

по неподвижному объекту, — так точно и свет, достигающий нас из отдаленного источника, уходящего от нас с большою скоростью, теряет энергию в стремлении догнать нас. Известно, что именно при помощи наблюдения этой деградации, вырождения света, известного в астрофизике под именем „красного смещения спектральных линий“, мы и измеряем указанные отступательные скорости галактических систем. Нетрудно произвести вычисление, которое показывает что убыль лучистой энергии всей вселенной, происходящая за счет такой деградации, даже превышает всю сумму потерь энергии от звездного излучения. Отсюда, конечно, не следует делать вывода, что эта экспансия — раздвижка вселенной — осуществляется за счет этой энергии: такой вывод был бы не более правилен, чем сказать, что трамвай приводится в движение человеком, стремящимся догнать его.

Но что же тогда является причиной расширения? Кто раздувает этот резиновый шар? К сожалению, пока единственно возможный ответ будет: это делает ламбда! Именно наличие ламбды — космологической константы в эйнштейновском уравнении — не только замыкает вселенную, делая ее из бесконечной конечною, но она же — эта постоянная — обуславливает возмож-

ность расширения. Почему происходит расширение вселенной, а не сжатие, мы не знаем. Как только что сказано, расширение это не обуславливается давлением излучения — „давлением света“. Вселенная расширилась бы точно таким образом, если бы излучения не было вовсе, причем это расширение было бы тем же, если бы — это чрезвычайно важный пункт теории — и материи не было бы вовсе, а было бы одно излучение. Вся сумма расширения обуславливается ламбдою и только ламбдою. Многим может показаться по меньшей мере неудовлетворительным то, что мы не в состоянии указать механизм, при помощи которого производит свой эффект ламбда. К сожалению, это пока именно так и обстоит: мы не можем выйти за рамки математических уравнений, и покуда нам еще не удалось подойти ни к какой связи между таинственной ламбдою и прочими основными постоянными природы. Но ведь правда, придумывание механизмов было не в моде за последнюю четверть века, и в конце-концов поведение ламбды является не более странным или мистическим, чем роль гравитационной постоянной каппы не говоря уже о квантовой постоянной  $h$  или скорости света  $c$ .

(Перев. Н. В. Белов).

## Движение материков и горообразование

Проф. Б. Л. Личков

На целый ряд процессов, происходящих на нашей планете, оказывает большое влияние движение самой планеты. Относящиеся сюда примеры общеизвестны: движение атмосферы (отклонение пассатов и муссонов), связанные с ним морские течения, размывающее действие рек при их движении на берега. Влияние состоит в том, что происходящие на земной поверхности дви-

жения отклоняются в северном полушарии вправо, в южном — влево. Эти отклонения имеют общее значение и теоретически могут быть распространены на все происходящие на поверхности земного шара движения.

Так формулирует известная теорема Кориолиса. Она означает, что при всяких движениях на поверхности земли, от какой бы причины они ни зависели,

вращение планеты должно явиться источником нового движения, так сказать, суммирующегося с тем движением, которое имеет своим источником те или иные земные причины. Это ясно видно в приведенных выше примерах. Движения атмосферы имеют основную причину свою в различном нагревании полярных и экваториальных областей; отсюда возникают определенный барический рельеф атмосферы и связанные с ним движения, которые отклоняются от вращения. Равным образом морские течения, по теории Цеприца, создаются ветрами; причина их, стало быть, лежит в движениях атмосферы; однако и здесь вращение земли, вызывая отклонения течений, создает новое движение. Наконец, — движение реки зависит от уклона местности вращение земли оказывает свое влияние и на этот процесс, создавая новое движение.

Принципиальных возражений против теоремы Кориолиса нет. Однако границы применения теоремы по отношению к конкретным движениям неясны и вопрос о них вызывает еще большие разногласия.

Никто не отрицает, что в направлении пассатов и муссонов, а также в направлении морских течений сказывается влияние вращения земли. Хуже уже обстоит дело с реками. Здесь далеко не все признают так называемый закон Бэра о причинах отклонения рек вправо в северном полушарии и влево в южном, и многие ученые для объяснения различий в строении правого и левого берегов ищут других причин, не связанных с вращением земли. Не отрицая применимости в отдельных случаях этих частных причин как фактора дополнительного, я полагаю, что основная причина асимметрии здесь все-таки — отклоняющее влияние вращения. Это как нельзя лучше подтверждают колоссальные древние разливы рек, связанные с горными и материковыми ледниковыми явлениями, огромные древние аллювиальные равнины, широкое распространение которых установлено в последнее время (1), а толкование которых (2) коренится в тонких анализах К. Бэра (3).

Прежде эти явления не были известны и поэтому идеи Бэра не находили себе полного подтверждения. Теперь так называемый закон Бэра, касающийся рек, получил полное подтверждение на историко-геологическом фоне. Область применения правила Кориолиса четко расширилась и будет расширяться дальше с развитием науки.

Настоящая статья посвящена вопросу о влиянии вращения земли на горообразовательные процессы и движение материков.

