

ПЛАВАЮТ ЛИ МАТЕРИКИ?

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕОРИИ МОБИЛИЗМА

Тектоника — наука о строении, движениях и деформациях земной коры — вступила сейчас в период ломки сложившихся представлений, которые еще недавно казались бесспорными. Становится все яснее, что принцип неизменности взаимного географического расположения глыб земной коры (принцип ф и к с и з м а), на котором основывались прежние геотектонические теории, не может быть подтвержден ни геодезическими измерениями в тектонически активных областях, ни геофизическими и геологическими фактами. Напротив, конкурирующие с этим принципом в течение последних 50 лет идеи м о б и л и з м а, т. е. подвижности глыб земной коры не только в отношении вертикальных, но и в отношении значительных горизонтальных перемещений, получили новое подтверждение в результате изучения остаточной намагниченности горных пород и исследования дна океанов.

Необходимо отметить, что не все факты, приводимые в поддержку идей мобилизма, равноценны. Некоторые из них допускают различное толкование или нуждаются в дополнительном подтверждении (например, часть палеомагнитных данных). Однако такие факты, как обрыв складчатых поясов на границе материков и океанов, верхнепалеозойское оледенение и наиболее надежные палеомагнитные определения по породам Европы и Австралии, равно как и общая согласованность выводов, полученных независимо друг от друга самыми различными методами, делают весьма вероятной картину движения глыб земной коры, намеченную в теории «дрейфа материков».

НЕМНОГО ИСТОРИИ

В первоначальном варианте теории мобилизма, предложенном А. Вегенером, предполагалось «свободное скольжение» мате-

риковых глыб по подкоровым слоям под действием внешних сил. Но достаточных для этого сил обнаружено не было, и, кроме того, гипотеза была слабо связана с теорией геосинклиналей — основной эволюционной представлений о развитии земной коры. Критикуя этот первый вариант теории дрейфа материков, виднейший представитель советской тектонической школы Н. С. Шатский отмечал, что гипотезы мобилизма все же хорошо объясняют большое количество географических и геологических особенностей в строении нашей планеты, как, например, верхнепалеозойское оледенение или распространение растений и животных древнего материка Гондваны. Однако основными предпосылками гипотезы Вегенера были некоторые геофизические обобщения. В частности, он считал, что дно океанов лишено сплошной сиалической оболочки. В последующие годы сейсмосондирование и гравиметрия блестяще подтвердили это предположение. Действительно, оказалось, что сиалический слой (граниты, гнейсы и метаморфизованные осадочные породы), составляющий складчатый фундамент материковых глыб, отсутствует в глубоких частях всех океанов.

Срединные океанические хребты в Атлантическом и Индийском океанах рассматриваются сейчас как доказательство существования сети разломов растяжения, протягивающихся между раздвинутыми частями расколотых древних материков. В осевой части этих подводных хребтов обнаружены глубокие рифтовые долины. Эти долины сходны по форме с рвами растяжения (рифтами) в сейсмическом поясе разломов Восточной Африки и вдоль них тоже располагаются эпицентры землетрясений, указывающие на связь океанических хребтов с разрывами земной коры.

Все эти факты привели, как сказал недавно Дж. Д. Бернал, к своеобразной «океа-

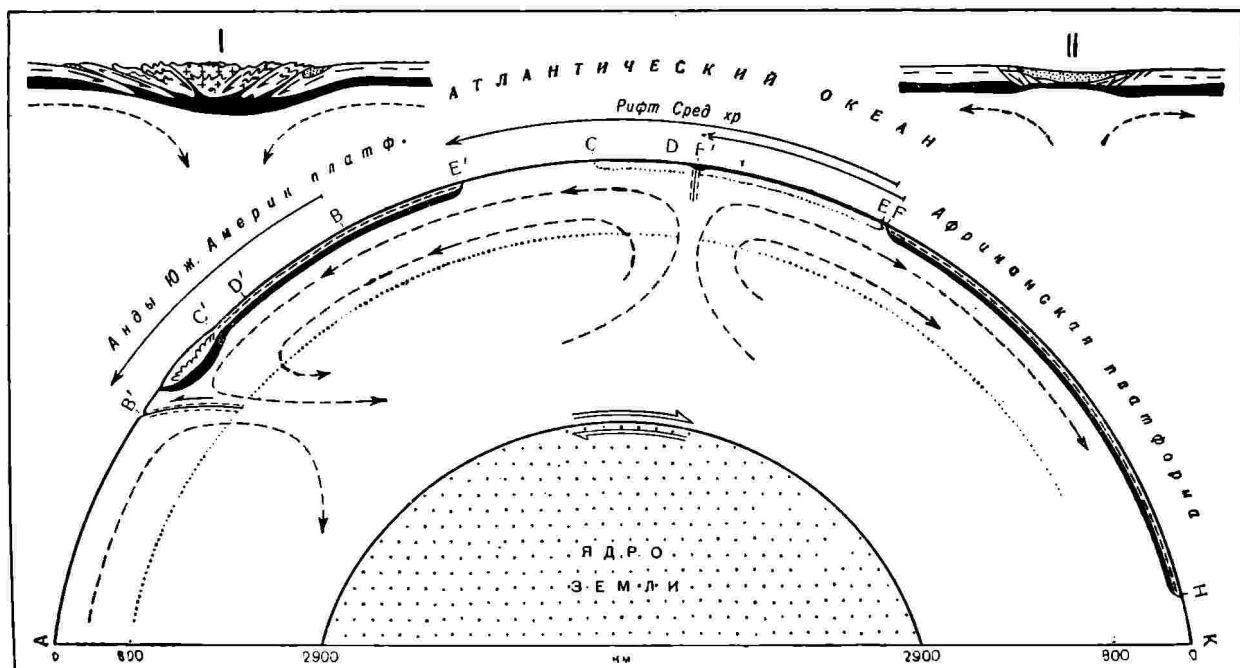


Рис. 1. Движение материков и образование складчатых хребтов и океанических впадин по теории подкорковых конвекционных течений (профиль от Атакамского желоба через Восточную Бразилию и Камерун до о-ва Сокотра и Аравийского моря; толщина земной коры показана с преувеличением вертикального масштаба в 3 раза, черное — так называемый базальтовый слой). Пунктиром и линией у точек В', F' указаны сейсмические глубинные разломы, стрелкой у В' — надвигание масс в сторону Тихого океана, двойными стрелками — движение оболочки по ядру Земли, устанавливаемое по современному дрейфу земного магнитного поля. АВ' — Тихий океан, В' — ось Атакамского желоба, В'С' — современная геосинклинальная система и складчатое сооружение Анд. С'Д'Е' — Южно-Американская платформа (в том числе С'Д' — Предандийский

краевой прогиб), Е'F'F' — Атлантический океан, F' — рифт на Срединном океаническом хребте, FН — Африканская платформа. Пунктиром (точками) показано прежнее положение Южно-Американской платформы (CDE), F — прежнее положение рифта, из которого развивалась впадина Атлантического океана. Стрелками с внешней стороны указано перемещение (в течение мелового периода и кайнозоя) оси рифта (FF'), Южно-Американской платформы (EE' = DD') и края Кордильерской геосинклинали (BB') в западном направлении, считая Африку неподвижной. Вверху показаны схемы формирования структуры двустороннего орогена (I; крестики — центральный массив с наиболее ранней складчатостью; точки — краевые прогибы) и крупного, сильно растянутого грабена (II; точки — осадки, заполняющие прогиб).

