

УДК 551.24 (100)

Г. П. ТАМРАЗЯН

ЭТЮДЫ О ЗАКОНОМЕРНЫХ ТЕНДЕНЦИЯХ
В РАСПРЕДЕЛЕНИИ МАСС В ЗЕМЛЕ1. Тенденции к концентрации масс на определенных уровнях,
вырисовывающих почти геометрическую прогрессию

Масса представляет главнейшее физическое понятие природы. Она—основополагающая в процессах взаимодействия во всем мироздании. Остановимся, прежде всего, кратко на распределении масс вещества в нашей Земле (табл. 1).

Таблица 1

Распределение масс в различных сферах Земли и в солнечной системе в целом

Сфера концентрации вещества	Масса вещества (г)
Масса Солнца	$1,99 \times 10^{33}$
Масса всех планет, спутников, малых планет, метеорной материи	$2,68 \times 10^{30}$
Масса Земли	$5,98 \times 10^{27}$
Масса гидросферы	$1,42 \times 10^{24}$
Масса воды, выделившейся вообще из Земли	$3,4 \times 10^{24}$
Масса атмосферы	$5,30 \times 10^{21}$
Масса биосферы (живого вещества и неразложившегося органического вещества)	$4,1 \times 10^{18}$

В ряду атмосфера—гидросфера—геосфера (твердая Земля) каждое следующее состояние вещества превышает предыдущее примерно на три порядка (в 1000 раз). Это касается только порядка величины и в этом отношении дело обстоит достаточно четко. Весьма надежно определенная масса Земли (6×10^{27} г) почти точно в 10^6 раз превосходит массу достаточно неплохо определенной массы атмосферы ($5,3 \times 10^{21}$ г). Масса океанов, морей, ледников, озер, рек определена в целом уверенно и надежно и не вызывает сомнений, составляя в общем около $1,42 \times 10^{24}$ г, и порядок этого числа в целом отвечает вышеотмеченному соотношению: масса гидросферы на три порядка (10^3) больше массы атмосферы и на столько же (в 10^3) меньше массы Земли. Однако в деталях наблюдается какой то недостаток массы гидросферы. Если же учесть не только количество воды, находящейся выше земной поверхности (океаны, льды и т. д.), но и количество воды, выделившейся вообще из Земли ($3,4 \times 10^{24}$ г по Калпу [5]), то тогда общая масса воды будет еще

лучше отвечать вышеотмеченному возрастанию массы в рассмотренной последовательности.

Можно рассмотреть также и биосферу, масса которой поддается определению весьма трудно. Масса живого вещества и неразложеного органического вещества составляет, по Руби [8, 9], около $4,1 \times 10^{18}$ г. Следовательно, намеченный ряд примерно тысячекратного изменения (увеличения или уменьшения) массы различного состояния вещества нашей планеты пополнивается еще за счет биосферы, которая может занять соседнюю ступень, левее атмосферы.

Эта особенность (увеличение массы примерно в 10^3 раз при переходе к следующей более массивной концентрации вещества) выдерживается и при переходе от массы Земли к массе всех планет солнечной системы и, далее, к массе самого Солнца (рис. 1). Масса Солнца (2×10^{33} г) на три порядка превышает совместную массу всех планет солнечной системы ($2,7 \times 10^{30}$ г) и на шесть порядков превышает массу Земли (6×10^{27} г).