Движения земной коры, находящие свое выражение в горообразовании или перемещении материков, истолковываются сейчас на основе принципов изостазиса. Предпосылкой возможности этих движений является то, что известные части земной коры в силу плавания по другим частям, более глубоко расположенным, приобретают по отношению к последним способность к некоторой независимости в своих движениях. Следствием этой независимости являются новые движения. Может ли на эти движения оказывать свое влияние вращение земли? — вот вопрос, на котором мы остановимся.

Нельзя не сознаться, что первоначально при мысли о влиянии вращения земли на движение материков и горообразование возникает недоверие к возможности этого влияния: на первый взгляд это влияние ни в чем не видно. Приняв, однако, во внимание, что здесь перед нами процессы очень медленные, мы можем ослабить эти сомнения. В то же время нетрудно привести кое-какие соображения, подтверждающие возможность влияния вращения земли на эти процессы.

Мы говорили уже, что необходимой предпосылкой для того, чтобы вращение земли проявило свое влияние, является некоторая взаимная независимость оболочек земли — геосфер, основанная на изостазии. Именно вследствие такой независимости эти оболочки по-разному будут реагировать на влияние вращения земли: участвуя в общем движении, они будут иметь каждая неодинаковые скорости, отчего и должны произойти гео-

ретически их взаимные смещения; частными случаями таких смещений как-раз являются процессы горообразования и движения материков.

Думается, однако, что мы вправе не только допустить влияние вращения земли на горообразование и движение материков, но можем пойти еще дальше этого. В сущности говоря, если на основе современных идей о строении геосферы земли продумать вопрос о первой причине, создавшей движение земной коры, то мысль встречается с немалыми затруднениями.

Чтобы привести в движение массы земной коры, нужно преодолеть колоссальное их трение, и трудно в каком-нибудь земном механизме найти импульс, способный вызвать этот эффект. Повидимому, среди земных сил подобной силы нет, и единственный механизм, который мог бы сделать это, есть тот же механизм, который обусловил горизонтальное перемещение самих материков, т. е. — вращение земли. Иначе говоря, вращение земли выступает перед нами здесь в новом свете: как основная причина движения земной коры. Речь идет уже не о допущении влияния вращения земли на движения земной коры, а о регулировании этих движений вращением земли.

Разработку проблемы в этом смысле мы находим в книге Дж. Дарвина (4) о приливах.

Дарвин указывал, что в силу влияния приливов должен неизбежно создаться известный отрыв внутренних слоев земли от наружных. В результате ритмических поднятий и опусканий приливного характера внутренних масс должно замедлиться движение наружных частей земной коры. Как следствие этого, должно явиться „медленное перемещение поверхностных слоев относительно более внутренних“ в смысле их отставания в скорости от общего движения. Однако такое движение неизбежно должно сопровождаться трением, которое не может поемному не замедлить общего движения земного шара и не может не вызвать тем самым увеличения месяца и суток. Приходится с этой точки зрения

допустить перемены длины месяца и суток в течение истории земли. Дарвин доказывал, что сейчас быстрота изменения суток и месяца крайне мала. Однако, несомненно были периоды, когда их изменения происходили гораздо быстрее. Это было, например, в то время, когда спутник, образующий приливы на нашей планете — луна, находился к последней значительно ближе, чем теперь. Очевидно, тогда гораздо сильнее было и замедляющее действие этих приливов на вращение земли.

Не подлежит сомнению, что всякая перемена в скорости вращения земли неизбежно должна через посредство сил притяжения развить внутри земного шара огромные натяжения, стремящиеся изменить форму земного шара в направлении наилучшего ее согласования с новой уменьшенной скоростью вращения. При этом внутренние слои могли принаравливаясь к действию возникших сил постепенно, наружные же слои поддавались им прерывисто, скачками. Натяжения, изменяющие форму земного шара, это — те самые силы, которые создают горообразовательные процессы. И вот они-то, согласно только что формулированному взгляду, должны происходить скачками.

Скачки в данном случае это — известная геологам периодичность горообразовательных процессов, которая таким образом, в согласовании с идеями некоторых современных геологов, находит у Дарвина свое объяснение в том же взаимодействии — резонансе приливных волн в магме, вызываемых луной и солнцем с вращением земного шара, в котором находит свое объяснение также более медленное перемещение поверхностных слоев относительно внутренних (западные отставание материков).

Чтобы с должной осторожностью и вместе с тем с достаточной полнотой осветить периодичность горообразовательных процессов, нам придется обратиться сначала в область астрофизики, посмотреть на проблему приливов, так сказать, исторически.

Теоретически является несомненным, что приливное трение, замедляя враще-

ние земли и обращение луны, должно вызвать постепенное удлинение суток и месяца. Эти изменения месяца и суток теоретически должны происходить и сейчас, но есть основания думать, что теперь они происходят крайне медленно. Правильно говорит по этому поводу Дарвин: „Крайняя медленность изменений, происходивших в исторические времена, подтверждается записями затмений солнца греческих и вавилонских астрономов. Эти затмения наступали в определенные дни для определенных мест. Вне зависимости от перемен календаря можно сопоставить день наблюдений с современными вычислениями, а отождествление места наблюдений не представляет никаких затруднений. Астрономия дает средства вычислить точно время и место затмения, происшедшего хотя бы 3000 лет назад, в том предположении, что земля вращалась с такой же скоростью, как и сейчас, и что сложные законы движения луны остались неизменными. В истории отмечено много затмений, связанных с различными событиями, а сколько-нибудь значительная перемена во вращении земли и в положении луны должна была бы переместить границы видимости затмения сравнительно с теми, которые указывают современные вычисления. Много астрономических наблюдений не имели бы никакой цены, если бы не было достоверно известно точное время наступления события, но для затмений — как-раз место их наблюдения доставляет тот элемент точности, которого так часто не хватает. Поэтому-то, если обстоятельства видимости старинных затмений вполне согласуются с современными вычислениями, мы можем быть уверены, что за последние 3000 лет не произошло большой перемены ни в обращении земли, ни в движении луны“.