нографической революции» в геотектонике¹. Возник новый вариант теории дрейфа материков («неомобилизм»), в котором идеи мобилизма удачно объединены с теорией подкорковых течений (рис. 1) и учением о геосинклиналях.

За последние 10 лет эта теория подкреплена большим количеством новых данных в работах крупнейших зарубежных геологов (А. Дю-Тойт, С. Бубнов, Э. Краус и др.), геофизиков (Б. Гутенберг, П. Блэккетт), палеоклиматологов, океанографов и палеонтологов. Она уже давно является почти об-

щепризнанной среди геологов Южной Америки, Африки и Индии. Поворот в сторону признания ведущей роли горизонтальных движений отчетливо проявился в работе последнего Международного геологического конгресса (1960 г.). Значение горизонтальных движений подчеркнуто в работах ряда советских ученых (А. В. Пейве и др.)¹.

ЖИВАЯ ТЕКТНИКА

Геолог на каждом шагу сталкивается с проявлениями разнородных горизонталь-

¹ См. D. Bernal, R. S. Dietz, J. T. Wilson. Continental and oceanic differentiation. «Nature», vol. 192, № 4798, 1961.

¹ См. П. Н. Кропоткин. Палеомагнетизм, палеоклиматы и проблема крупных горизонтальных движений земной коры. «Советская геология», 1961, № 5.

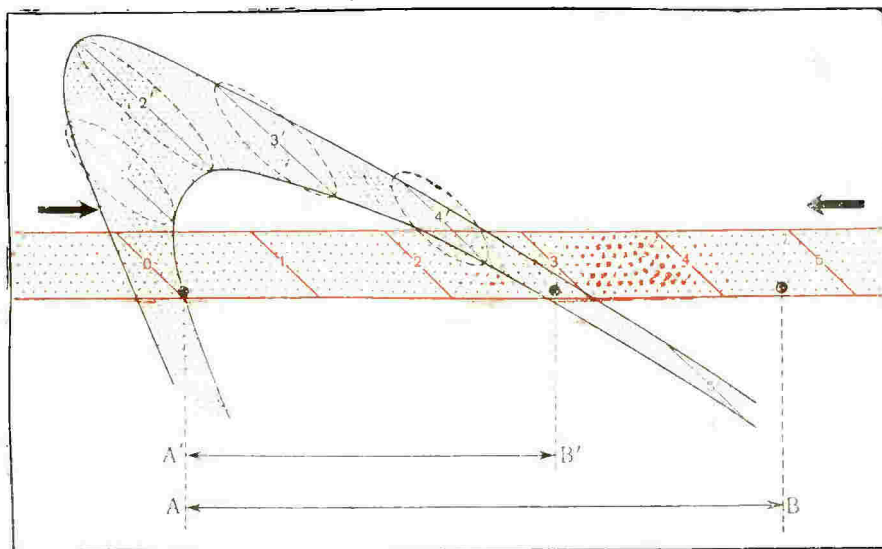


Рис. 2. Механизм образования складок. Деформация в слое породы, смятом в складку, восстанавливается путем изучения формы круглых включений (оолитов). 012345 — положение слоя до деформации, 01'2'3'4'5' — после деформации; показаны сечения эллипсоидов, в которые преобразовались сферические объемы пород при смятии слоев (по Э. Клоосу). АВ — длина слоев, до деформации, А'В' — после деформации, стрелки — направление деформирующих сил

ных движений земной коры. В зонах сжатия образуются складки и надвиги. Характерные системы трещин и расплющивание раковин, галек и оолитов в деформированных породах показывают, что смятие слоев в складки происходит в результате бокового давления, перпендикулярного к их простиранию (рис. 2). Одновременно со складчатостью образуются надвиги, по которым отдельные чешуи напозают друг на друга снизу вверх по наклонной плоскости¹. В зонах растяжения земной коры возникают сбросы и грабени — рвы опускания. Однако в наиболее чистом виде горизонтальные движения проявляются в сдвигах, когда происходит смещение двух соседних глыб в противоположных направлениях вдоль разделяющего их разлома. Например, по разлому Сан-Андреас в Калифорнии произошло смещение мезозойских и третичных пород на 500—550 км, причем устанавливается, что оно происходило постепенно в течение 100 млн. лет со средней скоростью около 0,5 м в год. Перемещение продолжа-

ется и сейчас, выражаясь как в плавном скольжении, так и во внезапных сдвигах во время землетрясений.

Повторные геодезические наблюдения (триангуляции), выполненные здесь за последние 30 лет в трех районах около г. Сан-Франциско, у г. Чоламе и у северного окончания Калифорнийского залива к юго-востоку от г. Лос-Анжелос, показали, что вся полоса земной коры, протягивающаяся на 700 км вдоль побережья Тихого океана, скользит на север по отношению к соседним частям Северо-Американского континента со скоростью 0,3—1 см в год.

По геодезическим наблюдениям горизонтальные смещения обнаруживаются и в других хорошо изученных подвижных зонах — в Баварии, Японии, Новой Зеландии и др. Скорость суммарного смещения по группе параллельных сдвигов оценивается в Новой Зеландии в 15 см в год, что соответствует 150 км за миллион лет. На сейсмичных разломах часто можно видеть разрывы и смещения рельсов, дорог, русел и пр. на несколько метров после каждого крупного землетрясения. Накапливаясь, они дают среднюю скорость движения до 0,7 м в год.

По характеру сейсмических волн, зарегистрированных в сети станций, было определено, что смещения в очаге землетрясения в большинстве случаев происходят по наклонным или почти горизонтальным направлениям. Например, смещения в очагах землетрясений Тихоокеанско-

¹ В Бельгии и Скалистых горах Канады бурением доказано перемещение таких надвигов на 30—40 км. Суммарное смещение по группе надвинутых друг на друга чешуй в Южных Карпатах достигает 80 км, в палеозойских горах Норвегии — 100 км, в Скалистых горах США — 130 км. Развертывая складки и приводя надвиги к исходному положению, удается определить общую величину сокращения поперечных размеров складчатых зон. В Восточных Альпах она составляет не менее 140 км, а в Урало-Алтайском палеозойском складчатом поясе — около 1000—2000 км.