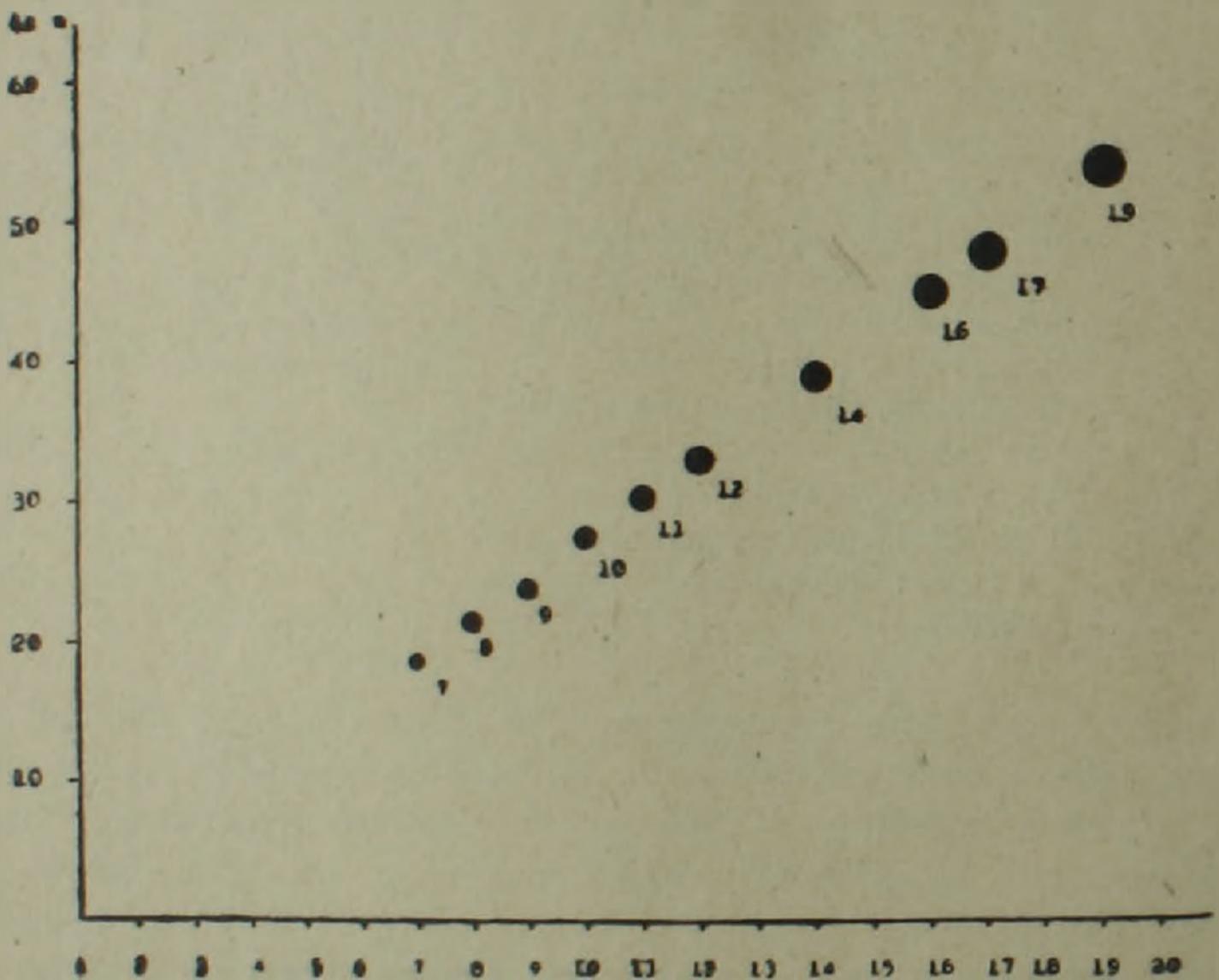


Рис. 1. Тенденции к концентрации масс вещества на определенных уровнях (в структурных узлах), отличающихся друг от друга по массе обычно на три порядка (10^3). Уровни концентрации масс:..., 7—живое и неразложеное органическое вещество, 8—атмосфера, 9—гидросфера, 10—геосфера (Земля ниже гидросферы или атмосферы), 11—совместно все планеты, спутники, малые планеты и метеорная материя, 12—Солнце, ..., 14—громадные сгустки в галактиках (свечение их обусловлено ионизованным газом), ..., 16—квазары, галактики и местные группы галактик, 17—сверхгалактики, ..., 19—все доступные обнаружению галактики (наблюдаемая Вселенная). По горизонтали отложена последовательность концентрации вещества в отдельных структурных узлах, по вертикали—масса узлов концентрации вещества (в $\lg m$, где m —масса вещества в г).