Всегда ли, однако, было так? „Повидимому не всегда“, отвечает на этот вопрос Дарвин. „Наоборот, можно с полным правом утверждать, что в прошлом величина приливообразующей силы была гораздо больше. Это явствует из следующего. Как известно, величина приливообразующей силы меняется обрат-

но пропорционально кубу расстояния между луной и землей. Это значит, что при уменьшении расстояния в 2 раза сила увеличивается в 8 раз, при уменьшении расстояния в 3 раза она увеличивается в 27 раз и т. д. Это — огромное увеличение. Однако, на деле увеличение силы будет еще больше, ибо при уменьшении расстояния возрастает не только прилив, но и притяжение луны“. Дарвин приходит в своих построениях к выводу, что если принять во внимание и этот момент, то опоздание во вращении именно будет происходить обратно пропорционально шестой степени расстояния. Иначе говоря, это значит, что, когда луна была от земли на половине современного расстояния, приливное трение было в 64 раза больше современного.

Каковы же следствия этого приливного взаимодействия земли и луны? Сутки и месяц удлиняются. При этом современная скорость увеличения суток гораздо больше, чем скорость увеличения месяца, и это соотношение сохранится повидимому также в будущем времени. Иначе говоря, результатом этого должно явиться то, что число вращений земли, укладываемое в периоде одного обращения луны, уменьшается; это значит, что уменьшается число суток, отвечающих лунному месяцу. При этом надо заметить, что сам месяц становится все длиннее, и, несмотря на это, в нем будет уместиться все меньшее число суток. Дарвин предполагает, что это изменение лунного месяца и земных суток будет продолжаться до тех пор, пока сутки, т. е. время обращения земли, не станет равным месяцу, т. е. промежутку времени, после которого луна возвращается на прежнее место среди звезд. Это будет, по мнению Дарвина, тогда, когда месяц будет равен 55 суткам.

Если мы обратимся к прошлому земли и будем углубляться в него все дальше и дальше, то увидим обратную картину укорачивания суток и месяца, причем сутки укорачиваются быстрее, чем месяц. При этих условиях нетрудно себе представить эпоху, когда месяц

должен был заключать в себе  $29\frac{1}{2}$  суток вместо  $27\frac{1}{2}$ , как теперь. Дарвин полагал, что эта фаза истории земли была своего рода критической фазой и дальше за нею в прошлом изменения месяца происходили быстрее изменений суток. Теоретически можно подойти, наконец, к той эпохе, когда месяц был равен суткам. Из этих соображений Дарвина видно, что начальная и конечная фаза эволюции системы земля-луна сходятся и характеризуются совпадением размеров месяца и суток. Однако, в начальной фазе истории данное положение было неустойчиво, в заключительной же — оно будет устойчивым.

Дарвин предполагал, что в это неустойчивое положение начальной своей фазы луна была приведена каким-то толчком. Этот толчок, по его представлению, заключался в факте отделения луны от земли. Как могло произойти это отделение? Здесь надо принять во внимание два обстоятельства: влияние скорости вращения на вращающуюся массу и влияние солнечных приливов. Известно, что при слишком быстром вращении какого-нибудь тела силы сцепления его или же силы взаимного тяготения частей могут оказаться недостаточными для сохранения тела в целости. С этой точки зрения причиной выделения луны из земной массы могло явиться слишком быстрое вращение земной массы, причем отделение состоялось на почве неизбежного, отмеченного выше отрыва наружных масс земной коры от внутренних, возникшего в силу вращения земли и приливных солнечных волн.

Ясно, что последние должны были оказать на этот процесс свое влияние. Дарвин ставил вопрос так: „Не можем ли мы предположить, что, по мере того как вращение первичной земли постепенно замедлялось вследствие трения солнечных приливов, период этих приливов все больше и больше согласовался со свободным периодом волны и что поэтому солнечные приливы увеличивались более и более в своей высоте. В этом случае колебания могли, наконец, сделаться столь грандиозными, что в сочетании с быстрым вращением они по-

трясли планету до ее разрыва на части, а огромный обломок, отделяясь от планеты, впоследствии стал нашей луной. Мы не имеем никаких доказательств, что эта теория дает действительное объяснение происхождения луны. Я говорю, что здесь мы имеем плод пылкой фантазии, не подлежащей проверке“.

Последние слова Дарвина относятся не к мысли об отделении луны от земли, а лишь к представлению о солнечных приливах, как причине этого отделения. Самая же мысль о возникновении луны путем отделения ее от земной массы, по его представлению, покоится на прочном основании общей истории вращения земного шара. Кратко формулированные только что представления Дарвина о происхождении луны хотя и не получили всеобщего признания, однако встречены были очень сочувственно. Показательно, что данная мысль самостоятельно появлялась то у одного, то у другого из ученых последнего времени.

