

◆
Между антропологами мира сейчас идут оживленные дискуссии вокруг новейшей находки, сделанной Луисом Лики. Куда отнести найденные костные фрагменты презинджантропа, или, как назвал его открыватель, «человека умелого» из Олдовайского ущелья? Наибольшее внимание привлекают кости левой стопы, судя по особенностям которых это существо, вероятно, могло лучше передвигаться на двух ногах, чем, например, разные виды древних австралопитеков — двуногих обезьян Южной и Восточной Африки.

Но, как полагает большинство советских антропологов, этого еще мало для того, чтобы объявить презинджантропа несомненным человеком, притом уже «умелым». Ведь его головной мозг был невелик (около 650 см^3 , если не меньше), а по степени развития тоже оставался еще в пределах, свойственных австралопитековым обезьянам, к кругу которых презинджантропа скорее и

надо отнести. А древнейшие люди, вроде яванского питекантропа, обладали более крупным головным мозгом ($900\text{--}1000 \text{ см}^3$), не говоря уже о синантропах с их максимумом в 1200 см^3 .

И вряд ли можно считать несколько, будто бы обработанных камней, или речных галек, найденных неподалеку от костей презинджантропа, его искусственными орудиями. Сколы на них малочисленны и носят случайный характер. Они могли быть сделаны непреднамеренно при попытках убить ящерицу или какое-нибудь другое мелкое животное во время преследования добычи на каменистом грунте; да и то сомнительно. Научно более обоснованно, как справедливо и пишет автор предлагаемой вниманию читателя статьи, болгарский ученый д-р Е. Ангелов, считать *Homo habilis* крупной человекообразной обезьяной.

Профессор М. Ф. Нестурх
Москва

УДК 572

СЖИМАЕТСЯ ИЛИ РАСШИРЯЕТСЯ ЗЕМЛЯ?

ПРОИСХОЖДЕНИЕ ОКЕАНИЧЕСКИХ ВПАДИН

А. И. Рыбин
Москва

Каждого любознательного человека интересуют проблемы происхождения разнообразных, особенно наиболее крупных форм рельефа Земли. Среди ученых пока нет единого мнения в этих вопросах. Основываясь на сводных современных геологических и геофизических материалах, автор рассматривает происхождение океанических впадин в связи с изменением размеров земного шара и высказывает свою точку зрения.

Ученых давно интересует, как на протяжении длительной истории развития Земли изменяются ее размеры, особенно объем. По этому поводу выдвигались различные научные гипотезы. Впервые более ста лет тому назад французский геолог Эли де Бомон предположил, что Земля сжимается. Крупнейший отечественный геолог А. П. Карпинский еще в конце прошлого века высоко

оценивал гипотезу сокращения поверхности Земли; он считал, что идея о таком сокращении, богатая вытекающими из нее последствиями, принадлежит к счастливейшим научным завоеваниям. Эта так называемая гипотеза контракции до сих пор остается самой популярной из гипотез о причинах движения земной коры. Прочной основой ее служит установленное геологическими и гео-

физическими исследованиями преобладание в земной коре, точнее на суше, а также в субстрате (в верхней мантии, оболочке Земли) деформаций горизонтального сжатия, в то время как зоны растяжения коры встречаются редко и они относительно малы по площади.

Расчеты, основанные на геологических, геофизических и астрономических данных, проводившиеся независимо друг от друга и независимо от причин сокращения поверхности Земли, показывают, что ее радиус сокращается на 4—5 см в сто лет. Эта цифра хорошо согласуется с «холодными» гипотезами происхождения Земли (О. Ю. Шмидта, Ф. Мультона, Т. Чемберлена и др.), если считать, что средний состав Земли такой же, как и средний состав всех метеоритов (В. Г. Фесенков, Г. С. Вашингтон, Б. Ю. Левин и др.)¹.

Можно подсчитать, что при сокращении радиуса Земли выделяется колоссальная энергия — в одной лишь коре около $2,5 \cdot 10^{27}$ эрг в год. Если же учесть, что сжатие Земли, по-видимому, вызывается процессами, происходящими на границе ядра и мантии, то количество выделяющейся энергии составит за год $1,5 \cdot 10^{29}$ эрг. Она расходуется на движения коры, землетрясения, разогревание Земли на большой глубине и т. д.

