МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР ВОЛГОГРАДСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Деп. в ВНИИТИ от 27.01.1988 № 733-В 88 УДК 539.3/4

С.И. Сухонос

К ПРИЧИНАМ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПРЕИМУЩЕСТВЕННЫХ РАЗМЕРОВ В РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ЕСТЕСТВЕННЫХ ТЕЛ ПРИРОДЫ

Волгоград 1988

Работа посвящена разбору предположений о причинах возникновения выделенных инвариантных размеров в распределениях различных тел природы. Это явление проявляется в первую очередь через относительное повышение распространенности объектов с узким диапазоном выделенных размеров [1, 2], а также в немонотонности масштабного эффекта [3] (при изменении прочности твердого тела), наличии магических чисел элементов кластеров различной природы [4, 5] и ряде других особенностей параметрических измерений вдоль масштабного измерения.

Работа имеет в основном дедуктивный характер, но опирается в тоже время на феноменологическое моделирование и метаклассификационный подход [2], обширный статистический материал [6].

Потребность в данном исследовании диктуется двумя обстоятельствами.

С одной стороны накоплено достоверное количество фактов, показывающих, что в геологических средах распространены структурные единицы (куски, отдельности), имеющие в первую очередь так называемые «преимущественные размеры» [6], причем диапазон таких размеров простирается от доли микрон до тысячи километров. Абсолютные значения «преимущественных размеров» не зависят, в первом приближении от физической природы структур, способов их выявления и других параметров, все они приведены в работе [1]. Из-за этого распределение объектов (кусков, отдельностей и т.п.) по размерам носит мультимодальный характер. Причем, среднее отношение соседних преимущественных размеров $\overline{K} = L_{K+1} / L_K \approx 3,3.$

Несмотря на относительную «молодость» обнаруженного явления, уже сейчас прослеживается его практическое использование как на макроуровне для прогноза землетрясений [7], так и на микроуровне для получения естественной классификации абразивных материалов [8], позволяющей достигнуть их лучшего использования в обрабатывающей промышленности.

Однако, хотя первые попытки дать модальное объяснение явлению на базе законов симметрии и привели к точному расчету К [9], остались невыясненными

два ключевых вопроса. Почему преимущественные значения имеют именно такие абсолютные значения. И почему функция K_i (lg D) носит приблизительно периодический характер с периодом 5. Этим двум вопросам и будет посвящена данная работа, причем, как это будет показано, ответ на первый вопрос во многом лежит в области анализа вопроса второго. И если без понимания первого вопроса чрезвычайно трудно надеяться на целенаправленное использование явления «пре-имущественных размеров» для практических целей [10], то второй вопрос лежит в области космологического подхода к устойчивым уровням организации в природе. Здесь очевидна связь чрезвычайно абстрактной теории практическими разработками.

С другой стороны, предложенная ранее автором феноменологическая метаклассификация [2] стимулировала поиск физических причин существования в природе масштабной симметрии и ее частного проявления — устойчивых уровней организации материи, характеризуемых, в частности, периодическим рядом размеров: 10^{-13} , 10^{-8} , 10^{-3} , 10^2 , 10^7 см и т.д., отличающихся коэффициентами 10^5 , 10^{10} , 10^{20} . Наиболее удобной моделью для данной феноменологической классификации оказалась модель волновой поверхности в потенциальном поле устойчивости (выполненной в духе синергетических моделей), и именно такая форма модели натолкнула автора на гипотезу о существовании в природе особого рода масштабного взаимодействия. Удалось установить и некоторые фрагменты высокочастотных колебаний названных «мелкомасштабным спектром устойчивых уровней», с K = 1,21–3,15.

Таким образом, оказалось, что при более детальном анализе космологических закономерностей организации устойчивых структурных уровней мы выходим на явление «преимущественных размеров», независимое обобщение которого, в свою очередь, приводит к космологическим коэффициентам масштабной симметрии типа 10^5 .

Взаимопроникновение этих двух явлений требует целостного охвата проблемы, стимулирует поиск первопричин этой связи. Следовательно, только максимально широкий охват проблемы создаст необходимое пространство как для теоретических поисков, так и решения сугубо прикладных вопросов, в частности в области шлифовальных материалов.

Безусловно, что данная работа, являясь, насколько это нам известно, первым шагом в этом направлении, не может дать окончательные ответы на поставленные выше вопросы, но сопоставить их и дать хотя бы качественное объяснение единства всех выделенных размеров в природе мы уже можем.

1. Проблема «Больших чисел»

В неявном виде проблема глобальных выделенных размеров, как мы покажем дальше, впервые серьезно прозвучала в 1937 году в постулате Дирака (см. [11]): любые две очень большие (N $\approx 10^{40}$) безразмерные физические величины связаны простым математическим соотношением, в котором коэффициенты — величины порядка единицы.

Космология оперирует астрофизическими константами, такими как, скорость света с постоянной Планка ћ, радиусом кривизны Вселенной R, как наиболее общими и универсальными величинами, отражающими метапроцессный уровень наших знаний о мире.

Однако уже Планк и Эйнштейн поднялись на следующую ступень общности — перешли к сопоставлению некоторых констант между собой. И тут ученых ждал неожиданный и необъяснимый факт — различные «осмысленные» комбинации отношений этих констант давали на выходе приблизительно одинаковое число [11]:

1. Силы:

 $\frac{Kyлоновская (протон-электрон)}{Гравитационная (протон-электрон)} = \frac{e^2/r^2}{GMm/r^2} = 0,2 \times 10^{40}.$ 2. Длины: $\frac{Pадиус Вселенной}{Классический радиус электрона} = \frac{R}{e^2/mc^2} = 3 \times 10^{40}.$ 3. Массы: $\frac{Macca наблюдаемой Вселенной}{Macca протонa} = число нуклонов = \frac{\rho R^3}{M} = (10^{40})^2.$ 3. Времена: $\frac{Bозраст Вселенной}{Элементарная единица времени «хронон»} = \frac{T}{e^2/mc^3} = 3 \times 10^{40},$ где, е — элементарный заряд;

- т масса электрона;
- М масса протона;
- ρ средняя плотность вещества во Вселенной.

На решение этой загадки, получившей название проблемы «Больших Чмсел», ринулись выдающиеся физики нашего времени. Дирак, Гамов, Бранс, Дикке и другие пытались найти ее логическое объяснение, но вынуждены были отступить [11]. Однако, атака не была напрасной. Во-первых, она породила сомнения в постоянстве физических «постоянных» и вынудила провести многочисленные проверки, которые, правда, лишь определили пределы на временное изменение физических констант: $10^{-10} - 10^{-15}$ год⁻¹. Во-вторых, что гораздо важнее, обнаружилась «жесткая шнуровка» всех параметров Вселенной вокруг биологической жизни, т.к. ничтожное отклонение любой из астрофизических констант приводит к невозможности ее возникновения. Например, относительное уменьшение скорости расширения Вселенной на 10^{-12} в момент, когда ее температура была 10^{10} K, привело бы к средней температуре в наше время в 10 000 К [12], или: изменение постоянной тонкой структуры всего лишь на несколько процентов в ту, или иную сторону привело бы к тому, что все звезды были бы либо красными, либо голубыми, и существование хотя бы одной звезды типа нашего Солнца было бы невозможным [13].

