. Все эти уступки контракционной теории может сделать борющимся с ней воззрением, не отказываясь от своей сущности — первенствующего значения сил тангенциального напряжения, развивающихся в земной коре благодаря сокращению земного ядра от потери тепла и несмотря на наличие радиоактивных веществ и выделение тепла при их преобразовании. Но гипотезы Амферера, Тейлор-Вегенера, Джолли, Хаармана, изостазии и т. д. в их современном виде принять полностью нельзя, так как они имеют основания более шаткие и отчасти произвольные и возбуждают больше возражений, чем контракционная¹.

II. ОБРАЗОВАНИЕ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

ГЛАВА 5 ОБРАЗОВАНИЕ МАГМАТИЧЕСКИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Связь рудных месторождений с горообразованием. Краткий обзор развития учения об образовании руд. Состав земного шара и распределение в нем элементов. Содержание тяжелых металлов в изверженных породах и возможность их концентрации в скоплениях, выгодные для добычи. Дифференциация магмы и образование магматических рудных месторождений разных типов. Пегматиты как переходный тип от магматических месторождений к эманационным.

Связь рудных месторождений с горообразованием. Первобытный человек не пользовался металлами в условиях своей примитивной жизни он изготовлял свои простые орудия — ножи, молотки, скребки — и оружие — наконечники копий и стрел — из кости, рога и камня, употребляя огромное количество времени и труда на придание этим твердым материалам формы, соответствующей их назначению. Причиной его незнакомства с металлами являлось то, что большинство из них не встречаются в природе в чистом виде, а всегда в виде руды, т. е. в соединении с кислородом, серой, мышьяком и другими элементами, и в таком виде являются или слишком мягкими или слишком твердыми, вообще мало пригодными для изделий; только золото, платина, серебро и медь встречаются чаще других металлов в самородном виде, но все-таки сравнительно редко и в большинстве случаев мелкими скоплениями в твердых горных породах или мелкими зернами в наносах: это, а также мягкость таких самородных металлов препятствовали их применению для изготовления режущих, колющих и ударяющих орудий.

Только на высшей ступени своего развития, когда человек научился выплавлять металлы из руд, сначала медь и ее сплавы, а затем железо, он стал искать и разрабатывать месторождения этих руд, добывая их из выходов на земную поверхность и проникая при постепенной разработке жил и пластов руды вглубь земли. Понятно, что выходы руды на поверхность он встречал особенно часто в гористых местностях, где на склонах долин и ущелий, на гребнях и в скалах выступают коренные горные породы, тогда как на поверхности, обширных равнин они почти всегда скрыты под толщей новейших рыхлых отложений и недоступны пытливому взору рудоискателя. И действи-

тельно, следы древнейших горных выработок повсюду расположены в гористых местах; таковы рудные копи исчезнувшего народа, называемого чудью — в Забайкальи, Минусинском крае, на Алтае; копи, приписываемые древним китайцам, — в Киргизской степи и Тянь-Шане, копи финикийцев, египтян, римлян, греков в разных странах Южной Европы и Северной Африки. Эта приуроченность рудных месторождений к гористым местностям обусловлена не только процессами эрозии, вскрывающей коренные породы преимущественно там, где атмосферные осадки находят значительный уклон и потому имеют большую размывающую силу; она обусловлена и самими процессами горообразования, не только создающими неровный рельеф и, следовательно, условия для быстрой эрозии, но во многих случаях сопровождаемые процессами рудообразования в связи с прорывами изверженных пород из недр земли в виде интрузий, застывающих на некоторой глубине, или эффузий, достигающих поверхности. Эти изверженные породы являются первоисточником всех руд тяжелых металлов, как мы увидим далее, а извержения в той или иной форме непременно связаны с горообразованием, с дислокациями складчатыми или сбросовыми. Правда, мы знаем примеры рудных месторождений — главным образом железных и марганцевых руд, реже медных, золотых, платиновых, приуроченные к пластам горных пород, не подвергавшимся какой-либо дислокации; таковы скопления магнитного песка на берегах морей, залежи марганцевой руды Никопольского района Украины, болотные и озерные железные руды севера СССР и Финляндии, медистые песчаники Поволжья, золотые и платиновые россыпи Урала и Сибири. Но все месторождения этого типа являются не первичными, а вторичными, т. е. их рудный материал заимствован из ранее существовавших первичных месторождений и только перемещен химическими и механическими процессами и сосредоточен на новом месте в виде скоплений. Такие вторичные месторождения встречаются и в гористых местностях, приуроченные к дислоцированным пластам горных пород, но все первичные месторождения обязательно связаны с процессами горообразования и если встречаются в настоящее время и на равнинах, то только на таких, которые получились на месте прежних гор благодаря долговременной деятельности эрозии и денудации или морской абразии, сгладивших рельеф, созданный дислокациями.