К какому выводу приводят изложенные только что построения Дж. Дарвина? Мы видели, что, вследствие вращения земли в сочетании с приливными волнами, неизбежно должен создаться известный отрыв внутренних слоев земли от наружных. Это обстоятельство очень важно. Современной науке, стоящей на точке зрения изостазиса, исходя из этого обстоятельства, действительно нетрудно объяснить, следуя не букве, но духу книги Дарвина, горизонтальные передвижения материков, сводящиеся, главным образом, к их отставанию на западе при вращении земли. Последнее приобретает таким образом роль универсального механизма в жизни земного шара. Этот космический механизм объясняет, как мы видели раньше, основные черты барического рельефа земли, направление морских течений, отклонение рек и создание огромных аллювиальных равнин. Теперь мы видим, что этот же механизм, в сочетании с приливными волнами, дает объяснение как движению материков, так и отделению луны от земли, а равно

связанным с этим изменениям суток и месяцев.

Для обсуждаемой нами темы особенно важна связь вращения земли с движениями земной коры. Идея Дарвина о луне является, с этой точки зрения, введением в построение современной геотектоники, связывая стародавнее, открытое и выдвинутое Дарвином событие с рядом обстоятельств дальнейшей истории земли.

Как же произошло выдвинутое Дарвином отделение луны и имеются ли на земной поверхности, в строении земной коры какие-нибудь доказательства или след, оставленный этим событием?

Астроном В. Пикеринг впервые в 1907 г., а позже в 1924 г. (5) высказал мысль, что дно Тихого океана представляет собой шрам, оставшийся в результате отделения луны от земли. Что же касается Атлантического океана, то он создан был, по его мнению, тогда же расщеплением остающейся поверхности суши, под влиянием толчка от отделения луны, на две части широкой щелью.

К аналогичным мыслям пришел в 1928 г. геолог Роберт Швиннер (6). Швиннер высказал предположение, что отделение луны от земли вызвало на земле лаврентьевскую революцию. Доказательство того, что такая революция действительно была, Швиннер видел в своеобразном характере всех вообще архейских отложений земного шара, причем это своеобразие он резюмировал так: 1) преобладание магматических материалов (и при том обычно кислых); 2) необычайная связь глубинных пород с „надкоровыми“ образованиями; 3) частый и далеко идущий анатексис (смешанные породы); 4) текучесть пород, тектоника интрузий.

Швиннер предполагал, что разделение обоих тел должно было сопровождаться поднятием температуры. Луна при этом почти совершенно расплавилась, земля же покрылась на поверхности своей гранитной магмой. Под воздействием этих факторов создалась единообразная метаморфизация — превращение в гнейс (Vergneisung). Подобно

Пикерингу, Швиннер отнес, как мы видели, к этому времени образование атлантической щели с ее параллельными краями. Как и Пикеринг, он смотрел на Тихий океан как на след отделения луны от земли. Здесь, по его представлению, вырваны с земли все верхние и средние массы коры, вошедшие в состав луны. В общем, согласно представлению Швиннера, отделение луны, геологически обозначаемое как лаврентьевская революция, представляло собой событие, которое предопределило основные направления развития земного шара: отсюда вытекло разделение территорий на стабильные и лабильные, причем выяснилось, какие области являются приподнятыми областями (Hochgebieten) или пониженными (Tiefgebieten); дальше, отсюда же вытекло пространственное распределение горообразующих сил на земле и распределение этих сил во все последующие фазы орогенеза и эпигоренеза.

Здесь мысль Швиннера вплотную подошла к поставленному нами в предыдущем изложении вопросу о горообразовании и его связи с вращением земли. Толчок к первому горообразованию на земле, согласно Швиннеру, дал процесс отделения луны от земли и последовавшая за этим революция. Первые геосинклинали создались, по Швиннеру, в тех каналах и щелях между лаврентьевскими глыбами, которые заполнились свежее вылившейся магмой, а затем были охлаждены водой, и в них после этого уже произошел процесс горообразования.

В Ю. Америке, Африке, Индии, Австралии докембрийские складки направляются равномерно с С на Ю, следуя главному направлению батолитов Европа и С. Америка, наоборот, обнаруживают в основных линиях докембрийской дислокации открытую на С дугу или угол. Здесь для восточной части С. Америки и Азии Швиннер отметил направление складок СВ—ЮЗ; для Европы и западной части С. Америки им отмечено направление расщепления СЗ—ЮВ, причем складки по этому направлению не создавались.

Дальнейшее развитие земли Швиннер истолковал как термодинамический процесс: при постепенном охлаждении магматических масс земного шара неизбежно должно возникнуть неустойчивое равновесие; под влиянием внешнего толчка должны появиться в земной коре движения и конвекционные токи и в результате вновь должно восстановиться устойчивое равновесие. Этот взгляд неизбежно должен, как это указал сам Швиннер, привести к представлению Штилле о периодической повторяемости (эпизодичности, *Episodizität*) образования на земле гор. Периоды покоя очевидно, с этой точки зрения, сменяются периодами усиленной горообразовательной деятельности. В этом взгляде нетрудно узнать приведенную выше мысль Дарвина, что при изменениях земного шара, в направлении его лучшего приспособления к новым скоростям вращения земли, наружные слои должны были приспособляться толчками, в то время как слои внутренние приспособлялись постепенно.

