

Как на особенность развития гелиотехники в нашем Союзе за последнее время (отчасти, хотя и значительно менее сознательно, во Франции), которую можно считать переломом в гелиотехнике, укажу на то, что стремление к достижению при помощи солнечных установок наивысшей температуры сменилось стремлением к получению наинизшей. К наивысшей стремились различные категории лиц: во-первых, те, кто желал как бы „побить рекорд“ предыдущих исследователей в смысле наивысшей достигнутой температуры, совершенно не заботясь ни об используемом полезном количестве тепла, а следовательно, ни о коэффициенте полезного действия „установки“ (а иногда и не зная отчетливо различия между температурой и количеством тепла), во-вторых, те, кто желал получать весьма высокие температуры в целях научных исследований (например, Штокк и Хейдеман, желавшие изучать химические реакции при высоких температурах без участия воздуха в них), в-третьих те, кто, желая применять солнечную энергию для приведения ею в движение силовых установок, основывались на том, что коэффициент полезного действия теплового двигателя тем больше, чем выше (при одинаковой температуре холодильника) температура входящего в него рабочего вещества. Но, так как коэффициент полезного действия солнечной силовой установки будет:

$$\eta = \eta \text{ котла} \times \eta \text{ двигателя,}$$

а первый множитель уменьшается с повышением температуры рабочего вещества, то очевидно, что надо стремиться не непременно к наивысшей, а лишь к оптимально высокой температуре нагревания, при которой произведение η котла на η двигателя будет наибольшим.

При тепловых солнечных установках, на которые стали — особенно у нас — обращать все больше и больше внимания и для которых числа последних строк таблицы 1 должны быть увеличены в несколько раз, надо, наоборот, стремиться к наинизшей температуре рабочего вещества, которая была бы только-только достаточна для поставленной установке вполне определенной промышленной задачи. В самом деле, чем ниже эта температура, тем меньше Q -бесполезное и тем выше коэффициент полезного действия установки, — не говоря уже о том, что излишнее повышение температуры может быть вредно для успеха производственного процесса. Так, при нагревании вымачиваемого луба кендыря выше 40° , бактерии, обуславливающие своей деятельностью процесс котонизации, гибнут; при нагревании предназначенных к сушке плодов выше 100° они не будут высушиваться, а будут свариваться в собственном соку и т. д.

Многое еще можно было бы сказать о применении солнечной мощности, но хочется думать, что и сказанного достаточно для обрисовки современного состояния и крупного будущего этого вопроса.

Источник тепла магмы

Проф. Р. Р. Выржиковский

Со времен Ляйелля мы знаем, что великие перемены на земле происходят очень постепенно, геологические процессы чрезвычайно длительны, а новые радиологические измерения показали, что продолжитель-

ность геологических периодов измеряется многими миллионами лет, и от начала кембрия прошло не менее полумиллиарда лет. Однако, в этой медленности и постепенности совершенно нет равномерности; то вте-

чение ряда периодов эволюция шла спокойным непрекращающимся потоком, то вдруг наступали чрезвычайно резкие перемены в составе животного царства земли, как это было, например, на границе мезозойской и неозойской эр, когда сразу исчезли господствующие группы — разнообразные рептилии, аммониты и белемниты — и быстро пришли к господству новые группы, особенно млекопитающие. Историческая геология вообще не находит равномерности во всевозможных явлениях, происходивших на земле; изучая горообразовательные движения и вулканические явления различных времен истории земли, геологи отчетливо видят смену периодов покоя и устойчивости периодами „бурь и натиска“; именно поэтому в истории горообразования выделены каледонская, герцинская, альпийская складчатости, — периоды могучих движений земной коры.

Эта резко выраженная неравномерность геологических процессов представляет великую загадку, к решению которой, можно сказать, наука еще почти не подходила; наряду с этим, является загадочным и тот факт, что на протяжении громадного времени, измеряемого многими сотнями миллионов лет, земля не обнаруживает потери своей внутренней теплоты и связанной с нею энергии. В столь недавний, выражаясь геологически, период истории земли, именно в третичное время, внутренние силы земли проявили себя с огромной интенсивностью, вызвав величайшие горообразовательные движения в земной коре и чудовищное развитие вулканической деятельности: в течение третичного периода выросли Альпы, Пиренеи, Апеннины, Балканы, Карпаты, Кавказ, Гималаи, Кордильеры и другие горные цепи на поверхности земли.

Да и в наше время, которое в геологической хронологии относится к четвертичному периоду, движения земной коры не остановились, а сотни действующих вулканов напоминают о раскаленности земных глубин и мощности скрытой в них энергии.

Каким же образом земля не остыла до сих пор окончательно и темп горообразовательных и вулканических явлений не ослабился в течение ряда геологических эр, по крайней мере на протяжении последних 5—6 сотен миллионов лет? Ибо срок этот, во всяком случае, представляется настолько почтенным, что, казалось бы, в продолжение его эти явления должны были бы чрезвычайно ослабеть, если даже не замереть совершенно.

В настоящей статье я хочу предложить вариант разрешения этой загадки; выдвигаемые здесь предположения в равной мере касаются не только геологии, но и геофизики, термодинамики, радиологии и других дисциплин, а потому полная разработка вопроса вообще вряд ли под силу одному человеку, особенно в наше время резкой дифференциации научных дисциплин.