Впервые эту связь, видимо, обнаружил советский ученый Г.М. Идлис [14], вслед за ним (судя по всему, независимо) — Р.Г. Дикке [15], Б.Д. Картер [16], С.В. Хокинг [12], Дж.А. Уилер [13]. Впоследствии это стало предметом широкого обсуждения [17] и породило у космологов недоумение — оказалось, что Вселенная именно такая, какая нужна для существования в ней жизни [18]. Это сразу поставило под сомнение концепцию случайного зарождения жизни на Земле — и знание законов Вселенной стало необходимым для познания самого Человека, да и структуры макромира.

Этот волнующий космологический вопрос и параметрическое разнообразие «Больших Чисел», видимо, до предела усложняли дальнейшее развитие проблемы в направлении выявления аналогов подобных соотношений. Кроме того, современная физическая теория не смогла найти объяснение причин существования уже установленных безразмерных констант и расширение их числа, скорее всего, воспринималось бы как ненужное излишество. Но мы постараемся показать, что проблема «Больших Чисел» в ее развернутом числовом виде и зауженном параметрическом, рассматриваемая сначала в рамках чисто классификационного подхода, помогает в дальнейшем понять важнейшие аспекты устойчивости уровневой структуры материи и ее частого отражения — преимущественных размеров.

2. Масштабная симметрия Метагалактики

Разнообразие природы — это в первую очередь различие ее масштабных уровней организации. К сожалению, нет еще единой устойчивой классификации, включающей масштабный признак, и, тем более, нет общей теории масштабных взаимодействий. Существуют, правда, отдельные принципиальные идеи, но до полной ясности еще далеко и подобный анализ чаще всего остается умозрительным, основанным на наиболее общих сведениях из различных областей знания. Поэтому, с нашей точки зрения пока лишь системный анализ (явно или неявно применяемый) и его аппарат выявления законов строгого соответствия — принцип симметрии [19] позволяют корректно разрешить методологические трудности подобной задачи. В работе используется симметрия подобия [20], но поскольку ее коэффициенты здесь — астрономические числа, мы будем говорить о ее особом виде — масштабной симметрии. Параметрическое разнообразие анализа сужено целостной постановкой задачи — охват всех уровней возможен здесь лишь на базе размера — наиболее общего параметра природных объектов [21, 22].

В работе [2] был представлен результат метаклассификационной обработки наиболее известных типов систем природы в зависимости от их экстремальных размеров. На уровне типов высшего ранга выявлена уникальная периодичность с основным полупериодом 10^5 (рис. 1). Остановимся на основных особенностях этой классификации подробнее.

Если традиционное разделение объектов на элементарные частицы, атомы, макротела, звезды и галактики дополнить подклассами их ядер (что трудно сделать только для небиологических макросистем), то отношения максимальных размеров небольших объектов-представителей к наименьшим в каждом подклассе в среднем стремится к 10^5 . Кроме того, после экстраполяции в микромир этой периодичности весь интервал размеров Вселенной, доступный исследованию, почти точно разделяется на 12 классов по 5 порядков. Причем, подклассы биосистем четко вписываются в общую периодику. И хотя их место в подобной классификации — на высших этажах сложности, которых с помощью системного анализа [23] можно выделить около 256, здесь мы рассмотрим независящие от сложности систем масштабные закономерности, наиболее наглядно представимые в линейной классификации.

Границы выбранного для анализа интервала размеров, если и не являются абсолютными, то во всяком случае имеют фундаментальные свойства [24, 25]. Верхняя — радиус Метагалактики, $R \approx 10^{28}$ см [26], нижняя — фундаментальная длина, $l_0 = l_g = \sqrt{Gh/c^3} = 1.6 \times 10^{-33} \approx 10^{-32.8}$ см [24]. В модели макро-микросимметрической Вселенной [25, 27], частица с нижнего уровня — вселенная, подобная нашей, а наша Метагалактика — частица нижнего уровня некоторой Метавселенной. И. т.к. отношение R/lo приблизительно равно ~ 10⁶⁰, а проникновение «вглубь» максимона и «выше» Метавселенной может сопровождаться аналогичными парадоксальными свертками, то мы имеем пример глобальной симметрии подобия с коэффициентом 10⁶⁰.



Рис. 1

Метаклассификация объектов природы «размер — фактор устойчивости»

Границы каждого класса анализировались на основании далеко не полных данных об экстремальных разновидностях их представителей. Определение границ с абсолютной точностью, как и любых других классификационных, видимо, невозможно. Здесь погрешность составляет 10–20% от длины масштабного интервала класса. Однако, существенно, что при переходе от класса к классу погрешность взаимокомпенсируется, что позволяет использовать коэффициент 10⁵ для расчета характерных размеров с удовлетворительной точностью. При этом, многие трудности статистической обработки средних размеров при размахе в пять порядков становятся просто несущественными.

Внутри каждого класса распределение по размерам всегда имеет фрактальное расщепление — вторичные, третичные и т.д. экстремумы. Однако, главные экстремумы, показанные на схеме (рис. 1), «макрируют» пороговые изменения (иногда инверсионные) многих системных и физических свойств анализируемых объектов. Причем, что важно, некоторые из этих изменений были выявлены нами впервые с помощью построенной периодической схемы [2]. Разберем основные типы критических масштабных переходов.

Кроме классификационных границ период 10⁵ определяет и границы между масштабными зонами с энергетически более выгодными типами эволюционных

процессов синтеза и деления. Наглядное представление дает модель в духе синергетики: на холмистой поверхности в потенциальном поле устойчивости объекты находятся в трех основных состояниях: 1) устойчивого равновесия в нижних точках; 2) неустойчивого равновесия — в верхних; 3) неустойчивом состоянии на склонах. Если эту модель изобразить в координатах «размер-устойчивость» (рис. 1), то из любой верхней точки возможно «движение» системы в нижнюю точку либо справа, либо слева. Движение по правому склону ведет к увеличению размеров системы — синтез с другими системами или расширение с потерей плотности, движение по левому склону ведет к уменьшению размеров системы фрагментация или сжатие. При этом устойчивость системы повышается, что ведет к выделению свободной энергии связи. Не вдаваясь в детали феноменологического анализа отметим, что для объектов на «синусоиде» (рис. 1) в самых общих чертах модель справедлива. К примеру — класс ядер атомов разделяется нижней точкой, координата которой соответствует размеру наиболее устойчивого из ядер, ядра ⁵⁶Fe. Все ядра легче — синтезируются, а тяжелее — делятся с выделением энергии. Подобные примеры можно привести и для других классов, но их разбор требует слишком много места. В целом же можно говорить о масштабной симметрии в динамике эволюционных процессов с коэффициентом $10^{10} = (10^5)^2$.