В чем, спрашивается, причина упомянутого выше внешнего толчка, создающего движения наружных слоев? Швиннер нашел эту причину все в том же резонансе приливных волн со свободными движениями земного шара, который вызвал и самое отделение луны от земли. Чтобы подсчитать число фаз горообразования, происшедших после лаврентьевской революции, Швиннер взял у Дарвина и Эмдена цифры, характеризующие собственный период колебаний земли. Для газового шара, имеющего плотность земли, собственное колебание земли, именно чистое гравитационное колебание без учета сил упругости, оказалось равным 1 часу или 1 часу 34 минутам. При отделении луны от земли, по Швиннеру, день равнялся 5 часам 36 минутам, период свободного обращения земли — 1 часу 24 минутам. С того времени солнечный день возрос до 24 часов. Равным образом, период свободного колебания земли из 1 часа 20 минут стал равным 1 часу. Из этого Швиннер сделал вывод, что в послелаврентьевское время резонанс солнечных прили-

вов и свободных колебаний земного шара повторялся от 7 до 8 раз. Лунный день сначала был очень велик, затем стал равен 7—8 часам, наконец — 24 часам 50 минутам. Из этого следует, что явления резонанса лунных приливных волн в послелаврентьевское время также повторялись 7—9 раз. В общем, таким образом, Швиннер насчитал для послелаврентьевской фазы от 15 до 19 фаз орогенеза. Во времени они распределены так:

	Число фаз
Лаврентьевское время . . . . .	1
Альгонкское . . . . .	2—3
Каледонская складчатость . . . . .	2—3
Варисийская . . . . .	4—6
Альпийская . . . . .	6—7
Всего	15—19

Любопытно, что, выдвигая эти периодические фазы горообразования, Швиннер в то же время не склонен был их связывать с допущением больших возможностей горизонтального передвижения материков. По его мнению, подобное передвижение материковых глыб в раннюю стадию развития земли, отвечающую лаврентьевской революции, является легко понятным, тогда как позже оно едва ли было возможно. В этом смысле, по его мнению, следует сделать поправку к гипотезе Вегенера, чтобы сделать ее „частично правильной“.

Такова концепция Швиннера, позволяющая связать явления горообразования с отделением луны от земли и с более общими фактами вращения земли и резонанса его с приливными волнами.

Что сказать по поводу нее и как к ней отнестись?

Прежде всего, об основной идее — о лаврентьевской революции. Насколько можно считаться с нею как с реальностью? Есть основания говорить, что это событие действительно было и что оно наложило свой отпечаток на все последующие события в истории земли. В пользу этого говорят столь загадочные в сущности, в смысле своего гене-

<sup>1</sup> В варисийскую складчатость, очевидно, включены в этой схеме герцинская и более поздняя киммерийская.

зиса, архейские отложения. Помимо доводов, выдвигаемых Швиннером, мы можем указать еще следующие соображения.

Обычно, объясняя метаморфизацию архейских пород, мы стоим на точке зрения глубинных поясов и ставим, таким образом, метаморфизм пород в зависимость от их нахождения на большой глубине, в силу чего они должны были подвергнуться действию большого давления сверху и более или менее глубинной температуры. Однако, для ряда архейских массивов доказано, что в течение их геологической истории породы архея на глубине не были и поэтому почти ничем не были покрыты (Финляндия, Украинский массив) и, однако, метаморфизация их произошла. Очевидно дело здесь было не в глубинной метаморфизации, а в чем-то ином. Другое обстоятельство, на которое следует обратить внимание, состоит в следующем. Говоря словами известного геолога Депере (7), который формулирует общепризнанную истину геологической науки, мы можем сказать, что докембрийский органический мир, известный нам по окаменелостям, является „очень старым“ и его открытие приближает нас, в связи с его все еще большой расчлененностью, „к началу жизни на земле немногим ближе, чем это сделали памятные открытия Мурчисона, Барранда и Гикса во всех более глубоких горизонтах силурийской и кембрийской систем старого света“. Таким образом, и самая древняя ступень развития органического мира, которую нам раскрывает геологическая летопись, свидетельствует о высокой его фазе развития. В поисках меньшего богатства форм жизни и большей простоты мы должны были бы спуститься в огромную толщу архейских осадков. Однако, здесь мы натолкнемся на метаморфизацию пород, которая совершенно уничтожила органические остатки этого времени. Здесь невольно является вопрос: почему только архейские породы претерпели такую большую метаморфизацию? Обычно в ответ указывается на их глубокую древность и, в связи с этим, на

глубокое погружение их под толщу иных пород. Однако, мы только что говорили, что этого глубокого залегания и этого погружения в древних архейских массивах фактически не было. При этих условиях хочется сделать заключение, что метаморфизация архейских пород, как это и предположил Швиннер, была связана с каким-то неповторявшимся уже позже событием исключительного характера в жизни земного шара. Таким событием только и могло быть отделение луны и, с этой точки зрения, идеи Дарвина — Пикеринга — Швиннера нельзя не признать правильными. Что касается лаврентьевской революции, то очевидно она, с этой точки зрения, представляется обоснованной. Обоснована и вся вытекающая из этой теории совокупность представлений и, в частности, последующий ход событий на земном шаре после архейской революции.