го пояса, вызванные сжатием, часто происходят по плоскостям, параллельным зонам глубинных разломов. Такие зоны окаймляют Тихий океан и наклонно (под углом 20—70°) погружаются от окраинных океанических желобов в сторону соседних материков до уровня 500—800 км от поверхности Земли. Они рассматриваются сейчас большинством сейсмологов как зоны надвигов, вдоль которых материковые массы наползают на Тихоокеанскую глыбу.

Палеомагнитные и геологические данные свидетельствуют о том, что в течение мезозоя и кайнозоя лейтмотивом движений земной коры было раздробление двух древних материков — Лавразии и Гондваны и расползание их частей в сторону Тихого океана и к геосинклинальному поясу Тетис¹. На фоне этих вековых движений, сформировавшихся складчатые системы Средиземноморско-Гималайского и Тихоокеанского поясов, современная сейсмичность выглядит как продолжение того же самого процесса расползания, связанного с глубинными движениями в подкорковых слоях Земли.

Таким образом, геодезические и сейсмологические наблюдения позволяют нам видеть живую тектонику, наблюдать медленное движение «ползущих» глыб земной коры. Вертикальные перемещения ее поверхности — поднятия и опускания, в основном, по-видимому, тоже представляют собой результат горизонтальных движений. Дело в том, что в молодых складчатых хребтах поднятие связано с увеличением толщины земной коры в 1,5—2 раза (Гималаи, Гиндукуш, Альпы, Анды). Это утолщение уже давно рассматривается как деформация, вызванная тем же боковым сжатием, которое привело здесь к образованию сложной складчатости и нагромождению надвигов. Возможно, что характерное для складчатых зон внедрение гранитов, гранодиоритов, извержение липаритовых и порфировых лав — это результат того же сжатия. По-видимому, по мере превращения энергии механических напряжений в теплоту происходит выплавление наиболее легкоплавких силикатных расплавов из «гранитного» слоя и более глубоко

залегающих метаморфических пород земной коры. Эти же силы выдавливают образовавшуюся магму к поверхности Земли.

ФАКТЫ ПОДТВЕРЖДАЮТ

Растяжение коры, несомненно, приводит к уменьшению ее толщины в грабенах и генетически родственных им прогибах. Оно сопровождается оседанием поверхности растянутых зон. Теория изостазии (равновесия «плавающих» на пластичном субстрате глыб земной коры) показывает, что накопление мощных толщ мелководных осадков невозможно без одновременного растяжения земной коры. Изучая узкие грабены (тектонические рвы) и прогибы, например впадины Красного моря и Аденского залива, или между Канадой и Гренландией, можно проследить последовательные стадии растяжения. Кора, разбитая сбросами, сначала уменьшается в толщине в 1,5—2 раза, а затем испытывает окончательный разрыв, который приводит к полному выклиниванию гранитного слоя. Магнитные и гравиметрические данные показывают, что в расширившейся таким образом «щели» происходит поднятие поверхности ультраосновных масс субстрата. Ее заливают базальтовые лавы и таким образом формируется кора, по своему строению аналогичная коре океанов.

В Советском Союзе есть много сторонников геотектонической пульсационной гипотезы М. А. Усова и В. А. Обручева. Она предполагает неравномерное распределение эффектов сжатия и растяжения в земной коре, которые вызваны переменным пульсирующим изменением радиуса Земли. Сжатие локализуется в складчатых зонах, растяжение — в грабенах и родственных им прогибах. Тем самым эта гипотеза, хорошо объясняющая особенности конкретных структур, подразумевает перемещение глыб земной коры от зон растяжения к зонам сжатия. Посмотрим, каким образом можно определить величину такого перемещения?

Прежнее единство Северной Америки, Гренландии, и Западной Европы, так же как и прежнее единство различных частей Гондваны, подтверждено со времен Вегенера многочисленными геологическими фактами и не вызывает сомнений ни у сторонников фиксизма, ни у мобилистов. Все дело в том, как объяснить коренное различие в строении континентальных массивов и располо-

¹ Лавразия охватывала Северную Америку, Гренландию, Европу и всю северную половину Азии, Гондвана — южные материк и Индию. Океан Тетис протягивался из Средиземноморья через Альпы, Кавказ и Гималаи в Индонезию.

