ВЫХОДИТ С ОКТЯБРЯ 2011 г.

СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

Апрель – июнь **№ 2 (46), 2023**

Главный редактор Иванов О.П. (к.г.-м.н., МГУ имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия)
Зам. главного редактора Князева Е.Н. (д.филос.н., профессор, НИУ ВШЭ, Москва, Россия)
Ответственный секретарь Старцев В.В. (Институт системологии, Лыткарино, Россия)

Редакционный Совет

Боголепова И.И. (академик РАН, д.мед.н., проф., зав.лаб. научного Центра неврологии РАМН, Москва, Россия); **Гершензон К.** (д.ф.-м.н. (PhDr), проф. Национального автономного университета города Мехико, Мексика); **Эрди П.** (д.ф.-м.н. (PhDr), Центр по исследованию сложных систем в Колледже Каламазу, штат Мичиган, США); **Игамбердиев А.У.** (д.б.н.(PhDr), проф. факультета биологии Университета Ньюфаундленда, Канада); **Майнцер К.** (д.филос.н.(PhDr), зав. каф. философии и теории науки Технического университета Мюнхена, президент Германского общества сложных систем и нелинейной динамики, Мюнхен, Германия); **Малинецкий Г.Г.** (д.ф.-м.н., проф., Институт прикладной математики (ИПМ) им. М. В. Келдыша РАН, Москва, Россия); **Панин В.Е.** (академик РАН, д.ф.-м.н., проф., Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, Томск, Россия); **Поспелов И.Г.** (чл.-кор. РАН, д.ф.-м.н., проф., зав. отделом Вычислительного центра им. А.А. Дородницына РАН, Москва, Россия); **Хофкирхнер В.** (д.филос.н. (PhDr), президент Центра Берталанфи по изучению науки о системах, Вена, Австрия)

Редакционная коллегия

Голиченков В.А. (д.б.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Клиге Р.К.** (д.геогр.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Куркина Е.С.** (д.ф.-м.н., МГУ, Москва, Россия); **Магницкий И.А.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Мелехова О.П.** (д.б.н., МГУ, Москва, Россия); **Ризниченко Г.Ю.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Сафьянов Г.А.** (д. геогр. н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Суриков В.В.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Чуличков А.И.** (д.ф.-м.н., проф., МГУ, Москва, Россия); **Шанявский А.А.** (д.т.н., проф., ФАУ «Государственный центр «Безопасность полетов на воздушном транспорте», Москва, Россия), Кирилишина Е.М. (к.г.-м.н., МГУ, Москва, Россия; технический редактор); Наместникова А.В. (Институт системологии, Лыткарино, Россия; выпускающий редактор).

УЧРЕДИТЕЛЬ: АО «Институт фундаментальных системных исследований», 2020

Междисциплинарный научный журнал «СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ» зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).Свидетельство о регистрации средства массовой информации ПИ № ФС77-42729 от 25.11.10 г. Регистрационный номер внесения изменений в запись о регистрации СМИ ПИ № ФС77-73604 от 31.08.2018 г. **ISSN № 2220-8569**

Сдано в набор 25.05.2023. Подписано в печать 25.05.2023. Формат 60x88 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура тайме. Печать лазерная. Усл. печ. л. 10,8. Тираж 60 экз. Заказ **2861.** Цена свободная. Издательство: АО «Институт фундаментальных системных исследований». Адрес редакции и издательства: 140080, Московская обл., г. Лыткарино, ул. Парковая, д. 1, Тел.: +7(495) 941-62-72; *thecomplexsystems.ru;* e-mail: *mail@systemology.ru* Подписной индекс **88852**

Периодичность: 4 раза в год

Компьютерная верстка: АО «Институт фундаментальных системных исследований»
Типография АО «ВПК «НПО машиностроения», 143966, Московская область, г. Реутов, ул. Гагарина, 33

© АО «ИФСИ», 2023
© Коллектив авторов, 2023

Перепечатка и перевод статей - только со ссылкой на журнал

FIRST PUBLISHED: **October 2011**

THE COMPLEX SYSTEMS

SLOZHNYE SISTEMY

Interdisciplinary Scientific Journal

April – june **№ 2 (46), 2023**

Editor in Chief Ivanov O.P. **(**Lomonosov MSU, Moscow, Russia)
Deputy chief Editor Knyazeva H.N. (NRU HSE, Moscow, Russia)
Assistant Editor Startsev V.V. **(**Institute of Systemology, Lytkarino, Russia)

Editorial council

Bogolepova I.N. (Research Center of Neurology RAMS, Moscow, Russia);
Gershenson C. (National Autonomous University of Mexico, Mexico);
Erdi P. (Center for Complex Systems Studies of Kalamazoo College, Michigan, United States);
Igamberdiev A.U. (Memorial University of Newfoundland, Canada);
Mainzer K. (Munich Center for Technology in Society, Munich, Germany);
Malinetskii G.G. (Keldysh Institute of Applied Mathematics, Moscow, Russia);
Panin V.E. (Institute of Strength Physics and Materials Science, SB RAS, Tomsk, Russia); **Pospelov I.G.** (Dorodnicyn Computing Centre, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia); **Hofkirchner W.** (Bertalanffy Center for the Study of Systems Science (BCSSS), Vienna, Austria)

Editorial board

Golichenkov V.A. (MSU, Moscow, Russia); **Klige R.K.** (MSU, Moscow, Russia); **Kurkina E.S.** (MSU, Moscow, Russia); **Magnitskii N.A.** (MSU, Moscow, Russia); **Melekhova O.P.** (MSU, Moscow, Russia); **Riznichenko G.Yu.** (MSU, Moscow, Russia); **Safyanov G.A.** (MSU, Moscow, Russia); **Surikov V.V.** (MSU, Moscow, Russia); **Chulichkov A.I.** (MSU, Moscow, Russia); **Schanyavskii A.A.** (State Center Air Transport Flight Safety, Khimki, Moscow region, Russia); **Kirilishi na E.M.** (MSU, Moscow, Russia; technical editor); **Namestnikova A.V.** (Institute of Systemology, Lytkarino, Russia; executive editor).

FOUNDER: «Institute of System Science» JSC, 2020

Federal Service for Supervision in the Sphere of Communications, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)
Certificate of registration of mass communication media ПИ No. ФС77-42729 as of November 25, 2010
Registration number of changes ПИ No. ФС77-73604 as of August 31, 2018
ISSN No. 2220-8569

Sent for the press 25.05.2023. Format 60 88 1/8. Circulation 60. Order **2861**. Publishing company: «Institute of System Science» JSC.
Address of Editorial office: 1. Parkovaya st., Lytkarino, Moscow Region, 140080, Russia. Tel./Fax: +7(495) 941-62-72; ***thecomplexsystems.ru***; E-mail: ***mail@systemology.ru*** Subscription index in the integrated catalog «Press of Russia» 88852

Frequency: Quarterly

Computer imposition «Institute of System Science» JSC.
Typography: JSC MIC NPO Mashinostroyenia, 33, Gagarin Street, Reutov, Moscow Region, Russia, 143966

© «Institute of System Science» JSC, 2023
© Group of authors, 2023

Reprint and translation of articles only with a link to the journal

СОДЕРЖАНИЕ

Фундаментальные исследования

Иванов О.П. Сложность как категория эволюции **4**

Иванов О.П. Особенности века нелинейности в науке о земле **54**

Новые идеи, подходы

Баркин Ю.В. Дрейф центра масс земли и вековые вариации силы тяжести **76**

Климов В.К. Нелинейная Вселенная **92**

CONTENTS

Fundamental research

Ivanov O.P. Complexity as the category of evolution 4

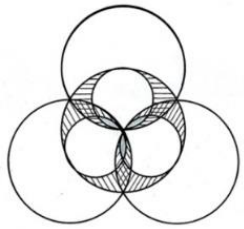
Ivanov O.P. Features of the age of nonlinearity in earth science **54**

New ideas, approaches

Barkin Yu.V. Drift of the earth's center of mass and age-old variations gravity forces **76**

Klimov V.K. A nonlinear Universe **92**

УДК 510.6; 683.3



СЛОЖНОСТЬ КАК КАТЕГОРИЯ ЭВОЛЮЦИИ

Иванов О.П. канд. геол.-мин. н., в. н. с. МГУ имени М.В.Ломоносова ivanovop2007@yandex.ru

Аннотация. В статье представлена краткая история формирования представлений по категории «сложность». Показаны современные толкования термина в различных науках. Наиболее полно изложен системный подход к пониманию сложности.

Ключевые слова: сложность, эволюция, системы, нелинейность

Создание все более сложных и совершенных форм
есть имманентное свойство природы.
Л.С. Берг
Знающие не говорят, говорящие не знают.
Лао-Цзы

ВВЕДЕНИЕ

Затрагиваемая тема касается всех исследователей, но вряд ли кто-нибудь из них может отнести себя к знающим природу и суть категории «сложность». Есть только размышляющие и исследующие (автор тоже). Действительно, данное научное направление только недавно начало свой путь и впереди еще много неизведанного.

1. КАТЕГОРИЯ «СЛОЖНОСТЬ»

Все, что человек знает об окружающем его мире и о себе самом, он знает в форме понятий и категорий. Всеобщего определения понятия «сложность» не существует. Тем не менее, в разработке философской концепции сложности в контексте конкретно-всеобщей теории развития категория сложности рассматривается как одна из узловых категорий диалектики, отражающая логику изменяющегося мира.

Поскольку мир развивается, независимо от субъективных представлений, эти представления неизбежно входят в противоречие с действительностью, так что набор категорий должен обновляться – как за счет появления новых категорий, так и через раскрытие содержания уже известных – включение их в новые категориальные схемы.

По мере накопления опыта использования новой категории, в ней обнаруживается внутреннее строение, а ситуации, под нее подводимые, соотносятся с другими ситуациями, обобщаются и детализируются. Так происходит "вписывание" категорий в категориальные схемы и раскрытие их действительного содержания.

В свете изложенного авторы видят свою задачу не только в наполнении новым смыслом категории сложность, но и в превращении её в инструмент исследования и анализа мира открытых систем.

2. РЕТРОСПЕКТИВА ПРЕДСТАВЛЕНИЙ О СЛОЖНОСТИ

Первое прикосновение к проблеме сложности возникло в 1965 г., когда независимо друг от друга, советский математик А. Н.Колмогоров и американский математик Г.Чейтик, впервые предложили понятие «алгоритмическая сложность». Для некоторой последовательности данных она определялась как минимальная длина вычислительного алгоритма, который мог бы воспроизвести заданную последовательность. Если алгоритм используется в компьютерах, то его длина может измеряться количеством бит. Некорректность такого подхода видна на следующем примере. Нужно описать алгоритм построения прямоугольника со сторонами, имеющими длины, исчисляемые двумя разными иррациональными числами. Если даже выбрать систему исчисления, имеющую основание, совпадающее с одним числом, то все равно, второе останется иррациональным; количество знаков в описании его бесконечно. Смысл простейший, а алгоритм бесконечный. Здесь важно не само значение сложности, а отличие конечной сложности от бесконечной. Более того, сколько математиков будет участвовать в разработке алгоритма конкретной задачи,

столько разных алгоритмов будет предложено.

Несколько позже для изучения природы сложного известным американским физиком М.Гелл-Манном был предложен термин «плектикс» (plectics), который должен выражать взаимоотношения простого и сложного во всех их бесчисленных проявлениях. Данный термин – греческого происхождения. Он связан со многими смыслами: «искусство переплетения», «ткачество», «плести», «сплетать», «выдумывать», «составлять», «усложнять», «запутывать».

В дальнейшем под сложностью часть исследователей стала понимать эмерджентность, т.е. несводимость целого к простой сумме частей и свойств.

Долгое время к категории сложных было принято относить системы, состоящие из большого числа подсистем или элементов. Было принято полагать, что сложное поведение присуще только таким системам. Самовоспроизводящиеся автоматы Джона фон Нейман состояли более чем из полутора сотен элементов. Как показали последующие исследования, в действительности, самовоспроизводящийся автомат может иметь и значительно меньшее число элементов. Более того, сложное поведение и, в частности, самовоспроизведение, возможно и в относительно простых системах.

Отслеживание индивидуальной динамики каждого элемента сложной в указанном выше смысле (т.е. многоэлементной) системы становится затруднительным и даже бессмысленным: наблюдатель утопает в обилии информации, объем которой не поддается обработке. Например, если бы кто-нибудь вздумал описывать поведение моля газа с помощью уравнений движения отдельных молекул, то ему потребовалось бы решать систему из 10^{23} (число Авогадро) уравнений. Налицо было бы явное нарушение заповеди специалистов по численному моделированию и анализу: глупость вычислителя не должна превосходить объем памяти и быстродействие компьютера.

Спасение от чрезмерно большого объема информации, подлежащей обработке, принято искать в так называемом сжатии информации. Сжатие производится либо путем усреднения индивидуальных данных ценой необратимой потери части информации, как в молекулярно-кинетической теории

или статистической физике, либо путем обратимого перехода от многочисленных переменных состояния к гораздо менее многочисленным параметрам порядка без потери информации, как в синергетике Г.Хакена.

Постановка редукции многих систем уравнений восходит еще к Рене Декарту, когда он столкнулся с проблемой описания сложных структур, объединенных в конвективную систему. Решение этой, не решаемой в то время в постановке Декарта, проблемы для Солнечной системы было обозначено Исаакам Ньютоном. Ньютон упростил задачу, предположив планеты и само Солнце взаимодействующими точками. Таким образом, Ньютон произвел редукцию практически бесконечной системы уравнений, способных описать все самосогласованные явления Солнечной системы и планет, отбросив проблемы атмосфер и вращения планет, как несущественные. Методы редукции используются не только для упрощения описания пространственных перемещений, но и для описания особенностей протекания комплексных процессов во времени. Основной проблемой применения метода редукции является проблема адекватности упрощенной (базовой) системы уравнений явлениям природы, исследуемым с их помощью. Т.е. всегда приходится устанавливать - не выброшена ли суть явления вместе с отброшенными уравнениями.

Лауреат Нобелевской премии Герберт Саймон так писал о «проклятии сложности»: «Сорок лет моделирования сложных систем на компьютерах, которые с каждым годом становились больше и быстрее, научил нас тому, что грубая сила не ведет нас по царской тропе к пониманию таких систем, поэтому их моделирование требует обращения к основополагающим принципам с тем, чтобы справиться с проблемой сложности систем».

Задача нелинейной динамики и синергетики состоит в нахождении и подробном исследовании тех базовых математических моделей, которые исходят из наиболее типичных предположений о свойствах отдельных элементов, составляющих систему, и законах взаимодействия между ними. Поскольку главным отличительным свойством изучаемых сред являются протекающие в них

процессы самоорганизации, синергетику можно также рассматривать как общую теорию самоорганизации в средах различной природы.

Самоорганизация ряда процессов тесно связана с зарождением турбулентности. При макроскопическом течении жидкости к каждому ее малому элементу поступает энергия от крупномасштабных мод, которая превращается затем в теплоту за счет действия вязких сил. Чем выше средняя скорость течения жидкости, тем интенсивнее поток энергии, проходящей через каждый ее элемент. Как известно, при больших средних скоростях течения оно, как правило, является турбулентным, т.е. характеризуется хаотическими пульсациями поля скоростей, давления, температуры, плотности и т.п. Переход к турбулентности от ламинарного течения может осуществляться постепенно, не скачком. В этом случае возникновению турбулентности предшествует особая стадия, характеризующаяся появлением все более сложного течения.

3. РЕТРОСПЕКТИВА РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

В последние годы мировая научная общественность пытается объединить свои усилия по координации научных исследований в данном направлении. Так уже в 80-е годы сложилась специальная научная дисциплина, названная *теорией сложности*.

Наука о сложных нелинейных процессах (Nonlinear Science, Science of complexity, Science of Chaos) находится сейчас лишь в начальной стадии стремительного роста, о чем свидетельствует бурное развитие этой отрасли в США. Проблемы сложных нелинейных систем, в том числе биологических, изучаются во всех крупных университетах Европы и Америки.

В 1984 году был основан Институт Санта Фе в Нью-Мексико, а двумя годами позже – Центр изучения сложных систем в университете штата Иллинойс. Последний возглавил Стивен Вольфрам, автор бестселлера «A new kind of science» («Наука нового типа»). Это два крупнейших центра, где профессионально занимаются междисциплинарными исследованиями сложных систем с участием специалистов разных специальностей – экономистов,

биологов, физиков и математиков. Центр в Лос-Аламосе насчитывает около 2000 исследователей.

Российские исследователи также получили базовые результаты в этой области. Достаточно вспомнить открытие химической реакции Белоусова-Жаботинского (МГУ и Пущино), которой в мировой литературе посвящены тысячи статей, исследования Арнольда (МГУ) по математической теории катастроф и сценариев перехода к хаосу, Кринского и Иваницкого (Ин-т Биофизики РАН в Пущино) по исследованию автоволновых режимов в нервном волокне сердечной мышцы, модели процессов морфогенеза и внутриклеточного движения профессоров МГУ Чернавского и Романовского, исследования по контролируемой термоядерной реакции в Институте прикладной математики (акад. А.А. Самарский, чл.-корр. С.П.Курдюмов) и др. В 1995 г. в МГУ им. М.В. Ломоносова создан Институт математических исследований сложных систем МГУ (почетный президент - лауреат Нобелевской премии проф. И.Р.Пригожин**,** директор (президент) - академик РАН, Ректор МГУ проф. В.А.Садовничий).

Основной областью исследований, проводимых в ИМИСС МГУ в сотрудничестве с Институтом им. Сольвея (Брюссель) и рядом других европейских научных центров, является развитие идей профессора И.Р. Пригожина по созданию теории неравновесных систем. Ведется разработка математического аппарата (спектральная теория операторов) для описания динамики сложных систем. Кроме того, ведутся работы по проекту создания эффективных методов распознавания образов и процессов управления нелинейными динамическими системами. Проводятся исследования по применению математических методов управления и контроля сложных систем в биологии (совместно с CIAMM - Мексика).

В институте действует лекторий "Время, хаос и математические проблемы" и семинар по моделированию динамики и информационных процессов в живых системах, главная задача которых состоит в разработке современных методов описания сложных систем в природе и обществе. В лектории и семинаре участвуют ведущие российские и зарубежные ученые.

В 1999 г. в Москве состоялся II-й съезд биофизиков России. Он состоял из семи заседаний по темам: "Молекулярно-кинетические системы", "Самоорганизация в биосистемах", "Свойства нелинейных динамических систем", "Физико-математические подходы к анализу сложных систем", "Клеточно-тканевые системы", "Сенсомоторные системы", "Экспериментальные исследования сложных систем".

В 2003 г. В Москве состоялась IX научная конференция «Проблемы управления безопасностью сложных систем». Было показано, что в пространстве возможных состояний исследуемой сложной системы (прогноз поведения которой нас интересует) интуитивно или сознательно выделяются отдельные области. В них состояние объекта характеризуется несколькими ведущими переменными, связь между которыми описывается некоторой детерминированной системой. Например, системой дифференциальных уравнений, отображением, конечным автоматом, логической схемой, и в которых горизонт прогноза не слишком мал. Такие области были названы руслами. В пределах русел ситуация может быть "просчитана", может быть дан достоверный прогноз. Наряду с руслами в пространстве состояний существуют "области джокера", где ситуация меняется очень быстро, принимаются ключевые решения и на первый план выходят игровые, вероятностные, субъективные факторы (Г.Г. Малинецкий). Здесь ожидания, опыт экспертов, культурный климат, смыслы и ценности лиц, принимающих решения, могут оказаться решающими.

В настоящее время проектирование сложных систем – не только информационных, но имеющих совершенно разную природу, выделяется в отдельную инженерную дисциплину. В США главным центром, где изучаются проблемы проектирования сложных систем, является Отделение технических систем Массачусетского технологического института. Ее сотрудниками подготовлен программный документ, отрывок из которого приведен ниже.

«В результате глобализации, появления новых технологий, повышения пользовательских запросов и возникающих новых социальных требований технические системы увеличиваются в размерах, охватывают большее число

функций и становятся сложнее. Как следствие, при проектировании возникают качественно новые проблемы, совсем иные, не традиционные. Главное заключается в том, что требуется интегрированный подход, системы следует рассматривать не по частям, а в целом. Природа технических систем нового поколения может быть различной, но при этом они могут обладать близким по характеру поведением. Для лучшего понимания особенностей в поведении новых технических систем и способов их проектирования требуется разработка новых методов и теорий.

Сложность технических особенностей объясняется рядом причин. Например, интеграция различных компонентов или подсистем создает единую систему, обладающую более высокой сложностью, чем ее составляющие. Случается, что каждый из системных компонентов и каждая из подсистем могут быть доступны для понимания, а собранные вместе, они образуют систему с труднопредсказуемым поведением и неожиданными проявлениями. Или же внесение изменений в процессе эксплуатации постоянно повышает ее сложность, со временем становится затруднительной дальнейшая модификация и изменение поведения системы. Для того, чтобы понять устройство большой и сложной системы, требуется целостный взгляд на систему».

К сожалению, в системе образования России данное направление лишь слегка затрагивается в стандартной университетской программе в рамках курса статистической физики, как физика сложных систем (чаще факультативное).

Физика сложных систем изучает поведение любых систем из большого количества объектов, если их взаимодействие подчиняется каким-либо определенным законам. Это может быть поведение атомов и молекул (этот раздел физики часто называют физикой конденсированного состояния вещества), движение песчинок в вибрирующем сосуде (физика гранулированных материалов) или поведение абстрактных систем, которыми занимается статистическая физика, физика разупорядоченных систем, хаотическая динамика и т.д.

Одним из наименее известных, но очень активно изучаемых направлений является применение методов физики сложных систем к социальным явлениям, т.е. к человеческим сообществам. Основными объектами изучения являются макроскопические свойства системы в целом, образование нетривиальных структур и явления самоорганизации и коллективного поведения в таких системах.

В этом плане наибольший интерес представляют следующие направления исследований:

динамика фондовых бирж, курсов валют, и т. д. Направление, изучающее поведение этих систем, получило название эконофизики. Среди его достижений можно назвать установление универсального закона предобвального колебания акций или курсов валют;

распространение эпидемий в сетях взаимодействующих объектов, как среди живых существ, так и, например, компьютерных вирусов. Оказывается, что скорость их распространения, а также порог эпидемии, во многом зависит от глобальных топологических свойств таких сетей.

Но, пожалуй, самой важной является проблема стратегического прогноза дальнейшей эволюции сложной системы человечества, решение которой просто немыслимо без подходов с позиций особенностей развития сложных систем в условиях взаимодействия с такими же сложными системами как, например, природа. Разрастание глобальных экологических проблем является следствием не понимания правил коэволюции, и поэтому поставлен вопрос о выживаемости человечества как вида.

В рамках единого синергетического подхода обсуждается ряд основных направлений исследования неравновесных процессов, происходящих в распределенных и сосредоточенных сложных системах.

4. РОЛЬ САМООРГАНИЗАЦИИ И ХАОТИЗАЦИИ

Первоначально понимание сложных систем (например, таких, как биологические) было связано с представлением о том, что их невозможно описать при помощи математических моделей. Более того, долгое время жизнь

рассматривалась как антипод неорганической природы. Сегодня, однако, происходит все более активное проникновение физических методов и подходов в биологию. Оказывается также, что основные формы кооперативного поведения, свойственные живым организмам, имеют свои аналоги среди неорганических систем.

Любой живой организм представляет собой иерархию достаточно автономных подсистем, в которой исходящие от верхнего уровня сигналы управления не имеют характера жестких команд, подчиняющих себе активность всех индивидуальных элементов более низких уровней. Вместо этого от высших уровней иерархии поступают сигналы, которые предопределяют переходы подсистем из одного режима функционирования к другому. Иерархическое устройство сложных живых систем, которые представляют собой ансамбль связанных подсистем более простого строения, позволяет избежать неустойчивостей и нежелательной динамики, которые неизбежно возникают в сложных системах с жестким централизованным управлением.

Наиболее очевидная особенность биологических систем заключается в том, что они способны к самоорганизации, т.е. спонтанному образованию и развитию сложных упорядоченных структур. Это не противоречит законам термодинамики, поскольку все живые биологические системы не являются замкнутыми и обмениваются энергией с окружающей средой. Энтропия, служащая мерой беспорядка, может уменьшаться в открытых системах с течением времени.

Необходимая предпосылка эффектов самоорганизации заключается, кроме того, в наличии потока энергии, поступающего в систему от внешнего источника и диссипируемого ею. Именно благодаря этому потоку система становится активной, т.е. приобретает способность к автономному образованию структур. Очевидно, что эффекты самоорганизации не могут быть исключительным свойством биологических объектов, и должны наблюдаться в той или иной форме также в системах неорганического происхождения.

Большой интерес представляют распределенные среды, которые построены из дискретных элементов, локально взаимодействующих друг с другом и, таким

образом, являющихся приближением естественных пространственно протяженных систем.

5. ДИНАМИЧЕСКИЙ ХАОС И ТЕОРИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Где лежит граница между регулярной, но сложно организованной структурой и хаосом? Критерием может служить устойчивость возникающих в процессе течения образований по отношению к малым возмущениям. Если такая устойчивость отсутствует, детерминированное описание теряет смысл, и необходимо использовать статистические методы. Впервые на связь между статистическим подходом и неустойчивостью указывал еще Анри Пуанкаре.

Из сказанного ясно, что теоретический анализ процессов хаотизации (зарождения турбулентности) в различных средах также должен быть включен в круг проблем, изучаемых синергетикой. Естественно отнести к ним и исследование общих свойств хаотических режимов, возникающих вслед за разрушением регулярных структур.

Как же возникает хаотическое движение? Казалось бы, путей его возникновения должно быть очень много. Однако, выяснилось, что число сценариев процесса хаотизации совсем невелико. Более того, некоторые из них подчиняются универсальным закономерностям, и не зависят (!) от природы системы. Одни и те же пути развития хаоса присущи самым разнообразным физическим, химическим, биологическим и др. объектам. Универсальное поведение напоминает обычные фазовые переходы второго рода, а введение ренорм-групповых и скейлинговых методов, известных в статистической механике, открывает новые перспективы в изучении хаотической динамики.

Однако, как показали многочисленные исследования, статистические законы, а вместе с ними и статистическое описание не ограничены только очень сложными системами с большим числом степеней свободы. Дело здесь не в сложности исследуемой системы и не внешних шумах, а в появлении при некоторых значениях параметров экспоненциальной неустойчивости движения.

Какие же законы управляют хаосом? Возможно ли создать математический аппарат, позволяющий непротиворечиво описывать хаотическую динамику и предсказывать появление хаоса в тех или иных системах? Наконец, можно ли найти методы предсказания поведения хаотических систем? Ответами на эти и ряд других вопросов занимается так называемая "теория динамического (или детерминированного) хаоса", являющаяся одним из разделов нелинейной динамики. К настоящему времени разработаны методы классификации различных типов хаоса, найдены закономерности его развития, созданы методы, позволяющие отличить, например, в эксперименте, хаос от белого шума, и т.п. Более того, было обнаружено и строго обосновано, что сложное пространственно-временное поведение распределенных сред с громадным числом степеней свободы может быть адекватно описано нелинейными системами небольшой размерности.

Физически осмысленное понятие детерминированного описания заключается в том, что начальное состояние процесса задается в силу неизбежных флуктуаций некоторым вероятностным распределением. Задача состоит в том, чтобы на основании известного начального распределения предсказать его эволюцию. Если малые возмущения начального условия с течением времени не нарастают (т.е. имеет место устойчивость), то поведение такой системы является предсказуемым. В противном случае процесс может быть описан только вероятностным образом. По существу, именно эти соображения легли в основу современного представления о динамическом хаосе.

Как известно, математическим образом установившихся периодических колебаний является предельный цикл, а квазипериодических — инвариантный тор. И устойчивые циклы, и инвариантные торы являются *аттракторами* (буквально — "притягателями"), поскольку в прямом смысле они притягивают все близкие траектории. Физически это означает, что при отклонении от таких колебаний (вследствие каких-либо воздействий) система спустя некоторое время вновь возвращается к ним, т.е. такое движение как бы притягивает. Простым примером здесь может служить обычный часовой маятник.

Если диссипативная система проявляет *хаотические* свойства, то математически это соответствует наличию в ее фазовом пространстве *странного* (иногда говорят *хаотического*) *аттрактора*. Данное понятие впервые было введено в известной работе Д.Рюэля и Ф.Такенса "О природе турбулентности" в 1971 г. и означало притягивающее множество, отличное от конечного объединения гладких подмногообразий. Появление такого подмножества в системах дифференциальных уравнений тогда казалось экзотикой, отсюда и название — странные аттракторы.