Казалось бы, разогревание Земли должно вести к ее расширению. Однако сейчас большинство ученых считает, что увеличение или уменьшение температуры недр не может существенно влиять на объем Земли. Причину ее сжатия скорее следует видеть в уплотнении нижней мантии и переходе ее в состав ядра в соответствии с известной гипотезой В. Н. Лодочникова — В. Х. Рамзея².

СЛЕДСТВИЕ СЖАТИЯ

Проблема сжатия или расширения Земли тесно связана с происхождением океанических впадин. Мы знаем, что континенты и океанические впадины — это основные формы рельефа земной поверхности. Как же они образовались?

¹ Средняя плотность метеоритов при давлении в одну атмосферу равна $3,5 \text{ г/см}^3$, а средняя плотность Земли $5,5 \text{ г/см}^3$. При среднем сокращении радиуса Земли на 4—5 см в сто лет на уплотнение ее потребовалось 2—2,5 млрд. лет. Эта цифра близка к минимальному возрасту Земли — 3 млрд. лет, принимаемому в настоящее время.

² См. Б. Ю. Левин. Происхождение Земли и планет. Изд-во «Наука», 1964, стр. 84—90.

В вопросе о происхождении континентов среди геологов нет особых разногласий, и достаточно общепринятая точка зрения изложена на страницах «Природы» известным канадским геофизиком Дж. Т. Вильсоном¹. Но вот происхождение океанических впадин объясняют гипотезы, часто совершенно исключаящие друг друга. Некоторые ученые предполагают, что океанические впадины образуются при расширении Земли в результате разрывов коры, некогда якобы покрывавшей ее целиком («кбровая» Земля) или большую ее часть, чем сейчас. К этой гипотезе близко примыкает гипотеза дрейфа континентов, или мобилизма. Для последней характерно предположение, что ни континенты, ни океанические впадины не расширяются одна за счет другой. Это составляет определенную слабость этих гипотез, ибо существенно ограничивает концепцию развития. По другим взглядам, океанические впадины расширяются за счет континентов; иногда здесь предполагается сжатие Земли.

Среди гипотез о происхождении океанических впадин наибольшее распространение получила та, по которой различаются первичные, древние океанические впадины и вторичные, образовавшиеся с начала палеозоя, т. е. за последние 500—600 млн. лет. При этом выражение «первичные океаны» означает не столько «изначальность» их существования на Земле, сколько невозможность в настоящее время объяснить их происхождение (объяснение дается лишь происхождению вторичных океанов).

К древним океанам относится центральная часть Тихого океана и обширные области Атлантического и Индийского, примыкающие к Южно-Сандвичевым, Антильским, Зондским островам и Малаккскому полуострову, а возможно и центральные районы этих двух океанов. Остальные их территории относятся ко вторичным океанам. Впрочем, по гипотезе мобилизма, Атлантический и Индийский океаны полностью вторичные.

Частично первичны, частично вторичны океаны и в гипотезе слабо расширяющейся Земли; здесь предполагается, что радиус Земли увеличивается на 1—10 мм в столетие. Такое увеличение не позволяет объяснить происхождение всех океанов за счет разрывов коры при расширении Земли, даже если последнее продолжалось 5—6 млрд. лет. В гипотезе сильно расширяющейся Земли

¹ См. «Природа», 1959, № 8, стр. 41—52.