Однако в построениях Швиннера есть два пункта, вызывающие против себя серьезные возражения и сомнения, — это представление его о земном шаре как охлаждающемся теле и сомнение его по поводу возможности горизонтальных перемещений материков.

Воззрение на землю как на охлаждающееся тело, которое кладется в основу периодических расплавлений и застываний базальтовой постели, нужно Швиннеру для того, чтобы обосновать ритмику процессов горообразования. Между тем, к обоснованию этой ритмики можно подойти, исходя из общих представлений об изостатическом строении земной коры и свойствах базальтовой постели земной коры.

Что касается отрицания Швиннером горизонтальных движений материков, то думается, что оно едва ли основательно и что оно отнюдь не составляет неизбежной составной части концепции Швиннера. Я склонен даже думать, что лучше согласуется с его теорией то допущение довольно широких горизонтальных движений материков, которое делают некоторые другие современные геологи. В связи с этими сомнениями в двух существенных положениях теории

Швиннера, подойдем к вопросу о сущности горообразования и связи его с движением материков, причем по обоим спорным вопросам я выдвину мысли, отличные от идеи Швиннера, но вместе с тем согласные с основными современными научными построениями.

Я буду исходить при этом из следующих соображений, которые мною принимаются за доказанные:

1) отрыв наружных частей земной коры от внутренних, возникающий на почве изостазиса вследствие вращения земли во взаимодействии его с приливными явлениями;

2) возникновение движения материков на почве только что указанного отрыва, причем толчок к этому движению дали отделение луны от земли и связанная с этим архейская революция, создавшаяся на той же в сущности основе, что и движение материков.

Эти две основные предпосылки позволяют, мне кажется, по-новому подойти к проблеме горообразования и выйти из того хаоса мнений, который существует по вопросам горообразования в современной геологии.

Наружная земная кора, очевидно, плавает по расплавленной перидотитовой основе и нижним частям оболочки базальтовой. Считаюсь с тем, что перидотитовая оболочка является расплавленной, это основание представить себе нетрудно. Здесь необходимо учесть следующую важную деталь. Базальтовая постель сейчас, если судить по изучению приливов и по сейсмометрическим данным, тверда, но бывают периоды в истории земли, когда она становится жидкой или вязко-жидкой, по крайней мере частично. Дело в том, что она имеет такую температуру, которая держит ее, так сказать, на грани жидкого состояния (температура плавления базальта  $1050^{\circ}$ ).

Повидимому, под влиянием распада радиоактивных веществ временами происходит большое накопление тепла в породе, повышение его температуры и, в силу этого, процесс расплавления базальтовой постели. Эти процессы радиоактивного распада должны периодически приводить к такому распла-

влению и, следовательно, к переходу базальтовой постели в жидкое состояние. Если считать, что наружная кора всегда плавает по перидотитовой или экологитовой основе и поэтому переход базальта в жидкое состояние никаких принципиальных изменений в общую картину явления не вносит, то все же некоторые дополнительные изменения это неизбежно должно внести. Джоли (8) думает, напр., что, вследствие увеличения объема базальтовой постели, площадь ее поверхности окажется слишком малой для вмещения ее объема и должны произойти разрывы коры с излиянием по ним лавы. Возможно даже некоторое оседание материков и, вследствие этого, частичная трансгрессия моря. Обратное должно произойти вследствие уменьшения объема базальтовой постели при ее охлаждении. Земная кора в этом случае, по мнению Джоли, должна оказаться слишком обширной, и на морском дне не могут не создаться, в результате процесса сжатия, складки; этот момент будет началом эпохи горообразования.

Думается, однако, что объяснение горообразования, данное Джоли, далеко не достаточно и не охватывает всей широты данного вопроса и, в частности, оставляет в стороне выдвинутую и подчеркнутую Швиннером связь горообразования с вращением земли и тем резонансом, который возникает из сочетания вращения с приливными волнами. Это тем более необходимо, что теория Джоли для широкого трактования вопроса представляет удобную основу.

Попытаемся, в самом деле, подойти к обоснованию этой связи, исходя из некоторых твердо стоящих в науке представлений о горообразовании, приведя их в сочетание с указанными выше двумя положениями, вытекающими из идей Дарвина — Швиннера. Этим самым мы подойдем к идее неизбежности связи горообразования с перемещениями материков, которую склонен отрицать Швиннер. Надо сказать, что среди современных ученых к этой идее приходит не только очень увлекающийся горизонтальными движениями Вегенер (9), но гораздо более осторожный и чуждый

увлечений Вегенера Косматт (10), который считает необходимым связать вместе оба эти явления. И связь эту он рисует себе так, что горизонтальные перемещения материков представляют собой механизм, необходимый для объяснения формирования складчатых зон. В согласии с изложенным взглядом находится и представление Косматта об орогенетических участках (ороген): они, по его мнению, играют совершенно пассивную роль, подчиненную двустороннему сдавливанию жестких активных участков земной коры, каковыми являются материк.