6. УПРАВЛЕНИЕ ХАОТИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ И ПОДАВЛЕНИЕ ХАОСА

Развитие теории динамических систем внесло много нового в понимание происхождения хаотичности и привело к ряду важнейших открытий. Обоснование эргодической гипотезы Больцмана для определенного класса систем, доказательство сохранения квазипериодического движения при возмущении интегрируемых систем (теорема Колмогорова-Арнольда-Мозера), введение энтропии Колмогорова, подковы Смейла и У-систем Аносова стимулировало развитие новых направлений современной математики и математической физики, отражающих всю глубину проблем, рассматриваемых в нелинейной динамике. В результате было показано, насколько типичным и всеобщим явлением оказывается хаотическое поведение в системах с небольшим числом степеней свободы. Стало очевидным, что хаотические свойства могут проявлять самые разнообразные нелинейные системы, и если хаос не обнаруживается, то, возможно, лишь потому, что, либо он возникает в очень малых областях параметрического пространства, либо при нефизических значениях параметров. Таким образом, проблема предсказуемости, первоначально появившись в достаточно сложных системах (таких как гидродинамические или системы статистической механики), стала общей для многих направлений современной науки.

В связи с этим в последнее время стало интенсивно развиваться новое направление в нелинейной динамике и синергетике, посвященное проблемам

предсказуемости поведения хаотических систем, управления их динамикой и возможности подавления хаоса. Исследования показали, что оно имеет непосредственное отношение ко многим областям естественных наук, поскольку на этом пути удается найти подходы к таким важным и насущным приложениям как обработка (запись, кодирование и расшифровка) информации, скрытая связь (т.е. пересылка зашифрованных сообщений), проблема самоорганизации, стабилизация неупорядоченных сокращений сердечной мышцы и дефибрилляция, искусственное создание когерентных структур в распределенных системах, обладающих пространственно-временным хаосом, инженерия динамических систем, и других. Понятно, что решение даже части этих проблем, с одной стороны, в значительной степени углубляет понимание процессов и закономерностей, лежащих в основе поведения самых разнообразных нелинейных динамических систем, и, с другой стороны, позволяет значительно продвинуться в развитии теории нелинейных колебаний как сосредоточенных, так и распределенных систем.

Интенсивные теоретические и экспериментальные исследования хаотических динамических систем выявили их неожиданное и вместе с тем замечательное свойство: они являются весьма податливыми и чрезвычайно чувствительными к внешним воздействиям. По-видимому, именно это обстоятельство лежит в основе процессов структурообразования в живых тканях. Развитие любого живого организма есть последовательность автономных актов самоорганизации. Благодаря этому развивающаяся структура характеризуется возможностью перейти в одно из очень большого числа допустимых равноправных состояний. Тем не менее, эволюционирующая система всегда проявляет только определенную (заданную) динамику. Управление этим процессом может осуществляться с помощью слабых воздействий, которые и влияют на выбор того или иного конкретного состояния. Таким образом, была обнаружена возможность управлять динамикой хаотических систем, т.е. посредством достаточно слабых воздействий переводить первоначально

хаотические системы из режима хаотических колебаний на требуемый динамический режим и тем самым стабилизировать их поведение.

Стабилизация хаотического поведения может быть осуществлена двумя различными способами. Первый из них обеспечивает выведение системы из хаотического на регулярный режим посредством внешних возмущений, реализованных без обратной связи. Другими словами, этот метод не учитывает текущее состояние динамических переменных системы. Качественно отличный от данного метод реализуется посредством корректирующего воздействия в соответствии с требуемым значением динамических переменных и, таким образом, вовлекает обратную связь как необходимую компоненту динамической системы. И это очень важно, так как все природные системы стабилизируются обратной связью. По установившемуся соглашению первый способ стабилизации хаотической динамики называется подавлением хаоса или контролированием (иногда управлением или регулированием) хаотической динамики без обратной связи. Второй способ носит название контролирование хаоса с обратной связью (controlling chaos). В свою очередь, реализация каждого из этих методов может быть проведена параметрическим или силовым способами.

Развитие этих методов, а также знание закономерностей самоорганизации дает возможность в самом прямом смысле вмешиваться в деятельность существующих биосистем и управлять их динамикой (см. ниже).

Более того, экспериментальные данные свидетельствуют о том, что автоколебания (в том числе хаос) играют важную роль в процессе анализа информации нейроподобными системами. Следовательно, принцип организации памяти необходимо представить как динамический процесс. Такой подход привел к использованию теории динамических систем в проблеме обработки информации и создания систем искусственного интеллекта. Он основан на том факте, что хаотические множества, как правило, содержат бесконечное подмножество седловых (т.е. неустойчивых) предельных циклов.

К пониманию сложности системы как большой теоретико-множественной сути близко введенное Бенуа Мандельбротом понятие фрактала. Одновременно

это направление открыло большие возможности для разработки способов сжатия информации, например, при решении задач по распознаванию образов.

По Мандельброту, фрактал – это объект, самоподобный в том или ином смысле. Другие варианты определения приводили к неопределенному сужению объема понятия «фрактал», оставляя “за бортом” важные и широкие классы фрактальных объектов. Бенуа Мандельброт ввел в научный обиход неевклидову геометрию негладких, шероховатых, зазубренных, изъеденных ходами и отверстиями, шершавых и т.п. объектов, своего рода математических парий, ранее по молчаливому уговору изгонявшихся из рассмотрения более благообразных усредненных, сглаженных, округленных, отполированных идеализированных объектов. Между тем именно негладкие объекты составляют большинство объектов в природе. Сам Б.Мандельброт охарактеризовал созданную им фрактальную геометрию как морфологию бесформенного.

Но в действительности фракталы обладают удивительно тонкой изящной структурой, неограниченно повторяющейся во всевозможных масштабах. Феликс Клейн в “Эрлангенской программе” (1872) определил геометрию как науку об инвариантах некоторой группы преобразований. Евклидова геометрия занимается изучением инвариантов группы движений и преобразований, оставляющих неизменными расстояния между любой парой точек. Геометрия Лобачевского-Бойли занимается изучением инвариантов преобразований Лоренца. Фрактальная геометрия занимается изучением инвариантов группы преобразований самоподобия.

Применительно к фракталам вместо длин, площадей и объемов, которые стремятся к нулю или к бесконечности, как некоторые степени длины того элементарного отрезка, с площадью которого их измеряют, во фрактальной геометрии рассматривают показатели этих степенных зависимостей. Так как эти показатели представимы в виде отношения логарифмов, то большинство показателей представляют собой дробные действительные числа. Многие, в том числе и Бенуа Мандельброт, полагали, будто “нецелостность”, “дробность”

фрактальной размерности, в частности, размерности Хаусдорфа-Безиковича, – характерное отличительное свойство фракталов. Даже самый термин “фрактал” – производное от латинского “fractus” – дробный выбран именно из этих соображений. Однако выяснилось, что существуют регулярные самоподобные объекты с целочисленной размерностью Хаусдорфа-Безиковича. Например, если взять тетраэдр с плоскостями, проходящими параллельно граням через середины трех ребер, исходящих из противолежащей грани вершины, высечь центральный меньший тетраэдр, который затем выбросить, то после бесконечного повторения такой процедуры мы получим в пределе фрактал с размерностью Хаусдорфа-Безиковича, в точности (а не приближенно!) равной двум. Миф о непременной дробности фрактальной размерности был развеян, не успев утвердиться! Развеялись и надежды на строгое определение фракталов как объектов с дробной размерностью Хаусдорфа-Безиковича [3].

7. ФРАКТАЛЬНЫЕ МНОЖЕСТВА И СЛОЖНЫЕ СИСТЕМЫ

К синергетике и теории неравновесных систем относится и другая область нелинейной физики — фракталы. Фракталами обычно называют множества, которые обладают масштабной инвариантностью, т.е. в любом масштабе они выглядят практически одинаково. Самый известный пример фрактала — множество Кантора на прямой. Термин "фрактал" был введен известным математиком Бенуа Мандельбротом и означал множество, размерность которого не совпадала с обычной.

Теория фракталов долгое время не находила широкого применения, пока не было обнаружено большое число задач, где фрактальная структура и размерность служат основными характеристиками системы. Например, в турбулентности теория фракталов теснейшим образом связана с теорией масштабной инвариантности Колмогорова. Если рассмотреть скорость турбулентного потока как функцию пространственных переменных и времени, то она будет представлять собой фрактал того же типа, что и броуновская кривая.

В теории динамических систем фрактальные множества занимают особое место, поскольку решения большинства нелинейных задач представляют собой фрактал. Дело в том, что математическим образом хаотических колебаний в диссипативных системах является аттрактор, который уже не обладает такой же гладкой структурой, как, например, тор. Геометрическое строение странных аттракторов более сложное. В частности, они могут обладать геометрической (масштабной) инвариантностью, т.е., подобно фрактальному множеству, их структура повторяется при последовательном увеличении масштаба. Это свойство странных аттракторов иногда позволяет описывать их аналогично тому, как описываются фракталы.

У фрактальной теории много точек соприкосновения с методом ренормгруппы и теорией фазовых переходов. В финансовой математике многое можно описать, используя фрактальный подход. Неожиданно важные приложения теории фрактальных множеств были выявлены в достаточно новых областях современной науки — теоретической биологии и математической медицине. Здесь многое удалось понять, опираясь на масштабную инвариантность. Наконец, фрактальные множества интересны с точки зрения создания моста между математикой и искусством.

Основной геометрической характеристикой фракталов является их размерность, которая указывает на близость таких множеств к регулярным объектам и позволяет определить число независимых переменных, однозначно их описывающих. Неожиданным обстоятельством является то, что фрактальные структуры встречаются в природе и рождаются в физических экспериментах.

Геометрия фракталов с их тончайшей внутренней структурой, повторяющей самою себя во всех масштабах, позволяет приблизиться к ещё одному важному выводу, который подтверждается в частности, исследованиями А.Н. Шарковского [6]. Он исследовал сложные “хаотические” режимы в логистическом отображении. Сложность и даже хаотичность структуры или режима не означают беспорядочности и могут быть совместимы с тонким внутренним порядком (самоподобием в случае фракталов и последовательностью

Шарковского периодов в окнах периодичности хаотического режима в логистическом отображении).

Со временем выяснилось, что на сложной (хотя и регулярной) фрактальной структуре многие физические процессы (диффузия, акустические и электромагнитные колебания и др.) протекают не так, как в средах, описываемых в классических теориях сплошных сред. Возникла физика фрактальных сред. Сложность геометрической структуры среды откладывает глубокий отпечаток на физику протекающих на ней процессов.

Случайные фракталы (в которых самоподобие понимается, например, как сохранение нормальности распределения дефектов при вариантности средних значений и дисперсии) позволяют строить ещё более сложные, но зато и более реалистические, чем регулярные фракталы, модели реальных сред).

Однако фрактальные характеристики (всевозможные размерности – от эмпирических и размерностей Хаусдорфа-Безиковича и Минковского-Булигана до континуального семейства размерностей Альфреда Реньи) не образуют полной системы, позволяющей (при определенных условиях) сравнивать сложность различных систем и ранжировать их.

Ещё одно направление в оценке сложности представлено серией работ по оценке пределов предсказуемости. Представители этого направления рассматривают сложность как эквивалент непредсказуемости [9].

Как можно описать рождение таких сложных объектов, как фракталы? Один из механизмов — это аггрегация, ограниченная диффузией (diffusion limited aggregation, далее — DLA). Согласно этому механизму, определенная разновидность фракталов может быть получена в процессе неупорядоченного необратимого роста. Представим себе объект (кластер), растущий следующим образом: с течением времени к нему присоединяется молекула, причем, когда эта молекула приходит в соприкосновение с кластером, она сразу же прилипает к нему. Такой процесс называется аггрегацией. Допустим теперь, что частицы (молекулы) диффундируют к растущему кластеру абсолютно случайным образом (т.е. по броуновскому закону). Аггрегация частиц, протекающая в условиях

случайного движения, — это и есть DLA. Такой процесс является крайне неравновесным. Тем не менее, в качественном отношении с помощью него можно легко объяснить некоторые свойства роста фрактальных структур.

Одним из фундаментальных открытий нелинейной термодинамики является обнаружение конструктивной роли необратимости, как следствия нелинейности. С возрастанием времени вместо стремления к хаотическому термодинамическому равновесию могут происходить противоположные процессы, и в результате возникают упорядоченные пространственно-временные структуры. Образование структур жестко связано с появлением неустойчивого стационарного состояния. Здесь мы переходим в область нелинейной неравновесной термодинамики, уравнения которой становятся другими по сравнению с классической термодинамикой.

В рамках этого направления понятие самоорганизации и организации дают еще один путь в исследовании сложности. Под самоорганизацией принято понимать переход от одного упорядоченного состояния к другому, если система предоставлена самой себе и не испытывает внешнего структурирующего воздействия. Предполагается, что новое состояние содержит, по крайней мере, один новый структурный элемент, которого не было в старом состоянии (иначе говоря, новое состояние сложнее старого, так как содержит больше структурных элементов). Неравновесная термодинамика открытых систем описывает происхождение порядка из хаоса, но этот порядок имеет более низкую сложность. Есть другая задача: объяснить переход от низкой сложности к высокой, например, объяснить спонтанное возникновение самовоспроизводящихся автоматов, функционирующих на базе регулярной среды простой структуры. Или, говоря конкретнее, объяснить происхождение живой клетки.

Возникает естественный вопрос о начале самоорганизации или о простом первичном элементе, на базе которого начинается строительство сложного. К сожалению, пока неизвестно, при какой минимальной сложности возможна самоорганизация.

Существует два принципиально различных типа организации структур: для равновесных процессов и неравновесных. В первом случае возникает консервативная организация за счет перехода между обратимыми структурами в состоянии теплового равновесия. Во втором случае, в состояниях далеких от теплового равновесия, возникает диссипативная самоорганизация за счет перехода между необратимыми структурами.

Существует два подхода в объяснении диссипативной самоорганизации. В подходе И.Р.Пригожина предполагается, что новые макроскопические структурные элементы возникают при диссипативной самоорганизации вследствие нелинейного взаимодействия микроскопических элементов старой структуры, когда обмен энергией открытой диссипативной системы с окружающей средой достигает некоторого критического уровня.

Подход А.П. Руденко основан на наличии не только прямой, но и обратной связи между катализатором и реакционной средой. Такой подход дал возможность рассмотреть явление изменения катализатора в ходе химической реакции в самом общем виде и представить его как последовательную химическую эволюцию. А.П. Руденко в качестве объекта эволюции предложил унифицированную динамическую модель – элементарную открытую каталитическую систему (ЭОКС). Это объект с неравновесной структурной и функциональной организацией, в котором совокупность катализатора и реагирующих веществ функционально связаны в единое целое (континуум) с экзергонической базисной реакцией, протекающей на центре катализа. Индивидуальные ЭОКС могут взаимодействовать во множестве и воспринимать друг друга как воздействие факторов внешней среды, влияющих на их кинетическую сферу. Такое взаимодействие может быть как близкодействующим в случае соприкосновения и частичного объединения их кинетических сфер, так и дальнодействующим в случае резонансного действия характеристических релаксационных излучений одних ЭОКС на другие однородные ЭОКС. В последнем случае возникает именно тот механизм кооперативного взаимодействия индивидуальных осцилляторов, который приводит к когерентному поведению всего множества.

В континуальной самоорганизации индивидуальных ЭОКС мощность потоков энергии, используемых на ее осуществление, на порядок больше по сравнению с когерентной самоорганизацией, поскольку в первом случае мощность соответствует всему энергетическому потенциалу базисной реакции, а во втором – определяется лишь частью полезно рассеиваемой энергии в ходе релаксации ЭОКС.

Континуальная самоорганизация не просто еще один тип самоорганизации, но и наиболее важный ее вид, с которым связана способность индивидуальных микроскопических открытых систем к прогрессивной эволюции и, в частности, способность ЭОКС к химической эволюции и биогенезу. По мнению А.П.Руденко, от макроскопических систем с когерентной самоорганизацией можно ожидать лишь проявления линейной эволюции без формирования новых качеств, а сущность прогрессивной эволюции состоит в саморазвитии континуальной самоорганизации индивидуальных объектов при положительном приращении общей и полезной мощности обменного процесса [4].

Представление о неравновесной самоорганизации позволяет по-новому взглянуть на идею Герберта Спенсера о том, что биологическая эволюция происходит в направлении возрастающей сложности.

8. КОГЕРЕНТНЫЕ СТРУКТУРЫ В ХАОТИЧЕСКИХ СРЕДАХ

Почему для некоторых нелинейных сред сложное пространственно-временное состояние является более предпочтительным, чем простое однородное поведение (т.е. когда из практически однородной система как бы "самопроизвольно" переходит в пространственно неоднородную) и каким образом такое состояние может реализоваться? Это один из давно известных и волнующих вопросов, восходящий к проблеме уменьшения энтропии в живых системах. До сих пор на него не получено исчерпывающего ответа. С позиции теории нелинейных неравновесных систем можно неожиданно просто подойти к решению этого вопроса.

Устойчивость новых структурных элементов обеспечивается точным балансом нелинейности взаимодействия микроскопических элементов и диссипацией. Нарушение этого тонкого баланса приводит к утрате устойчивости и к возникновению новых первоначально стабильных структурных элементов, которые в ходе дальнейшей эволюции также утрачивают устойчивость и уступают место новым стабильным образованиям. Примером сказанного может служить каскад удвоений периода, открытый Митчеллом Фейгенбаумом в логистическом отображении, ведущий к установлению сложного хаотического режима [8].

Выбрав начальное состояние внутри этого хаотического режима и двигаясь вспять по значениям параметра, мы обнаружим последовательность Шарковского – всю или часть её – в зависимости от выбора начального состояния. И здесь мы должны вернуться к теме фрактала. Только в 70-х годах прошлого века исследования хаоса и фракталов шли параллельно и казались несвязанными, но уже спустя несколько лет выяснилось их близкое родство. Во-первых, это родственные математические теории, нацеленные на описание структуры нерегулярностей реального мира. Во-вторых, оба этих направления, благодаря компьютерному моделированию и визуализации, обладают высокой наглядностью, в них геометрическое воображение первостепенно. Но в хаосе геометрия подчинена динамике, она обслуживает и делает её наглядной, а во фракталах геометрическая визуализация является основной. В-третьих, теперь принято определять странные аттракторы хаоса как фракталы. Они естественным образом возникают при изучении динамических систем. Наконец, фракталы определяют структуру хаоса. Фракталы, по существу, есть новый язык, дающий описание форм хаоса [10], они позволяют анализировать тонкую структуру хаоса и даже обнаруживать в нем проявления порядка. Примером такого фрактала является знаменитое фиговое дерево Фейгенбаума (figtree). Какова роль диффузии в хаотизации?

С ростом диффузии происходит качественная перестройка: пространственный порядок начинает искажаться, в системе появляются случайным образом разбросанные элементы как с регулярной, так и с хаотической

динамикой. С дальнейшим увеличением диффузии поведение распределенной системы в целом становится хаотическим. И всегда порядок поглощается хаосом. Таким образом, основной результат исследования заключается в следующем. Если допустить, что происходит обмен энергией между распределенной системой и окружающей средой, то под действием поступающей энергии в системе могут формироваться пространственные кластеры, состоящие из одинаковым образом функционирующих подсистем (отображений). Иными словами**,** в открытой системе появляются устойчивые пространственно-временные структуры. Однако они могут существовать в достаточно узком диапазоне значений коэффициентов диффузии: если их значения ниже критических, имеется абсолютный порядок, если выше — полный хаос.

Почему для некоторых нелинейных сред сложное пространственно-временное состояние является более предпочтительным чем простое однородное поведение (т.е. когда из практически однородной система как бы "самопроизвольно" переходит в пространственно неоднородную) и каким образом такое состояние может реализоваться? Это один из давно известных и волнующих вопросов, восходящий к проблеме уменьшения энтропии в живых системах. До сих пор на него не получено исчерпывающего ответа. С позиции теории нелинейных неравновесных систем можно неожиданно просто подойти к решению этого вопроса.

9. ТЕОРИЯ БИФУРКАЦИЙ И СЛОЖНОСТЬ

Развитие нелинейной динамики и теории динамических систем стимулировало большой интерес к теории бифуркаций. Это связано с тем, что все системы обыкновенных дифференциальных уравнений одинаковой размерности вблизи значений параметров, при которых в них имеет место бифуркация одного типа, являются топологически эквивалентными. Следовательно, описав бифуркацию и определив ее тип, легко судить о том, какое поведение проявят системы в окрестности бифуркационного значения параметра. Помимо широко известных типов бифуркаций, таких как бифуркация Андронова-Хопфа,

бифуркация рождения тора, бифуркация удвоения периода и т.п., достаточно часто встречаются бифуркации контуров, составленных из сепаратрис седел. Одним из факторов, способствовавших исследованию таких бифуркаций, явилось обнаружение гомоклинических траекторий и сепаратрисных контуров в моделях, имеющих прикладное значение. Не последнюю роль здесь сыграла известная модель Лоренца, имеющая гомоклинический контур типа восьмерка-бабочка. Эта система исторически явилась первым примером, где было обнаружено хаотическое поведение.

При исследовании бифуркаций контуров главным образом и рассматривается вопрос о количестве устойчивости рождающихся при этом предельных циклов. Изучение бифуркаций рождения циклов из сепаратрисных контуров на двумерных поверхностях восходит к работам горьковской школы. Более широкие исследования в этом направлении были начаты после выдвинутой в 1985г. В.И. Арнольдом и др. программы, посвященной описанию бифуркациям полициклов, возникающих в типичных двумерных малопараметрических семействах векторных полей. Недавние работы значительно расширили класс таких бифуркаций и существенно продвинули понимание сути происходящих при этом явлений.

Исследование бифуркаций векторных полей на плоскости и числа предельных циклов, рождающихся из полициклов, восходит к известной 16-й проблеме Гильберта (точнее к ее второй части): получить оценку сверху числа предельных циклов системы двух обыкновенных дифференциальных уравнений, правая часть которых суть многочлены. Вариант для полициклов называется "проблемой Гильберта-Арнольда": доказать, что в типичном k-параметрическом семействе векторных полей на плоскости из полицикла рождается только конечное число предельных циклов, оцениваемое сверху постоянной, зависящей только от k.

Для решения этой проблемы, по крайней мере, для двух- и трехпараметрических семейств векторных полей, необходимо знать все полициклы, встречающиеся в таких семействах. Полный список всех полициклов коразмерностей 1, 2 и 3 недавно (1995г.) был опубликован. Этот список,

называемый "зоопарком Котовой", включает все регулярные классы элементарных полициклов на ориентируемых двумерных многообразиях. Немного позже с помощью специально построенного формализма были исследованы регулярные классы полициклов коразмерности не выше 3 и определена верхняя оценка цикличности полициклов для каждого класса зоопарка Котовой.

В настоящее время в отношении проблемы сложности сложилась следующая ситуация.

В теории передачи данных сложность измеряется общим числом свойств, передаваемых объектом и принимаемых обозревателем.

В физике сложность определяется вероятностью вектора состояния системы. И здесь не корректно использование свойства высокой сложности в качестве аргумента малой вероятности. Лишь в массовых событиях вероятность информативна. Если же речь идет об уникальных явлениях, типа первого появления клетки, то случайность вполне логична.

В математике говорят о вычислительной сложности алгоритмов.

В когнитивной психологии сложность проблемы оценивается с точки зрения возможности решения ее человеком.

Таким образом, краткая ретроспектива представлений о формах сложности, изложенная нами, пока не вносит ясности в понимание принципов возникновения сложности. Она отражает лишь частные ситуации, полученные исследователями и интуитивно классифицированные ими как сложность. Все определения сложности (алгоритмическая, информационная, статистическая и т.д.) содержат оценку затруднений разума. Вне разума, вне социума категория сложности столь же бессмысленна, как и категория стоимости.

И в этом плане, пожалуй, только в общей теории систем уже имеется более-менее адекватное представление о сложности. Оно сводится к следующему.

Одной из важнейших характеристик по-настоящему сложной системы является непредсказуемость. Образ поведения системы складывается как результат взаимодействия и взаимоотношений между ее компонентами.

Связи между компонентами сложной системы достаточно коротки. Элемент системы обычно получает информацию от ближайших соседей, а это значит, что по пути следования на большое расстояние она подвергается изменениям.

Отношения не являются линейными; следовательно, небольшое возмущающее воздействие может вызвать заметный эффект, и наоборот, большой воздействующий импульс может оказаться нерезультативным.

Отношения между компонентами могут включать обратные связи, причем как положительные (раскачивающие систему), так и отрицательные (демпфирующие ее).

Сложная система по определению является открытой, ее границы в зависимости от природы системы должны быть проницаемы или для информации, или для энергии. По этой причине она подвергается изменениям, однако средствами управления ее можно удерживать в стабильном состоянии. Ни один из элементов не обладает полнотой информации о системе в целом. Действительно, если бы таковой существовал, то вся сложность системы была бы сосредоточена в нем; данное обстоятельство отвергает возможность монополии на управление.

Сложные системы имеют историю (на наш взгляд память), причем небольшие изменении в настоящем могут привести к значительным изменениям в будущем.

Характерное качество сложных систем - вложенность; например, экономика, как система, может состоять из входящих в нее предприятий, являющихся системами, предприятия из отдельных работников, которые тоже являются системами, и т.д. [13].

10. СОВРЕМЕННЫЙ СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОБЛЕМАТИКЕ СЛОЖНОСТИ

Попробуем изложить наш взгляд на данную проблему с использованием системного кумлятивно-диссипативного подхода.

А. ТИПОЛОГИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Под сложной системой мы будем понимать совокупность элементов или подсистем, связанную единой функциональной средой и целью бытия. Единство функциональной среды объекта (группы объектов) или локализованного процесса любой природы достигается за счет «особых» свойств, т.е. свойств, которых не имеет ни одна из частей системы, и они не выводятся из свойств ее частей. Следовательно, любая система должна обладать, как минимум, двумя важными свойствами. Во-первых, элементы, составляющие систему, взаимодействуют между собой за счет внутренних связей, а совокупность внутренних связей и составляет функциональное поле системы. Во-вторых, должна существовать единая функция или несколько функций, обеспечивающих и управление всеми связями, и топологическую связность всего поля внутренних связей, т.е. целостность системы. По аналогии с параметрами порядка такие управляющие функции можно было бы назвать параметрами управления или целостности. Именно эти свойства и являются теми самыми дополнительными или особыми системными свойствами, нарушающими закон аддитивности для совокупности элементов, составляющих систему.

Можно предположить (только предположить), что мерой сложности системы будет являться информация, содержащаяся в системе. Процесс воспроизведения на основе информации экономит труд повторного созидания, поскольку алгоритм памяти воспроизведения проще алгоритма созидания в природе. Обычно это означает наличие процедур, сходных с матричными, которые, собственно, и представляют стержень информационного процесса. Информация как бы избавляет нас от сложности именно в задачах копирования подсмотренного в природе. Существует ли ситуация, когда людей интересует сложность, но не интересует информация? Да, такая ситуация имеет название "нравственное состояние", и главным объектом интереса в ней является человек. Познание его не есть познание действий, но познание смыслов мотивов, которые лишь косвенно выражаются в действиях.

С другой стороны, значения внутренней энергии и энтропии в отличие от информации будут описывать состояние системы и ее взаимоотношения

с внешним миром. Энергия (от греч. energeia – деятельность) характеризует общую меру различных видов движения и взаимодействия в формах: механической, тепловой, электромагнитной, химической, гравитационной, ядерной. Информация же характеризует меру различия систем при их сопоставлении. Эти два фундаментальных параметра (энергия и информация) системы (наравне с ее вещественным составом) относительно обособлены друг от друга. Точность сигнала, передающего информацию при отсутствии шума, не зависит от количества энергии, которая используется для передачи сигнала. Тем не менее, энергия и информация связаны между собой. Винер приводит такой пример: «Кровь, оттекающая от мозга, на долю градуса теплее, чем кровь, притекающая к нему». Суть связности состоит опять же в сопоставлении различий рассматриваемых параметров.

Информация растет с повышением разнообразия системы, но на этом ее связь с разнообразием не кончается. Одним из основных законов кибернетики является закон «необходимого разнообразия». В соответствии с ним эффективное управление какой-либо системой возможно только в том случае, когда разнообразие управляющей системы больше разнообразия управляемой системы. Учитывая связь между разнообразием и управлением, можно сказать, что чем больше мы имеем информации о системе, которой собираемся управлять, тем эффективнее будет этот процесс.

Части системы, обладающие целостными системными свойствами, назовем **подсистемами**. Объединение нескольких систем, обладающее целостным системным свойством, будем называть **надсистемой** или системой более высокого порядка.

Элементом системы является объект (часть системы) с однозначно определенными известными свойствами.

Под **состоянием системы** будем понимать упорядоченную совокупность значений параметров, внутренних и внешних, определяющих ход процессов, происходящих в системе. Множество состояний системы может быть конечным, счетным или континуальным.

Поведение системы есть развернутая во времени последовательность реакций системы на внешнее воздействие. Воздействие может состоять в передаче вещества, энергии, информации или комбинации этих компонентов [11].

Среда есть окружение, с которым система взаимодействует. Взаимодействующие со средой системы называются «открытыми». «Закрытые» («замкнутые») системы среды не имеют. Средой для одной из подсистем системы могут служить остальные подсистемы или часть из них, а также другие «сторонние» системы. Среда – тоже система.

Сложные системы могут иметь различную природу. Это и «чисто физические» термодинамические неравновесные необратимые системы (вулкан, звезда), и технические системы (производство), и биологические системы (клетка, живое существо, экологический комплекс), и общественные системы различного уровня (человек, отрасль промышленности, экономика страны). Можно ли предположить, что столь различные объекты возникли на основе одинаковых законов? Прежде чем искать обобщенные законы, необходимо изучить законы, действующие в конкретных системах – иначе нечего обобщать.