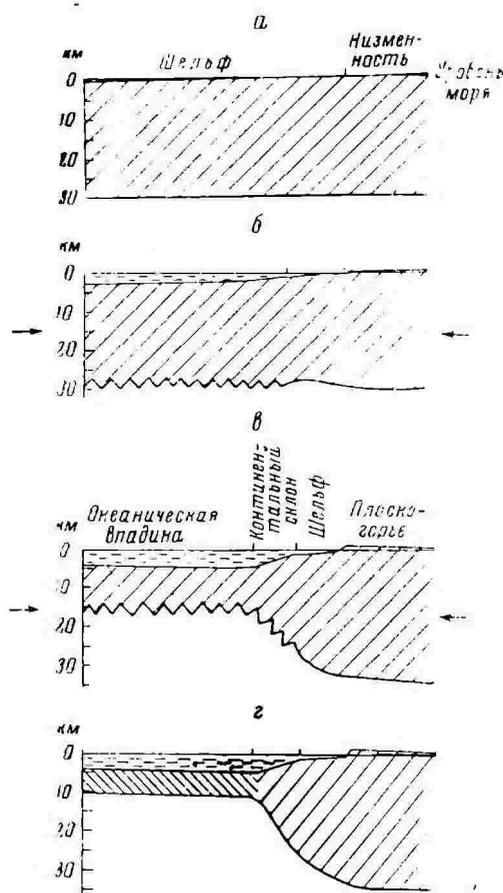


Рис. 1. Схема образования (или расширения) океанической впадины по гипотезе контракции (вертикальный масштаб увеличен в 5—10 раз относительно вертикального). Подготовительный этап (а) — образование широкого шельфа (мелкого моря у берега океана) за счет незначительного уменьшения мощности материковой коры. Первый этап (б) — сжатие коры (показано стрелками). Во внешней части шельфа образуются большие глубины, под которыми, вследствие восстановления изостазии, начинается исчезновение (снизу) первичной, материковой коры. Второй этап (в) — дальнейшее сжатие коры. На месте больших глубин появляется океаническая впадина и континентальный склон (промежуточная форма рельефа и промежуточная мощность коры между океанической впадиной и шельфом). На суше у берега образуется плоскогорье (результат того же сжатия коры). Продолжается исчезновение первичной коры под океанической впадиной. Заключительный этап (г) — первичная кора под океанической впадиной полностью исчезла, образовалась вторичная, океаническая кора за счет излияния лав и древних океанических осадков

радиус увеличивается на сантиметры в столетие. Эту теорию поддерживает известный венгерский геофизик Л. Эдьед (1957), принимая увеличение радиуса Земли на 5 см в столетие. При таком расширении все океанические впадины и глубокие моря могли образоваться в результате разрывов коры примерно за 5 млрд. лет, а поэтому все океанические впадины вторичны.

Есть еще гипотеза очень сильно расширяющейся Земли, по которой предполагается увеличение радиуса на метры в столетие. Она была подвергнута критике на страницах «Природы» Ю. М. Шейнманном¹, и поэтому мы не станем на ней останавливаться. Не будем рассматривать также гипотезу слабо расширяющейся Земли, поскольку лежащее в ее основе утверждение (расширение Земли вызывается разогреванием недр радиоактивным теплом) не может быть принято.

Остановимся более подробно на гипотезе Л. Эдьеда. Он исходит из палеогеографических данных: с начала палеозоя прогрессивно сокращалась площадь современных континентов, покрытая водой. Но это не обязательно должно быть связано с увеличением поверхности Земли. Отсюда можно только сделать вывод об увеличении емкости океанических впадин. Можно сказать, что с течением времени все больше воды сосредоточивалось в океанах, и она все меньше заливала современную сушу.

За счет чего же оно может происходить? Л. Эдьед считает, что увеличение емкости океанических впадин связано только с расширением океанов. Но оно может вызываться углублением последних. Факты убеждают в том, что истину надо искать где-то посередине, принимая во внимание и расширение и углубление океанов.

При рассмотрении этого вопроса большую роль играет изменение во времени общего объема воды на Земле. Эта проблема геологии — одна из наиболее сложных. В настоящее время считается, что вода выделилась из недр Земли вместе с магмой. Так, известный советский геофизик В. А. Магницкий пришел к выводу, что за 3 млрд. лет выделяется как раз такое количество воды из магмы, какое нужно для заполнения океанов². Следовательно, при условии равномерной интенсивности магматической деятельности

¹ См. «Природа», 1963, № 6, стр. 77—79.

² См. В. А. Магницкий. Внутреннее строение Земли. Изд-во «Знание», 1961, стр. 39.