В целом можно, в качестве этюда, констатировать следующую интересную особенность: при переходе от одной концентрации масс (от одного состояния вещества) к следующей в ряду отчетливой последовательности ее пространственной локализации (причем каждый член ряда достаточно отчетлив и самостоятелен) сами массы возрастают на одинаковый порядок величин, а именно в 10^3 раза. На рис. 1 это видно достаточно отчетливо, где в логарифмической шкале массы биосферы, атмосферы, гидросферы¹, твердой Земли, совместно всех планет солнечной системы и, наконец, Солнца располагаются почти по одной линии, демонстрируя какую-то природную закономерность, обуславливающую изменение масс в геометрической прогрессии, в которой ее знаменатель выражается почти постоянно одним² числом 10^3 , а члены этой последовательности представляют конкретные и типичные концентрации вещества, доминирующие над другими или даже являющиеся единственными в этом ранге. Тем самым в рассмотренном масштабе природы намечается ряд уровней концентрации масс.

Можно эту последовательность проследить в направлении ее возрастающей и убывающей ветвей. Но это специальный вопрос. Заметим, что в этой последовательности уже 7-й после Солнца (2×10^{33} г) ее член (на диаграмме № 19) должен как будто иметь массу порядка $n \times 10^{54}$ г, а это уже масса всех доступных обнаружению галактик, т. е. вся масса наблюдающейся части Вселенной и тем самым предел существующим ныне знаниям о мироздании.

Солнце—это рядовая звезда-карлик, по массе средняя или скорее всего ниже, чем средняя звезда. Самые массивные звезды (класса O) по массе в 50—75 раз больше массы Солнца, а самые малые звезды имеют массы в 10—12 раз меньше солнечной [4]. У средней «стандартной» звезды масса в 2—2,5 раза больше солнечной массы и это (около 5×10^{33} г) лучше отвечает 12-му члену последовательности на диаграмме (рис. 1).

На диаграмме (рис. 1) неплохо находят свое место (№ 16) квазары, галактики и местные группы галактик ($n \times 10^{45}$ г), а также сверхгиганты (10^{48} г; № 17 на рисунке), сгустки (свечение коих обусловлено ионизованным газом, а не звездами) в галактиках (10^{39} г; № 14 на рисунке) и т. д.

Интерес представляет также убывающая ветвь уровней концентрации масс. Где-то на нисходящем пороге убывающей ветви этого ряда, возможно, располагается совокупная масса тех мельчайших «ячеек информации» мозга мыслящих существ, для моделирования работы

¹ На рис. 1 показана минимальная масса гидросферы ($1,4 \times 10^{24}$ г) и поэтому отвечающий ей кружок немного опущен. Учет полной массы воды ($3,4 \times 10^{24}$ г) поднимет кружок на 1 мм, приведя и его в соответствие с линейным расположением дискретных концентраций масс в природе.

² Однако знаменатель прогрессии, по-видимому, не совсем постоянен и в космологическом аспекте, вероятно, изменяется по какой-то прогрессии (в которой ощущается присутствие коэффициента около 0,8).

которого принимается, что число таких «ячеек» должно быть порядка 10^{12} — 10^{15} , имеющих, однако, чрезвычайно малую массу.

Еще далее на убывающей ветви ряда уровней концентрации масс находится микромир, которому также не чуждо стремление подчиниться все той же вышеотмеченной закономерности ряда уровней такой концентрации масс. Так, например, масса электрона составляет $0,91 \times 10^{-27}$ г, а масса «соседнего» протона составляет $1,67 \times 10^{-24}$ г, т. е. на три порядка больше. Тем самым электрон и позитрон (по $0,91 \times 10^{-27}$ г), с одной стороны, и протон и нейтрон (по $1,67 \times 10^{-24}$ г)—с другой также подчиняются указанному закономерному стремлению вещества сосредотачиваться на определенных уровнях концентрации масс, отличающихся друг от друга на три порядка. Быть может по соседству с электроном следующее место займет нейтрино, масса которого очень мала.

В общем над иерархией распределения концентрации разных масс во Вселенной властвует тенденция их подтягивания в структурные узлы, отличающиеся друг от друга по массе на три порядка. Геологические события охватывают концентрации масс на уровнях от электроно-позитронного ($0,91 \times 10^{-27}$ г) до теллурического (6×10^{27} г), особенно интенсивно проявляясь как раз в промежуточной части этого интервала уровней.

2. Использование соотношения между земной поверхностью и строением Земли для зондирования строения Луны

Ранее было показано, что «все основные особенности строения Земли до ее центра четко и однозначно отражаются в цифровой характеристике земной поверхности. Между ними находится теснейшая связь. Путем анализа деталей гипсографической кривой земной поверхности можно расшифровать строение всей Земли. Лик Земли—это завуалированное отражение всего ее строения (вплоть до центра). Этот вывод кажется, может быть, парадоксальным, однако он следует из твердых фактов, выясняющихся при статистическом анализе числовых данных» [2, стр. 6—7].