Как принято говорить в наше время, я печатаю эту статью „в порядке дискуссии“. Если эта дискуссия возникнет и сколько-нибудь поможет более глубокому освещению задеваемых здесь вопросов, я сочту себя глубоко удовлетворенным.

I

Не только мощные вулканические явления свидетельствуют о высокой температуре, господствующей в глубоких слоях земли; о том же говорит и непосредственное измерение температуры в буровых скважинах, глубоких шахтах и тоннелях. Среднею величиною геотермической ступени можно считать, на основании многочисленных измерений в различных пунктах земли, 33 м. С углублением ниже залегающего близ поверхности слоя постоянной температуры,¹ на каждые 33 м температура повышается на 1° Ц; на глубине 1000 м температура в среднем на 30° выше температуры поверхности; если принимать

¹ Температура этого слоя приблизительно равняется средней годичной температуре поверхности земли в данном пункте.

геотермическую ступень постоянною, то можно ожидать на глубине 100 км температуру около 3000° , а в центре земли 190000° . Однако, никто из современных ученых не допускает возможности существования такой высокой температуры внутри земли и не считает возможным признавать геотермический градиент неизменным для всех глубин земного шара. Температура повышается лишь до известной глубины в периферической части шара, а далее внутри все вещество имеет одну и ту же высокую температуру. Внутри земли геотермическая ступень должна возрастать, и на какой-то глубине, о которой высказаться с мало-мальской точностью мы, при современном состоянии знаний о земле, еще не имеем возможности, прирост температуры прекращается, и вся остальная внутренняя часть земного шара должна иметь одну и ту же постоянную температуру. Мнения об этой температуре сильно расходятся, и мы примем цифру, которая представляется нам наиболее близкой к действительности, около 2000° ; впрочем, эта цифра для наших дальнейших рассуждений не имеет особого значения.

В последнее время иногда высказывался взгляд о том, что температура возрастает лишь до некоторой, сравнительно незначительной глубины 30—60 км от поверхности, а ниже она даже уменьшается к центру земли; этот взгляд, противоречащий основам термодинамики, должен быть сразу и решительно отброшен. Ибо если источник тепла земли находится на некоторой небольшой глубине, а ниже была более холодная масса, то течение известного, не весьма большого времени она должна была прогреться насквозь. Поэтому следует считать, что вся глубокая часть земли, начиная от пояса максимальной температуры, имеет ту же самую максимальную температуру.

Факт существования геотермического градиента важен не только тем, что он указывает на высокую температуру внутренности земли, существо-

вание которой так ярко доказывают и вулканы, но еще тем, что он показывает нам существование непрерывного теплового потока, идущего на всей поверхности земного шара изнутри наружу, т. е. на непрерывно идущий процесс охлаждения земли; как ни мало теплопроводна земная кора, но все же тепло все время идет через нее, и теряющий это тепло земной шар должен непрерывно охлаждаться, все время — тысячи, миллионы, сотни миллионов лет.

Кроме этого охлаждения, существует еще более сильно и также непрерывно действующий охладитель тела земли — мировой океан. Средняя глубина океанов на земле около 3500 м; на глубинах свыше 1000—2000 м во всех океанах под всеми широтами, в том числе и в тропиках, вода имеет весьма низкую температуру, на дне океанов эта температура близка к нулю даже на экваторе. Объяснение этого факта мы находим в вековой циркуляции океанской воды; холодная вода имеет большую плотность, нежели теплая; в полярных океанах холодная вода опускается до самого дна; отсюда она постепенно стекает по дну океанских впадин к более низким широтам, заполняя повсюду океанские глубины и вытесняя кверху более теплую, легкую воду. В меру того как идет на дне нагревание воды телом земли, потеплевшая вода поднимается кверху, непрерывно заменяясь на дне новыми и новыми массами холодной воды, идущей от полярных морей. Океаны — могучий, непрерывно действующий холодильник земли; он работает сотни миллионов лет..., и все-таки земля не застыла, а частые землетрясения и вулканические извержения не перестают напоминать даже об излишках ее внутренней энергии.

Сказанного совершенно достаточно, чтобы с уверенностью можно было заключить, что существует какой-то источник пополнения внутренней энергии земли, „источник тепла магмы“, как мы озаглавили нашу статью.

II

Для дальнейшего развития наших рассуждений придется обратиться, с одной стороны, к общеизвестным положениям о размерах, форме и плотности земли, с другой стороны, к положениям, которые еще столь недавно считались чрезвычайно проблематическими, но за последние годы быстро проложили себе путь к почти общему признанию; в этом случае мое положение чрезвычайно облегчается тем, что за последнее время эти положения — изостазис, зональное строение земного шара и перемещения материков — блестяще разобраны Личковым на страницах „Природы“.¹ Поэтому я имею возможность быть чрезвычайно кратким, отсылая читателя к этим статьям.