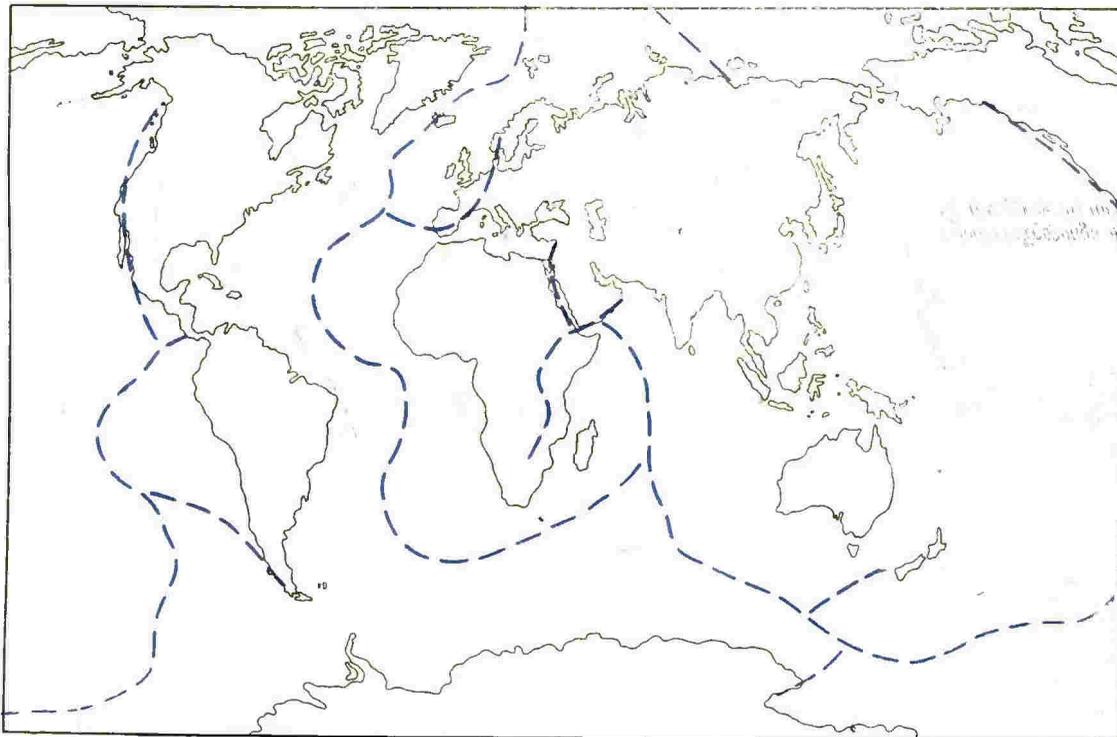


Рис. 2. Схема подводных разломов (по М. Юингу, Б. Хейзену и М. Тарпу, 1959)

за последние 500 млн. лет выделилось не более 17% общего объема воды на Земле. Однако хорошо известно, что магматическая деятельность ослабевала в течение геологического времени (по крайней мере на суше). Поэтому с течением времени уменьшалось и количество воды. Вероятно, за последние 500 млн. лет выделилось не более 5—6% общего объема воды. Л. Эдвед, например, допускает, что за историю Земли воды стало больше лишь на 4%. В таком случае следовало бы говорить не об углублении, а об обмелении океанов на расширяющейся Земле. Поэтому в условиях незначительного изменения количества воды одновременное расширение и углубление океанических впадин возможно лишь на сжимающейся Земле. Иными словами, сжатие Земли ведет к расширению и углублению океанических впадин. При этом мы имеем в виду расширение океанических впадин относительно сжавшейся Земли — абсолютная же площадь океанических впадин уменьшается.

Некоторые ученые считают, что океаны начали появляться лишь в мезо-кайнозое, т. е. за последние 200 млн. лет. Однако упомянутые палеогеографические данные показывают, что с точки зрения увеличения емкости океанических впадин нельзя отличить

палеозойскую эру от мезозойской или кайнозойской. Больше того, даже если допустить, что океаны возникли в начале палеозоя, то остается неясным, где же находилась вода до этого. Поэтому более правильно считать, что океаны появились еще до палеозоя, т. е. в одно время с первыми платформами¹. Правда, допалеозойские платформенные массивы были невелики. Такую же небольшую площадь имели и первые морские бассейны — прообразы современных океанов — 3—4 млрд. лет тому назад. Поэтому в условиях сжимающейся Земли возникновение, расширение и углубление океанических впадин неразрывно связано с возникновением и расширением платформ. Не случайно вторичные океанические впадины большей частью примыкают к платформам.

Погружение на океаническое дно участков материковой коры (океанизация) сопровождается резким уменьшением ее толщины. Наибольшее недоумение обычно вызывает исчезновение под вторичными океаническими впадинами так называемого «гранитного»

¹ Платформы — это наиболее стабильные районы земной коры. Таковы в настоящее время Африка (за исключением гор Атлас), полуостров Индостан, восточная часть Северной и Южной Америки.