Появился соблазн использовать выявленную связь между гипсометрической кривой земной поверхности и глубинным строением Земли для выяснения строения Луны. Кропотливо анализируя имевшиеся крайне недостаточные и отрывочные данные о лунной поверхности и имея в виду вышеуказанную связь между особенностями строения поверхности планеты и ее недр, нами была сделана попытка выяснить этим путем строение Луны; результаты этой работы были опубликованы в Англии [10] в апрельском номере журнала за 1967 г., т. е. задолго до посадки первых астронавтов на Луне и установления там сейсмической аппаратуры для исследования лунных недр (вторая половина 1969 г.).

Теперь, когда человечество вступило на поверхность Луны, установило там сейсмоаппаратуру и выявило в первом приближении строе-

ние ее недр, представляется интересным и полезным сопоставить полученные результаты с теми, что было намечено задолго до этого на основе этюдов о численном соотношении устройства поверхности и недр планеты и процессах преобразования состояния и строения недр планеты в ходе ее исторического развития.

Опубликованная в 1967 г. схема строения Луны воспроизведена на рис. 2 [10]. В Луне, как видно, был выделен ряд сферических разделов на глубинах (км): 0—100—300 (350)—450 (500)—800 (850)—1300—

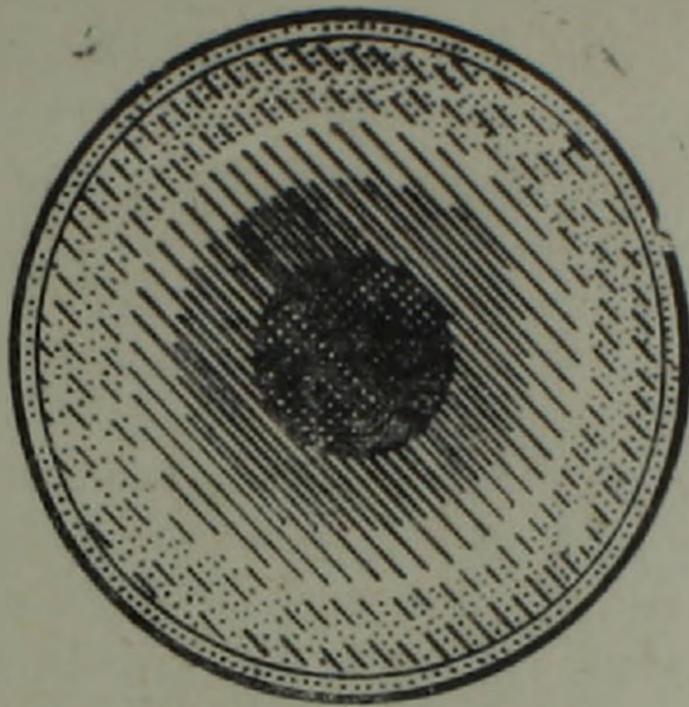


Рис. 2. Гипотетическая схема строения Луны, по Г. П. Тамразяну, 1967 г. [10]. На рисунке внутри Луны выделен ряд разделов на глубинах (км): 0, 100, 300 (350), 450, 500, 800 (850), 1250. Эти разделы ограничивают отдельные слои. В целом Луна имеет трехслойную модель: кора (0—100 км), состоящая в своей значительной нижней части из результатов выплавки верхов подстилающей оболочки и вещества первичной лунной коры, из излияния глубинных лав и вверху внелунного (метеорного) вещества; оболочка (100—850 км), состоящая из ряда слоев, причем нижний слой (500—850 км) наиболее тектонически активный (сейсмоактивный); ядро (850—1737 км), состоящее из внешнего ядра (850—1250 км, на рисунке показано частой штриховкой), наиболее радиоактивного и близрасплавленного, возможно прерывисто, поясами и внутреннего ядра (1250—1737 км, на рисунке показано в клетку), наиболее плотного и, вероятно, твердого.

1737. При этом были выделены три основные сферы: лунная кора на глубине до 100 км, оболочка на глубине 100—800 (850) км, ядро на глубинах более 800 (850) км (до центра Луны на глубине 1737 км).