Твердо установленной в геологической науке является необходимость объяснить горообразование, исходя из тангенциальных движений земной коры. Между тем отсюда, в сущности, один шаг до вывода о связи этих явлений с движениями материков, ибо, как говорит Вегенер, „это представление почти идентично с теорией перемещения материков“. И то и другое — разные формы проявления горизонтальных движений масс на поверхности земли. Ясно, что уже в силу этой одной причины связь между ними должна существовать, хотя бы потому, что самые движения эти мыслимы только на основе отрыва поверхностных слоев земной коры от слоев более глубоких.

Чтобы ближе вникнуть в эту связь, надо приглядеться к тем горизонтальным перемещениям материков, которые допускает современная геологическая мысль. Мы уже говорили, что эти перемещения предусматривал Дарвин в виде более медленного перемещения, при вращении земли, поверхностных масс по сравнению с более внутренними. К этой же идее приходят и современные геологи, говорящие о западном отставании материков, являющемся неизбежным следствием вращения земли так же, как и упомянутое выше отклонение падающих тел к западу.

Концепцию по этому поводу дал Гаврман (11), доказавший, что отставание неизбежно происходит с разной скоростью для материкового и океанического полушарий, в силу чего неизбежно

должен возникнуть между ними тот пояс разлома, который был указан еще Гохштеттером (12) в 60-х годах прошлого столетия. Он связан с большей инерцией отставания крупных северных материков по сравнению с гораздо меньшими по величине материками южными.

Помимо этого западного отставания материков, Вегенер выдвинул другое направление их перемещения — отклонение их от полюса.

Вот на почве этих двух движений и приходится выяснить связь передвижения материков с горообразованием. Знаменитый французский геолог Эмиль Ог (13) полагал, что горы возникают на месте геосинклиналей. Сейчас, пожалуй, правильнее было бы сказать, что они возникают в мелкоморьях (шельфах) у краев материков. Здесь происходит сначала оседание пород, которые в глубине становятся более пластичными. Одновременно на эти породы неизбежно должны оказывать влияние движущиеся глыбы материков, которые их сжимают своим боковым движением.

Хорошо известна теория Аргана (14), объясняющая возникновение альпийской складчатости надвиганием южных материков на северные. Это всецело подтверждает высказанную только что мысль. Важно здесь и другое обстоятельство, более общего характера. Если мы возьмем горные цепи самой последней складчатости — альпийской, то нетрудно убедиться, что ее расположение вполне подтверждает эту мысль об экваториальном расположении горных цепей, ибо альпийские складки находятся почти целиком в полосе, расположенной на грани материкового и океанического полушарий.

Любопытно, что к этой же как-раз полосе приурочена и главная область происходящих сейчас на земле землетрясений, как это недавно показал Морен (15). Думается, что такое зональное распространение землетрясений подтверждает представление о сейсмической активности данной полосы и, вместе с тем, резко выдвигает роль экватора в качестве места расположения горных цепей. Эти два факта дополняют друг друга.

Из всех этих данных очевидно, что мобильные складчатые зоны земной коры как-раз находятся на тех местах, где они неизбежно и должны были возникнуть, если они в самом деле зависят от движений материков.

В пользу связи их с движениями материков говорит, однако, еще одно важное обстоятельство. Швиннер допускал и даже утверждал периодическую повторяемость горообразовательных процессов, но отрицал возможность передвижения материков. При таком трактовании вопроса оказывается совершенно непонятным, почему складки повторных горообразовательных процессов — гуронской, каледонской, герцинской и альпийской складчатости — не повторялись в одних и тех же местностях земли, а размещались в различных местностях, в основном не совпадающих. С точки зрения неподвижности материков Швиннера, это обстоятельство совершенно непонятно.

Между тем, сторонники движения материков, в частности Вегенер и Крейхгауер, дают этому явлению отчетливое объяснение, приурочивая в каждую фазу главные проявления складчатости к определенному положению экватора различных геологических периодов.

Характерно, что эти древние районы былых, ныне уже прекратившихся тектонических движений сейчас являются уже неактивными, подтверждая этим перемещение, в геологической истории, зон складчатости вместе с зонами сейсмической и вулканической активности.

Так обстоит дело с основными причинами, создающими на земле горные хребты и цепи. Суммируем теперь основные наши заключения.

Мы пришли к выводу, что указанные процессы являются неизбежным следствием передвижения материков. Если мы примем это обстоятельство во внимание, то вправе сказать словами Вегенера, что такие явления, как „передвижение материков, образование складок, вулканизм, смена трансгрессий и перемещение полюсов, находятся в грандиозной причинной зависимости друг от друга“ (13). Об этом, в частности,

говорят происходящие пульсациями в некоторые фазы жизни земли одновременные усиления этих явлений.

Что касается того, какое же из этих явлений надо принять за основное и какие за производные, то, поскольку для перемещения материков мы можем указать внешние космические причины в виде вращения земли и приливов (другие же явления определяются перемещением материков), мы вправе принять перемещение материков за первопричину остальных явлений. По отношению к горообразованию, которое нас сейчас интересует, это приводит к такому выводу: будучи в главных проявлениях своих следствием движения материков, горообразование на земле тем самым оказывается производным космических причин — вращения земли в сочетании с приливными волнами и скольжением материковых масс, как это высказал Швиннер.