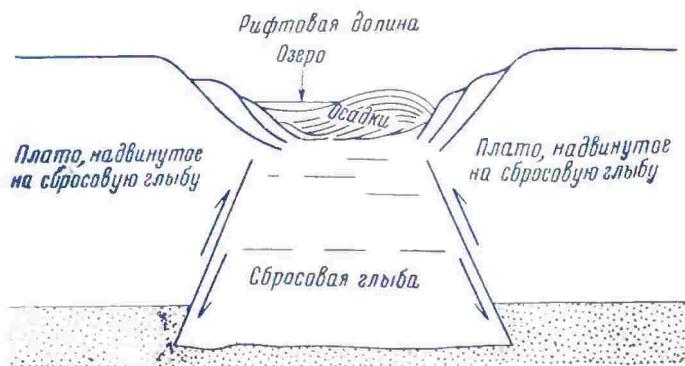


Рис. 3. Схематический разрез через озеро Альберт в Восточной Африке, составленный Е. Дж. Вайландом для иллюстрации его гипотезы о происхождении рифтовых долин в результате глубинного сжатия (1921)

слоя, хотя, казалось бы, океанизация должна начинаться с исчезновения расположенного ниже «базальтового» слоя. Для объяснения этого интересного явления геологами было предложено несколько гипотез, несостоятельность которых, однако, показана известным советским геофизиком Е. Н. Люстихом еще в 1959 г.

Нужно еще обратить внимание на поразительную согласованность расширения океанов с уменьшением мощности коры. Всякий раз, когда при сокращении поверхности Земли океан может расширяться, всегда в том или ином месте уменьшается мощность коры. Создается впечатление, что локальное уменьшение мощности коры вызывается ее сокращением. Фактически же уменьшение мощности коры как будто должно предшествовать образованию на этом месте океана. Не в этом ли разгадка причины уменьшения мощности коры? Действительно, как считает В. А. Магницкий (1960), возможны значительные погружения коры в оболочку. Но это не простая ассимиляция. Такое погружение может произойти лишь за счет какого-то источника энергии, способного совершить работу против действия силы тяжести. Этим источником, как нам представляется, может быть только сокращение поверхности Земли. Видимо, под влиянием этого сокращения в субстрат вдавливаются глыбы коры, отколовшиеся от края материка (рис. 1). Под отколовшимися глыбами предварительно мощность коры может (пусть незначительно) уменьшиться, что позволит поверхности этих глыб занять более низкое относительно соседних участков суши гипсометрическое по-

ложение, чем раньше. Такой процесс происходит вследствие выравнивания изостазии¹. Поскольку в субстрат вдавливаются целые глыбы материковой коры, то наступление вторичных океанов на платформенные массивы происходит не постепенно, а прерывисто.

Океанизация будет объяснена, если допустить растворение, ассимиляцию вдавленной части коры в субстрате. Мы можем лучше понять этот процесс базификации, если учтем, что высокие горы на Земле существуют лишь постольку, поскольку происходит непрерывное поднятие коры, в против-

ном случае горы в масштабе геологического времени быстро исчезают с поверхности Земли. Подобно горам, корни гор также быстро исчезают, т. е. нижняя часть коры, погруженная в субстрат, рассасывается, растворяется в субстрате. Но принципиально этот процесс совершенно одинаков с океанизацией (если допустить возможность вдавливания коры в субстрат). В обоих случаях происходит выравнивание изостазии путем ассимиляции субстратом по меньшей мере части коры. При океанизации первичная кора, включая «гранитный» и осадочный слои, полностью растворяется, а «базальтовый» слой, наблюдаемый в океанах, уже вторичен, так как образуется в процессе излияния лав. Грандиозное развитие последних на дне океанов теперь хорошо известно. Становится понятно, что встречающиеся в океанах, главным образом молодые осадки (не старше мела — 70—150 млн. лет), не могут свидетельствовать ни о молодости океанов, ни об образовании океанических впадин в результате расширения Земли с мелового периода.

Так как и кора, и субстрат проводят поперечные сейсмические волны, то ассимиляция коры субстратом (если она имеет место) должна происходить в твердом виде. Поэтому этот процесс по существу идентичен с базификацией в результате замещения в твердом виде (метасоматоза) коры «сквозьмагматическими магнезиальными растворами», поступающими из субстрата (В. В. Ти-

¹ Подробно см. «Природа», 1964, № 7, стр. 87—91.