Краткий обзор развития учения об образовании руд. Эта закономерная связь рудообразования с процессами образования гор выяснилась только недавно благодаря успехам геологических наук — тектоники, петрографии и геохимии. В древние и средние века содержание металла в рудных жилах связывали с их расположением относительно планет. Врач Агрикола (Георг Бауер) в первой половине XVI века по-видимому впервые предложил теорию рудообразования; уроженец Саксонии, живший почти постоянно в этой гористой стране с старинным горным промыслом, он интересовался минералами и горным делом, о котором напечатал несколько объемистых сочинений в течение 1528 — 1546 гг. По его мнению рудные жилы образовались благодаря отложению минералов из растворов в эрозионных каналах. Растворы или

„соки" (succī), по его терминологии, имели атмосферное происхождение и под влиянием жара земли растворяли минеральные вещества и затем осаждали их. После Агриколы почти все ученые, писавшие о рудных месторождениях до конца XVIII века, были немцы, знакомые с месторождениями Саксонии и Гарца. Бехер в 1703 г. и Генкель в 1725 и 1734 гг. приписывали рудообразование воздействию подземных паров, получающихся при процессах „ферментации" в недрах земли, на каменные и землистые материалы (2 и 3). Циммерман в 1749 г. предложил гипотезу, в основе которой уже была положена современная теория метасоматизма, т. е. замещения; он полагал, что рудные жилы образуются благодаря превращению горных пород в руды и сопровождающие их жильные породы воздействием растворителей, протекающих по бесчисленным тонким трещинам и другим пустотам в породах. Фон Оппель приблизительно в то же время доказывал, что минеральные жилы в большинстве случаев представляют заполнение трещин, созданных при сбросах. Русский академик Ломоносов предполагал, что землетрясения обусловливают, благодаря трению, возгорание серы, горной соли, шифера, горного угля, асфальта, каменного масла, янтаря и тел окаменелых животных; эти вещества способствуют рождению металлов, которые залегают в виде жил, горизонтальных слоев, гнезд и россыпей. Жилы заполняют трещины, открывшиеся благодаря землетрясению; в трещинах дождевая вода отлагает минералы, которые находились в ней в растворе, и создает рудные жилы, всегда утолщающиеся вглубь и выклинивающиеся вверх. Гнездовые руды представляют жилы, разбитые новым трением на куски, а россыпи руд являются разрушенными при трясениях жилами и рудными слоями. Но эта своеобразная плутоническо-нептунистическая теория не нашла последователей, хотя причину подземного огня в виде горения разных веществ признавали вместе с Ломоносовым многие ученые XVIII века. Фон Требра в 1785 г., поддерживая мнение Циммермана, настаивал на громадном влиянии, которое циркулирующие воды оказывают «а горные породы, в особенности при наличии жара; по его словам, в горах постоянно происходят разнообразные трансформации, сочетания и разложения и будут происходить до скончания веков. Герхард полагал, что и циркулирующие в горах воды растворяют металлические и землистые вещества, а попадая в трещины и пустоты они отлагают минералы, создавая рудные жилы. Лазиус, в описании рудных жил Гарца, поддерживал это мнение. Таким образом эти два ученых являются основателями лятераль-секреционной теории, разработанной в XIX веке.