Лунная кора двухслойная с существенным горизонтальным расчленением, не говоря о вертикальном расслоении. Лунная кора состоит из двух слоев: основного нижнего, представленного результатом выплавки вещества верхов подстилающей мантии-оболочки Луны (на рисунке это показано непрерывным ободком точек), и верхнего, более тонкого, наиболее разнородного, состоящего из продуктов выплавки первичного вещества коры и верхов подстилающей оболочки (показано точками), излияния лав, идущих из глубоких недр (штриховка), и внелунного (метеоритного) вещества (символизированного на рисунке наружной для всей Луны окружностью).

Оболочка Луны, на глубине 100—800 (850) км, состоит из ряда слоев-сфер. Верхняя сфера, на глубине 100—300 (350) км, более однородна (из нее выплавилась лунная кора или преобладающая часть последней, она на рисунке показана преимущественно штриховкой с подчиненными точками, символически перешедшими в значительной мере в лунную кору, главным образом в ее нижнюю часть. Промежуточная сфера, на глубине 300 (350)—500 км, менее всего подверглась плавке и здесь наименее измененный первичный состав Луны (на рисунке это показано примерно равномерным чередованием штриховки и точек). Нижняя сфера, на глубине 500—800 (850) км, сохраняя, примерно, тот же состав, что и промежуточная сфера, динамически наиболее активная с повышающейся температурой. Нами было отмечено, что «на глубине 500—850 км происходит изменение общего состава лунного вещества и это один из существенных сейсмических участков-разделов Луны» [10, стр. 79]; на рисунке нижняя сфера оболочки обозначена штриховкой (без точек).

Таким образом, еще в 1967 г. было отмечено вероятное наличие в Луне на глубине 500—850 км сейсмического раздела (активной зоны), что подтвердилось впоследствии сейсмическими исследованиями, столкнувшимися неожиданно с этой загадкой лунных недр.

Лунное ядро состоит из двух участков: внешнего ядра (на глубине 800—1300 км) и внутреннего ядра (1300—1737 км). Внешнее ядро находится в близрасплавленном состоянии (расплавленное состояние возможно распространяется не повсеместно, а отдельными поясами, меняясь по гипсометрии, вырисовывая горизонтальную и вообще пространственную неоднородность). Внутреннее ядро является наиболее плотным и, вероятно, твердым.

Луна прошла стадию расплавленного состояния и соответствующей дифференциации примерно по той же схеме, что и Земля [1]. Согласно этой схеме, отверждение началось с центральных участков Луны и направлялось наружу. Поскольку центральные участки отвердели прежде всего и быстрее, чем другие участки, то дифференциация в них была непродолжительной и они отвечают более всего первичному составу лунного вещества. Чем дальше от центра Луны, тем дифференциация происходила дольше и тем самым более значительно, в результате чего легкоплавкие и радиоактивные компоненты быстро поднимались кверху. Однако вскоре отверждение началось и с поверхности, и два фронта отверждения направились навстречу друг другу (один от центра Луны, а другой—с поверхности ее). Поскольку тепло излучалось в окружающее пространство через лунную поверхность, то фронт отверждения, шедший от поверхности Луны внутрь ее, продвигался очень медленно, тогда как идущий от центра фронт отверждения продвигался быстро и они вскоре встретились, сомкнулись где то недалеко от лунной поверхности (в низах лунной коры или скорее всего в верхах подстилающей мантии). Это обусловило накопление наибольшего количества радиоактивных веществ вблизи лунной коры (в ней и под нею). Именно поэтому измерен-

ный поток тепла из лунных недр значителен, гораздо больше, чем ожидали в прошлом при построении различных малообоснованных или вообще ошибочных схем-моделей строения Луны.

Ниже верхов Луны (лунной коры и непосредственно подстилающих участков мантии) количество радиоактивных веществ минимальное во всей Луне, а далее с глубиной оно немного возрастает, достигая максимальных величин во внешнем ядре, где количество радиоактивных веществ все же значительно уступает тому, что сконцентрировано в верхах спутника.