## Литература

- 1) Б. Л. Личков. Некоторые черты геоморфологии Европейской части СССР. Тр. Геоморфолог. инст., вып. 1, Л., 1931; Он же. Древние оледенения и великие аллювиальные равнины. Природа, 1930, № 10; Он же. Загадка Каракумов. Сборн. „Каракумы“, Результаты экспед. 1929 и 1930 гг., Л., 1930. — 2) Б. Л. Личков. О древних оледенениях и великих аллювиальных равнинах. Зап. Гос. Гидролог. инст. (в печати). — 3) К. Ваер. Flüsse und deren Wirkungen. Reden, II Theil, St.-Petersb., 1876; Он же. Kaspische Studien. Bulletin de l'Acad., t. II и др. — 4) Дж. Дарвин. Приливы и родственные им явления в солнечной системе. М.-П., 1923. — 5) W. H. Pickering. The separation of the continents by fission. The Geological Magazine, 1924, p. 31. — 6) R. Schwiner. Astrophysikalische Grundlagen der Geologie. Mitteilungen der geologischen Gesellschaft in Wien, XIX, 1926, Wien, 1928, p. 140. — 7) Ш. Денере. Превращения животного мира. П., 1915. — 8) I. Joly. The surface history of the Earth. 1925. — 9) A. Wegener. Die Entstehung der Kontinente und Ozeane, 4. Aufl., Braunsch., 1929. — 10) Kosmatt. Die mediterranen Kettengebirge. Abhandl. Sächs. Acad. Wissensch., XXXVIII, 1921. — 11) Havemann. Neues Erklärungsmoment zum Mechanismus der Kontinentalverschiebungen. Die Naturwissenschaften, 1929, H. 38; ср. также: Б. Л. Личков. О механизме горизонтальных движений земной коры. Природа, 1930, № 1. — 12) Hochstetter. Geologie, II. Unser Wis-

sen von der Erde, 1886. — 13) E. Haug. *Traité de Géologie. I. Phénomènes géologiques*, 1911. — 14) Argand. *La tectonique de l'Asie*. *Congrès Géologique Intern. Comptes Rendus de la XIII*

*Session, I, Liège, 1924.* — 15) Ch. Morain. *Sur la repartition des tremblements de la terre en latitude*. *Comptes Rendus de l'Acad. des Sciences*, t. 184, 1927, № 10, p. 612.

## Некоторые вопросы генезиса ледниковых ландшафтов

К. К. Марков

„Камы отлагались в стоячей воде плотинных ледниковых озер вдоль края ледника во время задержек в отступании ледникового края“. Такими словами ограничивается английский исследователь Грегори (J. W. Gregory, 15),<sup>1</sup> один из крупнейших знатоков ледниковых форм рельефа, поясняя способ образования камов. Нам кажется, что приведенные слова не удовлетворяют основным требованиям, которые мы вправе предъявить каждому объяснению. Они представляют собой общую формулировку, что не дают конкретного ответа на вопрос; они не заключают в себе указаний на происхождение специфической природы камов, так как этими же словами другие авторы поясняют происхождение озв. Приведенные слова, как увидим дальше, дают даже и превратное представление о генезисе камов, так как последние у края ледника не образовывались. Этим примером, заимствованным из крупной работы знатока данного вопроса, мы хотели бы начать беглый обзор литературы, трактующей о наиболее спорных вопросах генезиса ледниковых ландшафтов и, тем самым отметить один из путей разрешения этих вопросов.

### I. Вопросы терминологии

Как отмечает Грегори — термин кам (Kame) встречается в литературе с шестидесятых годов прошлого столетия, причем первоначально применялся как си-

ноним термина эскер (esker). Оба названия употреблялись для обозначения всех форм рельефа — образований талых ледниковых вод. Одинаковое понимание обоих терминов принято Британским геологическим учреждением.

Филологически оба термина означают одно и то же — холм, причем кам — термин Шотландский, а эскер — Ирландский. Грегори предложил называть камы „холмы и гряды песка или гравия отложенные водой у края тающего ледника, или образованные в результате размыва покрова флювиогляциального гравия и песка“. В противоположность конечно-ледниковым образованиям — камам, Грегори называет эскерами гряды вытянутые в направлении движения ледника. В таком понимании эскеры соответствуют продольным озам скандинавских авторов. Позднее Грегори предложил видоизмененную терминологию, придав термину эскер родовое значение включающее несколько видов водно-ледниковых образований, в том числе: 1) озы — гряды образованные из четкообразно следующих друг за другом и слившихся воедино дельт ледникового потока, устье которого отступало вместе с отступанием края ледника; 2) камы — приледниковые гряды ледниковых песков и гравия. В североамериканской литературе Чемберлен (T. C. Chamberlain) предложил следующее разграничение этих понятий. Термин оз он считает синонимом эскера. Озы или эскеры с одной стороны и камы — с другой образовались при действии ледниковых талых вод, озы — в пределах самого ледника. Они яв-

<sup>1</sup> В списке литературы приведены лишь основные и преимущественно новые работы.