По принятым правилам закон должен выражать устойчивые, имманентные причинно- следственные связи между объектами, процессами и величинами. Ввиду различного понятийного аппарата, используемого для описания систем различной природы, найти такие всеобщие связи, которые охватывали бы все сложные системы и в то же время допускали конкретизацию, не удается. Понятие принципа является более широким и в данном случае более подходящим. Поэтому мы будем искать единые принципы существования и эволюции сложных систем.

Б. РОЛЬ НЕЛИНЕЙНОСТИ И КУМУЛЯЦИИ В ВОЗНИКНОВЕНИИ СЛОЖНОСТИ

Система, состоящая даже из двух элементов, уже может иметь либо простую (линейную), либо более сложную (нелинейную) связь. Примером второй ситуации является вращение легкого космического тела вокруг более тяжелого по эллиптической орбите.

Прологом к пониманию взаимодействия большего числа тел с позиций

механики стали классические работы А. Пуанкаре [7]. Он впервые доказал (1892), что взаимодействие трех тел носит нелинейный характер, и поэтому могут возникать хаотически нестабильные орбиты, которые в существенной степени зависят от начальных данных и не могут быть заранее вычислены. Можно сказать, что именно этими работами был открыт путь в проблемы нелинейности состояний и взаимодействий систем, т.е. путь к созданию теории динамических систем. Стали развиваться основы теории автоколебаний, теория турбулентности, а затем и теории динамического хаоса. Итак, первая ниточка – нелинейность взаимодействия.

Нелинейность во взаимодействиях хорошо известна также в современной теории колебаний, особенно в условиях резонанса. Причем понятие нелинейного резонанса является одним из центральных. Резона́нс (фр. resonance, от лат. resono – откликаюсь) – явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний, наступающее при приближении частоты внешнего воздействия к собственным резонансным частотам системы. А это уже вторая ниточка в клубке сложности – нелинейное суммирование относительно простых колебаний как средство образования новой, но уже сложной колебательной системы.

При исследовании нелинейного резонанса проводят разделение исследуемой системы (например, осциллятора) на «невозмущенную часть» и «возмущение». Движение невозмущенной системы, как правило, полностью известно. Возмущение принято считать малым, чтобы можно было исследовать систему с помощью приближенных методов или теории возмущений. Под резонансом понимается такая ситуация, когда некоторые частоты невозмущенной системы близки между собой или к частотам внешнего возмущения. Для линейных колебаний действие возмущения приводит к полному обмену энергией между соответствующими степенями свободы системы – резонанс связи – или к неограниченному росту полной энергии системы – внешний резонанс.

В нелинейной системе все происходит по-другому. Нелинейность невозмущенных колебаний характеризуется двумя различными свойствами: ангармоничностью колебаний и неизохронностью. Поясним ситуацию

с ангармоничностью.

В квантовой механике для модели гармонического осциллятора получено следующее выражение для дискретных энергетических состояний:

$$E(n) = h\nu\left(n+\frac{1}{2}\right) = \frac{h}{2\pi}\sqrt{\frac{f}{\mu}}\left(n+\frac{1}{2}\right),$$

где ν - частота системы осцилляторов; h - постоянная Планка; f - вторая производная потенциальной энергии в точке равновесия; μ - масса системы; n= 0,1,2..- колебательное квантовое число; правило отбора: $\Delta n = \pm 1$.

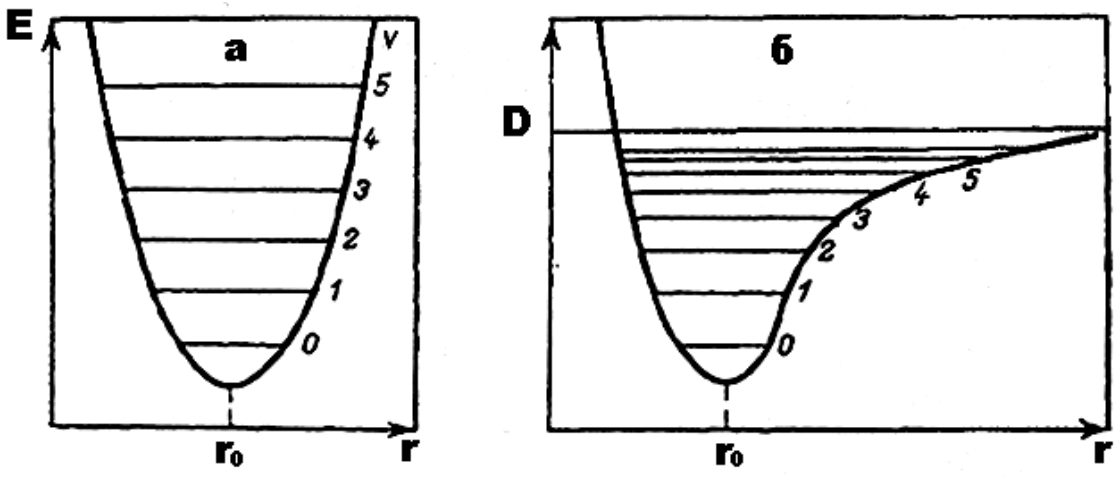
Для гармонического осциллятора кривая потенциальной энергии является симметричной, так как починяется простому выражению типа $E=kx^2/2$ (рис. 1*а*). Кривая потенциальной энергии для ангармонического осциллятора может быть приближенно выражена функцией Морзе: $E=D(1 - \exp[-k(r-r_0)])^2$ и может быть представлена несимметричной кривой, изображенной на рис.1*б.* При этом энергия дискретного колебательного уровня для ангармоничного осциллятора может быть записана следующим образом:

$$E(n) = h\nu\left(n+\frac{1}{2}\right) - \frac{h^2\nu^2}{4D}\left(n+\frac{1}{2}\right)^2.$$

Анализ показывает, что ангармоничность нарушает две закономерности:

а) строгость правила отбора, а это означает, что наряду с основными колебаниями ($\Delta n = \pm 1$) становится возможным существование частот кратных основной частоте ($\Delta n = \pm 2, \pm 3, \ldots$), т.е. фурье-гармоник или обертонов;

б) расстояние между энергетическими уровнями по сравнению



с гармоническим осциллятором становятся меньше с увеличением n.

Рис.1. Кривые потенциальной энергии гармонического (а) и ангармонического осциллятора: D - энергия диссоциации; r_0 – равновесное расстояние между атомами. Штриховка – дискретные энергетические уровни.

Другое свойство – неизохронность нелинейной системы - учитывает зависимость всех частот системы от амплитуды или энергии колебаний ω(E). Значение неизохронности состоит в стабилизации действия резонансного возмущения за счет обратной связи. Возмущение изменяет энергию колебаний, а значит и их частоту, нарушая тем самым резонанс. Возникает расстройка между частотой колебаний ω(E) и частотой возмущения Ω, и тогда изменение энергии E прекращается – происходит стабилизация резонансного возмущения. Детальный анализ показывает, что изменение E, в этом случае, носит характер устойчивых колебаний вокруг резонансного значения энергии, при котором частота нелинейного осциллятора в точности равна частоте возмущения ω(E) = Ω [5].

Однако стабилизация резонанса нелинейностью действует только тогда, когда возмущение действует на одной частоте, т.е. имеется только один резонанс. В случае нескольких резонансов приходится учитывать их взаимодействие и прибегать к исследованию отображений динамических переменных системы (для простых систем).

При помощи явления резонанса можно выделить и/или усилить даже весьма слабые колебания. Особенно показателен в этом плане стохастический резонанс – усиление периодического сигнала под действием белого шума определенной мощности. Это универсальное явление, присущее многим нелинейным системам, находящимся под внешним воздействием одновременно хаотического и слабого периодического воздействия.

Таким образом, в данном случае мы имеем вполне корректный пример формирования сложной системы за счет «кумуляции» энергии среды (нелинейное суммирование) резонансным путем. Такой эффект может приводить к различным проявлениям.

Показательным примером экстремального колебательного резонансного взаимодействия может служить явление взрыва хрустального бокала

под воздействием возрастающего звучания музыкального инструмента, находящегося рядом. Бокал звучит только на ноте соответствующей его объемной частоте (или близких частот). Явление взрыва – это нелинейный резонанс частот излучателя, в данном случае музыкального инструмента, и собственных резонансных частот бокала.

Другой пример – модифицирующее воздействие. Принято считать, что циркадианный ритм человека сформировался в процессе эволюции под влиянием суточного цикла освещенности от вращения Земли и шумановского резонанса на частоте 7,8 Гц. Этот резонанс соответствует электромагнитной волне, длина волны которой приблизительно равна длине окружности земного шара ($\lambda = 38\,461$ км., $L \sim 40\,000$ км. При $R = 6\,371$ км.). Интерес к этим колебаниям обусловлен тем, что их частоты попадают в диапазон собственных колебаний биотоков мозга: альфа-ритма (8-13 Гц) и бета-ритма (13-30 Гц) и поэтому могут быть биологически значимыми. В рамках научных представлений известно, что стабильность биологических (особенно циркадных) ритмов живых организмов во многом определяется балансом мелатонин/серотонин (М/С), который влияет на все функции и органы, включая кровяное давление, дыхательную, иммунную, сердечно-сосудистую и нервную системы. Мелатонин оказывает непосредственное влияние на иммунную систему благодаря наличию специфических клеточных рецепторов (Poon et al., 1994; Currrier et al., 2000). Уменьшение мелотонина способствует развитию сердечно-сосудистых и неврологических заболеваний (Reiter and Robinson, 1995). Таким образом, основным биологическим механизмом влияния солнечно-геомагнитной активности на живые организмы, по мнению биолога Н.Черри, является детектирование мозгом шумановских резонансов, которые нелинейно взаимодействуют с осциллирующими в том же диапазоне частот ионами кальция в нейронах, изменяя уровень мелатонина и М/С баланса.

Таким образом, явление резонанса может проявляться в разных качествах: в качестве фактора образования сложных систем, а также в качестве модифицирующего и даже синхронизирующего ситуацию взаимодействия.

В плане именно системообразования к понятию нелинейного резонанса близко понятие солитона. Наиболее очевидно это явление на примере океанических волн. Все видели, как высота волн быстро убывает с ростом расстояния *(r)* от места падения камня. Можно назвать сразу две главные причины, ведущие к такому ослаблению волн. Первая из них связана с расходимостью круговых волн, так как сохранение суммарного значения потока энергии при разрастании объема ведет к падению амплитуды (высоты) волны по закону $H \sim r^{-1/2}$. Другой эффект менее тривиален: скорость волн на воде зависит от их длины (у более длинных волн и скорость больше); в результате возникает эффект дисперсии. Совместное воздействие этих двух причин ведет к суммарному ослаблению высоты волны (вследствие дисперсии и расходимости) по закону $H \sim r^{-1}$. Благодаря быстрому ослаблению высоты волны происходит локализация возмущений на воде (иначе бы штормовые волны, зародившись в одном месте, оставались опасными для всего океана).

Другим фактором, является нелинейность, а точнее неизохронность, означающая зависимость скорости распространения волны от ее амплитуды. Во всех линейных моделях скорость распространения определяется характеристиками среды.

Совместное влияние нелинейности (неизохронности) и дисперсии влияет на трансформацию волн. Рассмотрим, например, эволюцию гребня волны. Нелинейность стремится сделать передний фронт круче, и гребень стремится догнать подножие. Дисперсия же в чистом виде стремится растащить волну на ее спектральные компоненты, чтобы более короткие волны отставали от тех, которые длиннее. Следовательно, нелинейность, способствующая образованию более крутого фронта волны (с гармониками высокой частоты), и дисперсия, стремящаяся утащить короткие волны с крутого фронта, действуют в противоположных направлениях. Но тогда возможна их взаимная компенсация, и форма волны в процессе распространения будет не изменяющейся (стационарной). Этот качественный анализ подтверждается результатами математического моделирования.

Такая волна представляет собой движущийся одиночный гребень, скорость и длина которого зависят от высоты волны. Н. Забуски и М. Крускал в 1965 г. назвали его солитоном (англ. solitary wave - уединенная волна). С точки зрения систем – это система, возникшая в результате нелинейного суммирования (взаимодействия) близлежащих волн.

Главная особенность солитонов заключается в неизменности их формы в процессе распространения, и, следовательно, такие волны могут распространяться на очень большие расстояния без потери своей энергии. Роль представлений о солитонах резко возросла, когда стало ясно, что если начальное возмущение имеет другую форму, то оно сбрасывает все лишнее в хвост и трансформируется в солитоны, число которых определяется законами сохранения (массы, энергии). Кроме того, солитоны сохраняют свою форму при взаимодействии с аналогичными образованиями.

Волна солитона описывается всего двумя параметрами: амплитудой (или скоростью) и координатой (местоположением), поэтому солитон очень похож на классическую движущуюся частицу. Уравнение для такой частицы представляет собой второй закон Ньютона: ускорение частицы, умноженное на ее массу, равно внешней силе, действующей на частицу. В таких задачах, как известно, очень удобно описывать внешние воздействия в рамках потенциальных полей, и наглядным примером здесь служит движение шарика по криволинейной поверхности: частица колеблется в потенциальной яме [12].

Ярким примером самоорганизации солитонов является появление волн-кейпроуллеров или гигантских волн-убийц в океане. Как установлено в последние годы они появляются ни откуда, т.е. появляются непосредственно в самой среде волн океана и из этих волн. В основе такого явления лежит нелинейность взаимодействия морских волн. В результате нелинейности эффект сложения первоначально независимых возмущений может существенно отличаться от их простой суммы – компоненты ветрового волнения могут интенсивно обмениваться между собой энергией. Принципиальный физический эффект, связанный с нелинейностью волн, – возможность формирования волновых

пакетов и уединенных волн, т.е. солитонов. Отдельные нелинейные волны (группы) могут распространяться на значительные расстояния без существенного изменения формы. Именно с нелинейностью морских волн связано то, что волны-убийцы могут образовываться не только в виде внезапного всплеска, но и существовать в течение относительно большого времени, увеличивая тем самым вероятность столкновения с судами и морскими сооружениями.

Наиболее известным слабо нелинейным эффектом является модуляционная неустойчивость поверхностных волн (неустойчивость Бенджамена-Фейра). Две близкие по частоте волны могут сближаться из-за того, что их скорости различны (эффект частотной дисперсии), однако эти скорости зависят еще и от амплитуд волн — чем выше амплитуда, тем выше скорость распространения нелинейной волны (амплитудная дисперсия). Игра частотной и амплитудной дисперсии приводит к тому, что процесс будет повторяться квазипериодически. Длинная волна, догоняя короткую, отдает энергию, а значит, теряет скорость, и начинает отставать. Такой процесс описывается нелинейным уравнением Шредингера (1), которое является универсальным и применяется во многих областях современной физики [1]:

$$i\left(\frac{\partial A}{\partial t}+c_{gr}\frac{\partial A}{\partial x}\right)=\frac{\omega_0}{8k_0^2}\frac{\partial^2 A}{\partial x^2}+\frac{\omega_0 k_0^2}{2}|A|^2 A \qquad (1)$$

Характер решений принципиальным образом определяется безразмерным параметром – крутизной волны:

$$\varepsilon = 2\pi A/\lambda,$$

где A — характерная амплитуда волны. Характерный масштаб модуляций (периодические осцилляции амплитуд волн) имеет порядок **e**, т.е. каждые 1/e периодов интенсивность волнения будет достигать некоторого максимума.

Эффекты сильной нелинейности морских волн изучены недостаточно хорошо. Физические модели, допускающие детальный математический анализ,

в этом случае практически отсутствуют, и основными инструментами исследования являются эксперименты (лабораторный и морской) и численное моделирование. При относительно малой крутизне волн и первоначально однородном волновом поле происходит развитие модуляционной неустойчивости. Она, в свою очередь, может приводить к появлению устойчивых квазистационарных волновых пакетов. Сталкиваясь, такие пакеты могут образовывать пакеты большей амплитуды и, далее, уединенные волны – солитоны. При достижении критической амплитуды такие солитоны могут становиться неустойчивыми и обрушиваться. Сценарий, подобный описанному варианту, неоднократно наблюдался. Волны-убийцы в некоторых случаях распространяются группами из небольшого числа очень крутых волн [1].

Таким образом, подводя общий итог, можно отметить, что переход к нелинейности состояния, процесса или взаимодействия, и есть та самая начальная грань сложности. Однако следует отметить, что реализация и развитие нелинейности возможно в двух противоположных фазах жизни любой системы: в фазе преобладания аккумуляции и в фазе преобладания диссипации. Первичной является аккумуляция, так как чтобы диссипировать энергию, надо сначала ее накопить. Причем, простая аккумуляция фактически создает просто сумму элементов (например, накопление денег в банке) и лишь при развитии нелинейности возникают концентрированные (кумулятивные) формы процессов или систем, целостность которых оформлена законами кумуляции сильных, электромагнитных, гравитационных, биологических полей и полей социальной напряженности.

Например, законы кумуляции реальных сил и потенциальных полей можно представить в виде:

$$\nabla U_q(r) = F_q \sim 1/r^{\beta},$$

где $U_q(r)$ – обобщенный потенциал. Для точечных, или сводящихся к точечным, гравитационных и кулоновских аттракторов зависимость приведенной силы от расстояния до аттрактора можно записать в виде:

$$-\nabla U_q(r) = \mathbf{F}_q(r) = -\mathbf{r}/|r|^3 \sim 1/S(r), \quad (1)$$

где S(r) — площадь сферы, окружающей аттрактор, на которой расположена выбранная точка r. В точке r со стороны притягателя или отталкивателя действует приведенная обобщенная сила $F_q(r) \sim 1/S(r)$, соответственно, гравитационного, электрического или даже магнитного свойства (в этом случае вместо вектора r следует использовать векторные произведения токовых элементов) [2].

При достижении неравновесного состояния начинается диссипация энергии в соответствии с законом сохранения целостности системы. Чем сильнее неравновесность, тем более эффективные механизмы выноса энергии должны включаться: от слабой (линейной) теплопроводности до сильной (нелинейной) турбулентности и даже возможен переход к кумулятивной (в частности струйной) диссипации (явления молний, джеттов и др.).

В итоге нелинейными становятся либо взаимодействие между системами (пограничная временная подсистема), либо поле внутренних связей внутри системы-мишени, либо поведение системы, вошедшей в неравновесное состояние.

Нелинейность объединяет все описанные выше облики сложности. Например, можно утверждать, чем больше элементов содержит система, тем больше вероятность возникновения нелинейных особенностей внутри системы и тем более вероятно ее нелинейное поведение в целом при взаимодействии со средой.

Это очень хорошо подтверждается на примере кучи с песком. При последовательном пополнении ее песчинками, несмотря на кажущуюся статичность, склоны кучи становятся критичными, поле напряжений на ее поверхности не только растет, но и дифференцируется. Когда в отдельных

«локусах» напряжения достигают критических значений, то возникают локальные лавины, призванные выровнять общую ситуацию. Продолжая эксперимент, мы увидим целый спектр разномасштабной активизации поверхности кучи песка за счет лавин. Фактически – это пример нелинейного поведения всей системы, которое достигается не просто большим количеством элементов, а крайне нелинейной связью, возникшей между ними. Т.е. функция, описывающая поле напряжений на поверхности кучи или функция топологической связности системы достигает состояния флуктуаций. И каждая сильная флуктуация – это сход лавины. Сложность становится следствием коллективного нелинейного поведения множества взаимодействующих агентов.

Куча песка может рассматриваться как сложная система, поскольку нажатие на одну песчинку увеличивает силы давления на все другие песчинки в куче, а эти песчинки, в свою очередь, отвечают на это легкой деформацией, вызывающей силы противодействия. Фондовая биржа – другой пример сложной системы, где покупатели и продавцы меняют свое поведение при изменении поведения других покупателей и продавцов. Такие системы, как куча песка и фондовая биржа, где поведение элементов меняется в результате действий других элементов, называются сложными адаптивными, или самоприспосабливающимися системами.

Важно отметить, что новое свойство не появляется постепенно, а возникает внезапно, как фазовый переход. Иными словами, тысячная песчинка не создает тысячную долю лавины, а меняет все кардинальным образом, когда чуть большее превращается в нечто иное. Таким образом, в рамках современного системного подхода соединяются все облики сложности.

Еще один аспект нелинейности лежит в основе возникновения обратных связей – отрицательных (тормозящих процесс) и положительных (разгоняющих процесс). Весь наблюдательный опыт показывает, что действие обратных связей в не технических системах всегда нелинейно и в первом случае приводит к кумулятивным эффектам, а во втором – к диссипативным.

Одна из великих задач, стоящих перед наукой сегодня, – выработать

способность предсказывать появление неожиданных свойств на основании свойств отдельных элементов системы, суметь из лона менее сложной системы увидеть контуры будущей более сложной системы и тем более смоделировать ее свойства. Т.е. стратегия прогноза в сложном мире состоит в предугадывании новых свойств, возникающих при эволюционном усложнении. Все исчезнувшие в небытие цивилизации также использовали прогнозы наук того времени, но науки не справились с этими задачами. Но тогда цивилизации являлись локальными. Современная цивилизация охватывает все человечество, и вопрос стоит о выживании человечества как вида.

Функции науки в современных условиях становятся исключительно сложными и ответственными. Любое научное открытие проходит циклический ряд стадий становления. И если применить образное сравнение, то этот цикл напоминает цикл петли гистерезиса. Например, любое открытие (распад атомного ядра), так же как и намагничивание образца, начинает свой путь по линейному (или нелинейному) закону, т.е. пропорционально информации о нем и расширению числа пользователей. Затем – начинается этап внедрения идеи в различные сферы, изобилующий разными трудностями, например, – создание атомной бомбы. Это – существенно нелинейный этап (соответствует магнитному насыщению образца при намагничивании или нелинейным эффектам за пределом упругости при растяжении образца). Далее мы начинаем размагничивать образец или снимаем нагрузку. В практике внедрения научной идеи – это означает, что мы познаем и пишем правила техники безопасности (например, эффекты радиоактивного заражения или вероятность возникновения войн с использованием указанного достижения и последующих потерь). Это типичная обратная отрицательная связь. Она делает весь процесс абсолютно нелинейным. И, наконец, когда почти все внедрено и описано, мы возвращаемся почти к началу опыта, но не совсем. Сохраняется остаточная намагниченность, остаточные пластические деформации и т.д.

В науке – этот «сухой остаток» и есть итоговый шаг вперед с учетом всех ограничений согласно технике безопасности. Но мы никогда не знаем, сможем ли мы при очередном открытии замкнуть «петлю научного гистерезиса» или это

будет шаг в небытие, и мы не успеем написать правила нашей безопасности. В этом то и состоит угроза новых научных технологий для всей стратегии современного человечества. Это путь постижения сложности будущей более сложной системы методом проб и ошибок. Он чрезвычайно опасен. Поэтому научное направление по исследованию эволюции и динамики сложных систем является не просто важным, а стратегически важным.

Другой аспект системного подхода. Видимый мир состоит из систем. Все системы открыты или квазиоткрыты. Даже спора и мумия слабо излучают определенный спектр электромагнитных колебаний. Любая, даже простейшая открытая система обладает хотя бы одной объемной резонансной частотой и потому способна аккумулировать внешнюю энергию и превращать часть ее во внутреннюю энергию. По мере роста внутренней энергии система приближается к неравновесному состоянию, и поведение ее становится нелинейным. Аккумулятивные способности системы зависят от ее структурированности (сложности). Иными словами, система с большим числом функциональных элементов (а не просто элементов) и структур имеет больший спектр резонансных частот («антенн для приема») для общения с внешним миром и может входить в неравновесные состояния не только по общему состоянию, но и по конкретным параметрам. Подчеркнем – она способна искать новые условия адаптации и это с точки зрения эволюции резко усиливает важность параметра сложность системы во всем эволюционном процессе. Неиспользованная или отработанная часть энергии диссипируется во внешнюю среду. Такая цикличность обратной связи – явление не линейное, но это единственный путь адаптации любой системы к вариабельности внешних условий. Нечто подобное мы имеем в зонах тектонических напряжений в земной коре (реализация в виде землетрясений), на рынках фондовых бумаг, на транспортных артериях крупных городов и т.д.

Единство аккумуляции и диссипации – не только движущая сила эволюции, но и подтверждение закона диалектики о единстве противоположностей.

Однако следует отметить, что если функцию поведения линейной системы

можно точно разложить в ряд Фурье, то это означает, что исходная функция будет отвечать суперпозиции ряда гармонических колебаний. Следовательно, поведение системы предсказуемо по любой гармонике и поэтому не соответствует сложному поведению, не смотря на внушительный вид функции.

За последние десятилетия категория «что из чего состоит» получила в физике новое истолкование. Две частицы, взаимодействуя, рождают большее число частиц, каждая из которых имеет массу покоя большую, нежели обе исходные частицы. Представление о том, что «более сложное» или «большее» состоит из частей «менее сложных» и «меньших» потеряло смысл. Из этого примера следует, что не всякое расчленение сложной системы позволяет получить части (подсистемы), более простые и доступные для исследования. При организации в систему однотипных подсистем происходит объединение некоторых свойств подсистем, усиливающих положительное проявление этих свойств, но это не простое арифметическое сложение, а нечто подобное нелинейному квантованному резонансу. При определенном уровне усиления одних и ослабления других свойств, превалирующее значение приобретает новое общесистемное свойство, возникающее вследствие взаимодействия ее компонентов.

Итак, можно сделать следующие выводы:

1. Сложными могут быть состояние и структура системы, ее взаимодействие с другими системами и подсистемами и поведение системы как отклик на взаимодействие или состояние;

2. Отсчет становления сложности в системе начинается с нелинейных явлений, возникающих либо в поле внутренних связей системы, либо в ее поведении, либо в поле взаимодействий. Прологом могут являться динамическая и статистическая составляющие системы и/или среды.

3. Базовыми условиями для возникновения сложных систем могут быть кумулятивные процессы любой полевой формы энергии или специфика топологии пространства-времени.

В. СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Все изложенное выше позволяет выделить особые свойства сложных

систем.

Целостность – новое дополнительное системное свойство, возникающее при объединении элементов в систему и характеризующееся несводимостью к сумме свойств элементов. Системные свойства формируются путем накопления, усиления и проявления одних свойств подсистем одновременно с нивелированием, ослаблением и скрытием других при взаимодействии подсистем. Происходит скачок – переход количества в качество. Поэтому не всякое расчленение системы позволяет получить части (подсистемы), более простые и доступные для исследования.

Открытость. Это свойство впервые было провозглашено Людвигом фон Берталанфи в середине 50-х годов, на основе общей теории систем, когда он предложил теорию открытых систем, которая довольно быстро была распространена не только на биологию, но и на другие дисциплины. Данное свойство предполагает всеобщность взаимодействий во Вселенной и является жизненно необходимым для эволюции любой сложной системы.

Адаптивность. Данное свойство является системосберегающим особенно в условиях быстрой вариабельности условий воздействий внешней среды. В основе его лежит «правило избыточного разнообразия сложной системы» вытекающее из «закона необходимого разнообразия», сформулированного У. Р. Эшби в 1950 –х гг. Вероятность сохранения сложной системы пропорциональна накопленному в ней разнообразию, которое фактически представляет собой потенциал запасных эволюционных выходов системы из кризисных состояний.

Экономичность – реализация принципа максимума извлечения энергии из окружающей среды (максимизация открытости на поглощение), максимума ее освоения за счет усложнения внутренней структуры (максимизация энергоемкости) и минимума диссипации энергии во вне (минимизация энтропии, в том числе и за счет усложнения).

Уникальность – система любого класса не имеет полных аналогов поведения или аналоги настолько редки, что с их наличием в исследованиях и практике можно не считаться. Свойство уникальности является внешним

по отношению к системе и влияет на отношение к ней других систем. Достаточно отметить, что звезды различаются между собой цветом, блеском, а исследования с помощью телескопов показывают, что двух одинаковых звезд не бывает. Эффективные температуры их излучающих поверхностей находятся в пределах от 3 000 К до 80 000 К, массы различаются в сотни раз, а радиусы – в миллиарды [11].

Устойчивость – способность устранять последствия внешних и внутренних случайных воздействий и стабилизировать внутреннее динамическое состояние (мера вероятности пребывания в данном состоянии). Определяет «стремление» системы к основному процессу.

Антиэнтропийность – система в состоянии (в определенных пределах) управлять своей энтропией (уменьшать ее, сохранять, тормозить увеличение) при случайном и неблагоприятном воздействии среды или (и) способна осуществлять регулирование поведения, преследующее достижение определенной цели [11].

Целенаправленность – «стремление» к достижению цели – косвенно тоже выражает антиэнтропийную тенденцию: сохранения и усиления основного процесса, ведущего к цели. Здесь происходит минимизация затрат энергии и времени для достижения цели. Свойство целенаправленности является внутренним, трудно распознаваемым и не всегда доступным пониманию исследователя, особенно на относительно коротком (по сравнению со временем существования системы) интервале времени. Целенаправленность можно понимать как функциональную тенденцию, направленную на достижение системой некоторого состояния, либо на усиления (сохранение) некоторого процесса. При этом система оказывается способной противостоять внешнему воздействию, а также использовать среду и случайные события. Следствием принципа целенаправленности является **постулат выбора.** Сложные системы обладают способностью к выбору поведения, и, следовательно, однозначно предсказать способ действия и экстраполировать их состояние невозможно ни при каком априорном знании свойств системы и ситуации. Сложная система строит свое поведение в существенной (хотя и неоднозначной) связи с ситуацией.