Размеры земли определяются следующими цифрами:

Радиус полярный	6356	км
Радиус экваториальный	6378	км
Величина сплюснутости	1:300	
Поверхность земли	510 000 000 кв. км	
Объем земли	1 083 000 000 000 куб. км	
Масса земли	6×10^{21} т	

Удельный вес земного шара равен 5.6. Между тем, средний удельный вес горных пород, слагающих земную кору, составляет всего 2.7. Отсюда ясно, что внутри земли плотность очень велика, близка к плотности железа. Рассуждая о состоянии глубоких частей земли, мы должны принять во внимание огромное давление, господствующее там. Ведь уже на глубине 1 километра давление вышележащей толщи земли составляет около 270 атмосфер, к центру давление все более значительно возрастает, на глубине 100 км оно составляет более 27 000 атмосфер, а в центральной части земли давление измеряется многими сотнями тысяч атмосфер. Ни в одной лаборатории на земле мы не получаем давлений, напоминающих чудовищное давление, господствующее в недрах

¹ Б. Л. Личков. Изостазис и движения земной коры. Природа, 1928, № 7 — 8; Он же. Климаты прошлого земли и перемещения материков. Природа, 1929, № 7 — 8.

земли, а потому и не можем иметь точного представления о состоянии вещества в середине земли. Если бы не было этого колоссального давления, то вся внутренность земли под влиянием ее высокой температуры находилась бы в огненно-жидком состоянии, но с повышением давления температура плавления тел возрастает. Так как не имелось возможности определить точно состояние внутренних частей земли, то по этому поводу были высказаны самые различные взгляды. Особенно распространен был вначале взгляд об огненно-жидком состоянии всей внутренней части земного шара. Однако, высказывалось и предположение (Цеппритц) о газовом состоянии ядра земли; принимая во внимание высокую температуру и весьма большое давление, представляли себе ядро земли состоящим из так называемого надкритического газа, из паров веществ, нагретых до температуры, превышающей их критическую температуру кипения. На этом предположении основана и известная Гюнтеровская схема строения земного шара, по которой под земной корой находится пояс вязкого вещества, глубже залегает огненно-жидкое вещество, переходящее в составляющий земное ядро надкритический газ.

Наконец, было предположение о твердом состоянии ядра земли. Это предположение в настоящее время следует считать наиболее обоснованным. Кроме теоретических рассуждений, принимающих во внимание большой удельный вес ядра земли и высокое давление, а также прекращение роста температуры вглубь земли далее некоторой предельной глубины, в пользу предположения о твердом ядре земли говорит и непосредственно выполненный Гопкинсом и Кельвином точный математический анализ движений земли, как небесного тела, и расчеты приливов, выполненные Кельвином и Дж. Дарвином.

Есть еще очень важное соображение, противоречащее возможности газового состояния ядра земли и

склоняющее нас к принятию твердого ядра: если бы материя ядра находилась в газообразном состоянии, то она не могла бы иметь известной нам большой плотности; давление не могло бы к этому привести, ибо внутри солнца, масса которого в 330 000 раз больше массы земли, давление во много крат больше, чем внутри земли, и, несмотря на это, плотность солнца в 4 раза меньше плотности земли. Следовательно, не только то огромное давление, которое господствует в недрах земли, но и во много раз большее давление внутри солнца не могут придать раскаленному газу плотности твердого тела. Хотя в теле солнца преобладают также металлы, главным образом железо, но солнце имеет газовое металлическое ядро — бари-сферу, вокруг которой следуют другие более легкие газовые оболочки — фотосфера, хромосфера и корона.

Таким образом, ядро земли представляет плотный, твердый шар, состоящий из тяжелых веществ, среди которых, вероятно, главную роль играет железо.

Спектроскопический анализ солнца говорит о преобладающей роли железа в составе этого светила; земля и солнце — дети одной общей туманности, и если в солнце преобладает железо, то тот же элемент, естественно, должен играть преобладающую роль и в составе земли. Вопрос о единстве вещества вселенной особенно хорошо изложен В. И. Вернадским.¹ И солнце, и земля, и луна были раскаленными телами в начальные времена их существования, но маленькая луна быстро утерьяла свой жар, ушедший в мировую бездну, земля сохранила еще внутри раскаленную массу, а солнце до сих пор представляет пылающее светило; но ведь солнце в 1 300 000 раз больше земли и в 330 000 раз превышает ее свою массу. Кроме того, солнце, как громадный центр тяготения, управляющий

всею солнечною системою, притягивает к себе неисчислимое множество метеоритов и пожирает их, что поддерживает яркое пламя солнечного костра. Изредка и земле удастся уловить залетевшие близко к ней метеориты, и, исследуя их, мы убеждаемся, что в главной массе они состоят из железа с никкелем. Это еще более убеждает нас в наличии больших масс железа и никкеля в земле. Для простоты, мы в дальнейшем будем применять название: „железное ядро земли“. К заключению о твердом железном ядре земли пришел и Вихерт на основании обработки громадного сейсмографического материала.

Еще Э. Зюсс выдвинул разделение земного шара на три концентрических зоны: поверхностную, в составе которой особенно значительную роль играют элементы кремний и алюминий, почему эта зона названа Sial; глубже залегает оболочка, где преобладают кремний и магний, называемая Sima; наконец, в глубине преобладают железо и никкель, и эта зона названа Nife.

Не следует, однако, думать, что, если в середине земли находится твердое ядро, то и вся толща земли состоит из твердого вещества; несколько ближе к поверхности, где давление меньше, под земною корою можно предполагать зону жидкой или вязкой материи. В особенности хорошо подобный взгляд согласуется с прекрасно обоснованным учением об изостазисе, а также он легче всего объясняет нам возможность передвижения по поверхности земли больших масс земной коры, так называемых континентов. Обоснованность изостазиса является громадною. Джоли прямо говорит, что изостазис — это не теория, а факт.¹ Замечательные измерения силы тяжести, выполненные Мейншем на подводной лодке в океанах, блестяще подтверждают изостазис.²

¹ J. Joly. The surface-history of the earth. 1925. Недавно вышел русский перевод: Д. Джоли. История поверхности земли. Гос. изд. 1929.