Впоследствии начался повторный разогрев центральных участков Луны, где радиоактивных веществ было сравнительно больше, ввиду быстро прошедшего здесь отвердения, при котором радиоактивные компоненты при дифференциации не успели в значительной части подняться в верхние участки небесного тела. В результате разогрева центральные участки Луны вновь расплавились и началась повторная, длительная и более полная дифференциация вещества. При этом наиболее тяжелые и геохимически более «плотные» компоненты опускались к центру Луны, возможно создав какое то небольшое, быть может преимущественно железное, ядро. Радиоактивные вещества в расплавленном растворе поднимались выше, в верхние участки ядра (аналогично тому, что происходило в Земле).

Хотя Луна и Земля имеют примерно одинаковый возраст (около 5 миллиардов лет) и были в первично-расплавленном состоянии, вероятно, почти одновременно или в очень близкое время, однако потеря ими тепла происходила по-разному. Это связано с тем, что с увеличением радиуса шара его объем увеличивается быстрее, чем его поверхность, и на единицу поверхности приходится все больше объема. Соотношение радиусов Земли и Луны составляет 3,7 и это означает, что Луна остывала значительно быстрее, чем Земля при всех прочих одинаковых условиях (одинаковое содержание радиоактивных веществ, одинаковое время выделения радиогенного тепла и т. д.)¹.

В целом и внешняя часть лунного ядра, повторно расплавившаяся и отдавшая значительную часть радиогенного тепла наружу, повторно начала отвердевать и ныне представляет частично расплавленную область (полурасплавленную, полужидкую, полузатвердевшую массу).

Луна и Земля в среднем имеют одинаковое или близкое содержание радиогенных компонентов. Однако быстро и более полно прошедшая дифференциация в Луне перебросила главную часть радиоактивных элементов в ее верхние участки, где, с одной стороны, выделявшееся тепло относительно быстро отдавалось в окружающее пространство, а с другой—продолжающееся тепловыделение настолько значительно, что может создать ныне ложное впечатление о том, что Луна якобы содержит больше радиоактивных веществ, чем Земля. Однако в лунной коре

¹ Дело не в объеме Луны и Земли, а в соотношении объема к поверхности тела, через которую происходит теплоизлучение.