Часто приходится в основном иметь дело с системами, для которых постулат выбора выдвигается на передней план. Познание и практическое использование этого постулата имеет два аспекта [11].

Первый касается стимулирования или подавления «свободы» выбора. В исследовательских, поисковых, творческих системах возможность выбора должна быть максимальной с целью расширения диапазона деятельности. Исполнительные системы должны иметь возможность выбора в пределах поставленной задачи либо не иметь ее вовсе. Следовательно, должны создаваться системы с большой или малой свободой выбора или с управляемой свободой выбора.

Второй аспект связан с количественным описанием выбора, его формальным представлением, качественной или количественной оценкой и использованием этой оценки при решении задач общего характера. Одна из задач математики состоит в разработке аппарата количественного описания не детерминированных, но и неслучайных (не стохастических) свойств.

Слабая предсказуемость – никакое, сколь угодно подробное знание морфологии и функций элементов (подсистем) не позволяет определить всех функций сложной системы; поэтому никакое, сколь угодно подробное и точное знание поведения сложной системы на реальном интервале (пространства или времени) не позволяет точно предсказать её поведение в будущем.

Вложенность эволюций подсистем. Простой пример – мегаэволюция Вселенной состоит из ряда последовательных эволюций: кварк-глюонная смесь, протон-нейтронная смесь, водородно-гелиевые облака, молекулярные облака, звездная эволюция, галактическая эволюция, элементная эволюция, планетарная эволюция, химическая эволюция, биологическая эволюция, социальная эволюция.

И, наконец, о возможности математического моделирования сложных систем. В соответствии с Эрлангенской программой различные классы физических явлений могут быть поставлены в соответствие различным группам преобразований, каждая группа порождает свою геометрию. Таким образом,

реализация этой программы основана на применении теоретико-групповых методов к созданию фундаментальных и прикладных теорий. И хотя «геометризация» физики не завершена, можно утверждать, что геометрическому представлению сложных систем свойственна всеобщность и глубина [11].

Различие геометрий становиться различием классов систем, и это различие имеет четкий формальный признак – другую группу преобразований. Предполагая, что интересующая нас система расположена в адекватном ей геометрическом пространстве (реальном, функциональном, мыслимом) и ограничиваясь метрическими пространствами, мы должны каждому классу систем (конкретной системе) приписать метрику, определяемую соответствующей группой преобразований. Это – автономная метрика системы, либо автономная группа преобразований.

Сложная система находится в реальном геометрическом мире и взаимодействует с ним, но основное значение для ее свойств имеют процессы, которые протекают внутри системы. Познание системы требует, прежде всего, ее обозримого описания, и здесь выбор метрики может играть определяющую роль. Расстояние в евклидовом пространстве между клетками живого организма очень мало связано с такими функциональными свойствами, как время передачи возбуждения, время реакции и т.д. Это же расстояние между агрегатами производственного комплекса сравнительно слабо влияет на технологические характеристики производственного процесса. В сложных системах евклидово расстояние, как средство описания, отступает на задний план, так как решающее значение приобретает путь и время распространения процесса. Значительно эффективнее использовать функциональное пространство с соответствующим числом измерений и автономной метрикой. В сущности, сложная система и «живет» в автономном функциональном пространстве. Все, что происходит в системе, описывается в этом пространстве более просто. Введение метрики означает создание модели геометрии системы, чем ближе эта модель к истинной геометрии системы, тем проще представление системы. В этом плане, по-видимому, привлекательную перспективу представляет класс дифференциальных уравнений с дробными степенями, порожденный развитием теории фракталов.

Одни и те же физико-химические процессы протекают в различных системах с различной скоростью. Поэтому их естественной мерой времени должно стать течение некоторого определяющего внутреннего процесса, зачастую квантованное по ритмам надсистем, например, внешнего движения Земли вокруг Солнца. Сложные системы могут иметь локальный масштаб времени, отличный от астрономического масштаба. Для развивающихся систем он может быть разным на различных стадиях эволюционного развития [11].

Все указанные особенности сложных систем позволяют в определенном смысле маркировать этапы процесса эволюции весьма сложных надсистем, таких как Биосфера и Вселенная, и таким образом исследовать сами принципы эволюции. Как будет показано далее процесс эволюции явление сугубо нелинейное и может описываться степенными законами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бадулин С. И. Волны-убийцы и их дистанционное зондирование / С.И. Бадулин, А. Ю. Иванов, А. Г. Островский // Исследование Земли из космоса. 2006. №1. С. 77 - 92.

2. Высикайло Ф.И.,Иванов О.П. Гипотеза о роли кумулятивных свойств диссипативных структур (аттракторов) в экстремальных явлениях природы. «Синергетика. Труды семинара». Т.8. 2006, с.120-137.

3. Данилов Ю.А. Сложность. «Синергетика. Труды семинара». Материалы круглого стола «Сложные системы: идеи, проблемы, перспективы». Т.5. 2003, с.165-172.

4. Руденко А.П. Самоорганизация и синергетика. В сб.: Синергетика. Т. 3. М.: Изд.-во моск. ун.-та. 2000. С. 61-99.

5. Чириков Б.В. Нелинейные резонансы и динамическая стохастичность. Природа. 1987, №7, с.15-25.

6. Шарковский А.Н., Майстренко Ю.А, Томаненко Е.Ю. Разностные уравнения и их приложения. Киев: Наукова Думка, 1986.

7. Яковец Ю.В. У истоков новой цивилизации.. М.: Дело. 1993. 142 с.

8. Feigenbaum M. Quantitative universality for a class of nonlinear transformations//J. Stat. Phys. 1978, v.19, №1.

9. Henri Poincaré. Les Metodes Nouvelles de la Mecanique Celeste. Paris. 1892.

10. Limits of Preductability. – Berlin, Heidelberg, N.Y.: Spinger-Verlag, 1993.

11. Stewart I. Doas God play Dice? The mathematics of Chaos. Basil Blackwell Inc., Reprint 1990, pp.215-242.

12. http://www.integro.ru/system/ots/princip_ex_sys.htm

13. http://elibrary.ru/books/janus/pelinovskij/pelinovs.htm

14. http://www.osp.ru/os/2004/08/185094/_p2.html

COMPLEXITY AS THE CATEGORY OF EVOLUTION

Ivanov, O. P., phd, Ministry of health of the Moscow state University named after M. V. Lomonosov; ivanovop2007@yandex.ru

Abstract. In article the brief history of formation of representations on a category "complexity" is submitted. Modern interpretation of the term in various sciences are shown. The system approach to understanding of complexity is most full stated.

Keywords: complexity, evolution, systems, non-linearity

REFERENCES

1. Badulin S.I. Killer waves and their remote sensing / S.I. Badulin, A.Yu. Ivanov, A.G. Ostrovsky // Exploration of the Earth from space. 2006. No. 1. pp. 77 - 92.

2. Vysikailo F.I., Ivanov O.P. Hypothesis about the role of cumulative properties of dissipative structures (attractors) in extreme natural phenomena. "Synergy. Proceedings of the seminar. T.8. 2006, pp. 120-137.

3. Danilov Yu.A. Complexity. "Synergy. Proceedings of the seminar. Materials of the round table "Complex systems: ideas, problems, prospects". T.5. 2003, pp. 165-172.

4. Rudenko A.P. Self-organization and synergetics. In: Synergetics. T. 3. M.: Izd.-vo mosk. un.-ta. 2000. S. 61-99.

5. Chirikov B.V. Nonlinear resonances and dynamic stochasticity. Nature. 1987, No. 7, pp. 15-25.

6. Sharkovskiy A.N. Maistrenko Yu.A Tomanenko E.Yu. Difference equations and their applications. Kyiv: Naukova Dumka 1986.

7. Yakovets Yu.V. At the origins of a new civilization .. M .: Delo. 1993. 142 p.

8. Feigenbaum M. Quantitative universality for a class of nonlinear transformations//J. stat. Phys. 1978, v.19, no.1.

9. Henri Poincare. Les Metodes Nouvelles de la Mecanique Celeste. Paris. 1892.

10. Limits of Preductability. - Berlin Heidelberg N.Y.: Spinger-Verlag 1993.

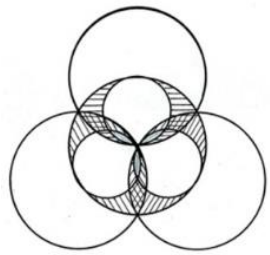
11. Stewart I. Doas God play Dice? The mathematics of Chaos. Basil Blackwell Inc., Reprint 1990, pp. 215-242.

12. http://www.integro.ru/system/ots/princip_ex_sys.htm

13. http://elibrary.ru/books/janus/pelinovskij/pelinovs.htm

14. http://www.osp.ru/os/2004/08/185094/_p2.html

УДК 517.9



ОСОБЕННОСТИ ВЕКА НЕЛИНЕЙНОСТИ В НАУКЕ О ЗЕМЛЕ

Иванов О.П. канд. геол.-мин. н., в. н. с. МГУ имени М.В.Ломоносова ivanovop2007@yandex.ru

Аннотация. Кратко изложены основные понятия нелинейной динамики, такие как эволюция, бифуркации, автоволны, неустойчивость, фракталы, хаос, динамический хаос.

Ключевые слова: эволюция, бифуркации, автоволны, неустойчивость, фракталы, хаос, динамический хаос

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с Анри Пуанкаре (1997 г.), возникло новое научное направление – нелинейная динамика, озвученная на основе его научной работы о взаимодействии 3-х космических тел (Солнце, Земля, Луна). Это наука, изучающая структуру и свойства эволюционных процессов в нелинейных динамических системах. Конец 18, почти весь 19 век и начало 20 века знаменуют переход на нелинейное мышление по нескольким направлениям (Россия):

1. Это автоволны и автоколебания;
2. Теория нелинейных динамических процессов;
3. Теория бифуркаций и динамического хаоса;
4. Теория фракталов.

Немного позже в 20 веке началось активное развитие различных, раскрывающих его, теорий - теории особенностей, теории самоорганизации, теории катастроф, теории фракталов и т.д. В целом это звучит как век анализа с позиций нелинейного подхода для сложных систем.

Стали не состоятельными Ньютоновский и Лапласовский детерминизм, продвинулось понимание категорий пространства-времени, возник ряд междисциплинарных направлений, таких как синергетика, неравновесная

термодинамика, кумулятивно-диссипативный подход, теория гиперциклов, теория катастроф и др. Возник интерес к таким понятиям как неравновесность, неустойчивость, нелинейность, открытые системы, глобальный эволюционизм, хаос, аттракторы, фракталы и т.д. Фактически двигателем прогресса стала нелинейная динамика. ибо она внедрилась в математику, физику, химию, биологию, экономику и др. науки.

ОСОБЕННОСТИ НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Среди динамических систем можно выделить два больших класса: динамические системы с непрерывным временем развития (потоковые модели) и динамические системы с дискретным временем (отображения) и к ним указан закон эволюции состояния во времени. Различают два типа нелинейностей: слабые и существенные. К слабо нелинейным объектам относят объекты, характеристики которых при малом диапазоне изменения координат могут быть заменены линейными зависимостями. К существенно нелинейным относят объекты, характеристики которых описываются нелинейными функциями, т.е. функциями, не допускающими линеаризацию по методу малых отклонений (например, ломаные или разрывные функции). Что же исключительного в нелинейной динамике? Приведем некоторые её особенности [2].

1. Вид уравнений, моделирующих нелинейные явления, содержит искомые неизвестные в степени больше 1 или коэффициенты, зависящие от свойств среды. нелинейные описания могут иметь несколько качественно различных уравнений;

2. Нелинейность - это многовариантность событий (в зонах бифуркаций) и размытость свойств системы.

3. Наличие положительной обратной связи с окружающей средой.

4. Используются в синергетике, в теории эволюции и в теории самоорганизации сложных систем.

5. Развитие идет через неустойчивость, динамический хаос.

6. Система сложная с большим числом элементов, причем флуктуации в основе самоорганизации.

7. У системы присутствует тенденция развития по сложности.

8. Обмен с внешней средой энергией, веществом, информацией - двигатель эволюции.

9. Лишь нелинейные системы способны к эволюции (выход не пропорционален входу).

10. В нелинейных системах неизвестные описываются нелинейными дифурами.

11. Приток внешней энергии уменьшает энтропию. Это неравновесный термодинамический процесс.

12. Самоорганизующаяся система должна быть открытой неравновесной, нелинейной, случайность в ней как элемент развития.

13. Самоорганизация в нелинейной системе идет когерентно с потерей симметрии за счет разрушения старых и созиданием новых структур в зонах бифуркации.

14. Характерна альтернативность путей эволюции, необратимость развития.

15. Принципиальная возможность возникновения порядка из беспорядка и хаоса за счет петли обратной связи со средой.

16. Непрерывность выбора альтернативных путей развития.

17. Нелинейная система многомерна, многовариантна и требует нелинейных методов описания.

18. Не подчиняются методу суперпозиции.

Особую роль в развитии направления нелинейной динамики играют теория хаоса, теория самоорганизации и фракталы.

ОСНОВНЫЕ ПРИЕМЫ ИЗУЧЕНИЯ

Под динамической системой понимают любой объект или процесс, для которого однозначно определено понятие состояния как совокупности некоторых величин в данный момент времени (уравнения состояния) и задан закон, который описывает изменение (эволюцию) начального состояния с течением времени. Этот закон позволяет по начальному состоянию

прогнозировать будущее состояние динамической системы, и его называют законом эволюции.

Рис.1.Основы метода фазовой плоскости [3].

Как определяется нелинейность? Прежде всего это вид уравнений, анализ траекторий на фазовой плоскости (бифуркаций и аттракторов), анализ эволюционных свойств (закономерности для множества бифуркаций).

Состояние любой динамической системы, описываемой дифференциальным уравнением n-го порядка, может быть определено в любой момент времени значениями *n* переменных, например, регулируемой координаты x и п - 1 ее производных в «n-мерном пространстве, называемом фазовым пространством системы. Состояние точки характеризуется координатами

изображающей точки (M_0 или M_1 на рис.1), откладываемыми по осям фазового пространства. В установившемся режиме системы изображающая точка занимает фиксированное положение и называется особой точкой. В переходном режиме координаты x и n - 1 сё производных будут изменяться, обусловливая движение изображающей точки (от M_0 к M_1 на рис.1) по фазовой траектории. Характер этого движения и положение фазовых траекторий в фазовом пространстве определяются динамическими свойствами системы и начальными условиями. Полная совокупность фазовых траекторий, соответствующая всем возможным начальным условиям, называется фазовым портретом системы. Двухмерное фазовое пространство представляет собой фазовую плоскость.

Фазовое пространство дает удобное средство для наглядного представления поведения динамической системы. Получаемая фигура из траекторий называется аттрактором.

Аттрактор - это геометрическая структура, характеризующая поведение точки в фазовом пространстве по прошествии некоторого (достаточно длительного) времени. Здесь имеется в виду, что это точка или множество в фазовом пространстве, к которым притягиваются все траектории из некоторой окрестности аттрактора, называемой также областью, или бассейном, притяжения. При описании эволюции траектории, выйдя из начальных состояний, в конце концов приближаются к аттракторам. Аттракторы - понятие, обозначающее активные устойчивые центры потенциальных путей эволюции системы, способные притягивать и организовывать окружающую среду. Часто совпадают с зонами бифуркаций. Здесь система становится неустойчивой и ищет рациональный путь дальнейшего развития путем вероятностного выбора. Зоны бифуркации весьма разнообразны, решают много проблем и поэтому требуют более детального рассмотрения.

ЗОНЫ БИФУРКАЦИИ

Термин "бифуркация" (от лат. bifurcatio – раздвоение, разветвление) в научный оборот ввел французский физик и математик Анри Пуанкаре (1854–1912), который изучал разнообразные проявления механизма бифуркации

в природном мире. Основы теории бифуркации заложил А. Пуанкаре, а далее, в начале 20 в., их развил А. М. Ляпунов, затем эта теория была продолжена А. А. Андроновым и учениками.

Термин употребляется для обозначения качественной перестройки, изменения той или иной картины — в нашем случае фазового портрета обыкновенного дифференциального уравнения при изменении входящего в это уравнение параметра.

При математическом моделировании большинства практических задач нелинейной динамики чаще всего используются дифференциальные уравнения, зависящие от ряда параметров. Изменение того иного параметра системы может вызвать качественное изменение фазового портрета системы, называемое бифуркацией.

Под качественным изменением фазового портрета понимают такую его структурную перестройку, которая нарушает топологическую эквивалентность фазового портрета. Значение параметра, при котором происходит бифуркация, называется бифуркационным значением или точкой бифуркации.

Условия, характеризующие бифуркацию, накладывают определенные требования на параметры системы. Количество таких условий называется коразмерностью бифуркации.

Например, коразмерность 1 означает, что имеется только одно бифуркационное условие, следовательно, в пространстве параметров бифуркации коразмерности 1 соответствует множество точек, размерность которого всего на единицу меньше размерности пространства параметров (на плоскости - линия, в трехмерном пространстве - плоскость).

Бифуркация - потеря симметрии; эволюция становится необратимой, т.к. выбор вероятностный причем либо эволюционный (1), либо конволюционный (2) (рис.2).

В точке бифуркации (точка 0 на рис.1) система находится в состоянии временной нестабильности и чрезвычайно чувствительна даже к незначительным внешним воздействиям.

Рис.2. Схема развития явления бифуркации.

Это состояние системы соответствует начальным этапам кризиса, когда на фоне нарастающей нестабильности происходит мобилизация психических или физических ресурсов и проходит активный поиск новых путей развития. Пусть при некотором начальном значении параметра мы имеем исходное устойчивое состояние системы. Затем, при некотором изменении управляющего параметра системы стационарное состояние теряет свою устойчивость и рождаются два новых устойчивых стационарных состояния (рис.1). При этом вновь появившиеся состояния расположены в непосредственной близости от исходного состояния, которое потеряло устойчивость (адаптация, дезадаптация). Бифуркации такого типа называются мягкими, имея в виду то, что вновь родившийся режим функционирования системы как бы появляется из режима, потерявшего устойчивость, и сосуществует рядом с ним. Это момент выбора между различными аттракторами, развилка дорог эволюции! (рис.3).

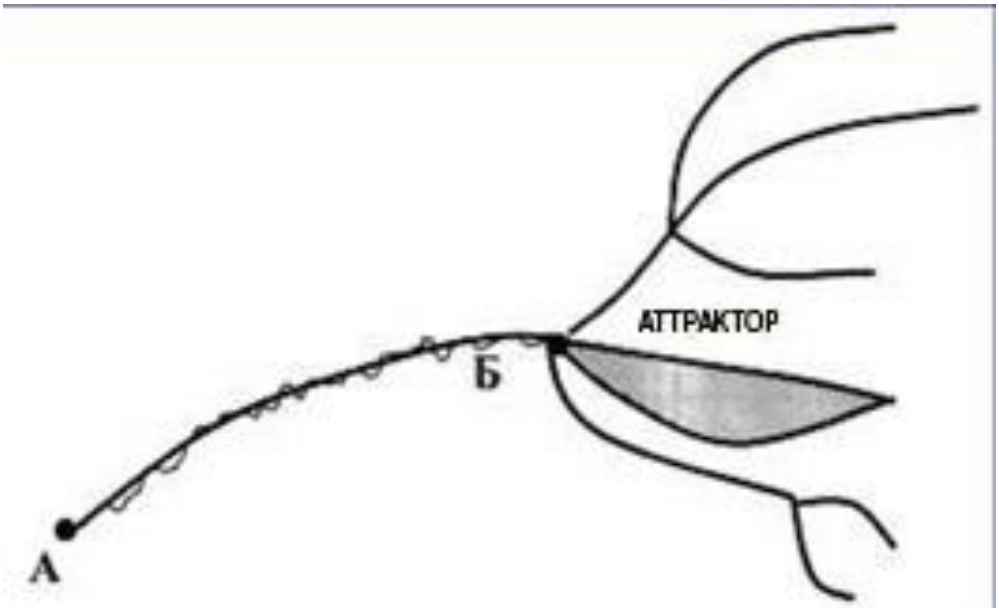


Рис.3. Схема выхода на аттрактор.

В сложных нелинейных системах существует потенциально спектр возможных структур развития — «поле возможностей». Это уже полифуркация. Саморазвитие — инициирование из вне потенциально имеющегося в системе. Это внутренний процесс «блуждания» по полю возможностей. Случайность выбирает единственный путь дальнейшего развития данной системы путем выбора аттрактора. Исход бифуркации теоретически непредсказуем (точка сингулярности - фазовый переход). Цель – это конечный образ, на который выходит система после бифуркации называемый аттрактором.

ТИПЫ БИФУРКАЦИЙ

Различают локальные и нелокальные бифуркации ДС. Локальные бифуркации описываются окрестностью траекторий на предельном множестве. Они отражают изменение устойчивости отдельных траекторий и всего предельного множества в целом или исчезновение предельного множества в результате слияния с другим предельным множеством.

Нелокальные бифуркации связаны с поведением многообразий седловых предельных множеств: образование сепаратрисных петель, гомоклинических и гетероклинических кривых, касание аттрактором сепаратрисных кривых или поверхностей и т.д. С представлением о бифуркациях тесно связано понятие грубости (структурной устойчивости) ДС. Понятие грубости системы было впервые введено А.А. Андроновым и Л.С. Понтрягиным для двумерных систем.

Грубыми (или структурно устойчивыми) называются такие ДС, для которых малые гладкие возмущения оператора эволюции приводят к топологически эквивалентным решениям.

Анализ бифуркаций ДС при вариации ее параметров позволяет построить бифуркационную диаграмму системы.

Бифуркационная диаграмма– это множество точек, линий, поверхностей в пространстве параметров, соответствующих тем или иным бифуркациям предельных множеств системы.

Для наглядности представления часто используют фазопараметрические диаграммы. В этом случае по одним координатным осям откладывают значения параметров, по другим - динамические переменные или связанные с ними величины (рис.4).

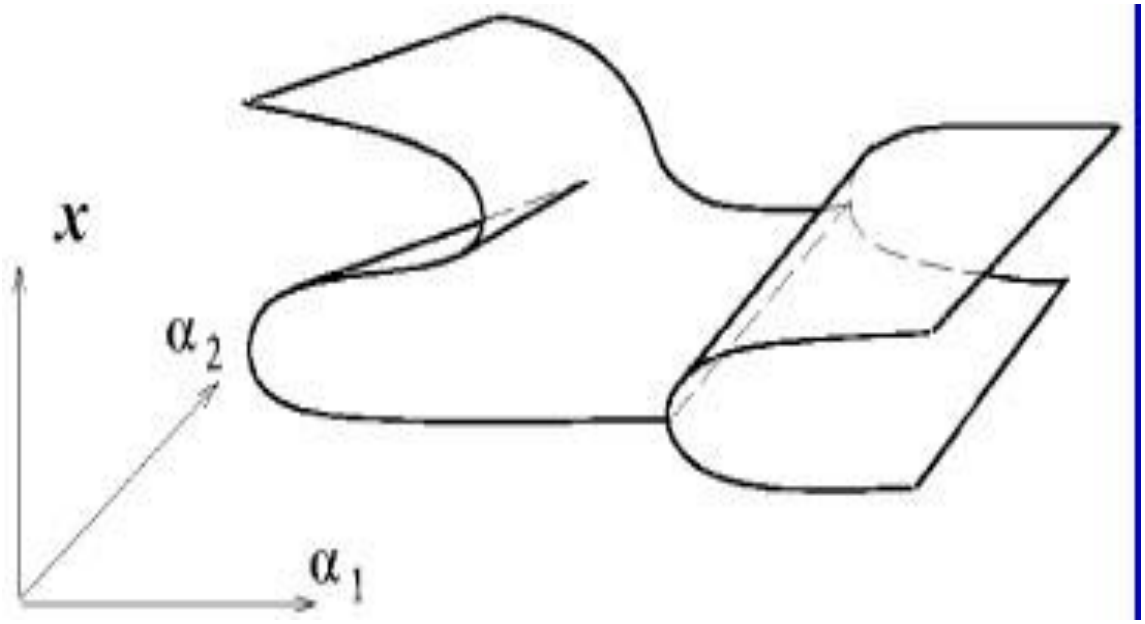


Рис.4. Вид Фазопараметрической диаграммы.

Получают некоторую поверхность, точки которой соответствуют определенным режимам ДС, меняющимся с изменением параметров.

Условия, характеризующие бифуркацию, накладывают определенные требования на параметры системы. Количество таких условий называется коразмерностью бифуркации. Например, коразмерность 1 означает, что имеется только одно бифуркационное условие, следовательно, в пространстве параметров бифуркации коразмерности 1 соответствует множество точек, размерность которого всего на единицу меньше размерности пространства параметров (на плоскости - линия, в трехмерном пространстве - плоскость). В задачи данной работы не входит детальный анализ по теории бифуркаций, поэтому мы ограничимся кратким перечисление наиболее значимых их типов:

1. бифуркации состояний равновесия;
2. бифуркации предельных циклов;
3. бифуркации квазипериодических и странных аттракторов;
4. нелокальные бифуркации;
5. гомоклинические траектории и структуры.

Итак, после точки бифуркации ДС либо переходит к хаотическому режиму, либо меняет свой путь к другой цели (аттрактору).

ТЕОРИИ ХАОСА

Хаотические явления и состояния наиболее яркие представители нелинейной динамики. Формально, теория хаоса определяется как учение о сложных нелинейных динамических системах [4]. Динамические — означает непостоянные и непериодические. Таким образом, теория хаоса - это учение о постоянно изменяющихся сложных системах, основанное на математических концепциях рекурсии, в форме ли рекурсивного процесса или набора дифференциальных уравнений, моделирующих физическую систему. Хаос в теории хаоса и есть порядок — и даже не просто порядок, а сущность порядка. Но одной из центральных концепций в теории является невозможность точного предсказания состояния системы. Вместо традиционных X-Y графиков, теперь можно интерпретировать фазово-пространственные диаграммы, которые —

вместо того, чтобы описывать точное положение какой-либо переменной в определенный момент времени — представляют общее поведение системы. Описание ведется с помощью аттракторов на фазовой плоскости. Вместо того, чтобы смотреть на точные равенства, основанные на статистических данных, теперь мы можем взглянуть на динамические системы с поведением похожим по своей природе на статические данные — т.е. системы с похожими аттракторами [4].

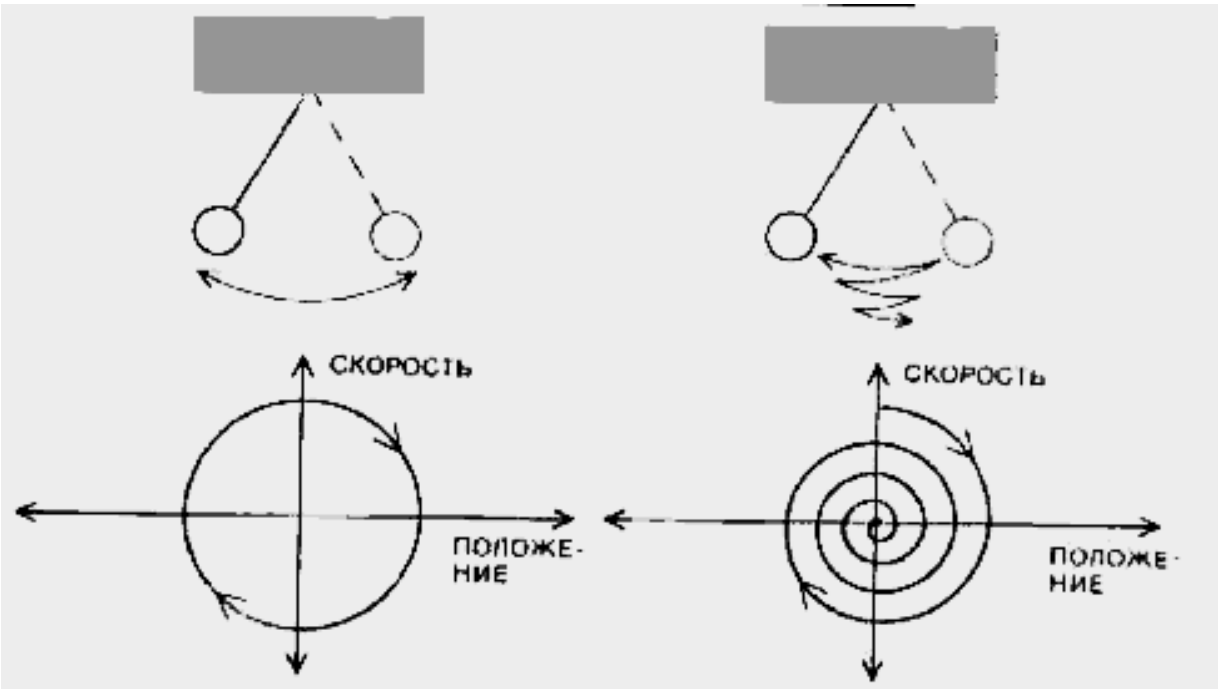


Рис.5. Линейный и нелинейный маятники и их аттракторы.