Отсюда легко перейти к выводу о **периодической устойчивости масштабных уровней организации материи** и «населяющих» ИХ объектов. В работе [28] дан чисто физический прогноз эволюции Метагалактики, который поксазывает, что наиболее «живучими» оказываются объекты, «заселяющие» в нашей модели наиболее устойчивее зоны — впадины. Т.к. модель была построена без какоголибо использования результатов работы [28], то совпадение прогнозируемых ситуаций (рис. 2) служит ее подтверждением.

Существует еще один важный период на масштабной оси — $10^{20} = (10^5)^4$. Он делит металагактический интервал ровно на три части и при этом оказывается, что за основные процессы и базисные закономерности организации систем на каадом из отрезков несут ответственность различные типы взаимодействий (см. нижн. часть рис. 1) и только сильные действуют в очень узком интервале масштабов как раз на «стыке» слабых и электромагнитных сил. То, 'что ка каждом «стыке» меняются качественные особенности взаимодействий, согласуется и со структурными «свертками» — каждое взаимодействие «начинает» заново с моноцентрической структуры и развивается затем через полицентризм. Самым наглядным примером является подобие структуры нейтронных звезд, состоящих из «голых» нуклонов и расположенных на стыке электромагнитных и гравитационных взаимодействий (D $\cong 10^6 - 10^7$ см) структуре атомных ядер, расположенных на стыке электромагнитных и слабых. Такие через 10^{20} располагаются исключительно моноцентрические классы атомов и звезд. Следовательно, можно говорить о масштабной симметрии структур и порождающих их взаимодействий с коэффициентом 10^{20} .

Итак, нетрудно заметить, что проблема «Больших Чисел» является частью проблемы масштабной симметрии, т.к. все они кратны 10^5 . Тот факт, что не только размеры, проанализированные в работе [2], но и силы, массы и времена во Вселенной подчинены соотношению 10^5 можно трактовать следующим образом: каркас размерных масштабов служит основой для других физических закономерностей масштабного характера. Сохраняются ли для энергий, сил, масс и других физических параметров описанные выше инварианты или они имеют другой более сложный характер — на это может дать ответ лишь самостоятельное комплексное

исследование. Но можно привести пример, который позволяет надеяться на распространенность геометрической прогрессии с коэффициентом 10^5 за пределами чистой геометрпи. Так, характерные времена образуют следующий ряд: $\sim 10^{-43}$ с (фундаментальное время [13]), $\sim 10^{-38}$ с (?), 10^{-33} с (?), 10^{-28} с (?), 10^{-23} с («хронон» [11]), $\sim 10^{-18}$ с (время прохождения электромагнитным сигналом поперечника атома), $\sim 10^{-13}$ с (средний период колебания атомов во всех конденсированных телах — твердых и жидких), $\sim 10^{-18}$ с (среднее время нахождения атома в возбужденном состоянии), $\sim 3 \times 10^{-13}$ с (оптимальный интервал времени сигнальных импульсов, идущих по нервным путям от биорецептора [29] $\sim 5,5$ мин (?), ~ 1 год, $\sim 10^5$ лет (Пора в геологическом времени [30]), $\sim 10^{10}$ лет (возраст Вселенной [26]). Видимо, другие характерные времена и периоды являются промежуточными и, возможно, вторичными.



H3 — нейтронные звезды. БК — белые карлики, ЗЧД — звездные черные дыры, ГЧД — галактические черные дыры, СГЧД — сверхгалактические черные дыры

Таким образом, сложная иерархия структур Метагалактики организована не хаотично, а согласно стройным законам целостной гармонии. В этой иерархии равноправное и в тоже время особенное место занимает масштабный интервал земной жизни. Еще Вернадский [31] обращал внимание натуралистов на исследование предельных размеров, свойственных жизни. Он указывал, что живые организмы существуют в интервале размеров от $10^{-5,5}$ (вирусы) до $10^{4,5}$ см (гигантские растения). Интервал занимает точно 10 порядков, но раньше это казалось красивым совпадением, не более, т.к. выделение границ, особенно нижней, до сих пор производится неоднозначно. Но, между тем, если взять поперечный размер пленки биосферы (близкий к диаметру Земли — $10^{9.5}$ см), то к нему добавится еще 5 порядков (рис. 1). Любопытно, что сам Человек расположен как раз в центре масштабного интервала жизни на Земле: он во столько раз больше мельчайшей частицы живого — вируса, во сколько меньше ее целостной совокупности — биосферы $(10^2/10^{-5.5} = 10^{9.5}/10^2)$. Итак, масштабы земной жизни захватывают 3 интервала по 5 порядков и 10^5 можно, видимо, считать не только космической, но и биосферной константой.

3. Волновая модель явления масштабной симметрии

Предлагаемая здесь модель, выявленного феноменологически, [2] явления масштабной симметрии носит предварительный характер и построена в рамках системного подхода. Последний постепенно проникает во все новые области науки, например, (хотя и в неявном виде) в нелинейную физику, т.к. те явления, которые она анализирует, «требуют... глобального описания системы, не позволяющего ограничиваться анализом поведения нелинейной системы лишь вблизи отдельных состояний» [31, с. 224].

Введем гипотезу существования масштабных волн, пронизывающих всю иерархию Вселенной. Такие колебания вдоль масштабного измерения в условиях существования границ «сверху» и «снизу» образуют стоячие волны с узлами и пучностями, которые и определяют картину чередования устойчивых и неустойчивых уровней организации (= размеров).

Масштабным волнам можно дать физическую трактовку, если предположить, что в расширяющейся Метагалактике зарождались возмущения, которые распространялись со скоростью чуть большей скорости ее расширения. Возмущения нормировались границами Метагалактики и образовывали стоячие волны, в узлах которых концентрировалось вещество. Концентрация приводила к образованию стенок трехмерных* ячеек меньшего масштаба, внутри которых аналогичным образом организовывались собственные стоячие волны и так «вглубь» структурных уровней вплоть до ячеек с размером ~10⁻³³ см — максимонов (рис. 3).

^{*} Очевидно, что образование волны с E^n размерностью возможно лишь при возмущении среды с E^{n+1} размерностью, поэтому образование стоячих трехмерных волн, приводящих к появлению трехмерных ячеек — результат возмущений в четырехмерной среде, т.е. масштабно структурированной среде [32].



Рис. 3. Иерархическое развития стоячих волн

Длина волны подобного возмущения может быть связана с границами Метагалактики (R) простым выражением:

$$\lambda = 2$$
 R/n, где n = 1, 2, 3,...