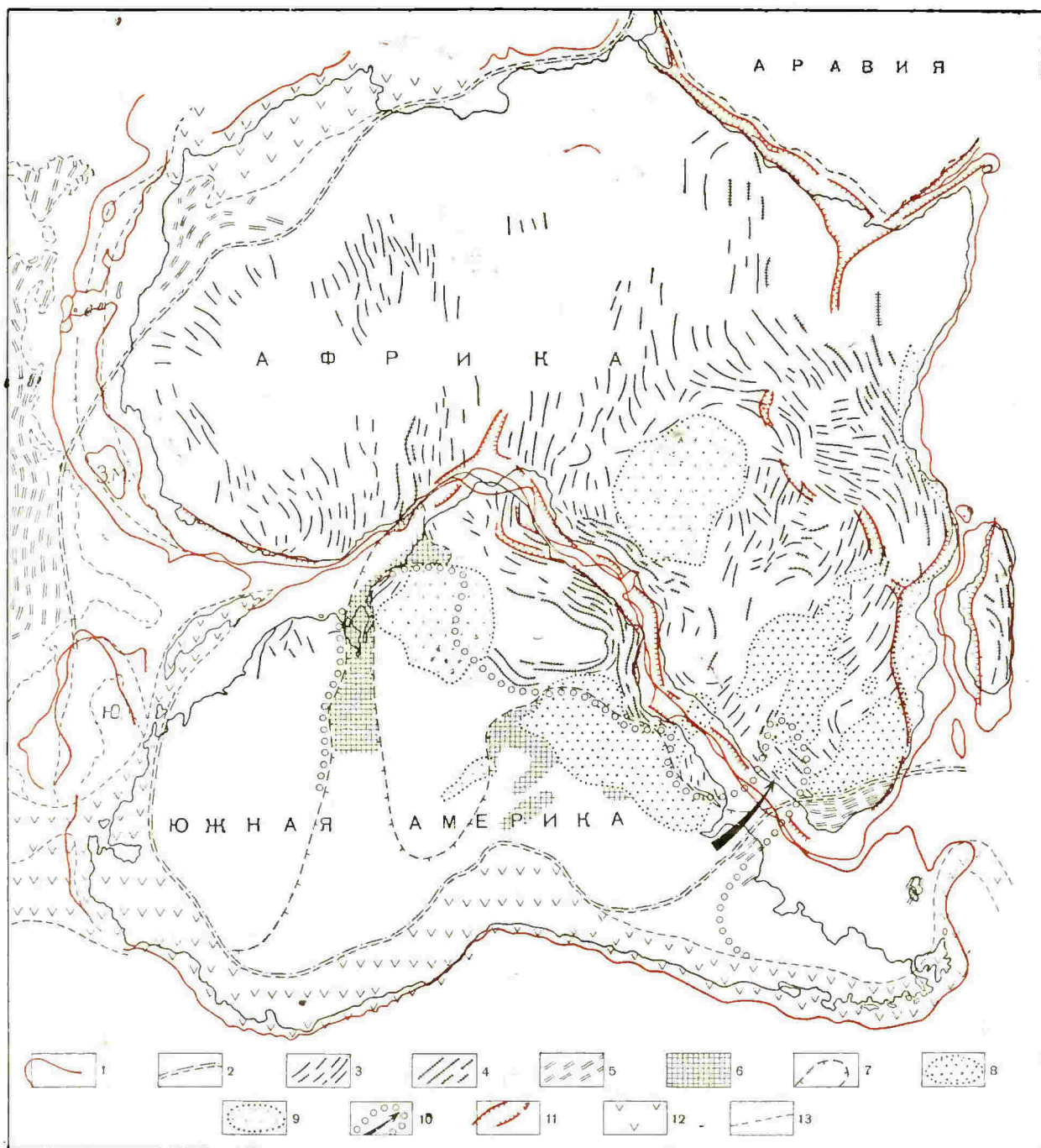


Рис. 3. Совпадение контуров материкового склона и сходство строения Южной Америки, Африки и Мадагаскара (по С. Кэри, К. Герту и др.). 1 — Изобата 2000 м, 2 — граница докембрийской платформы, 3 — складки в докембрийских метаморфических породах (за исключением позднего докембрия), 4 — складки в отложениях позднего докембрия, 5 — складки в палеозойских отложениях, 6 — девонские отложения на докембрийской платформе, 7 — распространение девонского моря, 8 — впадины, заполненные отложениями гондванской серии (верхний карбон — триас — базальтовые лавы триасово-юрского возраста), чрезвычайно сходными по обе стороны Атлантического океана, 9 — верхнепалеозойские и триасовые отложения прочих впадин, 10 — распространение верхнекаменноугольного моря в Ю. Америке и его язык, заходивший в юго-западную Африку, 11 — сбросы, ограничивающие крупные мезозойские и кайнозойские грабены, 12 — молодая складчатая зона, возникшая в мезозойско-кайнозойской геосинклинали. Пунктиром показана возможная реконструкция прежнего положения Северной Америки и Аравии (Ю.—полуостров Юкатан, З. М.—острова Зеленого Мыса), 13—современные границы платформ

женных между ними океанов — разрывом и раздвиганием материков или переработкой материковой коры на месте (т. е. по В. В. Белоусову, ее «океанизацией» или «базальтизацией»).

Этот вопрос рассматривался геофизиками (В. А. Магницким, Е. Н. Люстихом, Э. Буллардом) и было вполне убедительно показано, что «океанизация», или превращение толстой материковой коры в тонкую кору океанов, не может иметь места в природе. Более легкая материковая кора не может утонуть в плотном подкоровом субстрате. Ее физико-химическая переработка на границе с подкоровыми слоями, очевидно, не может быть сколько-нибудь существенной, так как эти слои по современным данным представляют собой не магму, а твердый ультраосновной материал. Но если бы даже такая переработка имела место, то «растворился» бы сначала нижний, так называемый базальтовый слой земной коры. Между тем уменьшение толщины коры в океанах связано с исчезновением верхнего, гранитного слоя. Остается, таким образом, только один выход — признание мобилизма. Обрубленные очертания докембрийских и палеозойских складчатых поясов, несомненно, имевших раньше свое продолжение, а сейчас оборванных линией материкового склона у краев Атлантического и Индийского океанов и некоторых морей (например Японского), по-видимому, нельзя объяснить ничем, кроме отодвигания их недостающей части.

Реконструкции прежнего расположения глыб земной коры могут быть построены с учетом контуров материкового склона разобщенных глыб на основании соответствия простираания и возраста складчатых структур, сходства стратиграфического разреза, близости состава ископаемой фауны и флоры в разновозрастных отложениях и, наконец, палеоклиматических сопоставлений. К этим пяти методам за последнее время прибавились новые — сопоставление палеомагнитных данных, палеотемпературный метод и сравнение простираания магнитных аномалий, в основном повторяющих ориентировку складчатых структур.

НЕСКОЛЬКО ПРИМЕРОВ

Геофизические данные показывают, что граница материковой и океанической коры приблизительно совпадает с наиболее крупной частью материкового склона (1500—

2500 м). В рельефе материкового склона разобщенных глыб часто бывают видны сбросовые уступы, указывающие на растяжение коры. На рис. 3 показано, насколько точно подходят друг к другу границы Южно-Американской и Африканской глыб по изобате 2000 м¹. Как правило, реконструкции по контурам материкового склона и простираанию складчатых поясов прекрасно согласуются с тем, что дают остальные методы (рис. 4, 5). Там, где складки тянутся приблизительно параллельно береговому разрыву, такой параллелизм наблюдается в обеих раздвинутых глыбах, например в нижнепалеозойских складчатых сооружениях (каледонидах) Гренландии, Шотландии, Норвегии и Шпицбергена или в складчатых поясах позднепротерозойского возраста в юго-восточной Бразилии, Уругвае и на побережье Африки между 0 и 30° ю. ш. В тех случаях, когда складки пересечены поперечным разломом, по которому произошло раздвигание, такое пересечение также наблюдается на обеих сторонах разрыва. Это можно видеть, например, в палеозойских складках Аппалачской системы у восточного побережья США и Канады и у западного побережья Европы, в складках того же возраста по обе стороны Бискайского залива, в докембрийских складках Гвианы, северной Бразилии и побережья Гвинейского залива в западной Африке или в нижнемезозойских складках Аргентины, Фолклендских о-вов и южной Африки.

Во многих опубликованных работах палеогеография рассматривается на основе таких реконструкций. Так, например, район северной Атлантики представляет собой зону нижнепалеозойской геосинклинали, смятой в складки при сближении Русской (Восточно-Европейской) и Северо-Американской платформ. Эта складчатость уже в девоне спаяла обе платформы в единый материк Лавразию, к которому позже, в конце палеозоя, была присоединена и Сибирская платформа. После раздвигания, когда образовалась впадина северной части Атлантического океана, в Гренландии и на о-ве Ньюфаундленде сохранилась западная часть складчатого сооружения каледонид, состоящая из складок, надвинутых на край Северо-Американской

¹ Значительное перекрытие изобат наблюдается только у устья Нигера, т. е. там, где с верхнего мела до четвертичного времени происходило накопление мощных осадочных толщ в дельте этой реки.