Например, если воздействовать на электрические маятники внешним периодическим сигналом, то реакция линейной и нелинейной систем будет различной.

В первом случае постепенно установятся регулярные периодические колебания с той же частотой, что и частота вынуждающего сигнала. На фазовой плоскости такому движению соответствует замкнутая кривая, называемая аттрактором (притягивать), - множество траекторий, характеризующих установившийся процесс. В случае нелинейного маятника могут возникнуть сложные, непериодические колебания, когда траектория на фазовой плоскости не замкнется за сколь угодно долгое время. При этом поведение детерминированной

системы будет внешне напоминать совершенно случайный процесс - это и есть явление динамического, или детерминированного, хаоса. Образ хаоса в фазовом пространстве - хаотический аттрактор - имеет очень сложную структуру: это хаотический фрактал. В силу необычности свойств его называют также странным аттрактором.

Здесь хаос порождается собственной динамикой нелинейной системы - ее свойством экспоненциально быстро разводить сколь угодно близкие траектории. В результате форма траекторий очень сильно зависит от начальных условий. Поясним, что это значит, на примере нелинейного колебательного контура, находящегося под воздействием внешнего периодического сигнала. Внесем в нашу систему небольшое возмущение - изменим немного начальный заряд конденсатора. Тогда колебания в возмущенном и невозмущенном контурах, первоначально практически синхронные, очень скоро станут совершенно разными. Поскольку в реальном физическом эксперименте задать начальные условия можно лишь с конечной точностью, предсказать поведение хаотических систем на длительное время невозможно.

Когда говорят о детерминированности некой системы, имеют в виду, что ее поведение характеризуется однозначной причинно-следственной связью. Хаос же, напротив, подразумевает беспорядочный, случайный процесс, когда ход событий нельзя ни предсказать, ни воспроизвести. Что же представляет собой детерминированный хаос - казалось бы, невозможное объединение двух противоположных понятий?

Например, динамика колебательного контура определяется двумя переменными, либо током в контуре, либо напряжением на емкости. Если откладывать эти величины вдоль осей X и Y, то каждому состоянию системы [5] будет соответствовать определенная точка на полученной координатной плоскости. Такую плоскость называют фазовой. (Соответственно, если динамическая система определяется n переменными, то вместо двумерной фазовой плоскости ей можно поставить в соответствие n-мерное фазовое пространство) [5]. На фазовой плоскости такому движению соответствует замкнутая кривая, называемая аттрактором (от английского глагола to attract -

притягивать), - множество траекторий, характеризующих установившийся процесс. В случае нелинейного маятника могут возникнуть сложные, непериодические колебания, когда траектория на фазовой плоскости не замкнется за сколь угодно долгое время. При этом поведение детерминированной системы будет внешне напоминать совершенно случайный процесс – это и есть явление динамического, или детерминированного, хаоса. Образ хаоса в фазовом пространстве - хаотический аттрактор - имеет очень сложную структуру: это фрактал. В силу необычности свойств его называют также странным аттрактором [5].

Хаос порождается собственной динамикой нелинейной системы - ее свойством экспоненциально быстро разводить сколь угодно близкие траектории. В результате форма траекторий очень сильно зависит от начальных условий [5].

Как же обеспечивается целостность и устойчивость живых организмов и других сложных систем, если отдельные их части ведут себя хаотически?

Оказывается, кроме хаоса в сложных нелинейных системах возможно и противоположное явление, которое можно было бы назвать антихаосом. В том случае, если хаотические подсистемы связаны друг с другом, может произойти их спонтанное упорядочение ("кристаллизация"), в результате чего они обретут черты единого целого. Простейший вариант такого упорядочения - хаотическая синхронизация, когда все связанные друг с другом подсистемы движутся хотя и хаотически, но одинаково, синхронно. Процессы хаотической синхронизации могут происходить не только в организме животных и человека, но и в более крупных структурах - биоценозах, общественных организациях, государствах, транспортных системах и др. [5].

Из теории хаотической синхронизации следует, что согласованную работу отдельных частей сложной системы может обеспечивать один из ее элементов, называемый пейсмейкером, или "ритмоводителем". Будучи связан односторонним образом со всеми компонентами системы, он "руководит" их движением, навязывая свой ритм. Если при этом сделать так, что отдельные подсистемы не будут связаны друг с другом, а только с пейсмейкером, - получим случай предельно централизованной системы. В государстве, например, роль

"ритмоводителя" выполняет центральная власть и средства массовой информации, действующие на всей или значительной части территории страны [5].

Как может происходить разрушение синхронизованного состояния? Об одной возможности мы уже упомянули. Это ослабление связей. Другая причина - неадекватное воздействие "ритмоводителя" на ансамбль. Действительно, если "ритм", диктуемый пейсмейкером, будет слишком противоречить естественному поведению компонент системы, то даже при достаточной силе связи ему не удастся навязать ансамблю свою линию поведения. Однако прежнее поведение также не сохранится. В результате синхронизация будет разрушена.

НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА И ФРАКТАЛЫ

Мир состоит из сложных открытых систем, которые вследствие этого взаимодействуют друг с другом и эволюционируют за счет энергий взаимодействия.

Взаимодействие реализуется на квазирезонансных частотах - это означает, что не всякая открытость реализуется полностью. Сравните живучесть цыплят после инкубатора и при участии курицы.

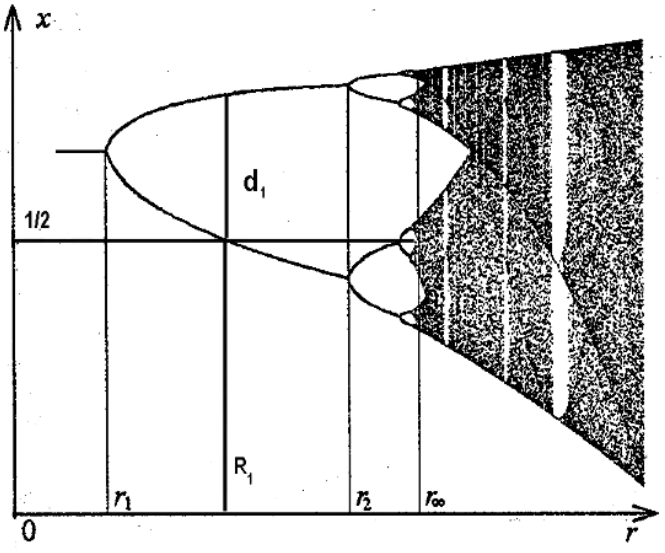


Рис.6. Схема перехода сложной системы от линейного (самый левый участок), к квазипериодическому (средний) и далее к хаотическому состоянию (правый).

Смертность первых выше, ибо в 1-м случае нет передачи ритмов жизнедеятельности, обеспечивающих устойчивость и когерентность развития молодого организма. Разномасштабность эволюций различна в зависимости

от размеров и энергетики систем. Но все типы эволюций обладают свойством иерархичности. Наиболее интересны нелинейные динамические системы (рис.5).

В настоящее время признано, что эволюция любых сложных систем при передаче энергии (включая системы литосферы) характеризуется следующим:

1) является немонотонной и сопровождается прохождением кризисных состояний;

2) эволюция системы через локальные катастрофы подсистем или структурно-фазовые переходы регулируется универсальным дирижером - самоорганизацией.

Под структурно-фазовыми переходами в отличие от просто фазовых мы понимаем пространственно-временные изменения формы получаемого в приемнике сигнала после воздействия среды [1].

В этих точках, отвечающих неравновесным структурно-фазовым переходам, и самоорганизации диссипативных структур, реализуются либо периодические, либо квазипериодические колебания (автоволны), либо хаотические состояния.

Здесь обеспечивается тот или иной механизм самоорганизации структур. Критические точки (точки бифуркаций) маркируют периоды неравновесных хаотических состояний системы и готовность системы перейти к более совершенной структурной организации в пространстве. Сейсмический процесс - следствие разрядки тектонических напряжений и носит все черты, присущие неравновесным самоорганизующимся необратимым процессам, ибо среда неоднородна по составу пород, часто сплошность её нарушена тектоническими разломами, разная история становления. Используемые в настоящее время модели сейсмического режима и очага землетрясения, как правило, базируются на представлениях о геофизической среде как о сплошной, разрушаемой в момент землетрясения плоским разрывом (разломом) [6].

Любой вид движения, конечно же, реализует глубинное стремление системы к продлению, к своему расширению. Тот же принцип заложен в способности к воспроизводству, что столь присуще живым органическим

структурам. В пространстве ли, во времени — повсюду нас окружают, зримо и незримо, каналы связи [4]. Роль таких каналов выполняют фракталы – они позволяют отобразить всю сложность и нелинейность за счет присущего им и четко выраженного свойства самоподобия.

Фрактальные множества уже по своим математическим признакам совмещают черты двух типов самоподобия — вихревого (по логарифмическому закону описания фракталов) и ветвящегося (по дихотомическому способу). Если придерживаться первичности Большого взрыва, есть повод говорить о механизме генерации и трансляции энергии в мире именно вихревым (экспоненциально идущим путем) и о способах трансляции этой энергии через бинарную сеть ветвления. Это вполне корреспондирует с представлением различных природных объектов и систем в виде структурного Мирового Древа, заключённого в форму «яблока» — двухполюсного вихревого образования с меридиональными конвективными ветвящимися потоками (см. «Дельфис» №№ 1(17), 2(18) за 1999 г.). Сам вид фрактальных структур, присутствие именно ветвления в различных процессах, связанных с движением — переносом, потоками, уже наводит на мысль о трансляционном предназначении фракталов в природе. Фракталы — это по сути природные путепроводы наилучшей конструкции [6].

ФРАКТАЛЫ И РАЗМЕРНОСТЬ

Фракта́л (лат. fractus — дроблёный, сломанный, разбитый) — математическое множество, обладающее свойством самоподобия, то есть однородности в различных шкалах измерения (любая часть фрактала подобна всему множеству целиком).

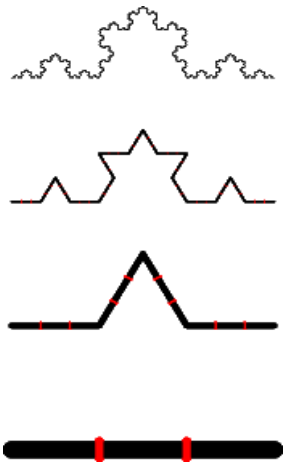


Рис.7.Схема построения фрактала "Звезда Коха [7].

"В математике под фракталами понимают множества точек в евклидовом пространстве, имеющие дробную метрическую размерность (в смысле Минковского или Хаусдорфа), либо метрическую размерность, отличную от топологической, поэтому их следует отличать от прочих геометрических фигур, ограниченных конечным числом звеньев" [8].

Более просто, фрактал – это естественное явление или математическое множество, которое демонстрирует повторяющийся паттерн (образ), отображающийся в каждом масштабе. Он также известен как расширяющаяся симметрия или эволюционирующая симметрия. Если репликация в точности одинакова на всех уровнях, она называется самоподобной моделью. Остановимся немного на схеме определения размерности с помощью фракталов [7].

В начале берётся отрезок, делится на три равные части (нижняя прямая линия) и средняя часть заменяется на два отрезка (второй участок в виде угла), равных изъятому. Получается ломаная из четырёх равных отрезков (рис.6).

На втором шаге действия повторятся с каждым из четырёх отрезков и получается ломаная из 16 отрезков. Эти построения повторяются бесконечное число раз и в конце концов у нас получается ломаная, состоящая из бесконечного числа отрезков. Сколько бы мы её не масштабировали, мы всё равно будем получать одно и тоже.

Из построения и рисунка видно, что звезду можно разбить на четыре равные части, при этом размер (скажем, длина исходного отрезка) каждой части будет равен трети размера исходной фигуры. То есть будучи уменьшена в три раза, она уложится в себе четыре раза: Отсюда можно получить размерность для данного деления равную:

$$D = \ln(4)/\ln(3) \approx 1.26185950714291487419$$

Если рассматривать всё на планете Земля с позиций планетарной экологической самоорганизации [1], то,

во-первых, фракталы – это метод аппроксимации экспериментальных и теоретических данных по описанию любых сложных систем, явлений, процессов для получения дробной меры размерности как важнейшей и уникальной индивидуальной их характеристики;

во-вторых, это пока единственный метод, связующий пространство и динамические структуры;

в-третьих, это дополнительное обоснование нашего термина "структурно-фазовые переходы" для всех катастрофических (ступенчатых) и просто эволюционных переходов;

в-четвертых, т.к. это связь со средой, то выдерживаются экологические требования. Далее все системы на Земле, как и во всем мире, сложные, открытые и взамодействующие между собой и, как следствие - эволюционирующие. Поэтому можно выделить последовательные типы эволюций, а по ним стрелу времени.

ФРАКТАЛЬНОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ

Фракталы – самоподобные, внутренне динамичные структуры, являющиеся представительской частью или фрагментом таких сложных, нелинейных, открытых, самоорганизованных (может быть, наподобие «диссипативных» по И. Пригожину) и постоянно трансформирующихся структур природы, как неуловимая молния, туча-облако, кора дерева, береговая линия и др. Береговую линию одного и того же моря нельзя измерить, кора одного и того же дерева нигде не повторяет своего узора. Фрактал – это разномаштабность одного и того же, которое не имеет точной количественной характеристики (размера), но обладает относительным постоянством соотношений и соразмерностей. Фрактал является разномасштабным средством (микро-, мезо- и макроразмеры) для аппроксимации сложных форм, нелинейных процессов, сложных состояний. Феномен «фрактал», наконец, уловил то, что может быть обозначено структурной единицей всех нелинейных, открытых, сверхсложных самоорганизационных систем (человек – не исключение). При фрактальном подходе хаос перестает быть

синонимом беспорядка и приобретает сущность тонкой упорядоченной динамической структуры [9] (рис.8).

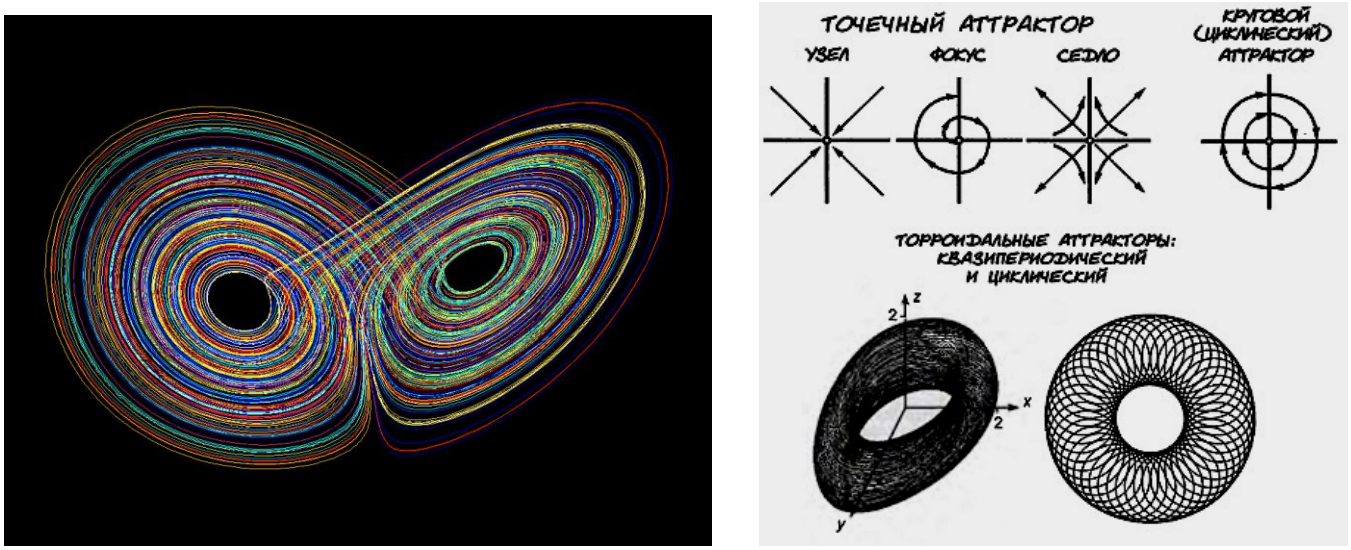


Рис. 8 Вид странного аттрактора Лоренца (слева) и виды простых аттракторов (справа).

Особую роль в сохранении устойчивости сложных систем играют фракталы, так как они тесно связаны с понятием хаоса. Образ хаоса в фазовом пространстве - странный аттрактор (рис.8 слева) - геометрически представляет собой фрактал. Несмотря на то, что каждая отдельная хаотическая траектория чрезвычайно чувствительна к малейшим возмущениям, странный аттрактор (совокупность всех возможных траекторий) является очень устойчивой структурой.

Таким образом, динамический хаос подобен двуликому Янусу: с одной стороны, он проявляет себя как модель беспорядка, а с другой - как стабильность и упорядоченность на разных масштабах [5]. Отметим, что в общество, как и в природе, многие системы построены по принципу фракталов: из малых элементов образуются некоторые комплексы, они в свою очередь служат элементами для более крупных комплексов и т. д. В коммуникационных схемах хаос может использоваться как носитель информации, как динамический процесс, обеспечивающий преобразование информации к новому виду, и, наконец,

как комбинация того и другого. Устройство, преобразующее с помощью хаоса сигнал в передатчике из одного вида в другой, называется хаотическим кодером. С его помощью можно изменять информацию таким образом, что она окажется недоступной стороннему наблюдателю, но в то же время будет легко возвращена к исходному виду специальной динамической системой - хаотическим декодером, находящимся на приемной стороне коммуникационной системы.

Подведем итог почему важны фракталы [10]:

- Природные и многие социальные объекты–это фракталы.
- Хаотические траектории при описании сложных систем на фазовой плоскости (странные аттракторы) – это фракталы.
- Оценка фрактальных свойств наблюдаемого временного ряда является информативной;
- Дают возможность аппроксимировать объекты любой сложности и определять их персональные размерности.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ФРАКТАЛОВ [10]:

Свойство 1. Они имеют тонкую структуру, т. е. содержат произвольно малые масштабы. Они слишком нерегулярны, чтобы быть описанными на традиционном геометрическом языке.

Свойство 2. Они имеют некоторую форму самоподобия, допуская приближённую.

Свойство 3. Они имеют дробную "фрактальную" размерность, называемую также размерностью Минковского (для самоподобных множеств, типа Канторового множества).

Одно из наиболее мощных приложений фракталов лежит в компьютерной графике. Во-первых, это фрактальное сжатие изображений, и во-вторых, построение ландшафтов, деревьев, растений и генерирование фрактальных текстур.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом можно констатировать, что только нелинейные модели сложных эволюционирующих и взаимодействующих систем позволяют

правильно отразить реалии сложного мира. При этом используется весь арсенал нелинейной динамики – от моделирования с помощью нелинейных дифференциальных уравнений до специальных методов их анализа, включая анализ фазовых отображений, теорию бифуркаций, теорию аттракторов и теорию хаоса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Иванов О.П., О планетарной самоорганизации и роли кинематических параметров в эндогенном развитии планет. Ж З 2020 Vol. 42, № 3, с.271-282;

2. https://ipfran.ru/science/nonlinear-dynamics

3. https://yandex.ru/images/search?text=Метод%20фазовой%20плоскости&source=related-duck

4. http://www.decoder.ru/list/all/topic_12/

5. https://www.nkj.ru/archive/articles/5901/

6. http://www.delphis.ru/journal/article/fraktaly-postigaya-vzaimosvyazannyi-mir

7. https://imagej.nih.gov/ij/plugins/fraclac/FLHelp/Fractals.htmю

8. https://digitall-angell.livejournal.com/346530.

9. zen.yandex.ru/fraktalnost-mira

10. https://vuzlit.ru/962383/osnovnye_svoystva_fraktalov

FEATURES OF THE AGE OF NONLINEARITY IN EARTH SCIENCE

Ivanov, O. P., phd, Ministry of health of the Moscow state University named after M. V. Lomonosov; ivanovop2007@yandex.ru

Abstract. Starting with Henri Poincare (1897), a new scientific direction has emerged: nonlinear dynamics-the science that studies the structure and properties of evolutionary processes in nonlinear dynamical systems. A little later in the 19th century began active development of various revealing his theories - the theory of bifurcations, singularity theory, theory of self-organization, catastrophe theory, theory of fractals etc..

In General it sounds like the age of analysis from the standpoint of nelinho approach for complex systems.

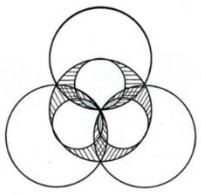
Newtonian and Laplace determinism have become inconsistent, the understanding of space-time categories has advanced, and a number of interstitial trends have emerged, such as synergetics, the cumulative-dissipative approach, hypercycle theory, and others.. There was an interest in such concepts as non-equilibrium, instability, nonlinearity, open systems, global evolutionism, chaos, attractors, fractals, etc.in Fact, non-linear dynamics became the engine of progress.

Keywords: evolution, bifurcations, autowaves, instability, fractals, chaos, dynamic chaos.

REFERENCES

1. Ivanov O.P., O planetarnoj samoorganizacii i roli kinematicheskix parametrov v endogennom razvitii planet. Zh Z 2020 Vol. 42, № 3, s.271-282;https://ipfran.ru/science/nonlinear-dynamics;
2. https://ipfran.ru/science/nonlinear-dynamics
3. https://yandex.ru/images/search?text=Метод%20фазовой%20плоскости&source=related-duck
4. http://www.decoder.ru/list/all/topic_12/
5. https://www.nkj.ru/archive/articles/5901/
6. http://www.delphis.ru/journal/article/fraktaly-postigaya-vzaimosvyazannyi-mir
7. https://imagej.nih.gov/ij/plugins/fraclac/FLHelp/Fractals.htmю
8. https://digitall-angell.livejournal.com/346530.
9. zen.yandex.ru/fraktalnost-mira
10. https://vuzlit.ru/962383/osnovnye_svoystva_fraktalov

УДК 550.3, 551.2, 528.22



ДРЕЙФ ЦЕНТРА МАСС ЗЕМЛИ И ВЕКОВЫЕ ВАРИАЦИИ СИЛЫ ТЯЖЕСТИ

Баркин Ю.В., д.ф-м.н.; Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, г. Москва, Россия

Аннотация. Показано, что вековое смещение центра масс Земли (дрейф), наблюдаемое методами космической геодезии, и деформация поверхности Земли дают наиболее значительные вклады в вековые изменения силы тяжести на поверхности Земли, которые фиксируются с помощью абсолютных и сверхпроводящих гравиметров. Простейшие оценки векового изменения силы тяжести на данной станции могут быть сделаны непосредственно по вековой вариации высоты станции, определенной по спутниковым данным GPS наблюдений. Эти данные определяют тренд станции непосредственно по отношению к дрейфующему центру масс Земли. Однако, они не позволяют оценить вклады указанных выше эффектов: дрейфа центра масс и изменения высоты станции из-за деформации, а фактически определяют их разность. Выполненный анализ позволил оценить вклад дрейфа центра масс Земли в вариации силы тяжести на данной гравиметрической станции, а также вклад деформации поверхности Земли и соответствующего изменения высоты станции. Для 8 известных и ведущих гравиметрических станций указанные составляющие вариаций силы тяжести были вычислены. Было показано, что указанные два фактора являются основными, а их сумма в основном объясняет наблюдаемые в настоящее время вариации силы тяжести на ряде известных гравиметрических станций: Нью Алесунд (Норвегия), Сева (Антарктида), Черчилл (Канада), Вухан (Китай), Медичина (Италия), Болонья (Италия), Мембах (Бельгия) и Метсахови (Финляндия).

Ключевые слова: вариации силы тяжести, вариации высот, дрейф центра масс Земли

ВВЕДЕНИЕ

Еще в давние времена ученые задавались вопросом о возможных смещениях центра масс Земли вследствие перераспределения ее масс. Одним из первых эту проблему исследовал М.В. Ломоносов, который “... сделал четыре новоизобретенных пендула (маятника)..., чтобы узнать всегда ли с Земли центр, притягивающий к себе тяжелые тела, стоит неподвижно или переменяет место” (из переписки М.В. Ломоносова [Куликовский, 1986]). При помощи указанных приборов проводились измерения непрерывно с 1756 по 1764 г., но, так как точность не отвечала требованиям поставленного исследования, М.В. Ломоносов вынужден был констатировать: “колебания силы тяжести столь малы, что упомянутым прибором не могли быть подмечены” [Куликовский, 1986; Авсюк, Левин, 1999]. Более того, М.В. Ломоносов фактически поставил обратную задачу – об определении возможных смещений центра масс по гравиметрическим измерениям [Barkin, 2010a, б].

Позднее гравиметристы не раз обращали внимание на взаимосвязь возможных смещений центра масс и перераспределения масс Земли и их отражений в показаниях гравиметрических приборов [Грушинский, 1983]. Два с половиной века ушло на разработку данной проблемы и поиск ответа на вопрос: если вековые изменения силы тяжести имеют место в реальной действительности, то каковы основные механизмы этих изменений? В данной работе дается ответ на указанный вопрос. Вековые изменения силы тяжести – это реальное явление, которое установлено и наблюдается на многих гравиметрических станциях мира. Основными факторами установленных вариаций силы Дрейф центра масс земли и вековые вариации силы тяжести являются: изменения силы гравитационного притяжения из-за дрейфа центра масс Земли в северном направлении и деформации поверхности Земли по отношению к заданной опорной мантийной системе координат. Полярный дрейф центра масс Земли в северном направлении был теоретически предсказан автором в 1995 г. [Баркин, 1995] и впоследствии получил подтверждение в спутниковых наблюдениях методами космической геодезии [Tatevian, Kuzin, Kaftan, 2005; Баркин, Зотов, Любушин, 2007; Zotov, Barkin, Lubushin, 2009]. Выполненные исследования показали, что указанный

дрейф центра масс Земли характеризуется значительной скоростью (около 5–6 мм/год) и не может быть объяснен известными перераспределениями поверхностных масс Земли, но вполне естественно объясняется с помощью механизма однонаправленного дрейфа центра масс внешнего ядра Земли [Баркин, 1995, 1996а, б, 2009а; Barkin, 2005]. По нашим геодинамическим исследованиям вековой дрейф центра масс ядра относительно центра масс мантии в современную эпоху происходит со скоростью 2.6±0.4 см/год по направлению к полюсу с координатами 70° с.ш., 104° в.д. (район п-ва Таймыр) [Barkin, 2001; Баркин, 2008]. Избыточная масса внешнего ядра (вызванная контрастом средней плотности ядра и плотности при подошве мантии) оценивается примерно в 16.7 масс Луны. В данной работе для широкого списка гравиметрических станций, распределенных по всему миру, получены теоретические значения вековых вариаций силы тяжести и высот станций, обусловленных дрейфом ядра Земли (ее центра масс) (табл. 1; см. в конце статьи). При учете векового дрейфа центра масс ядра Земли и с учетом данных о вековых изменениях GPS высот дано объяснение наблюдаемым вековым вариациям силы тяжести на ведущих гравиметрических станциях: Нью Алесунд (Норвегия), Сева (Антарктида), Черчилл (Канада), Вухан (Китай), Медичина (Италия), Болонья (Италия), Мембах (Бельгия) и Метсахови (Финляндия) (табл. 2; см. в конце статьи).

Вековой дрейф центра масс Земли к северу по отношению к специальному центру O на оси вращения Земли, для которого коэффициент третьей зональной гармоники $3J'$ обращается в нуль, был предсказан в работе автора [Баркин, 1995]. Дрейф происходит по направлению к географической точке (полюсу P) 70°0′ с.ш. и 104°3′ в.д. Впервые оно было установлено теоретически в других работах автора (см., например, [Barkin, 2001]) в результате модельного анализа глобального направленного перераспределения масс Земли, объясняющего вековой дрейф полюса оси вращения Земли и неприливное ускорение ее осевого вращения. В [Баркин, 1995; Barkin, 2010] скорость дрейфа была оценена в 1–2 см/год. Для указанного центра O фигура планеты как бы лишена грушевидности ($3\ 0J' =$). И в этом смысле точка может быть условно сопоставлена геоцентру Земли, приближенно определяемому по положению станций спутниковых наблюдений,

как центр определенной мантийной системы координат Oxyz. Для объяснения такого значительного дрейфа центра масс Земли был предложен механизм однонаправленного смещения ядра Земли (и его центра масс) относительно вязкоупругой мантии [Баркин, 1996а,б]. В последующие годы неоднократно предпринимались попытки определения скорости векового дрейфа центра масс по отношению к мантийной системе координат методами космической геодезии на основе высокоточных спутниковых наблюдений. В работах [Баркин, Зотов, Любушин, 2007; Zotov, Barkin, Lubushin, 2009] для определения тренда центра масс использовались данные международной службы вращения Земли (IERS) для спутниковых наблюдений системы DORIS.