При n = 2 мы получаем ступенчатое бинарное расщепление ячеек пространства, при n > 2 возникают обертоны более высоких гармоник. Теоретически ничто не мешает представить возникновение гармоники с n = 10^5 , которая делила бы весь масштабный интервал на 12 одинаковых отрезков в точках устойчивости волны на рис. 1. В природе есть пример подобной гармоники: квант энергии отождествляется с волновым пакетом или цугом волн, в котором сосредоточено до 10^5 колебаний электромагнитной волны [33].

Но понять почему именно гармоники кратные 10^5 могут претендовать на роль наиболее выделенных в обертонных спектрах Метагалактики можно, по нашему мнению, лишь в рамках п-мерных термодинамических представлений. В дальнейших работах мы постараемся показать, что четвертое измерение может иметь свои собственные, «масштабные» возмущения, которые просто моделировать традиционными стоячими волнами, если положить на рис. 3 ось X = lgD. В этом случае формула для получения всех выделенных «устойчивых» размеров L_m приобретает простой вид:

$$\lg L_m = \lg l_o + \left(\frac{\lg R - \lg l_o}{n}\right) m,\tag{I}$$

где m = 0, 1, 2... — номер устойчивого размера в спектре фиксированного n.

При n = 1, $L_1 = R = 10^{28}$ см n = 2, $L_1 = 10^{-2.5}$ см n = 12, m = 0, 1,...12; $L_m = D_k$ — среднелогарифмические размеры классов K (рис. 1).

Можно привести еще одно выражение для эволюционной волны, которое служит для оценки условного фактора устойчивости у [2]:

$$y = A \cos (2\pi/\lambda - \pi) \times (\lg X - \upsilon T)$$
(2)
где $\lambda = \frac{\lg R_o - \lg l_o}{n}$
 υ — скорость расширения Метагалактики;
 T — возраст Метагалактики;
 $X = T$.

Однако, взаимодействие всех возможных стоячих волн и их обертонов — отдельный сложный вопрос, решение которого существенно зависит от соотношений энергий каждого вида колебаний и ряда других трудноопределимых факторов. Здесь же речь идет лишь о принципиальной возможности существования «плавающего» спектра устойчивых размеров, зависимого от граничных условий расширяющейся Метагалактики. Назовем такой спектр спектром I рода (L³). Отличительной его особенностью является чувствительность к целостному изменению всей видимой нами Вселенной.

С другой стороны, можно предположить существование в Метагалактике иерархии колебаний совершенно независящих от расширения. Ведь, например, максимоны имеют собственную частоту исходных колебаний (или пульсаций), следовательно взаимодействие порождаемых ими волн с хаосом случайных низкочастотных возмущений будет носить характер «резонансного отбора» — стабилизироваться будут лишь те более низкие частоты, в которые целое число раз укладываются исходные. Подобный «захват» из хаоса может носить масштабноступенчатый характер — выбранные глубинным «метрономом» гармоники сами становятся «камертоном» для более низкочастотных шумов. Итак, расширение Метагалактики, начиная с исходного момента, увеличивает масштабы (периоды) случайных возмущений, а стабильные, базисные колебания выбирают в этом наборе гармоник резонансные частоты, «надстраивая» ими очередные уровни в иерархии базисных колебаний, порождающих спектр устойчивых размеров II рода (L^6).

Подобный процесс «размножения» частот недавно получил известность благодаря развитию нелинейной физики [31]. Простейшим аналогом образования иерархии устойчивых колебаний является странный аттрактор (рис. 4), возникающий путем бесконечной последовательности бифуркаций удвоения периода исходного движения. «Переход через удвоения, встречается особенно часто. Суть его в следующем. В результате взаимодействия колебаний основного периода с возмущениями удвоенного периода исходный предельный цикл становится неустойчивым, а в его окрестностях рождается устойчивый цикл удвоенного периода. Таких бифуркаций удвоения и периода в ограниченной области изменения параметра может быть бесконечно много, в результате чего в фазовом пространстве возникает странный аттрактор...» [31, с. 242–443].



Рис. 4. Картина возникновения странного аттрактора в фазовом пространстве при изменении параметра

В отличии от описанной картины мы предполагаем сохранение исходных предельных циклов. Отметим при этом, что роль возмущений удвоенного периода могут играть и колебания I рода, что приводит к чрезвычайно интересной ситуации глобального резонанса двух основных видов колебаний. В процессе взаимодействия двух видов колебаний именно первые могут играть роль порождающих новый уровень, а вторые — роль «закрепителя» очередного верхнего уровня базисных структур.

Любопытно, что к подобного рода моделям приводит не только системный анализ. Так, в свое время Ландау [34] были развиты представления о турбулентности как процессе бифуркаций.

Однако, как удвоение периода, так и деление масштабного интервала пополам одной стоячей волной — всего лишь простейший вариант развития подобных процессов. Более сложная картина получается при появлении периодов, связанных с другими простыми числами (N =3, 5, 7...). Множество разнопериодических колебаний создадут весьма непростую картину суммарных колебаний, чрезвычайно далекую от простой синусоидальной модели. Правда, разнообразие вариантов деления масштабного интервала на простые числа быстро становится малозначительным по мере роста числа N из-за близости новых делений к основным (рис. 5). На это обратили внимание и авторы работы [35], откуда мы и приводим рис. 5. Важно при этом, что наиболее общим, видимо, является 6-волновое разделение масштабного интервала, т.к. оно является наименьшим кратным для двух минимизированных видов деления: четного (2) и нечетного (3).



Рис. 5

у — плотность распределения рациональных чисел X на единичном отрезке $X_k = \frac{1}{1}$ $k = 1; a_2, a_3... = 0$

$$a_{1} + \frac{1}{a_{2} + \frac{1}{a_{3} + \dots}} \qquad \begin{cases} n = 1, n_{2}, n_{3}, \dots = 0 \\ k = 2; n_{3}, n_{4}, \dots = 0 \\ k = 3; n_{4}, n_{5}, \dots = 0 \end{cases}$$

где k = 1, 2, ...; *a*₁, *a*₂, *a*₃ — рациональные числа

Поэтому дальше будем рассматривать колебания двух родов на примере одной частоты (рис. 1) — 6 волн, 12 полупериодов. Напомним, что с одной стороны к 6 периодам может привести процесс последовательности бифуркаций удвоения периода исходных колебаний максимонов. Эти колебания идут как бы «изнутри» материи, с глубинных уровней ее организации. С другой стороны, в масштабных границах Метагалактики может возникнуть стоячая волна с шестью периодами. Эти колебания идут как бы «снаружи», с верхних уровней организации. Причем для любого объекта природы существует свой стабилизирующий «низ», эволюционный «верх». Колебания идущие из глубин структурной организации материи связаны со стабильными свойствами частиц микромира, или собственная частота максимонов может практически не зависеть от процессов, идущих на верхних этажах материи. Именно они создают условия для возникновения основных, базисных элементов на каждом уровне иерархии.