платформы, а на Шпицбергене, в Норвегии и Шотландии — восточная часть, в которой опрокидывание складок и перемещение надвигов направлено в сторону Русской платформы. Таким образом, полная картина сжатой замкнувшейся геосинклинальной системы может быть восстановлена здесь только в реконструкции, предполагающей более близкое прежнее расположение всех частей каледонид. Исключительное сходство фауны и горных пород на разобщенных участках каледонской геосинклинали также послужило основанием для ряда мобилистских реконструкций.

Бискайский залив рассматривается как разрыв коры, возникший при скольжении и повороте глыбы Пиренейского полуострова против часовой стрелки. Глубокий, заполненный мезозойскими и третичными отложениями прогиб юго-западной Фран-

ции представляет собой продолжение той же зоны растяжения, но здесь деформация затухает и выражена только в уменьшении толщины земной коры.

Многочисленными работами последних десятилетий было подтверждено поразительное сходство между стратиграфическими разрезами, фауной и флорой палеозоя и мезозоя Южной Америки и Африки. Морские и ледниковые отложения силурийского и девонского возраста в Аргентине и на Фолклендских островах вполне сопоставляются с силуром и девоном южной Африки. Мощная серия континентальных, так называемых гондванских отложений, от ледниковых пород верхнекаменноугольного возраста и пермских песчано-глинистых осадков с характерной флорой (папоротники глоссоптерис) до покровов базальтовых лав верхнетриасового и нижнеюрского возраста тоже почти

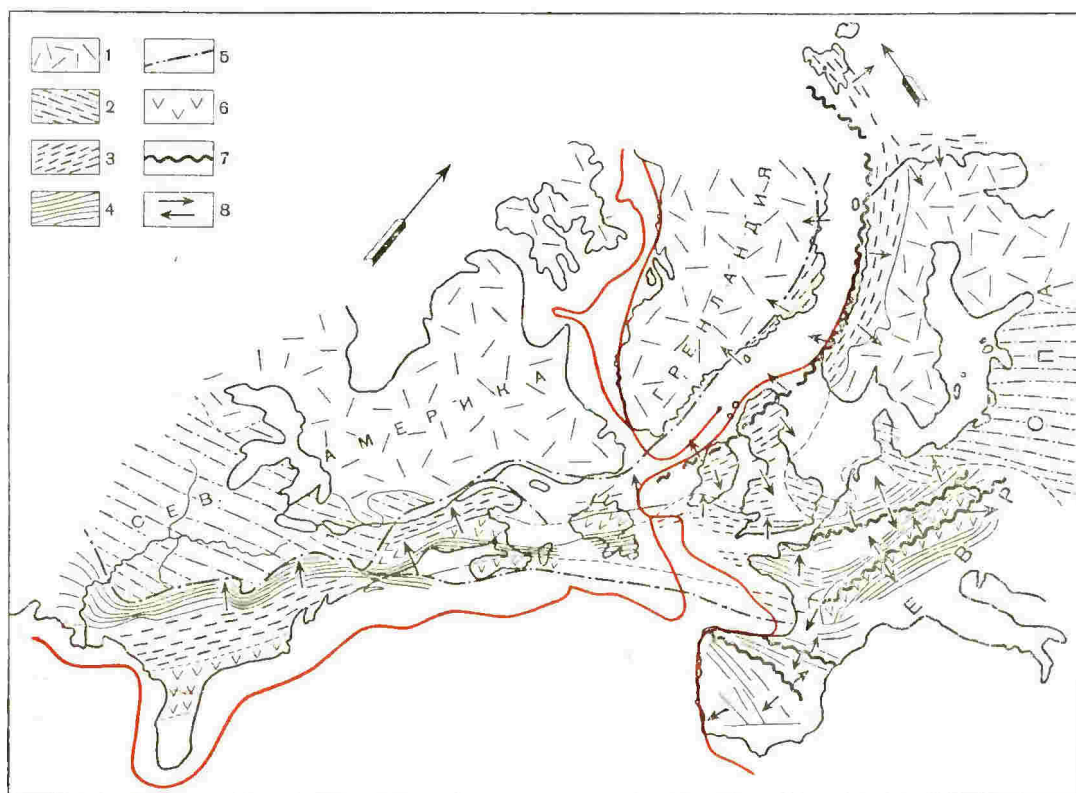
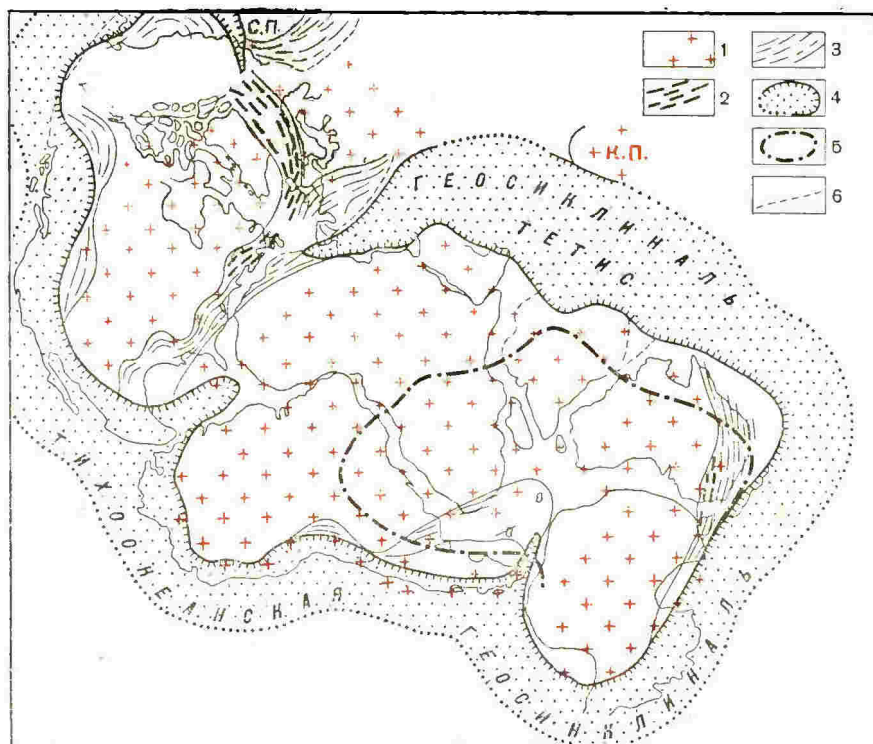


Рис. 4. Реконструкция взаимного расположения Северной Америки, Гренландии и Европы в конце палеозойской эры (по Э. Краусу). 1 — докембрийские кристаллические щиты, 2 — платформы (т. е. части докембрийских платформ, покрытые почти горизонтально залегающими осадочными отложениями), 3 — нижнепалеозойские (каледонские) складки, 4 — верхнепалеозойские (герцинские) складки, 5 — фронт каледонской и герцинской складчатостей, 6 — докембрийские складчатые массивы, 7 — оси палеозойских складчатых систем, 8 — направление наклона и опрокидывания складок и перемещения надвигов

Рис. 5. Реконструкция континента, объединявшего в конце палеозоя начало мезозоя Лавразию и Гондвану (по С. Кари и Р. Мааку, с дополнениями). 1—3 — материковые платформенные массивы, по окраинам покрывавшиеся неглубоким морем (1 — докембрийские платформы, 2 — области нижнепалеозойской складчатости, 3 — области верхнепалеозойской и нижнемезозойской складчатости), 4 — геосинклинальные области (чередование глубоких морей и складчатых гористых и вулканических островов), 5 — граница области распространения верхне-палеозойского оледенения, 6 — разломы (сдвиги и пр.). С. П. — Сибирская платформа, К. П. — Китайская платформа



идентична по обе стороны Атлантического океана. На рис. 3 видно, что при реконструкции совпадают даже детали структур (например, язык трансгрессии верхнекаменноугольного моря заходит из Южной Америки в юго-западную Африку, а край прогиба, расположенного в бассейне р. Параны, сохранился на побережье Африки в горах Каоковелд).