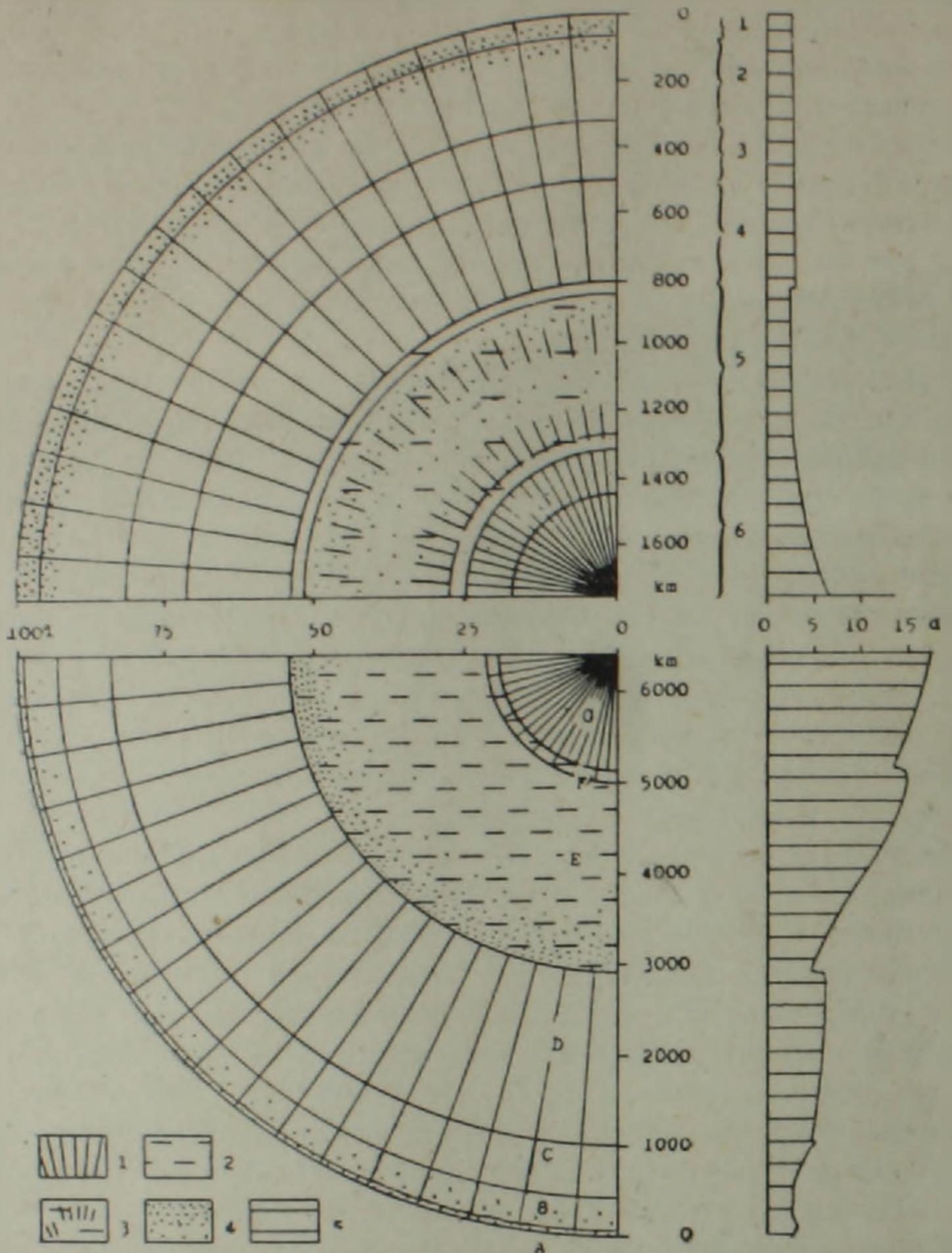


Рис. 3. Схема строения Земли (внизу) и Луны (вверху), с учетом сейсмозондирования. По горизонтали отложены (в%) расстояния от центра Земли и Луны (радиус их принят за 100%), по вертикали—отложены (в км) расстояния от поверхности Земли и Луны по направлению к их центру. Для Земли показаны общезвестные ее слои (А—кора, В, С и D—мантия, Е—внешнее ядро, F—переходная зона, G—внутреннее ядро). Для Луны выделены: кора (до 100 км); мантия (100—850 км), причем подразделяется она на верхнюю (100—350 км), промежуточную (350—500 км) и нижнюю (500—850 км) мантию; ядро (глубже 850 км), причем выделяются внешнее ядро (850—1300 км) и внутреннее ядро (1300—1737 км). 1—твердое состояние вещества, 2—жидкое состояние вещества (Земля), 3—полужидкое, полурасплавленное или частично и местами полурасплавленное-полутвердевающее состояние вещества (Луна), 4—концентрация радиоактивных веществ, 5—изменение плотности вещества (в $г/см^3$) по радиусу Земли и Луны. Луна по своему строению напоминает Землю. В обоих телах радиоактивных веществ больше всего, во-первых, в коре и верхах подстилающей верхней мантин. и, во-вторых, в внешнем ядро (главным образом в его верхах). Однако лунная кора содержит радиоактивных веществ больше, чем земная кора; внешнее ядро содержит радиоактивных веществ больше в Земле и меньше в Луне.

и непосредственно подстилающих участках радиоактивных веществ, вероятно, больше, чем в земной коре и ее подстилающих участках. В глубоких же недрах, наоборот, радиоактивных веществ меньше в Луне и больше в Земле (в последней они ныне сконцентрированы во внешнем жидком ядре).

Во всей Луне наибольшая концентрация радиоактивных веществ и соответственно наиболее высокие температуры должны отмечаться, во-первых, в нижней части лунной коры и в непосредственно подстилающих участках верхней мантии и, во-вторых, во внешнем ядре. В остальных участках, в особенности в средней мантии, температура будет более низкой. Плотность лунного вещества наибольшая во внутреннем ядре, затем в нижней и средней мантии и наименьшая во внешнем ядре и в особенности в верхней мантии.