Феноменологически на роль базисного периода колебаний можно выбрать величину 10^{10} , т.к. именно этот масштабный шаг точно попадает, начиная с $1,6 \times 10^{-33}$ см (максимоны) на размеры нуклона ($1,6 \times 10^{-13}$ см), атома водорода ($1,6 \times 10^{-8}$) и ряд других основных элементов каждого из 12 масштабных классов. Тогда базисные устойчивые размеры в каждом классе определятся по формуле:

$$D_k^{\delta} = l_0 \times 10^{5k}.$$
 (3)

Случайные возмущения, возникающие в Метагалактике, образуют стоячие волны, положение которых на масштабной оси определяется постоянно расширяющимися границами Метагалактики. Они задают характерные размеры, связанные с переменным параметром — R и для 6-волнового колебания эти размеры определяются по формуле:

$$D_k^{\circ} = l_o (R/lo)^{k/12}$$
. (4)

Для общепринятого в настоящее время значения радиуса кривизны Метагалактики $R \approx 10^{28}$ см эта формула дает полупериод $10^{5,083(3)}$.



Рис. 6.

Модель этих двух волн дана на рис. 6. Отсюда мы видим, что в каждом классе есть два основных устойчивых размера, очень близких друг к другу. Покажем, как это соответствует эмпирическому бимодальному распределению по размерам основных представителей каждого класса.

На рис. 7 дано сравнение расчетных и эмпирических размеров при $R = 10^{27,87}$ см для специально выбранных далекими по свойствам представителей 4,5 и 8 классов.



Рис. 7. *а* — ядра атомов водорода *D_H* и железа *D'_{Fe}* для плотности 1,0; *б*— атомы всех элементов таблицы; *в* — социальных территорий (сплошная линия — области СССР, пунктирная — страны мира; *I* и *II* — наиболее распространенные размеры блоков земной коры

Из рис. 7 видно, что D_k^{δ} во всех рассмотренных случаях совпадает с первой модой эмпирических кривых распределений объектов-представителей по размерам. Но для D_k° расхождения расчета с фактическими данными гораздо больше, особенно для объектов с превалирующими внутренними силами. Так, для D_4° расхождение очень велико, что, скорее всего, связано с жесткой зависимостью размеров ядра от внутреннего фактора — числа купонов. Для оболочечных структур внешние квантовые закономерности играют гораздо большую роль, поэтому совпадение для D_5° почти полное.

Хорошее совпадение для социальных систем наиболее просто можно объяснить наличием блоков земной коры (БЗК), которые также образуют «преимущественные» размеры. На стыках формируются естественные географические границы, опосредованяо влияющие и на региональные. Логично предположить, что два вида колебаний, распространяясь в одном пространстве, взаимодействуют и порождают целую иерархию вторичных, третичных и т.д. промежуточных масштабных спектров устойчивости, которые покрывают основную периодичность фрактальной «рябью» (спектр (I + II) рода). Это должно приводить к иерархии рядов устойчивых размеров, роль которых в природных процессах тем слабее, чем меньше между ними масштабные расстояния (рис. 8), Причем на всех этажах этих колебаний сосуществуют, соседствуют два типа устойчивости — базисная и эволюционная — стабилизирующие, задающие камертонные звучания колебания и колебания, чутко реагирующие на все изменения, происходящие во Вселенной. Одни колебания непрерывно возобновляют неизменные ритмы природы, другие стремятся все перестроить заново, по новому «сценарию».



Рис. 8.

При этом важно подчеркнуть, что в природе нет процессов так или иначе не связанных с размерным параметром. И поэтому совершенно очевидно, что через какие-либо переводные коэффициенты можно получить аналогичную картину и для спектра масс, энергий, времен жизни и прочего. Подтверждает этот вывод и появление в последние годы работ по спектрам устойчивых масс [36], скоростей [37], что убеждают автора в плодотворности выбранного им ранее направления.

4. Эволюция Метагалактики и вариации масштабного спектра

Т.к. Метагалактика расширяется, то эволюционный спектр 1-го рода постоянно должен отслеживать сдвиг границ — характерные размеры,связанные с этим спектром, должны постепенно расти. На масштабной оси это сопровождается сдвигом узловых точек вправо и одновременным измерением спектра (I + II).

На рис. 9 изображена модель прохождения таких резонансных состояний. В момент перед резонансом мы имеем хорошо развитый фрактальный спектр (I + II) устойчивых размеров. Над самым верхним уровнем базисной устойчивости (точка А) существует все время меняющаяся надстройка, порождаемая стоячими волнами. Из элементов этого уровня постоянно возникают, разрушаются и возникают заново сложные композиции, которые не в состоянии закрепиться окончательно в новой параметрически стабильной целостности.





Но вот верхний предел достигает очередной точки Б, в которую целиком помещается базисный период колебаний (рис. 9). Наступает момент резонанса с одновременным резким вырождением масштабных спектров I и (I + II) родов. Т.о. появление нового стабильного уровня организации в такого рода системе сопровождается катастрофическим упрощением параметрического разнообразия природных объектов. Выживают лишь те системы, которые полностью созвучны камертонному ритму. А поскольку количество вещества и энергии при этом сохраняется, то все оно «захватывается» примитивно одинаковыми базисными элементами, на всех уровнях организации. Такова неизбежная «плата» за достижение еще одного надежного этажа структурной организации природы. Через некоторое время, с задержкой, обусловленной повышенной устойчивостью резонансного состояния, фронт расширения проходит точку Б, что мгновенно приводит к бимодальноети распределения со всеми вытекающими отсюда последствиями (рис. 9б). Число уровней опять резко нарастает, их заселенность в первый момент по инерции имеет резкую доминанту в сторону базисных уровней устойчивости. Но по мере продвижения фронта дальше, число и мощность (количественная) промежуточных уровней постепенно увеличивается.

Безусловно, что описанная выше модель развития масштабной структуры Метагалактики — первый эскизный набросок. Однако, уже в таком виде эта модель позволяет найти объяснения некоторым особенностям эволюции космоса и перебросить мостики между эволюционными процессами самой разнообразной природы.

Пример I.

Для последнего глобального резонанса, когда базисная волна 10^{10} точно шесть раз укладывалась в масштабный интервал, радиус кривизны Метагалактики приближается к значению 10^{27} см (см. рис. 1). Согласно космологическим представлениям это значение было пройдено Метагалактикой в возрасте 10^9 лет. И именно в это время появились первые галактики и звезды — преобразовались структурные базисные подуровни II рода: 10^{12} и 10^{22} см. Анализ возраста старейших звезд в галактических системах показывает, что они образуют самые примитивные с морфологической точки зрения структуры — шаровые звездные скопления, эллиптические галактики, сферические гало спиральных галактик.