По ориентировке штрихов и борозд выпихивания было установлено, что ледники, распространившиеся в верхнекаменноугольное время на побережье Бразилии и Уругвая, двигались с востока. Они принесли с собой граниты, гнейсы и породы такого типа (пестрые кварциты и пр.), которые отсутствуют на этом материке, но имеются в тех частях Африки, откуда ползли ледники. В середине мелового периода у линии разрыва, отделившего Бразильскую глыбу от Африканской, возник грабен, который постепенно заполнялся континентальными и морскими отложениями верхнемелового возраста; они сохранились на побережье Африки и Южной Америки. Было отмечено также сходство стратиграфического разреза позднего докембрия Бразилии и юго-западной Африки и докембрия южной Африки, Мадагаскара и

Индостана. Кроме того, недавно была показана общность строения между Индией и северо-западной Австралией (в позднем протерозое, палеозое и мезозое).

Таким образом, единство Гондваны прослежено теперь с докембрия до середины мела, а ее раздробление выглядит как длительный процесс, начавшийся в палеозое и достигший особенно большого размаха с середины мелового периода. С этого времени прошло 80 млн. лет. Следовательно, расстояние между Африкой и Южной Америкой возрастало со скоростью 6 см в год. Такая же скорость получается по палеомагнитным данным для перемещения Индостана из южного полушария в северное.

Глубокие впадины Средиземного моря по своей геофизической характеристике аналогичны впадинам Черного моря и южной котловины Каспия и, по-видимому, имеют океанический («базальтовый») тип строения коры, отличаясь от океанов только большей мощностью осадков. Многие западно-европейские геологи рассматривают все эти впадины как прорехи, образовавшиеся в триасе и юре в результате растяжения и раздробления древнего материкового массива. К концу палеозоя Африка и Европа были не-

надолго объединены в результате герцинской складчатости. За растяжением этого материка («Еврафрики») последовало сжатие, которое привело к заполнению складками и замыканию части геосинклинальных прогибов, возникших при его растяжении (Альпы, складки побережья Югославии, южной Испании и др.). Можно думать, что Черное море, Кавказская геосинклиналь и Южно-Каспийская впадина составляли единый прогиб в разорванной части того же герцинского массива, но в дальнейшем средняя часть прогиба была сжата благодаря напору Сирийско-Аравийской глыбы, двигавшейся к северу. Перед фронтом этой глыбы поднялись складчатые хребты Кавказа и Закавказья, а на ее тыльной стороне возникли грабены Красного моря и Аденского залива. Прежняя «прореха» сохранилась только в самых глубоких частях Черного и Каспийского морей, заполненных 20-километровой толщей древних лав (состоящих из так называемых базальтовых слоев коры) и мезозойских и кайнозойских осадков.

Обращает на себя внимание сходство геологического строения западного побережья Японии, Кореи и южной части Приморского края. Все эти области составляли в мезозое единый массив. Глубокая впадина Японского моря рассматривается Т. Кобаяси и другими геологами как прореха, возникшая при растяжении коры в этом массиве одновременно с изгибанием и смятием Японской дуги. С таким предположением вполне согласуются особенности рельефа морского дна и результаты советских геофизических наблюдений, которые показали отсутствие гранитного слоя и малую толщину коры в 200—300 км к юго-востоку от Владивостока. На дне Японского моря впадины с глубиной от 2 до 4 км чередуются с плоскими подводными возвышенностями — обломками прежнего материкового массива. Переместив эти глыбы на северо-запад на расстояние до 400 км, легко восстановить его прежние контуры. При этом, например, выступ центральной подводной возвышенности как раз входит в вырез материкового склона, пересекающего меридиональные складки палеозойских отложений у берегов северной Кореи и южного Приморья.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДОКАЗАТЕЛЬСТВА

Сопоставление древних климатических зон, палеотемпературные и палеомагнитные данные также приводят к выводам о движении

материков. В юрском, меловом и третичном периодах ориентировка климатических зон мало отличалась от современной. Но в палеозое наблюдалась другая картина.

Экваториальная тропическая зона (теплые моря с крупными кораллами и пр.) проходила в эту эпоху через Западную Европу, Урал, юго-восточный Китай и Австралию. Две засушливые зоны с красноцветными пустынными отложениями прослеживаются по обе стороны от нее, а холодная зона — вблизи южного полюса этой эпохи — в Аргентине, южной Бразилии и южной Африке. Эта холодная зона временами подвергалась оледенению. Если бы все время сохранялось фиксированное расположение материков, то в районах земного шара, противоположных тем частям Южной Америки, где известны силуро-девонские ледниковые комплексы (т. е. в юго-восточном Китае), можно было бы встретить отложения северной околополярной зоны. Между тем именно здесь, как показали исследования китайского палеонтолога Т. Ма и немецкого климатолога М. Шварцбаха, проходила экваториальная зона. Вся картина распределения климатических зон, таким образом, как бы искажена раздвижением южных материков на 90°.

Еще резче это заметно в верхнем палеозое. Ледники верхнекаменноугольного и нижнепермского времени охватывали огромную площадь в Австралии, в центральной и южной Африке, Индии и Южной Америке (см. рис. 5). Их языки спускались до уровня моря или до заболоченных прибрежных низменностей. Наиболее удаленные пункты холодной околополярной зоны Гондваны расположены сейчас на расстоянии 170° друг от друга (Индостан — Бразилия), а крупнейшие области оледенения отстоят на 90° друг от друга. Таким образом, если мы поместим полюс в одну из них, то другая обязательно окажется у экватора. Центр всей этой холодной зоны, охватывающей почти целое полушарие, лежит около 70° в. д., 40° ю. ш. Но в противоположной точке земного шара (110° з. д., 40° с. ш.) вместо признаков северного полюса мы находим мощные соленосные толщи западных штатов США, отложившиеся в это же самое время в бассейнах жаркой полосы. Чтобы устранить эти противоречия, необходимо допустить, что все части Гондваны, подвергавшиеся оледенению, находились в конце палеозоя гораздо ближе к южному полюсу и, следовательно, друг к другу, чем сейчас.