² Nature, 1 oct. 1927, p. 494.

¹ В. И. Вернадский. Очерки геохимии. 1927.

Поскольку мы знаем, что земная кора наиболее толста под континентами, особенно под их возвышенными участками — горами, что поверхностные выступы твердой коры уравновешиваются соответствующими подземными выступами и что сравнительно легкая земная кора плавает на более тяжелой магме, для нас легче всего допустить жидкое состояние магмы. Лучшим доказательством огненно-жидкого состояния магмы служат излияния лав при вулканических извержениях. Огненные озера лавы в гавайских вулканах непосредственно обнажают магму.

Учение о зонах, или оболочках, в поверхностной части земного шара в особенности хорошо разработано и изложено В. И. Вернадским и Д. Джоли (см. указанные сочинения этих ученых). Согласно новым взглядам, континенты и океаны представляют существенно различные участки на земле. Сложенные сиаем континенты, имеющие среднюю плотность 2.67, погружены в массу симы с плотностью около 3.0. Последняя представляет „базальтовую постель“ континентов и непосредственно образует дно океанов. Проследивая громадные базальтовые покровы различных областей земли — Декана, Колумбии, Североатлантической области и др., Джоли приходит к заключению о чрезвычайном постоянстве их состава и говорит, что все базальтовые магмы происходят из общего резервуара, каковым и является базальтовая оболочка земли. Ниже, под базальтовой оболочкой залегает оболочка из ультра-основных пород, типа перидотитов. Если базальтовая постель расплавляется, то плотность ее уменьшается; так Джоли выводит замечательное заключение о происходящих периодически погружениях континентов и морских трансгрессиях, захватывающих большие площади. Толщину континентов Джоли в последнее время исчисляет в 37 км. ¹

В каком состоянии находится нижняя часть базальтовой оболочки и перидотитовая оболочка, является неизвестным; повидимому — в жидком или вязком. Наиболее существенные на вид возражения против возможности существования жидкой оболочки в теле земли, основанные на том, что в таком случае в этой оболочке возникли бы приливные движения, которые отражались бы на поверхности и прежде всего изменили бы в сторону уменьшения размер океанских приливов, в действительности не являются существенными; нужно принять во внимание мощное давление, господствующее в магматических глубинах, огромное внутреннее трение магмы и закон запозданий в этих условиях.

Для разрешения вопроса о зонах земли крупнейшее значение имеют точные сейсмографические данные. Изменение скорости распространения сейсмических волн, связанное с упругими свойствами отдельных оболочек земного шара, намечается следующими глубинами: 30—40 км (нижняя граница земной коры), 120 км (нижняя граница базальтовой постели), 1200 км (нижняя граница перидотитовой постели) и 2900 км (граница твердого железного ядра земли).

На основании всего вышеизложенного, мы приходим к следующей схеме строения земного шара: снаружи более легкая твердая кора; она опирается на вязкую и огненно-жидкую, слагающуюся из ряда зон магму, и плавает на ней; за магмой находится ядро земли — твердый, тяжелый шар, состоящий преимущественно из железа.

Такое строение земли должно быть учтено при изучении различных движений земного шара, что я и делаю в отношении вращения земли вокруг ее оси.

Обратим внимание на еще одно обстоятельство, необходимое нам для выводов. Сплюснутость земли у полюсов зависит от вращения земли. Ряд астрономов и математиков показал, что в разных вычислениях получается невязка, если мы примем, что различные

¹ Nature, 29 oct. 1927, p. 620 — 621.

внутренние слои земли имеют ту же самую, параллельную поверхности земли, сплюснутость. По этому поводу Дж. Дарвин говорит: „А вот, если мы отбросим гипотезу о том, что все внутренние слои имеют фигуры, как раз требуемые современной скоростью вращения, и, напротив того, допустим, что все слои сжаты немного более, чем требует эта скорость, то все данные наблюдений приходят в полную гармонию“ (Приливы, стр. 231).

III

Сутки, т. е. время оборота земли вокруг оси состоят из 24 часов. Однако, математические исследования некоторых ученых, в особенности Дж. Дарвина, привели к выводу, что продолжительность оборота земного шара вокруг оси не представляет постоянной величины, а именно: она постепенно увеличивается или, другими словами, в продолжение громадных промежутков времени скорость вращения земли вокруг ее оси уменьшается. Раньше продолжительность суток была не 24 часа, а 23, 22, 20, 15.

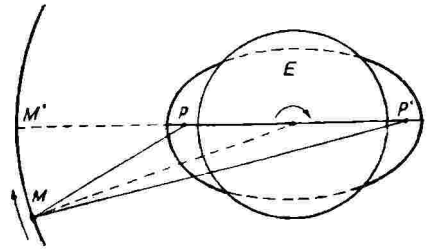
Основную причину замедления вращения земли Дарвин считает так называемое приливное трение. Напомним здесь основную схему, приводимую Дарвином в его книжке о приливах.¹

Так как вода представляет жидкость, обладающую внутренним трением, то наибольшее приливное поднятие воды в океане наступает не в момент, когда при вращении земли данный меридиан проходит прямо под луною, а несколько позже. Приведем здесь иллюстрирующий такое положение прилива рисунок из книги Дарвина (фиг. 1).