Выделенная нами в 1967 г. трехслойная модель Луны в целом подтвердилась и соотношение этой модели и по существу такой же трехслойной модели Земли (кора, мантия, ядро) показано на рис. 3, на котором приведено сопоставление с более дробной 5-слойной моделью Луны, кстати также намеченной еще в 1967 г. (рис. 2). Эволюция Луны привела к современному ее состоянию, кратко намеченному и обрисованному ранее [10]. Если ранняя кратковременная стадия эволюции Луны (эпоха быстрого первичного отвердения) и не причастна к намагниченности пород лунной поверхности, то впоследствии, при повторном расплавлении центральных участков планеты (спутника) и накопления здесь в центральных участках маленького железного ядра, возникли условия действия магнитного динамо в центре Луны на породы лунной поверхности, которые могли этим путем быть намагничены. Но такое магнитное динамо еще отсутствовало на первой стадии эволюции Луны, а возникло впоследствии, при повторном расплавлении и дифференциации центральных участков планеты. Магнитное поле, достигнув какого-то максимума, впоследствии, по мере затвердения внутреннего ядра и перехода внешнего ядра от полностью расплавленного состояния к полурасплавленному или частично расплавленному состоянию, начало ослабляться и ныне, поэтому, очень слабое. Температура внутреннего ядра невысокая и намного ниже, чем во внешнем ядре.

Таковы основные результаты зондирования строения Луны ранее на основе найденных числовых соотношений (на примере Земли и экстраполяции их на Луну), а затем, после установления на ней сейсмоаппаратуры, по данным сейсмического изучения, подтвердившего проведенное задолго до этого этюдное решение вопроса, оказавшееся очень удачным, что подчеркивает значение использования подобных числовых зондирований для изучения природы.

Գ. Պ. ԹԱՄՐԱԶՅԱՆ

ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐ ԵՐԿՐԱԴՆԴԻ ՄԵՋ ԶԱՆԴՎԱՄՆԵՐԻ
ՏԵՂԱԲԱՇԵՄԱՆ ՕՐԻՆԱԶԱՓ ՀԱԿՈՒՄՆԵՐԻ ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

· Ա մ փ ո փ ու մ

Բացահայտված է նյութի զանգվածների համակենտրոնացման հակումը որոշակի մակարդակների վրա (ստրուկտուրային հանգույցներում), որոնք թվային տեսակետից միմյանցից տարբերվում են երեք կարգի չափով: Քննարկված են լուսնի կառուցվածքի թվային զոնդացման արդյունքները (Երկրի համար գտնված համահարաբերակցությունների հիման վրա), որոնք հետազայում հաստատվել են լուսնի վրա տեղադրված սեյսմոսարքերի օգնությամբ տարված հետազոտություններով:

G. P. TAMRAZIAN

STUDIES ON THE REGULAR TENDENCIES OF THE MASS
DISTRIBUTION IN THE EARTH

The tendency of the substance mass concentration on definite levels (in the structural knots) differing in the numerical correlation for three-orders is found out. The results of the Moon structure numerical sounding (on the basis of the correlations found for the Earth) which were corroborated by the further investigations carried out on the basis of the seismic apparatus established on the Moon.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Тамразян Г. П. К вопросу о строении Земли. Известия АН Туркм. ССР, № 1, 1957.
2. Тамразян Г. П. Некоторые главнейшие планетарные тектонические закономерности и их причинные связи. Геология и разведка, № 11, 1967.
3. Тамразян Г. П. Глобальные особенности Мирового океана. Известия АН Арм. ССР, Наукн о Земле, № 5, 1974.
4. Allen C. W. Astrophysical quantities. London, 1955.
5. Kulp J. L. Origin of the hydrosphere. Bull. Geol. Soc. Amer., 62, 1951.
6. Nakamura Y., Lammlen D., Latham G., Ewing M., Dorman J., Press F., Toksöz N. New seismic data on the state of the deep lunar interior. "Science", 181, № 4094, 1973.
7. Nakamura Y., Latham G., Lammlen D., Ewing M., Duennebier F., Dorman J. Deep lunar interior inferred from recent seismic data. "Geophys. Res. Lett.", 1, № 3, 1974.
8. Poldervaart A. Chemistry of the earth's crust. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper, 62, 1955.
9. Rubey W. W. Geologic history of sea water. Bull. Geol. Soc. Amer., 62, 1951.
10. Tamrazyan G. P. Some sketches on the structure of the Earth, Moon and Mars. Inter. Lunar Soc., Vol. 3, № 4, pp. 72—85, № 5, p. 2, 1967.
11. Tamrazyan G. P. The structural evolution of the Moon's surface. Amer. Astronomical Soc., Vol. 25, 1971.