В качестве базовой системы координат выберем мантийную систему координат Oxyz, задаваемую базовой системой станций системы DORIS, по отношению к которой определялись координаты центра масс Земли. На основе известных временных рядов системы DORIS для координат центра масс в основной системе координат Oxyz (данные Международной службы вращения Земли) были определены составляющие скорости дрейфа центра масс Земли для интервала времени наблюдений 1993–2007 гг. [Zotov, Barkin, Lubushin, 2009]: Cx =–1.75±0.06 мм/год; Cy =0.27±0.06 мм/год; Cz =5.24±0.29 мм/год. (1) На основе данных названной работы для составляющих скорости дрейфа центра масс в той же геоцентрической гринвичской системе координат, но для более короткого промежутка времени 1999–2007 гг., были получены аналогичные оценки: Cx =–1.46±0.05 мм/год; Cy =0.79±0.05 мм/год; Cz =5.29±0.15 мм/год. (2) В этом случае линейный тренд центра масс характеризуется скоростью 5.54±0.16 мм/год, а направление дрейфа – широтой 72°6′±10°5′ с.ш. и долготой 118°4′±0°68′ в.д. Это направление смещения центра масс хорошо согласуется с направлением, предсказанным ранее теоретически [Barkin, 2001; Баркин, 2005]: 70° с.ш. и 104°3′ в.д. Модельные исследования векового направленного перераспределения масс Земли были выполнены на основе модели точки переменной массы [Barkin, 2001]. Она представляет собой материальную точку с медленно нарастающей массой и расположенной на поверхности Земли в указанном полюсе P с координатами 70°0′ с.ш. и 104°3′ в.д. Допускается, что масса точки аккумулируется со всей

поверхности Земли. Фактически указанная модель есть простейшая модель направленного прилива флюидных масс в верхних слоях Земли под действием гравитационного притяжения, смещающегося к полюсу P ядра Земли. Выполненные исследования показали, что эта модель хорошо объясняет вековые вариации коэффициентов геопотенциала 2 3 4 6 8, , , ,J J J J J , 21C , 21S , но не может объяснить вариации коэффициентов первой гармоники геопотенциала: 11C , 11S и 10C (в базовой системе координат, принятой для наблюдений станций системы DORIS). Эти вариации можно оценить по полученным из наблюдений значениям составляющих скоростей дрейфа центра масс (2): 11 /CC x r⊕= =(–22.92±0.94) ·10–11 1/год, 11 /CS y r⊕= =(12.40±0.94) ·10–11 1/год, (3)10 /CC z r⊕= =(83.03±2.35)·10–11 1/год. Эти значения примерно в 25 раз больше модельных значений, которые составляют [Barkin,2001]. (4) Таким образом, модель направленного перераспределения масс Земли в виде точки переменной массы хорошо моделирует вариации второй и более высоких гармоник геопотенциала, но не объясняет изменений первой гармоники (объясняет лишь малую часть наблюдаемого смещения центра масс (2) (~4%)). Большие значения вековых скоростей (3) можно было бы объяснить в рамках модели точек переменной массы [Barkin, 2001], если увеличить примерно в 25 раз скорость изменения массы модельной точки из указанной работы. Но этого нельзя сделать, так как при этом успешное моделирование коэффициентов второй и высших гармоник геопотенциала будет утрачено. А это означает, что следует искать другую причину создавшейся ситуации, поскольку пере-Дрейф центра масс земли и вековые вариации силы тяжести, распределение масс в верхних слоях Земли никак не могут объяснить наблюдаемый дрейф центра масс, что и подтверждается многочисленными исследованиями перераспределения флюидных масс на планете. Выход только один – допустить, что центры масс основных и наиболее массивных оболочек планеты испытывают значительные смещения друг относительно друга. При этом их смещения вносят самый большой вклад в вариации коэффициентов первой гармоники, не оказывая заметного влияния на коэффициенты второй и высших гармоник геопотенциала. Приведенные здесь рассуждения опираются на геодинамическую модель вынужденных

относительных смещений и колебаний ядра и мантии и других оболочек Земли под действием гравитационного влияния внешних небесных тел [Баркин, 2002]. Фактически они свидетельствуют в пользу реальности относительного смещения ядра и мантии Земли (точнее говоря – направленного векового дрейфа центра масс ядра относительно центра масс мантии). Выполненное моделирование перераспределения масс Земли (точечная модель) служит одним из веских доказательств смещений и дрейфа ядра Земли относительно вязкоупругой мантии в современную эпоху. Другими свидетельствами дрейфа ядра служат, например, данные о циклической миграции сейсмической и вулканической активности между северным и южным полушариями Земли и ее “зеркальности”, медленное нарастание глобальной сейсмической и вулканической активности [Горькавый, Трапезников, Фридман, 1994; Белов, Шестопалов, Харин, 2009; Фридман, Поляченко, Гасырканов, 2010; Barkin, 2007a,b], контрастное нарастание средних уровней океана в северном и южном полушариях Земли [Barkin, 2007a,b; Barkin et al., 2008; Barkin, 2009d, 2010c]. На основе указанной геодинамической модели возбуждения оболочек небесного тела получили динамическую интерпретацию такие сложные явления как высокая активность полярных областей планет и спутников [Barkin, 2009c], явление ступенчатых (катастрофических) вариаций активности природных процессов [Баркин, 2009б], явления цикличности и синхронности природных процессов на Земле и на телах Солнечной системы в целом [Баркин, 2002, 2009в], дана интерпретация наблюдаемым циклическим инверсионным изменениям климата в северном и южном полушариях Земли [Barkin, 2009a]. Все указанные явления фактически были предсказаны автором на основе геодинамической модели вынужденной раскачки и колебаний системы оболочек Земли под действием гравитационного притяжения внешних небесных тел и впоследствии получили четкие подтверждения в данных геодинамических и геофизических наблюдений. В общем случае речь, конечно, идет не только о вековом тренде, а о широком спектре колебаний системы ядро-мантия, сопровождающихся циклическими и синхронными вариациями всех наблюдаемых планетарных природных процессов в самых разнообразных шкалах времени, включая геологическую. Перераспределение поверхностных масс

Земли, в частности вызванных смещением центра масс Земли, также приводит к изменению силы тяжести в данном пункте на поверхности Земли. Наблюдаемые медленные изменения гравитационного поля Земли, характеризуемые соответствующими изменениями коэффициентов второй, третьей и более высоких гармоник геопотенциала, также могут быть учтены при определении вариаций силы тяжести. Однако, эта вековая составляющая характеризуется малой величиной. Например, вековое изменение коэффициента второй гармоники геопотенциала ( ) 11 2 2.9 0.4 10J − = − ± · 1/год [Cheng, Shum, Tapley, 1997] приводит к дополнительной вариации силы тяжести со скоростью g ≈ –0.05–0.10 мкГал/год (в зависимости от места расположения гравиметрической станции). В данной работе указанные малые поправки к вариациям силы тяжести не рассматриваются, а показано, что определяющий вклад в эти вариации вносит дрейф центра масс Земли и деформации ее поверхности.

Вековой дрейф ядра к северу и вариации силы тяжести на поверхности Земли Смещающееся ядро Земли обладает колоссальной избыточной массой примерно в 17 масс Луны. Избыточная масса определяется контрастными значениями средних плотностей ядра и мантии (близ подошвы) и составляет 19.32% массы всей Земли [Баркин, 2002]. При смещении ядра относительно вязкоупругой мантии его избыточная масса вызывает наблюдаемый дрейф центра масс, а также приводит к изменениям силы тяжести на поверхности планеты. Кроме этого гравитационное притяжение смещающегося ядра вызывает деформации всех слоев мантии, включая поверхностный слой. Деформированная мантия создает дополнительный гравитационный потенциал, который дает дополнительный вклад в значение силы тяжести. Таким образом, отмеченные факторы приводят к вековой вариации силы тяжести, которая описывается простой формулой [Barkin, 2001; Баркин, 2005]:

Здесь 0.1932cm m⊕Δ = – избыточная масса ядра Земли в массах Земли m⊕; g – ускорение свободного падения; 2k− и 2h− – числа Лява порядка (–2); ρ – скорость дрейфа центра масс ядра относительно центра масс мантии; Θ – угол между направлением на полюс P, по направлению к которому дрейфует ядро Земли (или ее центр масс), и на заданную гравиметрическую станцию. Для грубых

оценок гравиметрических эффектов от векового дрейфа центра масс в качестве полюса Р принимался северный полюс Земли. При этом / 2Θ = π − φ есть дополнение до широты. При более точном описании дрейфа центра масс Земли (или ее ядра) угол Θ определяется формулой ( )cos cos cos cos sin sinP P PΘ = φ φ λ − λ + φ φ , где Pφ и Pλ – широта и долгота полюса Р; φ и λ – широта и долгота станции. Числа Лява порядка (–2) впервые были оценены в работе [Баркин, 2005]: Дрейф центра масс земли и вековые вариации силы тяжести Подчеркнем, что высота станции определяется по отношению к дрейфующему центру масс, как это фактически принято в длительных рядах GPS наблюдений. Отметим, что гравитационное притяжение смещающегося ядра приводит также к эффекту возрастания горизонтальной составляющей силы притяжения Земли на ее поверхности, направленной к северу вдоль соответствующего меридиана с полюсом Р [Баркин, 2009]. Эта составляющая характеризуется положительными значениями скорости нарастания составляющей (по величине порядка 1 мкГал/год), что указывает на ее общее направление к северу. Она имеет первостепенное значение для медленного (эволюционного) перераспределения масс Земли вдоль направления юг–север (в соответствующих шкалах времени) и будет изучена в отдельной работе. В работах [Разницин, Баркин, 2010; Гончаров, Разницин, Баркин, 2010] исследованы крупные тектонические структуры Земли на поверхности континентов и на дне океана с характерной ориентацией и простиранием по направлению юг–север (с субмеридиональной направленностью) и показано, что их природа тесно связана с гравитационным воздействием на верхние слои коры и литосферы (вдоль меридианов) дрейфующего к северу ядра Земли. Формулы (6)–(8) и (11)–(14) позволяют вычислить вековые вариации силы тяжести и высот, вызванные смещением центра масс Земли, а также их погрешностей для любой гравиметрической станции с заданными географическими координатами φ и λ. Расчетные значения вариаций силы тяжести и высот станций, обусловленные вековым дрейфом центра масс Земли Расчетные значения гравиметрических характеристик (9) и (11) для широкого списка гравиметрических станций и для заданного режима дрейфа центра масс Земли (2) получены в данной работе и приводятся в табл. 1. Эти

результаты уточняют и дополняют аналогичные результаты, полученные в работе [Баркин, 2009б] для четырех гравиметрических станций, на случай дрейфа центра масс, описываемого формулами (2). Если притягивающий центр сближается с гравиметрической станцией, то измеряемая на ней сила тяжести возрастает. И, наоборот, при удалении центра масс Земли от станции сила тяжести убывает. Исторически сложилось так, что современные спутниковые GPS определения высот станции характеризуют изменения расстояния между подвижным (дрейфующим) центром масс Земли и станцией. Тренд центра масс в этой системе измерений дальностей фактически исключается из рассмотрения. Но подобным недостатком не обладает другая космическая система измерений – DORIS, поэтому в нашей работе используются данные для этой системы. Для наших исследований важной характеристикой является вековая вариация высоты станции не по отношению к центру масс Земли, а по отношению к центру базовой системы координат данной эпохи (в которой определяются значения координат центра масс Земли по DORIS наблюдениям). Фактически речь идет об изменении высоты станции в указанной системе координат, вызванном деформацией поверхности Земли. Для определения этой вариации высоты нужно к вариации GPS высоты станции добавить эффект от дрейфа самого центра масс. Указанные добавки для обширного списка станций приведены в табл. 1. Измерения GPS высот являются довольно точными (с погрешностями порядка 0.1 мм/год) и в последние 5–10 лет ведутся на многих станциях мира. Гравиметрические измерения уступают в точности спутниковым измерениям и с помощью абсолютных гравиметров ведутся в последние 10–20 лет довольно эпизодически и на выборочных станциях. Тем не менее, в данной работе дано объяснение наблюдаемых вариаций высоты и силы тяжести для восьми ведущих гравиметрических станций. Объяснение наблюдаемых вековых вариаций силы тяжести и высот на гравиметрических станциях. Станция Нью Алесунд (Норвегия) имеет географические координаты: 78°93′ с.ш.,11°87′ в.д. Линейный тренд силы тяжести был выявлен по четырем наблюдениям на трех различных абсолютных гравиметрах FG5 в период 1998–2002 гг. и составил –2.5±0.9 мкГал/год. Вековая вариация GPS высот примерно в тот же период составила

6.9±0.9 мм/год [Sato et al., 2006]. По нашей модели медленное приближение ядра к станции Нью Алесунд вызывает положительную вариацию силы тяжести 1.61±0.09 мкГал/год и отрицательную вариацию высоты станции –5.06±0.30 мм/год (табл. 1). Приведенные данные свидетельствуют о деформации поверхности Земли в районе станции с большой скоростью 11.96±1.20 мм/год, вследствие которой сила тяжести испытывает отрицательную вариацию – 3.76±0.38 мкГал/год. Складывая эффекты вариации силы тяжести из-за смещения ядра и от деформации поверхности, получаем отрицательное значение –2.15±0.47 мкГал/год, что в пределах погрешностей согласуется с наблюдаемым значением –2.5±0.9 мкГал/год.

Станция Сева (Антарктида) имеет географические координаты 69°01′ ю.ш., 39°59′ в.д. Сила тяжести на станции меняется с малой скоростью и ее определение представляет собой сравнительно трудную задачу. По измерениям на абсолютных гравиметрах FG5 в 1995, 2001 гг. и в период декабрь 2003 – февраль 2004 гг. была получена оценка −0.27±0.42 мкГал/год [Fukuda et al., 2004]. Спутниковые GPS определения вековой вариации высоты для периода 1999–2004 гг. дают значение 2.4±0.3 мм/год [Fukuzaki et al., 2005]. Медленное удаление центра масс Земли от станции Сева к северу вызывает отрицательную вариацию силы тяжести – 1.67±0.10 мкГал/год и положительную вариацию высоты станции +5.31±0.30 мм/год (табл. 1). Эти данные свидетельствуют о деформации поверхности Земли в районе станции со скоростью –2.75±0.54 мм/год, вследствие которой сила тяжести испытывает положительную вариацию 0.86±0.17 мкГал/год. Складывая эффекты вариации силы тяжести из-за смещения ядра и от деформации поверхности, получаем значение –0.81±0.27 мГал/год, которое с учетом имеющихся значительных погрешностей согласуется с ранее полученной оценкой в –0.27±0.42 (другая оценка составляет –0.56) мкГал/год [Fukuda et al., 2004]. Станция Черчилл (Канада) имеет географические координаты 58°77′ с.ш., –94°17′ з.д. Наблюдаемый на этой станции линейный тренд силы тяжести составляет – 2.13±0.23 мГал/год, соответственно, в период 1987–2001 гг. [http://gsc.nrcan.gc.ca/geodyn/midtilt_e.php] или –1.99±0.10 мкГал/год за длинный период времени 1986–2009 гг. [Lee et al., 2008]. Спутниковые наблюдения

позволили выявить вековое возрастание коры в районе станции со скоростью 9.0±0.9 мм/год [Lee et al., 2008]. В этом случае медленное приближение ядра к станции Черчилл вызывает положительную вариацию силы тяжести 1.38±0.09 мкГал/год и отрицательную вариацию высоты станции – 4.41±0.28 мм/год (табл. 1). Таким образом, оба фактора – деформация поверхности и притяжение смещающегося ядра – приводят к вариации силы тяжести –2.83±0.46 мкГал/год, что в пределах ошибок согласуется с наблюдаемой вариацией силы тяжести в период 1987–2001 гг. 4.21±0.37 мкГал/год.

Станция Вухан (Китай) имеет географические координаты 30°52′ с.ш., 114°49′ в.д. Измерения силы тяжести с 1998 г. на сверхпроводящем гравиметре позволили Дрейф центра масс земли и вековые вариации силы тяжести определить ее положительный линейный тренд 1.85±0.03 мкГал/год. Этому значению можно сопоставить уменьшение высоты станции со скоростью – 5.94±0.11 мм/год. Спутниковые GPS определения вековой вариации высоты для указанного периода 1998–2004 гг. дают значение –6.43±0.20 мм/год [Zhong, Xu, 2004]. Медленное сближение ядра к станции Вухан вызывает положительную вариацию силы тяжести 1.10±0.07 мкГал/год и отрицательную вариацию высоты станции –3.50±0.22 мм/год (табл. 1). Эти данные свидетельствуют о слабой деформации (опускании) поверхности Земли в районе станции со скоростью – 2.93±0.42 мм/год, вследствие которой сила тяжести испытывает положительную вариацию 0.92±0.13 мкГал/год. Складывая эффекты вариации силы тяжести из-за смещения ядра и деформации поверхности, получаем значение 2.02±0.20 мкГал/год довольно близкое к наблюдаемому значению 1.85±0.03 мкГал/год [Xu et al., 2008].

Станция Медичина (Италия). Период наблюдений 1996–2001 гг. Станция имеет географические координаты 44°52′ с.ш., 11°65′ в.д. Измерения силы тяжести в период 1999–2002 гг. на абсолютных гравиметрах позволили определить ее положительный линейный тренд 1.9±0.1 мкГал/год [Zerbini et al., 2001]. Спутниковые определения вековой вариации высоты для указанного периода дают значение –7.0±0.2 мм/год. По нашей модели медленное приближение ядра к станции Медичина вызывает положительную вариацию силы

тяжести 0.78±0.09 мкГал/год и отрицательную вариацию высоты станции – 2.49±0.27 мм/год (табл. 1). Эти данные свидетельствуют о деформации поверхности Земли в районе станции со скоростью –4.51±0.47 мм/год, вследствие которой сила тяжести испытывает положительную вариацию 1.42±0.15 мкГал/год. Складывая эффекты вариации силы тяжести из-за смещения ядра и деформации поверхности, получаем значение 2.20±0.24 мкГал/год, что хорошо согласуется с наблюдаемым значением вариации силы тяжести 1.9±0.1 мкГал/год.

Станция Болонья (Bolonga, Италия) расположена недалеко от станции Медичина. Ее координаты 44°48′ с.ш., 11°33′ в.д. В последние годы на станции Болонья были выполнены обширные исследования возможных вековых изменений силы тяжести и их погрешностей с помощью абсолютных гравиметров FG5-220 (2003/2004–2008). Была получена приближенная оценка векового нарастания силы тяжести в 4.17±1.75 мкГал/год [Gitlein et al., 2009]. С другой стороны, спутниковые наблюдения позволили выявить вековое убывание высоты станции со скоростью –10.56±0.25 мм/год [Gitlein et al., 2009]. Медленное сближение ядра со станцией Болонья вызывает положительную вариацию силы тяжести 0.78±0.08 мкГал/год и отрицательную вариацию высоты станции – 2.49±0.25 мм/год (табл. 1). Это значит, что скорость деформации поверхности в районе станции составляет –8.07±0.50 мм/год. Ей соответствует вариация силы тяжести 2.53±0.16 мкГал/год. Таким образом, оба фактора – деформация поверхности и притяжение смещающегося ядра – определяют суммарный эффект вариации силы тяжести 3.31±0.24 мкГал/год. Полученное значение не противоречит имеющимся приближенным оценкам тренда силы тяжести 4.17±1.75 мкГал/год [Gitlein et al., 2009].

Станция Мембах (Бельгия) имеет координаты 50°61′ с.ш., 6°01′ в.д. Измерения силы тяжести на этой станции на абсолютных гравиметрах за период около 7 лет позволили выявить ее малый тренд –0.6±0.1 мкГал/год в период 1996–2002 гг. [Francis et al., 2004]. Спутниковые определения вековой вариации высоты для периода 1996–2004 гг. дают значение 2.5±0.5 мм/год. По нашим формулам приближение ядра, смещающегося к северу, дает вклад в изменение высоты станции со скоростью –2.97±0.27 мм/год и в возрастание силы тяжести

со скоростью 0.93±0.08 мкГал/год (табл. 1). По значениям указанных скоростей изменения высот находим скорость деформации поверхности Земли в районе станции Мембах 5.47±0.77 мм/год и вызванное этой деформацией изменение силы тяжести со скоростью –1.72±0.24 мкГал/год. Складывая теперь эффекты от деформации поверхности и дрейфа ядра, находим значение скорости убывания силы тяжести на станции Мембах со скоростью –0.79±0.32 мкГал/год, которое в пределах погрешностей совпадает с наблюдаемым значением скорости изменения силы тяжести на станции Мембах –0.6±0.1 мкГал/год [Francis et al., 2004].

Станция Метсахови (Финляндия). Исследования векового изменения силы тяже сти с помощью абсолютных гравиметров на станции Метсахови выполняются с 1980 г. Одной из наиболее точных оценок скорости убывания силы тяжести в районе этой станции, полученной по измерениям силы тяжести в период с 1980 г. по 2008 г., является значение –1.1±0.1 мкГал/год. Высокоточные GPS измерения высоты станции Метсахови в период 1993–2009 гг. позволили установить высотный тренд станции по отношению к подвижному центру масс Земли со скоростью 3.5±0.5 мм/год [Bilker-Koivula et al., 2007]. Медленное сближение ядра к станции Метсахови вызывает положительную вариацию силы тяжести 1.20±0.09 мкГал/год и отрицательную вариацию высоты станции –3.81±0.29 мм/год (см. табл. 1). Это значит, что скорость деформации поверхности в районе станции составляет 7.31±0.79 мм/год. Ей соответствует вариация силы тяжести –2.30±0.25 мкГал/год. Таким образом, оба фактора – деформация поверхности и притяжение смещающегося ядра – определяют суммарный эффект вариации силы тяжести –1.10±0.34 мкГал/год. Полученное значение практически совпадает с указанной выше оценкой скорости тренда силы тяжести при станции Метсахови в –1.10±0.10 мкГал/год.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе изучены вариации силы тяжести и высот для восьми известных гравиметрических станций, для которых имеются необходимые достаточно длинные ряды наблюдений на абсолютных гравиметрах и GPS измерения высот. Показано, что наблюдаемые значения вековых вариаций силы

тяжести и высот в основном объясняются вековым дрейфом центра масс Земли и деформацией ее поверхности. Результаты исследования приведены в табл. 2. Естественно, что при наличии аналогичных данных для других гравиметрических станций наши исследования будут продолжены. Полученные нами результаты будут уточняться в будущем по мере поступления новых и более точных данных по измерениям силы тяжести и GPS высот для станций, указанных в табл. 1.

№ п/п	Станция	Страна	Координаты станции		Расчетные значения	
			ϕ°	λ°	$\dot{g}$, мкГал/год	$\dot{h}$, мм/год
1	2	3	4	5	6	7
1	Нью Алесунд	Норвегия	78.93	11.87	1.61±0.09	–5.06±0.30
2	Эсаши	Япония	39.15	141.33	1.41±0.08	–4.50±0.25
3	Черчилл	Канада	58.77	–94.17	1.38±0.09	–4.41±0.28
4	Камиока	Япония	36.43	137.31	1.35±0.08	–4.29±0.24
5	Матсухиро	Япония	36.54	138.21	1.35±0.08	–4.31±0.24
6	Келливилл	Гренландия	67.01	–50.71	1.35±0.09	–4.31±0.30
7	Мун Гуанг	Ю. Корея	36.64	128.21	1.31±0.08	–4.16±0.24
8	Киото	Япония	35.03	135.79	1.31±0.07	–4.18±0.24
9	Кулусук	Гренландия	65.57	–37.18	1.30±0.04	–4.13±0.30
10	Вааса	Финляндия	63.10	21.60	1.25±0.09	–3.98±0.29
11	Межд. Фолс	Канада	48.59	–93.41	1.20±0.08	–3.82±0.26
12	Метсахови	Финляндия	60.22	24.40	1.20±0.09	–3.81±0.29
13	Мокса	Германия	59.65	11.62	1.16±0.09	–3.68±0.29
14	Вухан	Китай	30.52	114.49	1.10±0.07	–3.50±0.22
15	Кантли	Канада	45.59	284.19	1.02±0.08	–3.26±0.26
16	Синчу	Тайвань	24.79	120.97	1.01±0.06	–3.23±0.20
17	Санспот НМ	США	32.77	–105.82	0.95±0.07	–3.02±0.22
18	Печь	Чехия	49.92	14.78	0.93±0.09	–2.97±0.27
19	Бад-Хомбург	Германия	50.23	8.61	0.93±0.08	–2.95±0.27
20	Мембах	Бельгия	50.61	6.01	0.93±0.08	–2.97±0.27
21	Уолферданж	Люксембург	49.67	6.15	0.91±0.08	–2.89±0.26
22	Веттцель	Германия	49.14	12.88	0.91±0.08	–2.89±0.27
23	Вена	Австрия	48.25	16.36	0.89±0.08	–2.84±0.27
24	Страстбург	Франция	48.62	7.68	0.88±0.08	–2.81±0.26
25	Баксан	Россия	43.20	42.72	0.87±0.08	–2.79±0.27
26	Зеленчукская	Россия	43.51	41.36	0.87±0.08	–2.79±0.26
27	Остин	США	30.29	–97.74	0.82±0.06	–2.62±0.21
28	Дехрадун	Индия	30.32	78.07	0.80±0.07	–2.56±0.21
29	Медичина	Италия	44.52	11.65	0.78±0.09	–2.49±0.27
30	Болонья	Италия	44.48	11.33	0.78±0.08	–2.49±0.25
31	Бандунг	Индонезия	–6.90	107.63	0.05±0.04	–0.15±0.11
32	Таити	Франция	–17.58	–149.61	–0.09±0.05	0.28±0.17
33	Манаус	Бразилия	–3.01	–60.00	–0.43±0.03	1.38±0.10
34	Тидбинбилла	Австралия	–34.44	148.94	–0.51±0.07	1.61±0.23

35	Канберра	Австралия	–35.32	149.01	–0.53±0.07	1.69±0.24
36	Консепсьон	Чили	–36.84	286.98	–1.18±0.07	3.76±0.23
37	Сазерленд	Ю. Африка	–32.38	20.81	–1.29±0.07	4.11±0.22
38	Сева	Антарктида	–69.01	39.59	–1.67±0.10	5.31±0.30

Таблица 1. Расчетные значения вариаций силы тяжести r g и вариаций высот h гравиметрических станций мира, вызванные вековым дрейфом центра масс Земли. Значения указаны с погрешностями.

Станция	Страна	Значения вариаций силы тяжести, мкГал/год	
		расчетные	наблюдаемые
Нью Алесунд	Норвегия	–2.2±0.5	–2.5±0.9
Сева	Антарктида	–0.8±0.3	–0.3±0.4
Черчилл	Канада	–2.8±0.5	–2.1±0.2
Вухан	Китай	+2.0±0.2	+1.9±0.1
Медичина	Италия	+2.2±0.2	+1.9±0.1
Болонья	Италия	+3.3±0.2	+4.2±1.8
Мембах	Бельгия	–0.8±0.3	–0.6±0.1
Метсахови	Финляндия	–1.1±0.3	–1.1±0.1

Таблица 2. Расчетные и наблюдаемые значения вариаций силы тяжести

ЛИТЕРАТУРА

1.Авсюк Ю.Н., Левин Б.В. К вопросу М.В. Ломоносова о перемещениях центра Земли // Вестн. РФФИ. 1999. Т. 2 (16). С.4–11.

2. Баркин Ю.В. О движении центра масс Земли, обусловленном глобальным изменением ее динамического строения и приливными деформациями // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 3.Физика, астрономия. 1995. Т. 36, No 5. С.99–101.

3. Баркин Ю.В. Вековой дрейф центра масс Земли, обусловленный движением плит // Вестн. Моск. гос. ун-та. Сер. 3. Физика, астрономия. 1996а. Т. 37, No 2. С.79–85.

DRIFT OF THE EARTH'S CENTER OF MASS AND AGE-OLD VARIATIONS GRAVITY FORCES*

Barkin Yu.V., Sternberg Astronomical Institute, Moscow, Russia

Abstract. It is shown that the secular displacement of the Earth's center of mass (drift) observed by space geodesy methods and the deformation of the Earth's surface make the most significant contributions to the secular changes in gravity on the Earth's surface, which are recorded using absolute and superconducting gravimeters. The simplest estimates of the secular change in gravity at a given station can be made directly from the secular variation in the height of the station, determined by satellite GPS observations. These data determine the trend of the station directly in relation to the drifting center of mass of the Earth. However, they do not allow us to estimate the contributions of the above effects: the drift of the center of mass and the change in the height of the station due to deformation, but actually determine their difference. The analysis made it possible to estimate the contribution of the drift of the Earth's center of mass to gravity variations at this gravimetric station, as well as the contribution of surface deformation The ground and the corresponding change in the height of the station.

Keywords: gravity variations, height variations, drift of the Earth's center of mass

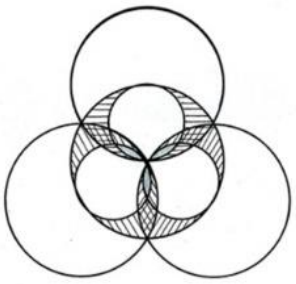
REFERENCES

1. Avsyuk Yu.N., Levin B.V. To the question of M.V. Lomonosov on the displacements of the center of the Earth // Vestn. RFBR. 1999. Vol. 2 (16). P.4–11.