Морфологическое однообразие на уровне $10^{18} - 10^{22}$ см полностью согласуется со структурным однообразием на уровне 10^{-8} см — химический состав первых

звезд — это, в основном, водород и немного гелия. Мы мало что знаем о периоде, предшествующем непосредственно этому резонансу. Но мы с очень большой достоверностью знаем, что за периодом появления первых галактик к звезд последовал бурный всплеск звездообразования с расширением типового разнообразия звезд и химического состава их атмосфер [38]. Одновременно усложнялись и морфологические детали галактик. Полностью согласуется с моделью и отсутствие повторных всплесков звездообразования аналогичной мощности. Отмечаются некоторые неравномерности процесса меньшего масштаба, что в модели объясняется появлением резонансов более низкого уровня общности. Итак, космологические данные говорят, что с момента $T \approx 10^9$ лет, разнообразие звездного, галактического, химического и всех других основных уровней организации постепенно возрастает. В модели это связано как с появлением всевозможных новых промежуточных подуровней структурной устойчивости, так и перераспределенностью вещества между этими уровнями — по мере эволюции вторичные масштабные уровни становятся все более вещественно представительными. Замечательно, что это точно соответствует расчетному модельному значению последнего глобального резонанса двух видов колебаний.

Пример 2.

Периодичность обновления видового состава биосферы еще Б.Л. Личковым была названа «волнами жизни» [39] из-за циклического катастрофического уменьшения числа видов, населяющих Землю с последующим бурным всплеском видообразования, но уже отличающегося качественно от предшествующего видового портрета биосферы. Налицо периодичность функции зядового разнообразия в зависимости от времени.

Но недавно С.Г. Неручевым были выявлены дополнительные штрихи этого процесса [40]. Выяснилось, что резкое уменьшение видового разнообразия сопровождалось столь же резким увеличением и числа и массы одного-двух самых примитивных форм живого! «Резкое возрастание биомассы к интенсивное накопление органического вещества происходило в эти периоды ... на фоне внезапного обеднения фауны и флоры. А невероятно высокая «урожайность» в эти эпохи создавалась лишь за счет жизнедеятельности очень ограниченного видового набора организмов, в основном простейших — одноклеточных зеленых и сине-зеленых водорослей. Они, видимо, оказались наиболее устойчивыми к резко изменившимся условиям среды обитания... По моим подсчетам, только в фанерозое, т.е. за последние 600 миллионов лет, такие глобальные события ... происходили в органическом мире по меньшей мере двадцать раз».

Вряд ли случайно, что средний размер одноклеточных весьма близок к 10^{-3} см, т.е. к базисному устойчивому размеру 6 класса общей классификации (рис. 1).

5. Центросимметричные упаковки. Масштабный спектр III рода

В третьем разделе мы рассмотрели модель обертонного и резонансного порождения устойчивых масштабных уровней в эволюционирующей Метагалактике. В любом параметрическом срезе эти два вида колебаний должны порождать иерархическую сетку устойчивости. Например, в пространственном срезе появляется неэвклидовость, причем не столько благодаря искривленности, сколько иерархической дискретности (!). Предположение, что пространство Метагалактики столь специфически неоднородно выводит нас на чрезвычайно непривычные представления о потенциальной пространственной «матрице» устойчивости, создаваемой всеми видами полей, в которую постоянно «отливается» вещественный субстрат. И хотя эта матрица постоянно изменяется, в такой модели глобальные силы деления пространства на ячейки оказываются единственными дирижерами порядка природных процессов. Однако, локальные силы взаимодействия, действуя независимо от внешних факторов, также приводят к устойчивым состояниям [9], подчиняющимся законам синтеза центросимметричных упаковок.

Например, синтез атомов в молекулы, кластеры, малые частицы и т.п. происходит в классическом понимании вне всякой связи с какой-либо пространственной ячеистой структурой и описывается конкретными законами физики, химии. Аналогичное утверждение можно сделать и о каждом из базисных элементовпредставителей. Однако существуют и универсальные законы синтеза элементов, в первую очередь — законы симметрии упаковок. Так, например, для очень многих химических элементов, несмотря на их различие, наиболее устойчивой является кластерная додекаэдрическая упаковка, когда 12 атомов симметрично окружают один центральный [4].

Столь же распространены в кластерах и тетраэдрические упаковки из 4 элементов. Есть еще несколько характерных симметричных структур, которые встречаются на всех уровнях организации вещества [9, 41].

Образование таких центросимметричных систем имеет одну чрезвычайно важную особенность. Как только в среде из первичных элементов по мере их слияния образуется более симметричная чем предыдущие упаковка, то скачкообразно увеличивается ее устойчивость. Изъятия и прибавления элементов в такой упаковке ведут к потери устойчивости. Не лишне обратить внимание на то, что каждая из упаковок характеризуется не только точным значение «магического числа» содержащихся в ней элементов, но и точным значением диаметра — максимального ее размера. Для атомов, большинство которых (рис. 76) имеет два средних размера, это приведет к выделенности отдельных размеров кластеров и, как следствие, к появлению масштабного спектра устойчивости III рода.

Хотя для разных типов элементов свойственны различные наборы «магических чисел» [41] всем симметричным системам с повышенной устойчивостью свойственно появление эмерджентных свойств, например, кластеры имеют собственную частоту колебаний, температуру «плавления» и т.п. [4]. Это превращает упаковки в автономные системы, которые участвуют во втором этапе синтеза, кластеры сливаясь друг с другом, образуют малые частицы, организованные по тем же законам симметрии. В литературе, как правило, такой процесс рассматривается не далее 3-го уровня: атомы → кластеры → малые частицы и до размеров не более 1000Å.

В наших работах этот процесс распространяется до мегауровневой организации вещества [8, 9], число стадий синтеза (сверток) принимается равным десяткам. Проведенные в ВолжскВНИИАШ исследования этого процесса в косвенных экспериментах над карбидом кремния позволили выявить многие нюансы масштабноподобных структурных особенностей твердого тела.

На рис. 10 показан минимизированный вариант процесса образования систем последующего уровня.



Рис. 10

При этом в рамках одного уровня организации синтезируемая система проходит четыре этапа наращивания размерности (E^4) Свертка структуры в элемент следующего уровня в пределе осуществляется с одновременной сверткой типа размерности: $E^4 = E^0$, $E^5 = E^1$ [23].