Палеотемпературный метод основан на определении относительного количества различных изотопов кислорода в раковинах моллюсков, в кремнистых рострах белемнитов (так называемых чертовых пальцах) и пр. Этот метод разработан совсем недавно, но уже первые полученные результаты дают некоторое подтверждение мобилизма. Так, например, по белемнитам юрского периода американский ученый Р. Боуэн нашел, что Индия находилась в холодной зоне южного полушария, тогда как Западная Европа и США располагались ближе к экватору, чем сейчас.

Наиболее интересные новые данные, подтверждающие мобилизм, принесло изучение остаточной намагниченности горных пород.

Изверженные породы намагничиваются в земном магнитном поле во время охлаждения и затвердевания магмы, а осадочные — во время выпадения и дегидрагации окислов железа, цементирующих зерна, или в процессе осаднения, когда мелкие зерна, оседающие на дне, поворачиваясь в магнитном поле Земли, ведут себя как микроскопические магнитные стрелки. Статистическая обработка результатов магнитных измерений позволяет освободиться от влияния временных вариаций магнитного поля и найти то среднее направление намагниченности, которое приблизительно соответствует ориентировке силовых линий магнитного поля в эпоху образования породы. Отсюда легко определить значение географической (точнее — палеомагнитной) широты и направление меридианов данной эпохи в пункте взятия образцов.

По палеомагнитным данным можно проследить движение полюсов по отношению к тому участку земной коры, где взяты горные породы, считая его неподвижным. Но сопоставление мировых данных показало, что кривые движения полюса оказываются различными в зависимости от того, из какого тектонического региона или материка были взяты образцы. Намечается четыре индивидуальных кривые, соответствующие палеомагнетизму пород различных частей Гондваны —

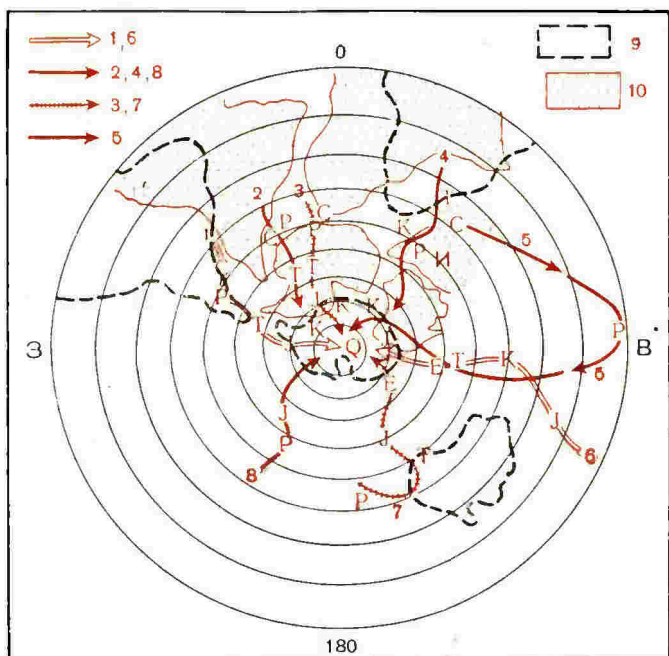


Рис. 6. Положение Южного полюса и взаимное расположение материков в середине мезозоя, предполагаемое по палеомагнитным данным. Кривые движения полюса с верхнего палеозоя до современной эпохи, найденные по ориентировке намагниченности горных пород: 1 — Северной Америки, 2 — Сибирской платформы, 3 — Восточно-Европейской платформы с ее складчатым обрамлением (западная Европа, Урал), 4 — Японии и Китая, 5 — Африки, 6 — Индии, 7 — Австралии, 8 — Антарктиды (С — верхний карбон, Р — пермь, Т — триас, К — мел, Е — палеоген, Q — четвертичный период), 9 — современное положение материков, 10 — реконструкция (по С. Ранкору), И — Индия

антарктическая, австралийская, индийская и африканская (рис. 6). Навстречу этим кривым идут две кривые, подсчитанные по намагниченности горных пород Северной Америки, Русской платформы с ее складчатым обрамлением (западная Европа, Урал) и Сибири; по китайским и японским данным вырисовывается еще одна кривая. Большинство магнитологов (С. Ранкорн и П. М. Блэккетт в Англии, Э. Эрвинг в Австралии, советские геофизики А. Н. Храмов и др.) считают, что это различие в расположении кривых представляет собой результат перемещения материков по отношению друг к другу и к полюсам. Совмещая отрезки кривых для тех интервалов времени, в течение которых рассматриваемые участки земной коры с любой точки зрения (фиксизм, мобилизм) не испытывали заметных перемещений и составляли монолитное целое, можно получить реконст-

рукцию прежнего распределения материковых глыб. Так, например, можно совместить кривые движения полюса от перми (или от девона) до юры, построенные по палеомagnetизму для четырех различных частей материка Лавразии, существовавшего в это время, — Северной Америки, Гренландии, Русской платформы и Сибирской платформы. Это дает реконструкцию, схожую с рис. 4.

Палеомagnetизм верхнепалеозойских и юрских пород Австралии, Индии и Африки дает значения широты, указывающие на гораздо более южное их расположение (например, юго-восточная Австралия находилась на 80° ю. ш. во время верхнепалеозойского оледенения). Такие выводы соответствуют палеоклиматическим и геологическим реконструкциям Кёппена и Вегенера. Разность палеомagnetных широт Индостана, с одной стороны, и Западной Туркмении и Сибири — с другой, уменьшилась в несколько раз с юрского периода до современной эпохи. Это означает сближение Индостана с северной Евразией на величину порядка 3000 км и согласуется с геологическими данными о замыкании мезозойской геосинклинали Тетис и формировании Гималаев и складчатых хребтов Средней Азии в условиях сильного сжатия.

Изучение палеомagnetизма приводит к выводу, что в начале палеозоя Сибирская и Русская (Восточно-Европейская) платформы находились гораздо дальше друг от друга, чем сейчас. Их нижнепалеозойские полюсы совершенно не совпадают и отстоят друг от друга на 4000 км. Только с девона и, особенно с пермского периода, обе платформы приобрели взаимное расположение, близкое к современному. Сибирская и европейская кривые движения полюса сливаются в этом интервале в единую линию. Такой вывод прекрасно согласуется с геологическими данными о формировании широкого Урало-Алтайского складчатого пояса между обеими платформами, постепенно сближавшимися в течение палеозоя.