Если бы океаны состояли из идеальной жидкости, лишенной внутреннего трения, то прилив наступал бы в пункте, расположенном непосредственно под луною в данный момент,

¹ Дж. Г. Дарвин. Приливы и родственные им явления в солнечной системе. Госизд., 1923.

т. е. на чертеже прилив P и противоположный прилив P' наступили бы в тот момент, когда луна находилась бы в пункте M' ее орбиты. На самом деле, приливное поднятие воды, вследствие трения, несколько запаздывает, и полная вода наступает, когда луна находится в пункте M' так как выпуклость уносится вращением планеты вперед. Массы воды, центры тяжести которых расположены в точках P и P' , притягиваются луною; известно, что сила притяжения обратно пропорциональна квадрату расстояния, а потому луна



Фиг. 1.

притягивает к себе с большею силой массу P , нежели более удаленную массу P' . Притягивая к себе P' , луна содействует ускорению вращения земли, а притягивая P , она стремится замедлить вращение, и так как последняя сила больше, то в общем луна, посредством приливного трения, замедляет вращение земли.

Кроме этого космического влияния на приливную массу воды, следует принять во внимание и замедляющее вращение земли непосредственным трением приливов о берега и дно мелководных заливов, проливов и береговых морей, чего не принимает во внимание Дарвин.

IV

Итак, земля представляет твердый железный шар, обтянутый оболочкою вязкой огненной магмы, на которой покоится, как бы плаваёт, более легкая земная кора неравномерной толщины.

Приливное трение медленно, но неуклонно замедляет скорость вращения

земли вокруг ее оси, и при этом действие этого трения непосредственно прилагается к земной коре. Есть ли у нас основания предполагать, что это замедляющее действие одновременно и в одинаковой степени сказывается на всех слоях, из которых состоит земной шар? Таких оснований у нас нет.

Наоборот, я допускаю, что внутреннее ядро земли (громадный, плотный, чрезвычайно тяжелый железный шар) весьма неохотно поддается замедлению вращения вследствие трения вышележащих слоев и, во всяком случае, опережает их, имея бóльшую скорость вращения. С этим прекрасно увязывается приведенное выше указание Дж. Дарвина, о том, что внутренние слои земли сплюснуты немного больше, чем того требует современная скорость вращения земли; раз эти внутренние слои вращаются с большей скоростью, нежели поверхностный слой земли, то, конечно, они должны быть более сплюснуты. Я не сомневаюсь, что разница в скорости хода земного ядра и коры не может быть особенно большою, вследствие огромного трения, развиваемого внутри земли отдельными слоями и при наличии громадного давления; однако, бóльшая сплюснутость внутренних зон земли, по сравнению с ее поверхностью, указывает с несомненностью на существенную разницу угловых скоростей. Если бы приливное трение не продолжало действовать, т. е. если бы далее земля перестала замедлять свое вращение, то вскоре скорость вращения всех слоев земли выравнилась бы, и весь земной шар, как одно целое, вращался бы с одинаковой скоростью. И обратно, если бы не внутриземное трение на поверхности быстро вращающегося земного ядра, то земная кора значительно легче поддавалась бы влиянию замедляющих сил, и продолжительность суток быстро возрастала бы.

Но в меру того как внутриземное трение замедляет вращение земного ядра, поверхностное, приливное трение продолжает далее замедлять скорость

вращения земной коры... Получается постоянная разность скоростей вращения ядра и коры, которая существует с тех пор, как земля разделилась на отдельные оболочки, с тех пор, когда возникла кора земли с ее океанами, зона магмы и железное ядро.

Как ни мала, может быть, разность скоростей хода отдельных зон земли, но если она постоянно действует, то она должна давать громадный механический эффект. Ведь трение внутри земли происходит на громадной поверхности и претворяется в тепло, которое, главным образом, развивается в зоне магмы и не дает ей остывать, а также сохраняет постоянство температуры ядра земли. Магма есть смазочная зона, нагреваемая трением разновращающихся зон земли, смазочный материал, делающий возможною разность скоростей и продолжающий сохранять необходимое для этой разности жидкое состояние благодаря этой же разности и вызываемому ею трению.

Вот в чем источник тепла магмы и объяснение той загадки, что земля не остыла, магма не затвердела, горообразовательные процессы не замерли, землетрясения не прекратились, вулканы не погасли, хотя после архейской эры прошло более полумиллиарда лет.

Мы не обладаем достаточным материалом для суждения о том, имеются ли в других небесных телах такие же зоны, как в земле, и существуют ли еще планеты с разновращающимися зонами, но, конечно, вполне возможно не считать землю единственною в своем роде.