Итак, при достижении совокупности элементов одной из центросиметричных, устойчивых упаковок, может наступить термодинамическая благоприятная ситуация для обособления их в элементы более высокого уровня. Очевидно, что на этот процесс влияют не только внешние факторы: плотность элементов в среде, кинетическая энергия их движения и т.п., но и внутренние свойства элементов и их систем: удельная энергия связи, степень симметрии фирмы элементов и т.п. Изменения любого из этих факторов ведут к изменению типа симметрии (следовательно, и относительного размера) образующихся упаковок, поэтому комбинационные вариации всех факторов процесса синтеза могут приводить к множеству вариантов масштабных спектров III рода. И каждый конкретный синтез, исходя из этих соображений, ведет к собственному набору устойчивых размеров.

Мало того, нельзя упускать из виду, что процесс сверток может вообще прекратиться на любом из уровней ј и даже на любом из этапов E^n перехода от n к n + 1 (рис. 10). После остановки процесса свертки в центросимметричные системы, образовавшиеся элементы могут упаковываться в открытые решетчатые структуры разнообразных типов. С этой точки зрения идеальный массивный кристалл — частный случай, в котором процесс свертки не начинался вообще. Не лишне напомнить, что на практике такие структуры практически не встречаются. Возможен, например, частный случай, когда процесс свертывания останавливается на этапе E^1 и в дальнейшем идет рост и из образовавшихся нитей сформировывается массивное тело. Если бы процесс остановился на E^2 , то субструктура тела имела бы пластинчатое строение. Мы видим, что предложенная модель позволяет формально различать и описывать довольно большое разнообразие иерархических структур, что нам позволит в дальнейшем сформулировать закон сохранения энтропии в n-мерном пространстве.

Вернемся к собственно масштабному спектру III рода. Упаковки различных типов симметрии приводят к отношению между соседними устойчивыми размерными уровнями в 1,8–5,5 [9] (хотя, видимо, верхний предел может быть выше). Причем, симметрийный анализ показывает, что в трехмерном пространстве наиболее вероятной является, так называемая, случайная упаковка, когда элементы

соприкасаются друг с другом хаотично, но плотнейшим образом. Как показали экспериментальные, исследования Дж. Бернала [42], в этом случае ближайшая координационная сфера расположена на расстоянии в 1,05 радиуса единичного элемента (рис. 11).



Рис. 11.

Нетрудно определить, что вся упаковка в $1,05 \times 3 = 3,15$ раза больше по размерам, чем ее элементы. К такому же результату приводит и теоретический расчет [43]. Следовательно, в среднем в случайных упаковках расстояние между соседними устойчивыми («преимущественными») размерами должно стремиться при максимальной плотности упаковок к 3,15: свертка j-го уровня в 3,15 раза больше свертки (j-1)-уровня.

В работах, обобщенных академиком М.А. Садовским, показано [1] что среднее отношение между «преимущественными» размерами отдельностей литосферы от 0,7 мкм до 10 000 км колеблются в пределах 1,8–5,5. Среднее значение этого отношения стремится к 3,3, что несколько больше 3,15. Последнее можно объяснить, видимо, тем, что в литосфере предельная плотность достигается далеко не всегда и центросимметричные упаковки там более рыхлые.

Наиболее ценным результатом серии работ по отдельностям литосферы является, с нашей точки зрения, установление абсолютных значений «преимущественных размеров». Это свидетельствует о том, что выбор природой одного из типов симметрии на каждом этапе свертки осуществляется одинаково и независимо от географического места. Следовательно, независимо от внешних условий формирования пород. Что же выполняет роль глобального дирижера в этом процессе?

Некоторую ясность в этот вопрос вносит наличие на функциональной зависимости $K_k = L_{k+1} / L_k$ от lgL [6] глобальной периодичности с масштабным периодом в 10¹⁰ и менее четко выраженным периодом 10⁵. Кроме совпадения периодов с установленными ранее независимо (см. рис. 1) базисными периодами масштабной симметрии, совпадает и абсолютное положение экстремальных точек, на масштабной оси — величина K_k в среднем понижается в области размеров 10⁻³, 10² и 10⁷ см. Следовательно, роль дирижера могут выполнять масштабные спектры I и II родов, которые задают потенциальные уровни устойчивости, «притягивающие» к себе уровни устойчивости III рода. Другими словами, выбор типа симметрии центросимметричной упаковки в процессах синтеза тела существенно зависит от ближайшего уровня устойчивости I или II рода. Совпадение двух видов устойчивости и приводит к стабилизации полученной структуры, наступлению свертки и образованию нового уровня организации последующего «преимущественного» размера. Отсюда становится более ясной физико-химическая инвариантность «преимущественных» размеров — она имеет космологическую природу. Безусловно и то, что в различных системах и различных условиях степень влияния внешних масштабных спектров деления на образование внутреннего масштабного спектра синтеза различно. Чем более термодинамически неустойчив процесс синтеза, тем больше он зависит от внешней масштабной сетки устойчивых размеров.

6. Выводы

Явление преимущественных размеров объектов природы, привлекающее последнее время все большее внимание имеет иерархическую природу: от мелкопериодической периодики с шагом 3,3 оно восходит и охватывает все большие масштабные расстояния — 10^5 , 10^{10} , 10^{20} — завершаясь глобальным масштабным циклом, охватывающим весь интервал Метагалактики — 10^{60} . Давно известная проблема «Больших Чисел» (10^{40}) в своей геометрической части является гранью этого явления, в то же время показывая возможность выхода его на более широкие параметрические просторы — временные, энергетические, массовые и т.п.

Физическое моделирование этого явления позволяет предположить наличие по крайней мере трех самостоятельных рядов преимущественных параметров, имеющих в своих истоках различные физические процессы: образование стоячих волн в четырехмерном пространстве и их обертонкого спектра, бесконечная последовательность бифуркаций увеличения периода исходных движений и упаковочные центросимметричные тенденции. Каждое из них имеет свою фундаментальную специфику. Первое — регулятор всех эволюционных изменений в природе, заставляет синхронно отзываться на глобальные события во Вселенной все ее уровни организации. Второе — стабилизатор всех явлений, неизменный камертон, задающий постоянные ритмы природы, поддерживающие повторяемость событий — своеобразный «позвоночник» всемирных событий. Третье — порождение локальных сил, стремящихся к центросимметричным системам, вынужденных подстраиваться под два предыдущих явления. Взаимодействие всех этих ритмических взаимоорганизующих тенденций порождает огромное разнообразие уровней иерархии, их становление, исчезновение и возрождение.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. Садовский М.А. О распределений размеров твердых отдельностей // ДАН СССР, 1983, 269, І. С. 69–72.
- 2. Сухонос С.И. Принцип масштабной симметрии в оценке естественных систем. В кн.: Проблемы анализа биологических систем / М.: МГУ, 1983. С. 90–112.
- Громов Э.О., Бердиков В.Ф., Сухонос С.К. Кластерная модель масштабного эффекта и прочность материалов // Волгоградский политехнический институт. — Волгоград, 1987.
- 4. Петров Ю.М. Кластеры и малые частицы. М.: Наука, 1986. 480 с.
- 5. Muhlbach J., Sattler K., Pfau P., Recknagel E. Evidence for magic nambers of free leadclasters, Physics letters, 1982, 87A, p. 415–417.
- 6. Садовский М., Галкин И. Пути к прогнозу землетрясений // Наука и жизнь, 1986. № 7. С. 2-6.