хомиров, 1958). Как бы то ни было, необходимо допускать насильственное погружение блоков коры в субстрат, а затем их базификацию, и такое погружение также происходит в результате сжатия Земли.

При сокращении радиуса Земли на 0,05 см в год выход гравитационной энергии в одной лишь коре, как мы указали, составит $2,5 \cdot 10^{27}$ эрг. Если вся эта энергия пойдет на вдавливание коры в субстрат, то за один год может образоваться почти 10 км^2 океанической коры. Для формирования всех океанов достаточно было бы и 36 млн. лет, т. е. половины кайнозойской эры. Но фактически достаточно лишь небольшой части энергии сжатия Земли (не более 4—5% при коэффициенте полезного действия механизма океанизации 50%), чтобы за время с начала палеозоя по настоящее время появилась половина Атлантического и Индийского океанов (около 80 млн. км^2).

Следует еще отметить, что возможны многочисленные случаи «добровольного» погружения материковой коры на океаническое дно, когда под влиянием происходящих в субстрате процессов мощность коры уменьшается без влияния контракции («подкорковая эрозия») и для достижения равновесия кора погружается. Здесь мы сталкиваемся с процессом в некотором роде обратным изложенному: там вначале происходит погружение, а затем уменьшение мощности коры, а здесь сначала уменьшение мощности коры, а затем ее погружение. На последний способ образования океанических впадин обратил внимание советский геофизик А. Ш. Файтельсон в 1963 г.

Итак, Земля сжимается, океанические впадины на ней расширяются. Однако это не может продолжаться до бесконечности, и в конце концов должен наступить предел сжатия Земли, и тогда она перейдет в устойчивое состояние (или во всяком случае более устойчивое). Поэтому актуален вывод английского астронома Дж. Уитроу «о неизбежной общей тенденции к устойчивому состоянию, когда все континенты в конце концов скроются под волнами всемирного океана»¹. Элементарные расчеты на основании гипотезы Лодочникова — Рамзея приводят, однако, к выводу, что Земле не угрожает столь печальная участь, предсказанная Дж. Уитроу. По этой гипотезе Земля перейдет в более

устойчивое состояние с сохранившимися кое-где остатками суши, а возможно даже и с сохранившимися континентами.

ГИПОТЕЗЫ МОБИЛИЗМА И РАСШИРЯЮЩЕЙСЯ ЗЕМЛИ

Теперь рассмотрим более подробно, почему же для нас неприемлемы гипотезы мобилизма и расширяющейся Земли, у которых много общего.

Теория мобилизма особенно популярна за рубежом. Знаменитый австрийский ученый и путешественник Альфред Вегенер впервые опубликовал ее в 1912 г. Он опирался на сходство в очертаниях материков, сходство горных пород, расселение флоры и фауны и т. д.¹

Неоднократные обсуждения этой гипотезы за рубежом, например в 1928 г. и в 40-е годы, приводили к отказу от нее. По словам известного американского геолога Бейли Виллиса, «материковый дрейф — сказка». Возражения против этой гипотезы высказывались также многими советскими учеными: геологами Н. С. Шатским, В. В. Белоусовым, Ю. М. Шейнманном, геофизиками В. А. Магницким, Е. Н. Люстихом, географами Л. С. Бергом, К. К. Марковым. Весьма убедительные доводы против гипотезы мобилизма приводились на Первом океанографическом конгрессе в Нью-Йорке в 1959 г.²

Эта гипотеза не может объяснить причины движения континентов. Приведя ряд соображений в пользу разнообразных движений материков (и островов), А. Вегенер пишет: «Несмотря на то, что перемещение материков представляет на первый взгляд пеструю картину различного рода движений, все-таки можно подметить большую закономерность: материковые глыбы перемещаются в экваториальном и западном направлениях»³. Имея в виду, что альпийские (современные) складчатые горы тянутся в основном в Восточном полушарии в широтном направлении, а в Западном — в меридиональном, можно вслед за известным немецким геоморфологом Фрицем Махачеком (1959) спросить: почему в Старом свете — удаление от полюса, а в Новом — западный дрейф должны

¹ См. А. Вегенер. Происхождение материков и океанов. Госиздат, 1925.

² См. Д. И. Щербатов. Пучины океана. Изд-во АН СССР, 1962.

³ См. А. Вегенер. Происхождение материков. 1925, стр. 135.