В конце XVIII века благодаря Вернеру, профессору Горной Академии Фрейберга, распространились крайне нептунистические взгляды на процессы рудообразования. Вернер учил, что все жилы, в том числе и рудные, представляют заполнения трещин сокращения, обусловленные водами первичного океана, покрывавшего всю поверхность земли, содержащими в растворе все вещества, необходимые для образования земной коры; эти воды, проникая сверху в трещины, отлагали в них рудные минералы, благодаря химическому осаждению.

В начале XIX в. с этими нептунистическими взглядами боролись представители школы плутонистов во главе с Геттоном; они ударились в противоположную крайность, доказывая, что все рудные жилы имеют изверженное происхождение. Так Плейффер учил, что все материалы, заполняющие минеральные жилы, были в расплавленном состоянии и с силой вдавлены в разрывы и трещины слоев горных пород. Учение плутонистов в отношении рудных месторождений не приобрело много сторонников и в течение более чем полувека господствовали нептунистические взгляды, но без крайностей школы Вернера постепенно уступивших место более правильным представлениям, которые в общем приписывали поверхностным водам, проникавшим вглубь земной коры, главную роль в рудообразовании. За преобладание боролись теории асцензионная, десцензионная и латераль-секреционная, различие которых основывалось на первоисточнике, из которого воды заимствовали материал, отложенный ими в виде рудных жил и других скоплений; асценционисты считали, что этот минеральный материал выносится водами, поднимающимися обратно из глубины, где они получили более сильную растворительную способность благодаря высокой температуре, тогда как десценционисты приписывали эту способность нисходящим водам, а латераль-секреционисты—водам, проникающим в трещины с их боков. Последняя теория, предложенная Герхардом в 1781 г., как упомянуто выше, была разработана и получила научное основание благодаря Бишофу, впервые составившему руководство по химической геологии в 1846 г., а получила дальнейшее развитие в сочинениях Дьёлафе и, особенно, Зандбергера в 1879—1885 гг.. Эти исследователи установили два важных факта: 1) что жильные минералы рудных жил обнаруживают зависимость от состава боковых пород и 2) что тяжелые металлы имеются в ничтожных количествах в некоторых изверженных и осадочных породах, вмещающих рудные жилы. Теория асцензионная была разработана главным образом фон Бейстом, изучавшим рудные жилы Саксонии и подвергшим основательной критике взгляды Вернера. Он, а также наблюдения в рудниках Пршибрама в Чехии, показали, что рудные жилы заполнены материалом, принесенным термальными растворами снизу. Этот вывод о рудообразовании поддерживали и развивали Штельцнер, Пошепни, Ван-Гайз и др.; они доказывали, что грунтовые воды, имеющие атмосферное происхождение, проникают вглубь благодаря капиллярности, получают высокую температуру и поэтому, а также в виду высокого давления на глубине, приобретают большую растворительную способность, насыщаются минеральными веществами из горных пород и затем, проникая в открытые трещины, поднимаются по ним вверх, осаждавая минералы в связи с понижением давления и температуры.

Среди ученых первой половины XIX в., изучавших рудные месторождения, необходимо отметить Бюра, представления которого о рудообразовании во многом опередили взгляды его современников и избегли крайности как нептунистов, так и плутонистов. Бюра различал месторождения, образовавшиеся одновременно с окружающими породами и образовавшиеся позже, а

также смешанные, подчиненные метаморфическим породам, в которых концентрация руды, отложенной одновременно с породами, произошла благодаря процессу метаморфизма. Признавая связь рудных месторождений с явлениями вулканизма, он установил различные типы их, именно: 1) месторождения изверженные, в которых рудное вещество является составной частью изверженной породы; 2) контактовые, созданные непосредственным воздействием изверженной породы на окружающие; 3) метаморфические, т. е. измененные влиянием изверженной, породы и 4) жилы, имеющие наиболее слабую связь с изверженными породами. Эти типы были мотивированы Бюра недостаточно ясно, но принципы деления были правильны и он является первым, предложившим классификацию рудных месторождений по признакам генезиса, а не по признакам внешней формы, применявшимся его современниками.