В том, что небесные тела вообще могут не всю массу с одинаковой скоростью вращаться, мы убеждаемся на примере солнца. Керрингтон в пятидесятых годах прошлого столетия открыл „закон экваториального ускорения солнца“ на основании наблюдения движения солнечных пятен; оказалось, что период обращения вокруг оси экваториальной области солнца равен приблизительно 25 дням;

области, удаленные от экватора, имеют меньшую скорость вращения; на 30° широты период обращения $26\frac{1}{2}$ дней, на 45° — он $27\frac{1}{2}$ дней. На основании 5000 наблюдений Керрингтон даже вывел формулу для определения скорости вращения солнечной поверхности в зависимости от широты. Фай, Шперер и другие ученые, подтвердив наблюдения Керрингтона, вывели свои формулы, в основе которых та же закономерность. Дунер по другому методу, а именно, при помощи спектроскопа, доказал тот же самый факт и вывел формулу для скорости вращения солнечной поверхности:

$$X = 846' - 272'.4 \sin^2 I,$$

где I есть солнечная широта наблюдаемого пункта. По этой формуле, экваториальный период оборота солнца $25\frac{1}{2}$ дней, а полярный $37\frac{1}{2}$. Факт вращения разных частей солнечного шара с разной скоростью Дунер и Юнг считали одной из труднейших загадок астрономии. Разновращающуюся систему представляет Сатурн с его кольцами.

V

Вопрос о горизонтальных передвижениях массивов земной коры обсуждался в геологии неоднократно. Ряд ученых признавал возможным смещение земной коры в связи с уменьшением скорости вращения земли и соответственным изменением сжатия земного сфероиды. Особенно подобные взгляды выдвигались при рассмотрении причин тектоники.

До недавнего времени господствовала теория горообразования, разработанная Зюссом, так называемая контракционная теория, согласно которой объем земного шара уменьшается вследствие его охлаждения, что влечет смятие земной коры в складки, образующие горы. Согласно взглядам Зюсса, земная кора тоньше под материками и толще под океанами в силу более значительного охлаждающего влияния этих последних.

Впоследствии теория изостазиса, согласно которой выступы, возвышенности, земной коры уравниваются соответственными утолщениями коры под ними, так как кора, будучи более легкой, покоится, как бы плавает, на внутренней более тяжелой массе, — стала в резкое противоречие со взглядом Зюсса. Согласно изостазису, земная кора толще под континентами и тоньше под океанами. Изостазис был проверен разнообразными подсчетами и действительными фактами, напр., измерениями силы тяжести в разных пунктах на суше и на море.

Вычисления математика Кельвина и подсчеты геолога Гейма пробили неизгладимую брешь в контракционной теории. Кельвин показал, что жесткость земли и ее сопротивление изменению объема уже почти достигли своего максимума. Гейм установил, что для образования горных цепей сжатие земли должно быть чрезвычайно значительным.

Наконец, весьма важным возражением против контракционной теории является неравномерность горообразования на земле в разные периоды, установленная всею историческою геологией. Проходили целые периоды, десятки миллионов лет, и не происходило крупных горообразовательных процессов, в то время как были иные периоды, специально отличающиеся мощным горообразованием.

Однако, следует признать, что хотя изостазис получил весьма прочное подтверждение, а вместе с тем отпал старый взгляд на толщину земной коры, но контракционная теория горообразования еще пользуется значительным признанием в ученых кругах. Есть взгляды, комбинирующие изостазис с контракцией. Но есть и другие взгляды, людей чересчур преданных контракционной теории, которые в связи с нею отрицают все, что ей противоречит; в качестве примера можно привести мнение Фишера и Си (See), что контракционная теория горообразования не может мириться с теорией Кельвина, так как сопро-

тивление земли уменьшению объема, по Кельвину, настолько велико, сокращение объема так ничтожно, что им совершенно невозможно объяснить образование таких гор, как Гималаи или Анды, или хотя бы одни Альпы.

Весьма остроумно говорит по этому поводу Рудзкий: „Упрек, что теория Кельвина не мирится с известною орогенической теорией, не является важным. Плохо, когда теория не мирится с фактами, а противоречие с иными теориями не страшно. В данном случае так и есть: контракционная теория горообразования сама стала сомнительною“.¹

В связи с ослаблением контракционной теории, начали возникать всевозможные иные взгляды, причем допускалось даже притягательное влияние солнца на земную кору, заставляющее ее собираться в складки при движении по жидкому ядру к экватору (Ветштейн), или влияние солнца на твердое магнитное ядро земли (Шнейдер). Бем принимал возможность горообразовательных движений в земной коре благодаря ее смещениям при изменении формы земли, уменьшении ее сплюснутости, происходящем вследствие замедления скорости вращения земли от приливного трения. Особенно блестящими и оригинальными явились работы Вегенера,² отчетливо и ясно поставившего вопрос о перемещении земной коры, передвижениях континентов, плавании сиали на симе.

Хотя вначале теория Вегенера и была встречена как слишком парадоксальная, однако, она привлекла к себе широкое внимание и интерес, выразившийся в целой особой литературе; вслед за тем, наряду с противниками вегенеровской теории, возникли и ее сторонники, а самая теория все глубже разрабатывалась Вегенером и другими учеными и все более крепла. Надо отметить также теорию Крейхгауера, согласно которой вся масса материков

одновременно перемещается на поверхности земли (по Вегенеру, отдельные материки обладают самостоятельным движением). Чрезвычайные климатические перемены, происходившие на земле в течение геологических эпох, размещения древних оледенений и тропической растительности и ряд других фактов наилучше объясняются этими теориями. Нужно еще в нашем кратком и весьма неполном обзоре упомянуть теорию, объясняющую тектонические явления подкорковыми движениями магмы. Целый ряд ученых в последнее время весьма развивают эту теорию (Ампферер, Швиннер, Космат и др.)