- 7. Садовский М.А., Болховитинов Л.Г., Писаренко В.Ф. Деформирование геофизической среды и сейсмический процесс. М.: Наука, 1987. 100 с.
- 8. Юрченко Л.Ю., Бердиков В.Ф., Сухонос С.И. О некоторой инвариантности физических свойств черного карбида кремния при изменений технологических параметров его дробления // ДАН СССР, 1987. Т. 293. № 3. С. 610–613.
- 9. Сухонос С.И., Бердиков В.Ф. Упаковочная модель возникновения устойчивых отдельностей // ВНИИ абразивов и шлифования. Ленинград, 1986. С. 2–38. Деп. в ВНИИТЭМР 07.01.86 г., № 29–86.
- 10. Сухонос С.И., Юрченко Л.Ю., Бердиков В.Ф., Леонидов Л.Д. Масштабноинвариантная упаковочная модель структуры хрупких тел на примере анализа механических свойств карбида кремния черного // Волг. ПИ. Волгоград, 1987.
- 11. Чечев В.П., Крамаровский Я.М. Радиоактивность и эволюция Вселенной. М.: Наука, 1978. 207 с.
- 12. Хоукинг С.В. Анизотропия Вселенной на больших временах. В кн.: Космология. Теория и наблюдения. М.: Мир, 1978. С. 360–365.
- 13. *Уилер Дж.* Дискуссия. В кн.: Космология. Теория и наблюдения. М.: Мир, 1978. С. 368.
- 14. Идлис Г.М. Структурная бесконечность Вселенной и Метагалактика, как типичная обитаемая космологическая система: (Тезисы доклада) В кн.: Труды шестого сов. по вопросам космологии 5–7 июня 1957. Внегалактическая астрономия и космология. М.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 270–271.
- 15. *Dicke R.H.* Dirac's cosmology and Mach's principle // Nature, 1961. V. 102. № 4801 P. 440–441.
- 16. *Carter B.D.* The significance of large numbers in cosmology. Cambridge Univ., England, 1968, Unpubl. prepr.
- 17. Идлис Г.М. Революция в астрономии, физике и космологии. М.: Наука, 1986. 230 с.
- 18. *Тримбл В*. Место Человека во Вселенной. В кн.: Современные проблемы астрофизики. М.: Знание, 1978. С. 2–28.
- 19. Урманцев Ю.А. Симметрия природы и природа симметрии. М.: Мысль, 1974. 289 с.
- 20. Шубников А.В. Симметрия подобия // Кристаллография, 1960. № 5. В. 4. С. 489–492.
- 21. Уилер Дж. Гравитация, нейтрино и Вселенная. М.: Наука, 1962. 342 с.
- 22. Блохиниев Д.И. Пространство и время в микромире. М.: Наука, 1970. 322 с.
- 23. *Сухонос С.И*. Пространственная модель системы данных: (Тезисы докл.) В кн.: Основные направления повышения эффективности общественного производства. Волгоград, 1983. С. 62–65.
- 24. Гинзбург В.Л. О перспективах развития физики и астрофизики в конце XX века. В кн.: Физика XX века. Развитие и перспективы. М.: Наука, 1984. С. 281–330.
- 25. *Марков М.А.* О природе материи. М.: Наука, 1976. 216 с.
- 26. Аллен К.У. Астрофизические величины. М.: Мир, 1977. 446 с.
- 27. Идлис Г.М. О структуре и динамике Метагалактики. В кн.: Философские проблемы теории тяготения Эйнштейна и релятивистской космологии. М.: Наукова Думка, 1965. С. 302–312.
- 28. *Islam J.N.* The ultimate fate of the universe // Sky and Telesc., 1979. V. 57. № 1. L. 13–18.
- 29. *Кисловский Л.Д.* Реакция живых систем на слабые адекватные им воздействия. В кн.: Электромагнитные поля в биосфере / Под ред. Н.В. Красногорской. М.: Наука, 1984. Т. 2. С. 16–28.
- 30. Садовский М.А., Писаренко В.Ф., Родионов В.Н. От сейсмологии к геомеханике. О модели геофизической среды // Вестник АН СССР, 1983. Т. 1. С. 82.
- Гапонов-Грехов А.В., Рабинович М.И. Нелинейная физика. Стохастичность и структуры. В кн.: Физика XX века. Развитие и перспективы. М.: Наука, 1984. С. 219–280.

- 32. Сухонос С.И. Общая классификация объектов в пространстве признаков «масштабный фактор-тип размерности» // Волг. ПИ. Волгоград, 1986. С. 2–45. Деп. в ВИНИТИ, № 1044-В86.
- 33. Спроул Р. Современная физика. М.: Наука, 1974. 592 с.
- 34. Ландау Л.Д. К проблеме турбулентности // ДАН СССР. 1944. Т. 44. С. 339–342.
- 35. Домбровский К., Станюкович К. Гармония сфер // Наука и жизнь, 1984. № 2. С. 66–67.
- 36. Щеточкин В.Н., Ефремов В.Н. Квантование компактов и счетное множество взаимодействий. П. Фундаментальные константы и спектр масс. — В кн.: Проблемы теории гравитация и элементарных частиц. М.: Атомиздат, 1985. — С. 17–40.
- 37. Структурная дискретизация основных типов композиционных связей видов материи и некоторые прикладные аспекты ее использования применительно к биологическому виду материи (промежуточный): Отчет Акустического института им. ак. Н.К. Андреева; руководитель темы Я.А. Дубровский. — ВНТИцентр № 3050. — Москва, 1986. — 41 с.
- 38. Личков Б.Л. К основам современной теории Земли. М.–Л.: Наука, 1965. 246 с.
- 39. Юдасин Л. Маятник эволюции // Наука и жизнь, 1986. № 12. С. 64–69.
- 40. *Сухонос СИ*. Разноразмерное моделирование устойчивых структур микрокластеров // ВНИИ абразивов и шлифования. Ленинград, 1986. С. 7–28. Деп. ВНИИТЭМР 14.02.86 г., № 52–86.
- 41. Бернал Дж., Кинг С. Экспериментальное моделирование простых жидкостей. В кн.: Физика простых жидкостей. М.: Мир, 1971. С. 116–135.
- 42. Мюллер Х., Сухонос С.И. Закон наиболее плотной упаковки по всем степеням свобод биопространства. В кн.: Доклады МОИП. Общая биология. Экспериментальный анализ. Функции биологических систем. М.: Наука, 1985. С. 98–102.