2. Barkin Yu.V. On the motion of the Earth's center of mass caused by a global change in its dynamic structure and tidal deformations // Vestn. Moscow state university Ser. 3. Physics, astronomy. 1995. T. 36, No 5. P. 99–101.

3. Barkin Yu.V. Secular drift of the Earth's center of mass due to plate motion // Vestn. Moscow state university Ser. 3. Physics, astronomy. 1996a. T. 37, No 2. P. 79–85.

УДК 52.5, 521.1, 523.9, 524.8, 530.1



НЕЛИНЕЙНАЯ ВСЕЛЕННАЯ

Климов В.К., инженер, г. Владивосток, Российская Федерация

Аннотация. Понять скрытые механизмы природы, связать разрозненные наблюдаемые явления в единую картину Мироздания, определить наше место во Вселенной и предопределить своё будущее – вот цель и задача данного исследования.

Ключевые слова: тёмная материя, природа гравитации, эволюция планет, климат Земли

Благодарности: автор выражает признательность О.Е.Акимову и В.Н.Леонович за обсуждение работы и полезные замечания.

ВВЕДЕНИЕ

Лавинообразно нарастающий объём новых данных, получаемых в результате реализации космических программ исследования Солнечной системы, складывается в мозаику, которая является предвестником рождения новой академической науки. Эта новая наука наиболее просто и с единых позиций способна объяснить более широкий круг наблюдаемых явлений и приводит нас к кардинально иной картине мироздания.

1. СУБСТАНЦИОНАЛЬНОЕ ПРОСТРАНСТВО

«С точки зрения статистической термодинамики, ставшая классической фраза «…материя существует в виде вещества и в форме полей…» не является содержательным определением». Более конструктивным является другое определение: «Материя существует в виде частиц (диссипативной структуры), являющихся подсистемами с точки зрения макро, и системами, с точки зрения микро. Ансамбль подсистем, сформировавший в данной области пространства на данном промежутке времени «частицу», становится анизотропным и вне этой области, где изменяются его локальные «средние» характеристики. Различные

типы анизотропий, включая анизотропию функций распределения квазичастиц, обуславливают состояние ансамбля, которые следует называть полями. В этом смысле поля – вещественны, так как вещественны их носители (имеют форму и содержание) – подсистемы» [1].

Введём представление о квазичастице. Квазичастица является условно локализованной стационарной единицей подсистемы, обладающей единичной массой с нулевым зарядом и неограниченной степенью свободы.

Поля (подсистемы) проявляются по их силовому воздействию и характеризуются, как правило, двумя параметрами – потенциалом и напряжённостью. Потенциал гравитационного поля можно интерпретировать в терминах плотности подсистемы. Данный вывод следует из основного уравнения теории потенциалов – уравнения Пуассона: $\Delta\boldsymbol{\varphi} = \boldsymbol{4\pi G\rho}$, где φ - потенциал, ρ – локальная плотность среды. Но такая интерпретация будет недостаточной: не следует забывать о волновой природе гравитационного поля, на что указывает характер движения планет. Общее уравнение плотности энергии волны (E) имеет вид: $\boldsymbol{E} = \boldsymbol{\rho A^2\omega^2/2}$, где ρ- плотность среды, A, ω - амплитуда и угловая частота волны. Сшивая два уравнения, можно прийти к предварительному выводу: потенциал гравитационного поля (скалярная величина) определяет энергию флуктуации плотности среды с угловой частотой и амплитудой ($\boldsymbol{\omega_0}$, $\boldsymbol{A_0}$), зависящих от пространственной координаты R (расстояние от источника гравитационного поля, вернее, от источника осцилляций). В данном случае речь идёт о статистически зависимых или коррелированных друг с другом параметрах среды.

2. ПРОЦЕСС ПОЛЯРИЗАЦИИ ФИЗИЧЕСКОГО ВАКУУМА

Напряжённость гравитационного поля - векторная величина, характеризующая поток поля: $\vec{E} = \vec{F}/m = (m\vec{g})/m = \vec{g}$,где F – сила давления потока на пробную массу (m), g – ускорение свободного падения.

Напряжённость гравитационного поля можно интерпретировать как линейно ускоренный поток квазичастиц, направленный через поверхность сферы к центру массы, инициирующей это поле. При этом нужно учесть, что ни

масса (количество материи), ни раскалённое ядро планеты или звёзды не могут генерировать центростремительное поле ускорений: нет механизма генерации.

Пусть $\mathbf{A_m}$ – выделенный объёмный элемент потока гравитационного поля. Процесс трансформации энергии и материи в первом приближении будет:

$$\mathbf{E} = \mathbf{m} \int_{\varphi_2}^{\varphi_1} v(\varphi)\partial\varphi \quad \propto \quad \mathbf{m} \int_{c}^{v} v\,dv = -\frac{mc^2}{2}$$

φ_1 - потенциал бесконечно удалённой точки (r_1),

φ_2 - потенциал поля на гравитационном радиусе (r_g),

v – скорость изменения потенциала.

При увеличении потенциала гравитационного поля (плотности квазичастиц) в устойчивой системе равновесие сдвигается в направлении уменьшения суммарного количества квазичастиц с образованием продуктов реакции – электрона и позитрона (принцип Ле Шателье, фазовый переход первого рода). Фазовые переходы из одного стабильного состояния в другое описываются экспоненциально растущими функциями. Однако резонансные возбуждения (параметрический резонанс, как правило, возникает при быстром изменении параметров среды) существенно изменяют динамику процесса: вместо экспоненциального удаления от стационарного состояния система переходит к новому колебательному состоянию, которое в фазовом пространстве описывается в виде цикла. В данном случае, частота прохождения циклов сопоставима с частотой излучения пульсаров: в пределах цикла происходит накопление электронов и позитронов и их аннигиляция.

На вероятность образования электрон-позитронных пар при увеличении параметров поля указывал Джулиан Швингер (J.Schwinger). Он обнаружил зависимость интенсивности генерации пар (ω) от напряжённости поля (E):

$$\boldsymbol{\omega = \frac{ce^2E^2}{4\pi\hbar^2}\exp\left\{\frac{E_{\text{кр}}}{E}\right\}}$$

Эффект рождения пар становится заметным при $E_{кр.} \cong 10^{16}$ В/см. Таким образом, в процессе увеличения параметров поля (гравитационного, электромагнитного) будет наблюдаться пороговый эффект (например, фазовый переход первого рода) либо по частоте, либо по интенсивности.

Рождение e^- - e^+ пар из вакуума наблюдается при взаимодействии γ – квантов с полем ядра, при взаимодействии встречных лазерных пучков, при нуклон-нуклонных или ядерных столкновениях и представляет особый интерес. Однако строгой эффективной теории, позволяющей описать этот процесс непротиворечивым образом, до сих пор не существует. Если принять во внимание, что атом как структура весьма быстро разрушается, то есть все основания ожидать устойчивый во времени и пространстве компенсаторный процесс рождения структурной материи. Эти обстоятельства мотивируют исследования процесса образования e^-- e^+ пар в сильном гравитационном поле и дальнейшее их взаимодействие с формированием более сложных ансамблей, которые можно будет отождествлять с нуклонами. Эта задача по созданию основ более общей теории строения материи чрезвычайно сложна. Используя методы и опираясь на результаты, полученные авторами в ряде работ [2,3,4,5], можно предложить к обсуждению следующую упрощённую схему формирования структурной материи.

Необходимым условием поляризации среды, как устойчивого во времени процесса, является наличие внешнего высокочастотного источника колебаний. Таким природным источником является нейтронно-избыточное ядро или нейтронное ядро – аналог атомного ядра с отличием по массе. Нейтронное ядро или квантовый осциллятор когерентного состояния излучает как в высокочастотном спектре (излучение «комплектующих» ядра – нейтронов и протонов на частотах ω_nи ω_p), так и в низкочастотном спектре, где длина волны излучения сравнима с размером самого ядра. Устойчивое низкочастотное излучение (ω_3) связано с вращением ядра, которое возникает в результате синхронизации исходных колебаний. Колебания на частотах ω_nи ω_p порождают в системе колебание на кратной комбинированной частоте $j\omega_3$: $\boldsymbol{\omega_n + \omega_p = j\omega_3}$, где $\boldsymbol{j = 1, 2, 3, \ldots}$ (условие резонанса или синхронизма). Таким образом, вращение

нейтронного ядра не произвольно, а предопределяется режимом синхронизации с поставщиком энергии.

При высокочастотном внешнем воздействии в сплошной среде с дисперсией и диссипацией возникают сферически симметричные (относительно ядра) активные зоны деформации среды волнового характера с дискретным и равномерно распределённым набором значений энергий. Формирование активных зон нейтронным ядром связано с излучением когерентно осциллирующих внутри него нейтронов и протонов. При разности частот излучения нуклонов (длины волн де Бройля для нейтрона и протона различны) на ограниченных интервалах пространства возникает связанный режим колебаний, близкий к стационарному – амплитудно-модулированное колебание (АМК) с угловой модуляцией. В результирующем движении с коэффициентом модуляции равном единице АМК представляет собой характерное чередование узлов и пучностей или последовательность волновых пакетов периодичных с периодом $\boldsymbol{\pi}$. Активная или резонансная область характеризуется целым числом волн АМК, укладываемых по экватору сферы. Количество резонансных зон находится в прямой зависимости от массы ядра. Очевидно, что различие нейтронного ядра по массе на микроуровне обусловливает всё многообразие элементов (и их изотопов) таблицы Менделеева.

Эволюционируя по массе, нейтронное ядро остаётся квантовым осциллятором когерентного состояния, для которого произведение неопределённостей координаты и импульса принимают минимально возможное в рамках соотношения неопределённостей $\Delta \boldsymbol{x} \cdot \Delta \boldsymbol{p} = {\hbar}/{\mathbf{2}}$ значение: В этом случае, распространение мощных когерентных импульсов в резонансно-поглощающей среде сопровождается солитонными эффектами, т. е. волновые пакеты АМК не расплываются, а их центр движется по классической траектории. Нелинейное взаимодействие гармонических волн, сгруппированных в пакеты, обнаруживает поведение, роднящее их с частицами: локализованы в конечной области, переносят энергию и импульс, образовывают связанные состояния, объединяются в коллективы (ансамбли), сохраняют свою структуру при взаимодействиях. Если положить в основу объяснения заряда частицы

разность фаз на $\boldsymbol{\pi}$, то становится возможным отождествить устойчивые волновые пакеты с одинаковыми значениями массы и спина (спин возникает при разрыве АМК на отдельные волновые пакеты), но с противоположными знаками заряда, с элементарными частицами – электроном и позитроном. Такая модель строения атома, а речь идёт именно о модели строения атома, может разрешить ряд проблем: проблему свободных электронов при объяснении электрического тока, проблему излучения электрона при его вращении вокруг ядра или проблему «дырок» в полупроводниках *p* – типа.

Превышения массы нейтронного ядра некой пороговой величины ведёт к новым эффектам связанного состояния. Ряд последовательных локальных превращений (формирование и разрыв АМК на отдельные фрагменты, стохастизация волнового поля и рождение новых состояний равновесия с формированием устойчивых ансамблей волновых пакетов (электронов и позитронов)) приводит к возникновению устойчивого во времени локализованного в пространстве процесса рождения нуклонов. Частично нуклоны поглощаются нейтронным ядром, при этом масса нейтронного ядра монотонно растёт. Другая часть нуклонов идёт на формирование атомарной сферы вокруг ядра.

В предложенной модели физики элементарных частиц нуклоны представлены в виде устойчивых ансамблей, состоящих из связанных между собой волновых пакетов (электронов и позитронов), с различием по числу частиц в системе на единицу. Распад нейтрона идёт с самого уязвимого поверхностного слоя. При бета-распаде нейтрон теряет поверхностный обметающий (спиновой «хвост» волновой функции) электронный волновой пакет и превращается в протон с поверхностным позитронным слоем. При этом образуется электрон и электронное антинейтрино – частица с энергией, соответствующей энергии связи между электроном и позитроном. Очевиден и другой тип бета-распада – бета-плюс-распад или позитронная эмиссия: протон теряет внешний позитронный волновой пакет и превращается в нейтрон. К примеру, некоторые изотопы (углерод-11, кислород-15) испускают позитроны (согласно данной модели атома, позитронная эмиссия может иметь не ядерную природу). При данном подходе

к строению нуклонов, считать нейтрон истинно нейтральной частицей уже нельзя. Он конструктивно должен быть отрицательно заряженной частицей.

Отрицательный заряд нейтрона – принципиально важное предположение. И этому еретическому предположению есть все основания. Рассмотрим простейшие примеры.

Дейтерий – ядро, состоящее из протона и нейтрона.

pn = ^{2}D E_c = 2,2 МэВ p^+ n^-

При таком подходе к строению частиц, можно с уверенностью сказать, что устойчивых ядер, состоящих из двух протонов (дипротона) или двух нейтронов (динейтрон) в природе не должно существовать. Экспериментально такие ядра не обнаружены.

Тритий – ядро, в состав которого входят два нейтрона и протон.

pnn - ^{3}T Ec = 8,48 МэВ n^- p^+ n^-

ричём спины нейтронов антипараллельны.

Гелий – 3 – ядро, состоящее из двух протонов и нейтрона.

ppn - ^{3}He Ec = 7,72 МэВ p+ n- p+

Спины протонов также антипараллельны.

В приближении изотопической инвариантности энергии связи в ^{3}T и в ^{3}He должны бы быть равны. Но они различны. Причина такого различия может объясняться только тем, что нейтрон является отрицательной частицей с дробным зарядом. Вследствие чего кулоновская энергия отталкивания в ^{3}T между нейтронами меньше аналогичной энергии в ^{3}He между протонами.

Наиболее точные прямые измерения заряда нейтрона (Q_n) выполнены по отклонению пучков ультрахолодных нейтронов в электростатическом поле. Они показывают: $\boldsymbol{Q_n = 3 \cdot 10^{-21} e}$ где e – заряд электрона [6].

Нейтральный нейтрон со спином ½, согласно Стандартной модели и уравнения Дирака, не должен обладать магнитным моментом. Однако эксперимент по рассеянию пучка нейтронов показывает, что нейтрон имеет магнитный момент и он равен: $\boldsymbol{\mu_n = -1{,}913\ldots\ \mu_n}$. Для сравнения, магнитный момент протона равен: $\boldsymbol{\mu_p = 2{,}793\ldots \mu_n}$.

Гравитационная поляризация вакуума является неотъемлемым звеном процесса гравитации и играет основополагающую роль в образовании структурной материи в пространстве. Увеличение доли массы структурной материи комплементарно уменьшению плотности вакуума. Сегодня определение природы тёмной материи является одним из наиболее важных проблем в современной космологии и физики элементарных частиц. Очевидно, что множество A_m является подмножеством множества U_M: $\mathbf{A_m} \subset \mathbf{U_M}\{\mathbf{A_m}|\mathbf{A_m} \in \mathbf{U_M}, |\mathbf{A_m}| > \mathbf{0}\}$, где множество U_M – пространство Метагалактики массой М. Материя пространства (масса подсистемы) и есть та ***загадочная тёмная материя*** (первичный субстрат), на поиск которой выделяются огромные средства и которая является самой интригующей загадкой современной физики. Тёмная материя не излучает и не отражает свет, но при этом является проводящей средой для волновых процессов. Стандартная модель, которая способна объяснить лишь 4% вещества Метагалактики, выглядит явно удручающе.

Один и тот же фундаментальный закон природы является причиной возникновения материальных объектов и приводит к удивительной упорядоченности сложной организации Вселенной. Локализованный в пространстве и устойчивый во времени процесс рождения структурной материи инициирует поток поля в область реакции.

3. МОДЕЛЬНОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССА ГРАВИТАЦИИ

Есть ли смысл возвращаться к закону тяготения, если расчёты, осуществляемые согласно хорошо разработанной теории, дают правильные результаты? Безусловно, есть. Ясное представление о причинности физических процессов само по себе является важнейшей составляющей знания, которое и обеспечивает дальнейшее развитие науки.

Представим вертикальное смещение планеты относительно Солнца в виде гармонического колебания около точки равновесия с периодом равным одному году. Совокупность точек равновесия за период определяет некую окружность L радиусом R (рис.1). Замена силы тяготения между массами на внешнюю силу воздействия потока даёт представление, только об одной центральной силе.

Под действием одной этой силы планета имела бы спиральную, спадающую к центру траекторию движения и неминуемо встретилась бы с Солнцем. Но этого не происходит потому, что существует другая встречная центральная сила – возвращающая сила, которая и приводит к состоянию гармонического равновесия систему планета – Солнце. Попытаемся найти физическое обоснование возвращающей силе (центробежная сила и сила инерции в данной работе не рассматриваются: эти силы не вызывают ускорений).

Так как энергия связи для каждой устойчивой структурной конфигурации всегда строго определена, о чём свидетельствуют характеристические атомные спектры излучения – поглощения, то сам структурный объект можно охарактеризовать через усреднённые значения «внутреннего» потенциала поля подсистемы объекта – константа связи (потенциал связи). Именно поле подсистемы объекта отвечает за сохранение формы и содержание самого объекта. Но что произойдёт, если параметры внешнего поля для объекта будут превышать усреднённые параметры поля самого объекта? В данном случае мы рассматриваем планету (структурный объект) как систему, параметры подсистемы которой существуют и определены. Внешними для планеты будут параметры гравитационного поля Солнца.

При заданных параметрах упругой среды структурного объекта – $\varphi_{со}$, вращающегося вокруг центральной массы, существует такой размер центральной области – L, при котором соблюдается равенство: $\varphi_{со} = \varphi_{гп}$, где $\varphi_{гп}$ - потенциал гравитационного поля Солнца.

Определим такую поверхность как сопряжённую эквипотенциальную поверхность (СЭП) для двух взаимодействующих тел. В области ниже сопряжённого размера, где потенциал гравитационного поля превышает потенциал поля подсистемы объекта, возникают силы давления, сжимающие объект. Это объясняет, почему в перигелии наблюдается сжатие планет, а в афелии – их расширение. В структурном объекте возникают силы упругости, которые преобладают над силами сжатия, вследствие чего и возникает сила вытеснения (аналог силы Архимеда). Изменение размеров планет при их движении по эллиптическим орбитам было замечено давно, но логического

объяснения этому явлению в рамках существующих теорий так и не было найдено. Пульсацию нашей планеты на фоне монотонного расширения экспериментально обнаружил М.А.Усов ещё в 1938 году, однако до сих пор официальная наука не придаёт этому открытию должного значения.

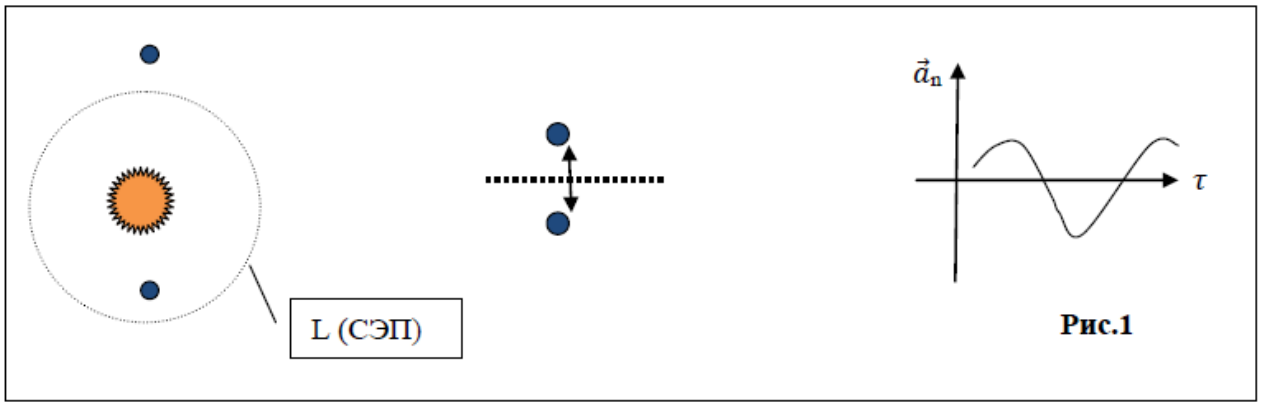


Рис.1

Рис. 1. Точки окружности L, образованной сечением плоскости орбиты планеты и СЭП, определяют состояние равновесия и характеризуют предельную траекторию, к которой стремится динамическая система. Эллиптическая траектория движения планеты будет приближаться к устойчивой траектории. Следовательно, окружность L является аттрактором в динамической системе. Все траектории из некоторой окрестности L стремятся к L при $t \to \infty$.

Уравнение движения гармонического осциллятора могут быть получены с помощью второго закона Ньютона и закона Гука:

$$\frac{md^2x}{dt^2} = -kx \quad \text{или} \quad \ddot{x} + \omega^2 x = 0$$

где $x = (R_L - R)$ - смещение от положения равновесия, $k = f(\varphi) \cong \varphi(r)$ - коэффициент упругости гравитационного поля Солнца,ω - угловая частота

$(\omega = {2\pi}/{T} = \sqrt{k/m})$.

В линейном приближении (k = const) решение этого дифференциального уравнения второго порядка имеет вид:

$$x(t) = A\cos(\omega t + \varphi) = Re[A\exp i(\omega t + \varphi)]$$

Здесь *A* – амплитуда колебаний, φ – начальная фаза.

Колебательное движение происходит под влиянием возвращающей силы, пропорциональной величине смещения и направленной к положению равновесия.

Импульс силы $(p = m\dot{x})$ изменяется аналогично x(t), но со сдвигом по фазе на $\pi/2$: $\boldsymbol{p(t) = m\omega A\, cos(\omega\tau + \varphi + \pi/2)}$

Полная энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии (они изменяются в противофазе), сохраняется:

$$\boldsymbol{\mathcal{E} = \frac{m\dot{x}^2}{2} + \frac{mx^2}{2} = const}.$$

Средние значения координаты и импульса в фазовом пространстве описывают эллипс:

$$\boldsymbol{\frac{x^2}{A^2} + \frac{P^2}{(m\omega A)^2} = 1}$$

с полуосями $\boldsymbol{A}$ и $\boldsymbol{m\omega A}$.

Очевидно, что сила взаимодействия между массами является знакопеременной величиной и в первом приближении принимает следующий вид:

$$\boldsymbol{\vec{F}_n = k\frac{(R_L - R)GmM}{R_L^2}} \qquad \textbf{(1)}$$

R_L - радиус равновесной орбиты, R - расстояние между массами.

При $\boldsymbol{R_L = R} \quad \boldsymbol{\Rightarrow \vec{F}_n = 0}$.

Взаимодействие между массами характеризуется областью притяжения к предельному циклу соответствующего автоколебания.

Воздействие тангенциальной составляющей силы тяготения (её физическое обоснование будет дано чуть ниже) на колебательную систему обусловливает *равномерное* поступательное движение осциллятора по окружности (L), а траектория результирующего движения планеты вокруг Солнца будет представлять собою эллипс. Следовательно, движение планеты около центрального объекта необходимо рассматривать как суперпозицию независимых осцилляций.

Парадоксально, но эллиптичность орбит вращения планет вокруг Солнца или первый закон Кеплера до настоящего времени академической наукой никак не разъясняется, нет даже попыток объяснения.

В настоящий момент не существует ответа и на вопрос, почему планеты вращаются вокруг Солнца и вокруг собственной оси. Современная наука в этом вопросе придерживается мнения, высказанного ещё Галилеем и Ньютоном.

Согласно ему, при формировании планет импульс неизвестной природы придал им устойчивое вращательное движение. Считается, что до сих пор это вращение осуществляется по инерции. Но это всего лишь видимость логического объяснения: наблюдаемые колебания осевой и орбитальной скорости вращения Земли просто несовместимы с понятием инерциального движения.

Осевое вращение нейтронного ядра Солнца задаёт вращающий момент динамической системе. Только воздействием потока квазичастиц к вращающемуся ядру можно объяснить природу касательной силы, влияние которой и вызывает орбитальное и осевое вращение планет. Поток квазичастиц к вращающемуся ядру уже не может быть сферически симметричным: в системе возникает вращающий момент, который проявляется образованием зон экваториальной и осевой симметрии и асимметрии между полюсами. В области вращения формируются струйные течения с плавно изменяющимся градиентом угловых скоростей не только в радиальном направлении в плоскости вращения, но и в направлении от экватора к полюсу.

$$\mathbf{grad\ F_\tau\ (r,\ \theta,\ \varphi)} = \frac{\partial F_\tau}{\partial r}\vec{e}_r + \frac{1}{r}\frac{\partial F_\tau}{\partial \theta}\vec{e}_\theta + \frac{1}{r\sin\theta}\frac{\partial F_\tau}{\partial \varphi}\vec{e}_\varphi$$

При относительном периодическом движении планеты вдоль радиуса орбиты изменяется расстояние до оси вращения, что и приводит к колебанию линейной скорости вращения.

Такая траектория потока квазичастиц объясняет эффект Этвёша (объект, движущийся по направлению вращения Земли, весит меньше, чем движущийся в обратном направлении) и создаёт избирательность экваториальной области вращения центрального объекта. Становится понятным и эффект относительно быстрого замедления аномального вращения Венеры. Данные свидетельствуют о том, что Венера вращается медленнее, чем 16 лет назад, когда космический аппарат измерил её скорость (http://astronomy.com/~/link.aspx?_id=246156dc-8c9d462c-a0e9-5d38e17652c4).

Реальным аналогом данного физического явления будет поведение воды в бассейне при открытом сливном клапане. Если зеркальное отражение вертикальной плоскости, проходящей через центр клапана, повернуть вокруг горизонтальной оси и совместить по нижнему краю (дно бассейна), то мы получим примерную картину траектории потока квазичастиц к вращающемуся нейтронному ядру. При этом вид «сверху» на полюса планеты будет напоминать водную воронку. Сам поток квазичастиц не детектируется на современном этапе развития науки, но его влияние на структурную материю мы имеем возможность наблюдать.

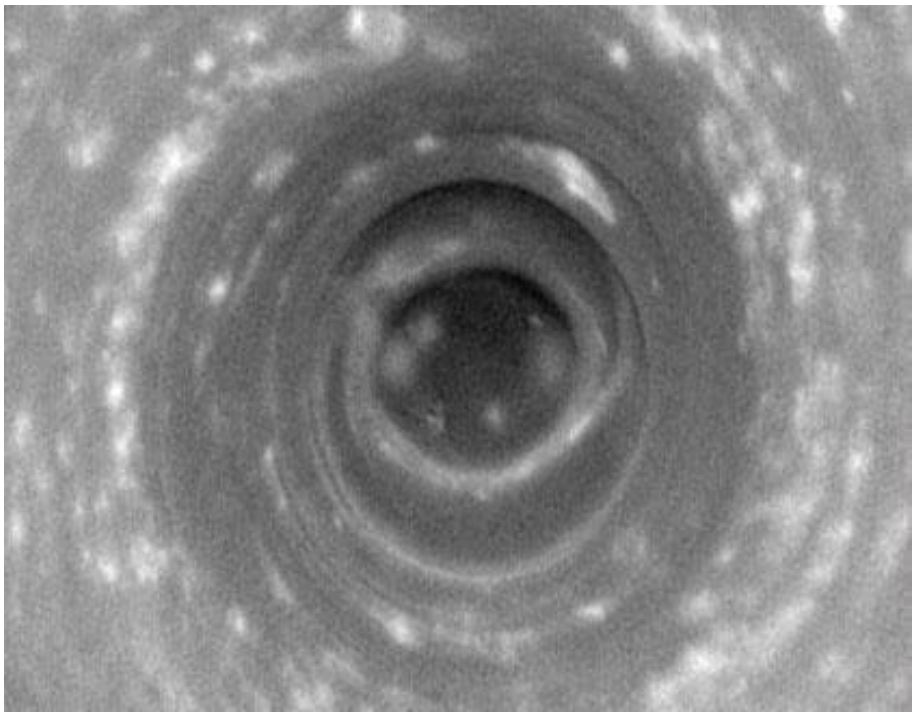


Рис. 2. Ураган над Южным полюсом Сатурна [13].

«Колоссальный шторм с вихревым движением и ярко выраженным центром бушует на южном полюсе Сатурна. Шторм на Сатурне отличается от ураганов на нашей планете тем, что не сдвигается с полюса и не перемещается, и тем, что сформировался не над океаном, состоящим из жидкости, сообщили в НАСА» (по материалам Astronomy Picture of the Day).

И это не единичный случай. Подобные явления можно наблюдать и на других планетах.

Согласно формуле **(1)** центральный объект в гравитационной системе уже не является точкой притяжения. В качестве первого и, вероятно, наиболее важного подтверждения установленной закономерности служат экспериментально обнаруженные увеличения астрономической единицы длины и эксцентриситета лунной орбиты. Объяснить только силой притяжения между массами постепенное удаление Земли от Солнца (Луны от Земли, Меркурия от Солнца и т.д.) просто не представляется возможным.