И, однако, во всех этих теориях не разрешается вопрос об источниках тепла магмы, за исключением радиоактивной теории, которую мы сейчас рассмотрим; ни одна теория не выдвигает разности скоростей вращения отдельных зон земного шара, которая, по нашему мнению, должна составить основу тектонических взглядов в дальнейшем; кроме того, предлагаемый мною взгляд наиболее просто разрешает вопрос о магнетизме земли.

VI

Наиболее блестящую книгу, разбирающую вопросы истории земной коры, ее движений, является „История поверхности земли“ Дж. Джоли.

Джоли выделяет в этой истории эволюции и революции. Источником тепла Джоли считает энергию радиоактивного распада. Эта громадная, постепенно вырабатываемая энергия дает теплоту, способствующую медленному плавлению базальтовой постели. Материки, представляющие сиалевые глыбы, опирающиеся на эту постель, в меру ее плавления и уменьшения ее удельного веса опускаются глубже, и тогда наступают морские трансгрессии, заливающие обширные площади на континентах. Далее плавление постели достигает степени, при которой приливная сила начинает на нее действовать: тогда происходят крупные

¹ Fizyka ziemi. Kraków, 1909, стр. 118.

² Вегенер. Происхождение материков и океанов. Гос. изд., 1925.

движения в поверхностной зоне земли, передвигаются материки, создаются горные цепи на месте накопленного в морях в виде геосинклиналей силала.

Джоли принимает во внимание и стремление внутренней части земного шара вращаться быстрее поверхностной оболочки и придает этому факту большое значение в горообразовании, возрастании гор на западных берегах континентов из краевой геосинклинальной зоны океанов. Но Джоли не склонен допустить постоянной разницы хода различных зон тела земли и видеть в этом источник тепла и внутренней энергии земли. Этот источник тепла и энергии, по мнению Джоли, лежит в радиоактивных процессах, и только в них.

На основании изучения содержания радиоактивных элементов получены цифры радиоактивности такого порядка, который вполне объясняет теплоту и энергию земли. Для гранитов среднее содержание радия составляет 3×10^{-12} г на 1 г породы. Содержание тория в граните на 1 г породы составляет 2×10^{-5} . Радиоактивность базальтов меньше; Джоли дает следующие цифры:

	радий	торий
Декан (6) .	0.77×10^{-12}	0.46×10^{-5}
Гебриды (6) .	0.77×10^{-12}	0.49×10^{-5}
Орегон (7) .	1.69×10^{-12}	1.52×10^{-5}

Таким образом, оказывается, что радиоактивное влияние должно быть даже слишком велико и что земля не только не должна остывать, но, наоборот, радиологи ищут способов для уменьшения распространения радиоактивных элементов в теле земли, иначе выводы получаются самые неожиданные. Здесь нужно еще сделать поправку на радиоактивную роль калия, согласно вычислениям Гольмса и Лаусона¹ увеличивающую значительно приток энергии.

Стретт (Strutt) подсчитал, что если бы каждый кубический сантиметр

земного шара содержал только 1.75×10^{-13} г радия, то ежегодная продукция тепла из радия была бы равна потере тепла землею через излучение. Однако, мы видели, что породы земной коры содержат несравненно большее количество радия — почти в 75 раз больше. Наименьшее количество радия из всех пород, исследованных Стреттом, содержал овифакский базальт с острова Диско, а именно 18.4×10^{-13} г. Поэтому Стретту приходилось делать допущение, что не вся земля, а лишь только поверхностная кора до глубины 72 км содержит радий, а глубже его нет. Затем, на основании параболического закона, Стретт вычисляет, что температура растет только до глубины 72 км, где достигает 1530°C . Глубже, до самого центра земли, весь земной шар имеет ту же температуру 1530° .²

Рудзкий нашел эту гипотезу весьма необоснованною. И, действительно, допущение, что радий распространен в земной коре лишь до 72 км глубины, очень искусственно. Гораздо проще предполагать, что радий распространен во всем теле земли и что количество тепла, которое он дает, значительно больше того тепла, которое земля излучает. Тогда должно было бы итти не охлаждение, а нагревание земли — она давно бы расплавилась или перешла бы в газообразное состояние; словом, все наши понятия надо было бы перевернуть вверх дном.

Между тем, от кембрия и до наших дней на земле были моря, океаны и материки на протяжении сотен миллионов лет; в этих морях отложились породы, с точностью документирующие историю земли и ее жизни; горообразовательные и другие процессы шли по тому же типу, что и теперь, и факты решительно противоречат допущению Стретта.

Джоли стоит на той точке зрения, что главная масса радиоактивных элементов находится в силалевых глыбах, в подножии которых и происходит

¹ В. И. Вернадский, там же.

² Рудзкий. Физика земли. 1909, стр. 119-

главное накопление тепла; и если бы не то обстоятельство, что континенты, в меру значительного развития тепла, начинают смещаться по поверхности земли и их места занимают океаны, то страшные вулканические катастрофы должны были бы сметать периодически жизнь с поверхности материков земли.

Однако, предположение об отсутствии радиоактивных элементов в глубоких зонах земли не может считаться доказанным. В районах больших тектонических нарушений газовые струи обогащаются гелием.¹

Вопрос о роли радиоактивного распада в тепловом режиме земли не может считаться выясненным.

Не разрешены еще два простых вопроса: 1) до какой температуры может нагревать тела радий; ведь если горелка развивает температуру в 600°, то она не может нагреть какой-либо предмет до температуры 1000°, даже если будет его нагревать целый день или годы; 2) почему в местах нахождения радиоактивных руд, где земная кора содержит значительные количества радия, напр. в Иоакимстале, Тюямуюне и т. д., она не нагрета сильнее, чем в других местах, и даже при бурении в таких районах геотермический градиент не дает каких-либо заметных отклонений от норм.