Таким образом, палеомagnetные данные, как и геологические, показывают, что перемещения глыб земной коры начались не с конца палеозоя, как думал Вегенер, а гораздо раньше. Но реконструкции для конца палеозоя (верхний карбон, пермь) и начала мезозоя (триас), основанные на новейших данных, приводят к выводу, что в это время континенты действительно были сбиты вместе в такую глыбу, которая напоминала очер-

тания вегенеровской первичной материковой платформы «Пангеа» (см. рис. 5). Таким образом, в конце палеозоя разделение на материковое и океаническое полушария было выражено гораздо резче, чем сейчас. Площадь Тихого океана в то время была гораздо шире.

МЕХАНИЗМ ДВИЖЕНИЙ

Главная трудность теории мобилизма — это вопрос о механизме движений, о силах, способных сдвинуть с места материи. В современных работах дрейф континентов обычно связывают с подкоровыми течениями, которые проявляют себя также в глубинной сейсмичности и в нарушениях изостатического равновесия глыб земной коры. Подкоровые течения, как предполагают многие геологи, поднимаются вверх и расходятся в обе стороны под зонами срединных хребтов Атлантического и Индийского океанов и сходятся, погружаясь вниз, в Средиземноморско-Гималайском складчатом поясе и в кольцевом поясе, окаймляющем Тихий океан (см. рис. 1). Подводные океанические хребты рассматриваются как результат длительного накопления вулканических продуктов базальтовой магмы, вынесенной из ультраосновной оболочки Земли вместе с поднимающимся глубинным потоком.

В качестве причин, возбуждающих подкоровые течения, указываются тепловая конвекция и гравитационная дифференциация вещества земной оболочки. Некоторые ученые связывают механизм конвекции с постепенным ростом железного ядра Земли по мере обособления и опускания включений железа в силикатной массе. В этом случае максимальная концентрация силикатического материала в одном полушарии, характерная для конца палеозоя, может быть объяснена тем, что в то время существовала только одна конвекционная ячейка по всей Земле¹. Другие исследователи отводят главную роль неравномерной гравитационной дифференциации в субстрате под вулканическими геосинклинальными поясами Земли. «Очищенные» части подкорового вещества, лишившись своих более легких силикатических составных частей по мере их выжимания кверху, приобретают более высокую плотность и поэтому тонут в окружающей массе, создавая нисходящие подкоровые течения.

¹ См. S. K. Runcorn. Towards theory of continental drift. «Nature», vol. 193, № 4813, 1962, p. 311—314.

Факты, касающиеся дрейфа оболочки и коры Земли по ее ядру, установленные по наблюдениям за магнитным полем Земли в течение последних 100 лет, окончательно выбивают почву из-под ног сторонников фиксизма. Магнитное поле Земли в основном создается в верхних слоях ее ядра и постепенно скользит в западном направлении со скоростью $0,3^\circ$ в год. Западный дрейф земного магнитного поля объясняется тем, что по сравнению с магнитным ядром кора вращается несколько быстрее и делает один лишний оборот вокруг земной оси за тысячу лет. Однако даже эта маленькая разница скоростей, составляющая на экваторе только 40 км в год (100 м в сутки), оказывается в низких и средних широтах в миллион раз больше той скорости горизонтальных движений глыб земной коры, которая подсчитана по геодезическим, геологическим и палеомагнитным данным ($0,5-6$ см в год). Следовательно, даже в том случае, если совершенно ничтож-

ная часть движения коры и оболочки по ядру Земли, сочетаясь с тепловой конвекцией или гравитационной дифференциацией, трансформируется в медленные вихревые движения внутри оболочки, этого может оказаться достаточно для объяснения мобилизма.

Таким образом, начинает проясняться и этот самый трудный вопрос в концепции мобилизма. По-видимому, были правы известные геологи С. Н. Бубнов в ГДР и Ж. Гогель во Франции, когда еще лет десять тому назад они говорили, что развитие науки идет от фиксизма к признанию мобилизма. Однако для окончательного решения вопроса необходима большая исследовательская работа, которую нужно вести в различных областях, не связывая себя заранее ни построениями мобилизма, ни предвзятыми догмами фиксизма.

П. И. Кропоткин
Доктор геолого-минералогических наук
Геологический институт АН СССР (Москва)

ГРОМАДНЫЕ И КРОХОТНЫЕ ЕДИНИЦЫ

Науке все больше приходится иметь дело с очень большими и очень малыми числами. Удобно иметь для них специальные названия. Международный союз теоретической и прикладной физики одобрил недавно список таких названий для единиц измерения, содержащий некоторые нововведения:

10^{-1} деци	10^{-16} фемто
10^{-2} санти	10^{-18} атто
10^{-3} милли	10^3 кило
10^{-6} микро	10^6 мега
10^{-9} нано	10^9 гига
10^{-12} пико	10^{12} тера

«Scientific American», v. 207, 1962,
№ 55 (США)

НОВЫЕ РЫБНЫЕ ПРОДУКТЫ

Гейнц Довенскоп в Бремене (ФРГ) предложил новый способ извлечения клеточной жидкости из ткани рыб и их отходов. При помощи электрофореза, при температуре ниже 45° из рыбной тка-

ни выжимаются жир и белки. Этот метод позволяет сохранить уничтожаемые при обычном приготовлении пищи витамины, аминокислоты и жирные кислоты, устранять привкус рыбы. Полученные новым способом рыбные продукты идут в консервную промышленность, а также в виде муки на подкормку птицы и скота. В птицеводческих фермах новый корм увеличивает продуктивность и повышает яйценоскость кур. На специально оборудованном заводе в Бремергаверне методом электрофореза получают в час более тонны рыбного сырья, в ближайшее время выпуск его увеличится до двух тонн.

«Commercial Fisheries Review»,
v. 5, 1962.

РАСТИТЕЛЬНОЕ МАСЛО И КРОВЯНОЕ ДАВЛЕНИЕ

В последнее время наблюдается тенденция к замене животных жиров в рационе питания людей растительными маслами, поскольку содержащийся в животных жирах холестерин может вызы-

вать уплотнение артерий и повышение кровяного давления. Однако растительные масла преобразуются в организме в холестерин, т. е. их действие столь же отрицательно, как и животных жиров.

Опыты, проведенные в университете штата Айова на цыплятах, показали, что высокое содержание растительных масел в рационе питания оказывает такой же отрицательный эффект на кровяное давление, как и холестерин. В первом опыте молодым петушкам давался кристаллический холестерин в количестве 1%. Во втором опыте три другие группы петушков получали масло соевых бобов или кукурузное масло, или же белый животный жир в количестве 12,5%.

При содержании растительного масла более 10% в течение 10 недель кровяное давление повышалось на 20—25 мм рт. ст., что примерно на 20% выше нормального кровяного давления и свидетельствует о развитии уплотнения артерий. Эффект, оказываемый на птиц растительными маслами, мало отличался от эффекта, вызываемого животными жирами.

«Foodstuff», 1962, июль (США)