¹ См. Естественная философия времени. Изд-во «Прогресс», 1964, стр. 28.

быть решающими моментами для смятия земной коры в складчатые горы?

Обе упомянутые вегенеровские силы связаны с вращением Земли: к экватору континенты движет полюсобезная сила (частный случай центробежной силы), а на запад — приливное трение (от притяжения со стороны Луны и Солнца). Однако впоследствии было неопровержимо доказано, что обе эти силы совершенно недостаточны для перемещения континентов. Поэтому известный геофизик Б. Гутенберг в 1939 г. предположил, что континенты переносятся подкоровыми течениями. Последние, ввиду значительной вязкости подкорового вещества, могут увлекать за собой кору и якобы даже целые континенты. Может быть, это и так, однако фактических данных о существовании подобных течений нет, как отметил и сам Б. Гутенберг, и другие геофизики. Следовательно, тем более неизвестно, могут ли подкоровые течения передвигать континенты, и пока нет возможности считать подкоровые течения способными производить горизонтальные перемещения коры. Поэтому мы присоединяемся к заключению канадского геофизика Дж. Т. Вильсона: «Гипотеза перемещения континентов не имеет физического обоснования, и для такого движения мы не находим достаточной причины»¹.

Отмеченные недостатки гипотезы мобилизма в некоторой степени устраняются в гипотезе расширяющейся Земли, также имеющей преимущественное распространение за рубежом. Хотя эта гипотеза впервые была предложена еще в конце прошлого века, можно полагать, что она придумана как раз для устранения недостатков гипотезы Вегенера. Именно об этом говорит известный немецкий физик Паскуаль Йордан².

В отличие от Л. Эдьеда, американские ученые видят признаки расширяющейся Земли в якобы единой системе трещин, разломов растяжения. Они приурочены к ныне известным подводным океаническим валам и восточный границе центральной части Тихого океана (рис. 2), кое-где эта система разломов выходит на континенты (например, в Восточной Африке). Но сейсмологами уста-

новлено, что по этим разломам верхняя мантия или сдвигается, или сжимается в горизонтальном направлении, но отнюдь не растягивается. По существу, это убийственный аргумент для гипотезы американских ученых. Родство рифтов, осложняющих гребни подводных океанических хребтов, и рифтов Восточной Африки действительно существует. Но их происхождение вызывается не растяжением коры, а скорее глубинным сжатием вследствие снолзания коры под влиянием силы тяжести к осевой части хребтов¹. В результате верхняя часть коры испытывает растяжение (рис. 3). Поэтому если объединять все разломы Земли в единую систему, то гораздо больше оснований считать эту систему образовавшейся именно на сжимающейся Земле.

Физические предпосылки для гипотезы расширяющейся Земли так же мало состоятельны. Теперь часто ссылаются на гипотезу знаменитого английского физика Поля Дирака о вековом уменьшении постоянной тяготения. Не рассматривая ее подробно, приведем лишь мнение наиболее компетентного специалиста П. Йордана. Он склонен признать эту гипотезу и все же замечает, что ее значение на основе новых астрономических результатов сегодня довольно неуверенно и спорно².

Наконец, и это, пожалуй, самое главное, — неизвестно, откуда берется та колоссальная энергия, которая необходима для расширения Земли и которая выделяется в случае ее сжатия. Американские ученые показали, что даже если бы весь земной шар состоял из тринитротолуола, то энергии, которую он мог выделить при взрыве, хватило бы лишь на то, чтобы увеличить радиус Земли всего на 4%³. Между тем, чтобы объяснить происхождение всех океанов по гипотезе расширяющейся Земли, нужно увеличение радиуса Земли на 70%. Но даже и для увеличения его всего на 4% энергию взять неоткуда.

Поэтому ни геологические, ни физические предпосылки не дают достаточных оснований для принятия гипотез мобилизма и расширяющейся Земли.

УДК 550.311; 551.24

¹ См. «Природа», 1959, № 8, стр. 52.

² См. P. Jordan. Zum Problem der Erdexpansion. «Naturwissenschaften», 1961, № 11, S. 417.

¹ См. «Природа», 1965, № 4, стр. 123—124.

² См. P. Jordan. Zum Problem der Erdexpansion. «Naturwissenschaften», 1961, № 11, S. 420.

³ «Неделя», 1963, № 32, стр. 9.