Словом, мы не можем считать вопрос о влиянии радия на температуру земли сколько-нибудь выясненным, и приходим к выводу, что, вследствие недостаточной разработки его, радиологами допущены предположения неверные, не могущие пояснить термических свойств земли, а вместе с тем, ее тектонических процессов и их распределения в пространстве и во времени. Вместе с тем, мы приходим к необходимости замены радиологической гипотезы какою-нибудь иною, причем наиболее правдоподобным является вышеприведенный мною взгляд о действии внутриземного трения.

VII

Закончим статью изложением в общей схематической форме той картины тектонической жизни земли, которая вытекает из нашей гипотезы о вращении земли и происхождении тепла магмы.

Под нашими ногами, на глубине нескольких сот километров, в огненном море магмы движется огромный раскаленный шар земного ядра и опережает нас быстротою своего вращения; земная кора, с материками, морями, по скорости отстает от ядра; ее нижние выступы — под Африкой, Тибетом и другими высотами — врезаются вглубь магмы, бороздят ее; в куполах под океанами медленно ползут волны и вихри густой магмы. Идут годы, тысячелетия, идут миллионы лет; под влиянием течений в магме, притягивающих сил космических тел, разных ритмически происходящих деформаций, связанных с нутациями и прецессиями, земная кора изменяет положение на поверхности земли, материки перемещаются понемногу. Между тем, вследствие непрерывно действующего внутриземного трения, известная прибыль тепла, запас энергии, накапливается в магме. Движения в магме становятся быстрее и быстрее, объем ее несколько увеличивается, наступает плавление базальтовой постели, материки движутся энергичнее, расползаются и сталкиваются, мощные тектонические движения потрясают земную кору, наиболее гибкие участки — геосинклинали — изгибаются, на месте их выпячиваются огромные вытянутые горные кряжи. Разжиженная магма вырывается через трещины и разрывы на поверхность, бушуют вулканические извержения, землетрясения колышут земную кору, местами магма изливается на поверхность в виде гигантских потоков и покровов; отдельные участки коры, скальваясь косыми трещинами, надвигаются друг на друга, расслаиваются; нередко древние породы наезжают на более молодые..

Масса энергии, масса тепла из магмы уходит в течение такого периода,

¹ В. И. Вернадский, там же, стр. 272.

магма сжимается, оседает и земная кора и еще продолжает морщиться; в ряде мест начинает слабеть боковое направление; тогда, лишь вертикальные трещины продолжают раскалывать земную кору, и отдельные ее участки, пришедшие в неуравновешенное изостатическое состояние, опускаются, раздают магму, выпирают ее в стороны и вызывают поднятие прилежащих участков; наоборот, другие, толстые,

слишком глубоко вдавленные предыдущими движениями участки земной коры медленно поднимаются, откалываются от соседних участков, всплывают вверх в виде горстов. Наконец, затихают и эти движения. Плавно работает мощная динамомашинная земля; медленно накапливается новая энергия для отдаленных крупных перемен и катастроф...

Реформа питания

Е. В. Сергеева-Синицына

В обширной западноевропейской литературе, посвященной вопросам питания, можно установить две основные идеи, долженствующие лечь в основу будущей реформы питания. Это, во-первых, установление новых процентных отношений между количествами растительной и животной пищи и, во-вторых, все более возрастающее значение сырого питания.

I

Особенно сильной переоценке подверглись животные пищевые продукты, почему именно сейчас вполне своевременно указать на тот крупный сдвиг в прежних устарелых понятиях, который произошел в этом направлении. Наряду с общеизвестным значением мяса как носителя полноценных белков и важных минеральных элементов (мясо содержит значительные количества фосфора и железа), современная наука учитывает целый ряд разрушительных, вредных влияний, неизменно сопутствующих общепринятому мясному режиму, таковы: 1) несвойственная природе человека вредная перегрузка организма животными белками, 2) хроническое переокисление тканей и соков, 3) хроническое отравление организма мясными ядами, 4) с несомненностью установленное вредное влияние избытка липоидов и, в частности, холестерина мяса на об-

щий ионный обмен и сосудистую систему, 5) малая витаминность мяса, еще более понижаемая процессами варки и жаренья.

Тогда как норма ежедневной потребности в белках колеблется от 60 до 80 г, суточное количество белков при современной графаретной системе питания значительно превышает 100 г. Эта ежедневная перегрузка организма животными белками имеет вполне определенные вредные последствия. Весь белок, вводимый в организм свыше суммы его изнашивания, представляет собою только динамогенный материал так же, как углеводы и жиры. Отопление же белком крайне нерационально в двух отношениях: 1) самый процесс распада и ассимиляции белка требует от животного организма затраты значительных усилий, почему отопление углеводами гораздо проще и целесообразнее; 2) вместе с расщеплением больших количеств белка увеличивается выделение вредных продуктов его распада — мочевой кислоты, креатининов и т. д., в силу чего подвергаются ненужной нагрузке почки и печень. Таким образом, система питания, включающая в себе избыточные количества животных белков, является системой, бесцельно обременяющей и утомляющей важнейшие органы (сердце, печень и особенно почки) и