Своеобразную теорию высказал Дюрошэ в 1851 г., объяснивший неравномерное распределение руд в жилах осаждением их из газовых струй; эту сублимационную теорию, но только применительно к жидам оловянного камня, ранее его предложил Добрэ в 1841 г., а Эли де Бомон в 1847 г. отметил уже важное значение металлических эманации, которое признается и в современной науке.

Выяснение роли изверженных пород в качестве первоисточников металлического материала первичных рудных месторождений подвигалось после Бюра очень медленно и сделало большие успехи только в самом конце XIX века, главным образом благодаря трудам шведского ученого Фохта; но и значение подземных вод в качестве выносителей этого материала из глубины выяснялось все больше и больше; кроме грунтовых вод, имеющих атмосферное происхождение, выносителями являются и воды глубинного генезиса. Зюсс в 1902 г., в докладе о минеральных источниках Карлсбада, отметил связь между термальными источниками, вулканизмом и рудными месторождениями и предложил термин гипогенной или ювенильной для воды, выделяющейся при охлаждении изверженных пород и впервые появляющейся на земной поверхности. Эти горячие источники представляют последнюю стадию процессов вулканизма; они содержат еще легко растворимые соединения щелочей, тогда как менее растворимые соединения тяжелых металлов уже отложились в виде руд на пути этих источников на большей глубине. Согласно Зюссу продукты так называемой послевулканической деятельности изменяются в зависимости от температуры; в более раннюю, пневматолитовую фазу эманации изверженной породы газы являются сухими и их отложения представляют продукты сублимации (возгона), как оловянная руда и сопровождающие ее минералы с соединениями бора, фтора, вольфрама, урана. Позже выделяются сильно щелочные магматические воды, отлагающие соединения серы и мышьяка с тяжелыми металлами.

Учение о процессах рудообразования в его современном состоянии сформировалось в конце XIX века и в первые два десятилетия XX века благодаря трудам целого ряда ученых, среди которых, кроме вышеупомянутых,

нужно назвать американцев Эммонса, Кемпа, Бекера, Спёрра, Линдгрена, француза Делонэ, германцев Штельцнера, Бека, Бейшлага, Круша, Бержа, а в последнее десятилетие также Берга и швейцарца Ниггли. Развитие новой отрасли геологии — геохимии, в которой видное участие принадлежит русским ученым Вернадскому и Ферсману, много способствовало разъяснению процессов рудообразования и закономерности сочетания минералов в месторождениях разных типов. Одновременно совершенствовалась и классификация рудных месторождений: морфологическая, господствовавшая в XIX в., сменилась смешанной морфологически-генетической, предложенной Гроддеком в 1880 г. (хотя основателем ее был уже Бюра); в различных видоизменениях она повторялась до конца второго десятилетия XX века, когда и в Германии, и в Америке появились чисто генетические классификации, окончательно разработанные в последние годы и основанные на физических условиях давления и температуры, при которых протекает процесс рудообразования.

Состав земного шара и распределение в нем элементов. Изучение состава железных и каменных метеоритов, наблюдения над распространением волн землетрясений в земной коре и через земной шар к антиподам, вычисления, основанные на петрографических данных и пр. привели в последнее время к представлению о распределении химических элементов в земле определенными слоями по удельному весу; Зюсс в 1909 г. предложил называть „нифе" тяжелое ядро земли или барисферу, сплошь состоящую из металлов, главным образом железа и никеля, с радиусом по Вихерту около 5000 км и с удельным весом 7. 8. Каменную оболочку ядра, толщиной около 1500 км, он делит на более тяжелый слой или сферу „сима", с удельным весом от 3. 4 до 3, и поверхностный, легкий слой „саль", с удельным весом 1.7 (если принять во внимание и толщу воды океанов). Уошингтон по более новым данным считает, что ядро (нифе) имеет радиус 3400 км и удельный вес 10; вверх оно постепенно, на протяжении 1400 км переходит в перидотитовый слой (сима) силиката магния и железа с большим или меньшим содержанием окислов и сульфидов.