Согласно данной модели, возникновение гравитационного поля у небесного объекта объясняется процессом поляризации вакуума в центральной области объекта, что приводит к увеличению его массы. С увеличением массы Земли, потенциал гравитационного поля в области орбиты Луны увеличивается. И Луна реагирует на такое изменение: ежегодно Луна отдаляется от Земли на 38 мм. С увеличением массы Солнца, потенциал гравитационного поля в области орбиты Земли увеличивается. И теперь уже Земля реагирует на такое изменение: ежегодно Земля отдаляется от Солнца. При неизменной орбитальной скорости увеличение астрономической единицы длины приводит к увеличению года. И это увеличение года уже рассчитано: по оценкам, недавно проведённым физиками из Японии, это приращение составляет 0,62 сек. за один год.

Ещё одно подтверждение прослеживается при движении комет, основными структурными компонентами которых являются голова, кома и газовый хвост. При нагреве вещество кометы переходит в газовую фазу как с разложением на фрагменты, так и с испарением в виде более плотных конгломератов. При этом процесс испарения наблюдается при более высоких температурах. Если комета обладает несколькими хвостами, то эти хвосты различаются по химическому составу и плотности. По современным представлениям направление хвоста кометы в сторону от Солнца объясняется силой давления солнечного ветра. Но как тогда объяснить тот факт, что один из хвостов у кометы направлен непосредственно в сторону Солнца? На снимке, полученном в Италии в феврале 2009 года, запечатлена комета Лулин (C/2007 N3 Lulin). Комета имеет два хвоста, один из которых направлен в сторону Солнца.

Рис. 3. Комета Лулинь (C/2007 N3 Lulin) [14].

Хвосты комет ориентированы по направлению действующих на них центральных сил. Ионный хвост, направленный в сторону от Солнца, характеризуется низким потенциалом подсистемы и подвержен действию силы вытеснения. Пылевой хвост, образованный истечением из гало кометы более плотных конгломератов, направлен в сторону Солнца, так как СЭП для конгломератов лежит ближе к Солнцу. В этом случае на пылевой хвост действует только сила давления потока квазичастиц. Как только комета при движении по своей орбите пересекает СЭП для конгломератов, пылевой хвост резко исчезает.

4. ОСОБЕННОСТЬ НОВОЙ ТЕОРИИ ТЯГОТЕНИЯ

Генератором центростремительного поля ускорений служит нейтронное ядро небесного объекта, атомарные тела не порождают вокруг себя поля тяготения и, как следствие, атомарные тела не притягиваются друг к другу. Атомарные тела лишь подчиняются тяготению к сопряжённой эквипотенциальной поверхности, которую формирует вокруг себя нейтронное

ядро. Это довольно серьёзное заявление может вызвать жуткое неприятие в научных кругах. Одно дело – сомневаться в теории относительности, и совсем другое дело – выразить сомнение по поводу универсальности закона всемирного тяготения. «Идея о всемирном тяготении – это великая идея. За триста лет она очень неплохо прижилась в физике. Ух, как учёные любят такие идеи – с претензиями на вселенский охват явлений. Чем идея глобальнее, тем больше её психологическая привлекательность. Ведь глобальность идеи ассоциируется с глобальностью мышления её сторонников. Усомниться в идее о всемирном тяготении означает – ни много, ни мало – усомниться в качестве традиционного физического мышления! Вот почему, эта идея обладает мощным механизмом самосохранения, который обеспечивает иммунитет даже против вопиющих фактов, которые в эту идею не укладываются» [7]. Некоторые из этих фактов, по-видимому, следует привести.

«В распределении плотности вещества в поверхностном слое Земли существуют значительные неоднородности. Есть залежи очень плотных пород, есть и рыхлые породы. По закону всемирного тяготения отвес – простейший из гравиметрических инструментов, как и в эксперименте Г.Кавендиша, должен бы реагировать на такие неоднородности, он должен был уклоняться в сторону массивных объектов. Но этого не происходит даже в том случае, когда массивным объектом являются горы. Отвес совершенно не реагирует на объект, масса которого составляет миллиарды тонн. Как же удалось Генри Кавендишу (XVII век) получить положительные результаты в эксперименте по обнаружению собственного тяготения у «миниатюрного» шара весом всего в 150 килограмм и почему не существует подтверждения данных этого эксперимента другими лабораториями мира? Ясно одно: либо отвес должен уклоняться в сторону массивных неоднородностей, либо положительный результат в эксперименте Г.Кавендиша имеет совсем иное объяснение.

Но не только отвесы, но и гравиметры, при помощи которых измеряют силу тяжести, полностью безразличны к поверхностным неоднородностям. Форма геоида Земли так же указывает на это: миллионы тонн экваториальной выпуклости не влияют на показания гравиметрических инструментов.

В ходе реализации космической программы по выводу искусственного зонда NEAR Shoemaker на орбиту вокруг астероида Эрос выяснилось, что даже при минимальном расстоянии от его поверхности, космический зонд ведёт себя так, словно у астероида начисто отсутствует собственное поле тяготения. При выключенных двигателях зонд не только не падал на астероид, наоборот, он довольно быстро уходил от него. Все усилия американских учёных по выводу зонда на орбиту Эроса в течение года не принесли желаемого результата.

Попытка посадить зонд на поверхность астероида также закончилась неудачей – зонд разбился. Аналогичная ситуация сложилась и с японским космическим зондом Хаябуса (Hayabusa), который был отправлен к астероиду Итокава (Itokawa). Сблизившись с астероидом на расчётную высоту, зонд попытался сбросить на его поверхность исследовательский робот «Минерва». Но вместо того, чтобы плавно опустится на астероид, исследовательский робот начал плавно отдаляться от него и вскоре пропал. Справедливости ради надо сказать, что данный инцидент с отделением робота можно объяснить разрывом дальней космической связи с зондом в этот момент. Но и в этом случае возникает ряд неясностей, которые японское космическое агентство никак не комментирует. При второй попытке сброса с высоты в 40 метров на поверхность астероида научной аппаратуры – пропал отражающий шар, предназначенный для точной работы лазерных дальномеров. Да и сам космический зонд всё это время удерживался возле астероида только благодаря работе двигателей. Тем не менее, по словам руководителя проекта доктора Кавагути, контакт космического зонда с поверхностью астероида всё же состоялся. Время контакта по разным источникам варьируется от 30 минут до 1 минуты. Возможно, благодаря мастерству операторов, зонду всё же удалось взять образцы грунта с астероида» (по материалам http://newfiz.narod.ru/).

Но и этим надеждам не суждено было сбыться: последнее сообщение агентства Японии по освоению аэрокосмического пространства развеяло эту надежду в пыль.

«Японское космическое агентство сегодня сообщило о том, что в капсуле космического зонда Hayabusa были обнаружены «мельчайшие частицы»,

которые, как надеются ученые, являются астероидной пылью. Если образцы пыли действительно окажутся частями астероида Itokawa, то это может принести пользу в исследованиях происхождения и истории нашей Солнечной системы. «Процесс открытия контейнера с образцами с Hayabusa начался 24 июня 2010, и теперь мы подтверждаем наличие внутри мельчайших частиц» — говорится в заявлении JAXA (Японское агентство по освоению аэрокосмического пространства).

Тем не менее, радоваться еще рано. До сих пор не ясно, являются ли обнаруженные частицы действительно пылью с астероида или же лишь земными загрязнениями. До получения окончательных результатов анализа пройдет еще несколько месяцев» (http://iscience.ru/2010/07/05/pervye-naxodki-v-kontejnere-s-apparata-hayabusa/).

Во всех учебниках по физике утверждается универсальность закона всемирного тяготения, однако триумфального подтверждения универсальности этого закона на астероидах не состоялось. Эксперимент показывает, что малые тела Солнечной системы не имеют признаков центростремительного поля тяготения. Удивительно, но этот вывод можно было бы сделать значительно раньше, сразу после открытия колец Сатурна. Система кольца, состоящая из большого количества тел, вследствие силы притяжения между телами должна бы собраться в единое целое, но этого не происходит. Более того, эти тела состоят изо льда, исключительной особенностью которого является его первозданная белизна. Почему вездесущая космическая пыль игнорирует объекты кольца? Космическая пыль не оседает на эти тела только потому, что они не имеют собственного поля тяготения. И речь здесь идёт о вещах далеко нешуточных, речь идёт о необходимости пересмотра основы современной теоретической астрофизики - теории образования небесных тел во Вселенной. Отсутствие поля тяготения у малых тел означает, что процесс гравитационной конденсации газопылевых облаков в реальности невозможен, и нам потребуется новая теория образования планет.

Сегодня рассматривается возможность отправки космического зонда к спутнику Марса – астероиду «Фобос».

Рис. 4. Фобос с расстояния 5800 километров [15].

Исследовательская группа под руководством Томаса Андерта (Thomas Andert) из германского университета ВВС изучала доплеровские искажения радиосигналов от аппарата «Марс-Экспресс» во время его сближений с Фобосом. Эти искажения позволяют с высокой точностью определять изменения скорости зонда и, следовательно, измерить гравитационное воздействие спутника Марса. Анализ данных помог получить более точные значения массы и плотности, а также сделать выводы о внутренней структуре Фобоса. «Мы пришли к выводу, что недра Фобоса с большой вероятностью содержат большие пустоты» (http://www.rian.ru/science/20100511/232985195.html)

Действительно, доплеровские искажения радиосигналов от аппарата «Марс – Экспресс» свидетельствует об изменении потенциала поля в окрестности Фобоса, но не позволяют делать какие-либо выводы о существовании центростремительного поля тяготения у самого Фобоса.

Значительную сложность представляет собой загадка происхождения кратера Стикни диаметром 9 километров. Размеры самого Фобоса составляют 23x21x19 километров. Считается, что кратер Стикни ударного происхождения. Но сочетание аномально низкой плотности Фобоса с гигантским ударным

кратером на его поверхности практически несовместимо. Как правило, такой след оставляет струя раскалённого газа. Внешний вид Фобоса и его микропористая структура, радиально расходящиеся от кратера борозды, сравнительный анализ размеров Фобоса и кальдер в жерле марсианского вулкана приводят к наиболее достоверной версии: Фобос – продукт эксплозивного извержения марсианского вулкана Olympus Mons.

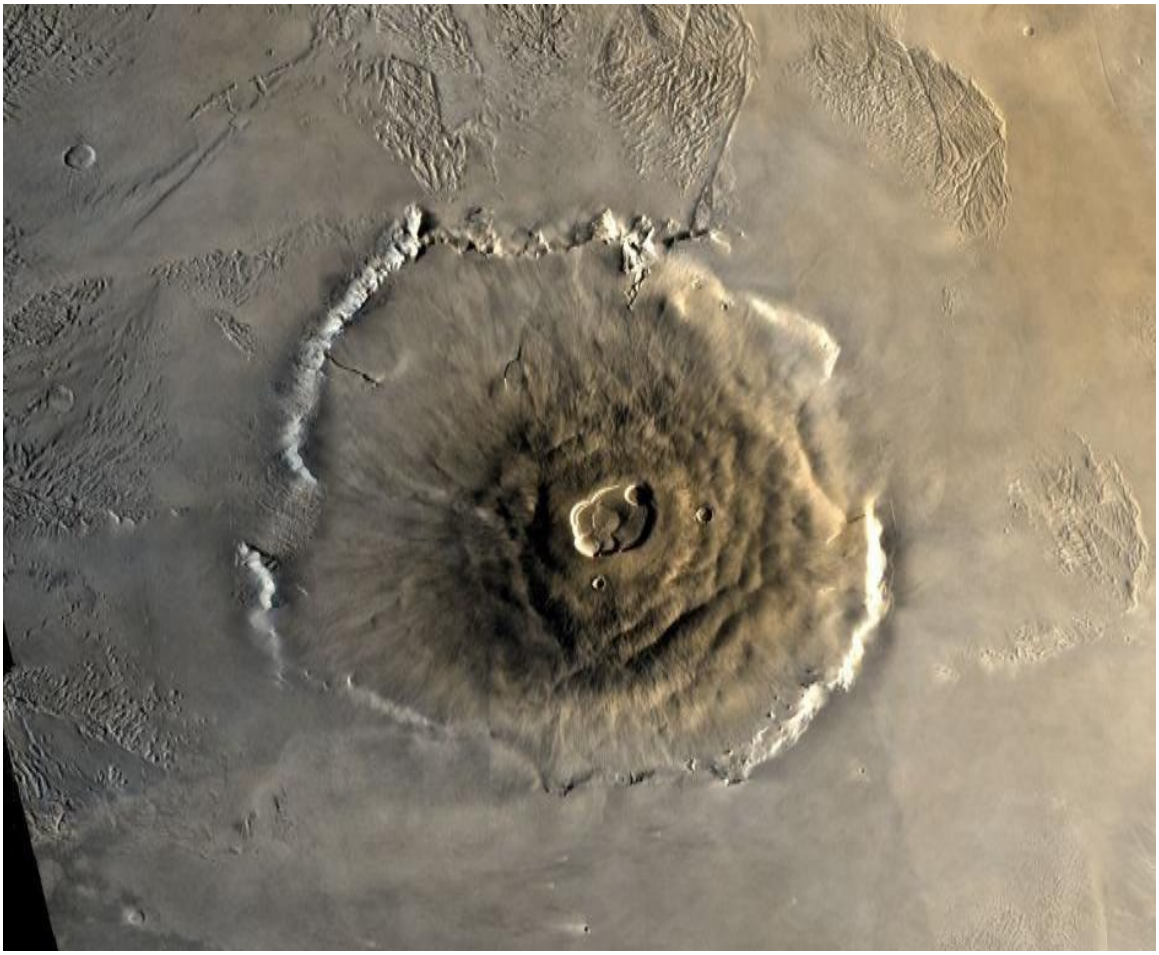


Рис. 5. Марсианский вулкан Olympus Mons. [16].

Малые космические тела не имеют собственного поля тяготения и любые попытки «приземлиться» на астероид заранее обречены на неудачу. Но это всего лишь техническая проблема, которая легко решаема. Вызывает беспокойство другая проблема. Согласно данной модели научная значимость проекта «Фобос – Грунт» близка нулю: знание химического состава Фобоса, тем более что он предсказуем, ни в коей мере не приблизит нас к разрешению тайны

происхождения Солнечной системы. А, вот, затратная часть проекта близка $5 \cdot 10^9$ рублей. Как-то слишком уж переоценена информация о грунте Фобоса. Сопутствующая программа – влияние жёсткого излучения на штаммы микроорганизмов, не может служить оправданием такого дисбаланса.

5. ПЛАНЕТА ЗЕМЛЯ

Новый подход к процессу гравитации приводит к удивительно стройной логически непротиворечивой картине эволюции структурной материи, начиная с рождения электронпозитронных пар и кончая образованием галактик. В результате модельного представления основного процесса во Вселенной удаётся связать воедино, казалось бы, неупорядоченные физические явления, установить иные принципы, лежащие в основе образования и строения небесных тел. Это качественно новый шаг в нашем представлении о строении Вселенной. Именно такой подход устраняет большинство проблем, накопившихся в теоретической физике, и даёт возможность экстраполяции процессов эволюции нашей планеты, как в прошлое, так и в будущее. Но понадобится какое-то время, чтобы это осмыслить и понять.

Такая задержка во времени является естественной в процессе восприятия всего нового. Какое-то время назад и шарообразность Земли, и гелиоцентрическое строение Солнечной системы также считались лишь смелыми предположениями. «Великая научная идея редко внедряется путём постепенного убеждения и обращения своих противников. В действительности дело происходит так, что оппоненты постепенно вымирают, а растущее поколение с самого начала осваивается с новой идеей» - Макс Планк [8].

В античных культурах Земля представлялась в форме плоского диска, плавающего по поверхности океана. Со временем наше представление о строении Земли постоянно изменялось и сегодня нам кажется, что мы многого достигли в понимании устройства и эволюции нашей планеты. Но так ли это на самом деле? Общепризнанная модель строения планеты Земля, сформировавшаяся на базе последних экспериментальных научных данных, представлена на рисунке 6.

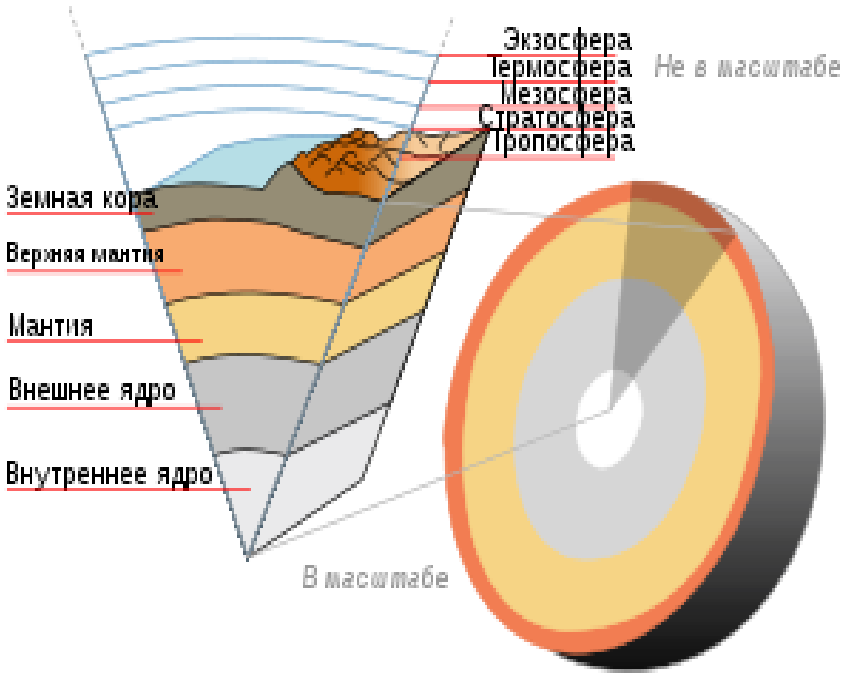


Рис.6. Земная кора - строение [17].

В центре Земли располагается внутреннее железное ядро твёрдой консистенции. Температура ядра составляет по разным источникам от 3000℃ до 6000℃ и давлении около 3 млн. атмосфер. Внешнее ядро, вращающееся вокруг внутреннего ядра, представляется расплавленным железоникелевым сплавом, хорошо проводящим электричество. Считается, что электрические токи во внешнем ядре (какова причина их возникновения – никто не знает) ответственны за возникновение магнитного поля Земли. Нижняя мантия или астеносфера – перегретая вязкая жидкость, состоящая из силикатов магния, кальция и железа. Верхняя мантия и кора образуют литосферу. Прохождение сейсмических волн показывает, что кора и верхняя мантия находятся в твёрдом состоянии. Этот жёсткий слой расколот на тектонические плиты, которые как бы плавают по астеносфере. На границах разломов между тектоническими плитами происходят землетрясения, горообразования, проявляется вулканическая активность.

Существующая модель строения Земли также далека от реальной модели, как и модель плоской Земли [9].

Расчётная температура внутреннего ядра планеты превышает температуру плавления всех известных пород, но по данным распространения сейсмических волн выходит, что оно находится в твёрдом состоянии. Ни одно из известных науке химических соединений не может находиться в твёрдом агрегатном состоянии в расчётном температурном диапазоне. Предположение о том, что центральную область Земли (и планет в целом) занимает железное ядро – довольно спорное. Прежде всего, заметим, что уже в мантии при давлении 95 ГПа и температуре 2000К наблюдается переориентация электронов в ионах железа с высокоспинового состояния (спин 2) в низкоспиновое со спином 0 (http://www.sciencemag.org/content/317/5845/1740.abstract).

Впору было бы ожидать, что дальнейшее увеличение значений температуры и давления должно привести к трансмутации ядер железа и в конечном варианте - к реакции нейтронизации. Но вместо этого, казалось бы, естественного вывода, измышляются такие противоречивые свойства и такие параметры состояния железного ядра небесных объектов, которые несовместимы с существованием самой атомарной структуры.

Представить существующую модель строения Земли с точки зрения эволюционного процесса невозможно, так как следующим шагом в развитии данной динамической системы будет скачкообразный распад, то есть взрыв. Огромные температура и давление в центре характеризуют крайне неустойчивое состояние и не оставляют такой системе другой альтернативы. Вес вышележащих слоёв, пронизанный разломами и вулканическими каналами, не может считаться стабилизирующим фактором для такой системы. И в этом смысле, модель плоской Земли выглядит куда более предпочтительной, чем существующая в настоящее время.

Центральную область планеты занимает нейтронное ядро. «Поскольку атом, как структура, существует в гравитационном поле, то при наложении этого поля, близкого к критическим значениям, произойдёт деформация и разрушение структуры» [10]. Очень жаль, что это поразительное по своей физической сути теоретическое допущение (прозрение) так и не было замечено другими учёными. Сам автор также не придал ему должного внимания.

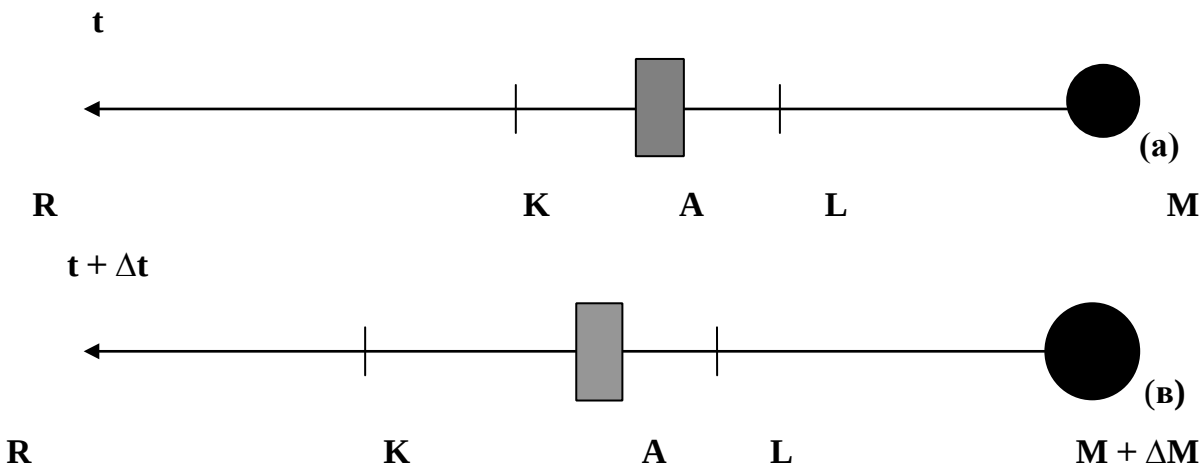


Рис.7. Границы области существования атомарной материи.

Действительно, существуют конечные по ширине области, в пределах которых атомарная структура устойчива. Границы области существования атомарной материи (рис.7) обозначены точками **K** и **L**, за пределами этой области наблюдается вырождение атомарной структуры. Величина потенциала поля в этих точках является пороговой величиной для атомарной материи и соответствуют четвёртому агрегатному состоянию вещества – плазме: точка **К** соответствует внешней радиационной сфере объекта (холодная плазма), образующейся при распаде атомов, точка **L –** границе внутренней радиационной сфере (горячая плазма).

Нейтронное ядро и нижнюю мантию разделяет полость, параметры колебания среды которой превышают допустимые для существования атомарной материи значения.

Излучению нейтронного ядра, имеющему тепловой спектр, можно сопоставить определённую температуру. На всём протяжении от холодной до горячей плазмы наблюдается весь спектр возможных агрегатных состояний атомарной материи. Каждое из агрегатных состояний, дифференцированных по слоям (орбитальная селекция, как для атомов, так и для соединений), и вся атомарная сфера в целом (К – L) лежит в области сопряжённой эквипотенциальной поверхности, которую формирует внутреннее нейтронное ядро. То есть атомарная сфера находится в равновесном состоянии: она не оказывает давления на ядро планеты.

Существует множество экспериментальных свидетельств о том, что планеты представляют собой не сплошное тело, а имеют тонкостенную оболочку. К примеру, установленные датчики на поверхности Луны реагируют на сейсмическое событие довольно продолжительное время. Падение разгонной ступени ракеты Аполлон 13 вызвало колебание лунной коры более трёх часов. Единственным и наиболее достоверным объяснением подобных явлений служит признание наличия внутренней полости в организации планеты.

Иное представление о строении планеты позволяет выйти за рамки весьма сомнительных гипотез, претендующих на объяснение вулканической активности Земли.

На рис. 7 (a, b) область A соответствует земной коре - литосфере, область (A – L) соответствует астеносфере Земли (вещество находится в расплавленном состоянии), область (A – K) - атмосфере. За время Δt, увеличение нейтронного ядра - M(R) по массе (рис.7 в) сдвигает влево уровни: r(L), r(K). Но кора Земли обладает определённой степенью жёсткости и не может свободно расширяться. В области (A – L) возникает избыточное давление, что приводит к дестабилизации земной коры, локальному выдавливанию астеносферы. Этот процесс лежит в основе сейсмической и вулканической активности планеты, горообразования, дрейфа материков, расширения Земли.

Согласно данной модели строения планет можно утверждать, что термальная и вулканическая активность недр планет являются неотъемлемой характеристикой их эволюционного процесса. Данное утверждение касается всех планет (спутников планет) земной группы и не зависит от температуры на их поверхности. Фактов, указывающих на это, накопилось предостаточно. Вот лишь некоторая подборка материалов по данной теме.

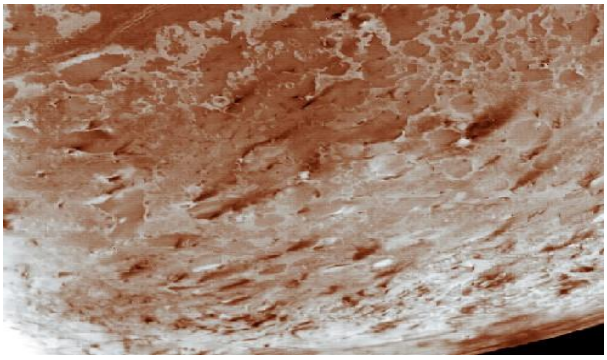


Рис. 8. Тритон – спутник Нептуна [18].

Из снимков Тритона (спутника Нептуна – планеты на окраине Солнечной системы), полученных космическим зондом «Вояджер – 2» в августе 1989 года, ясно видны проявления вулканической активности: трещины геологической структуры, действующие гейзеры. При этом температура на его поверхности составляет -240℃.

Обращает на себя внимание и маленький ледяной Энцелад – второй спутник в системе Сатурна. Его диаметр составляет всего 500 километров, эксцентриситет орбиты – 0,0045 и альбедо – 0,99, средняя температура поверхности спутника не более 73К (-200℃). Автоматическая станция Кассини, достигшая в 2004 г. спутника Сатурна, зарегистрировала необычайную термальную активность на его южном полюсе. Гейзеры выбрасывают смесь воды и газа на высоту нескольких сотен километров, что явно свидетельствует о внутренней активности Энцелада. Сегодня не существует ни одного логического объяснения этому факту.

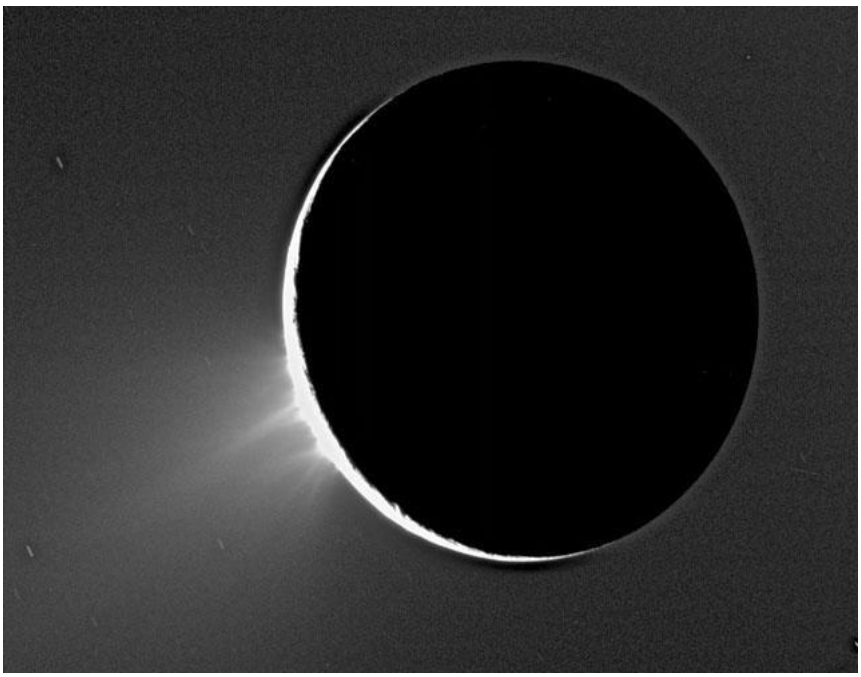


Рис. 9. Ледяные гейзеры Энцелада [19].

Да и сам Сатурн вызывает много вопросов. Температура атмосферы Сатурна на уровне верхней границы облачного покрова составляет 85К. Расчеты показывают, что влиянием Солнца такую температуру не объяснить, необходим

внутренний источник тепла, поток от которого в 2,5 раза должен превышать солнечный. В рамках официальных теорий объяснения этому феномену не существует.

На основе последних полученных научных данных существование подлёдного океана на спутнике Юпитера Европе у исследователей уже не вызывает сомнения.

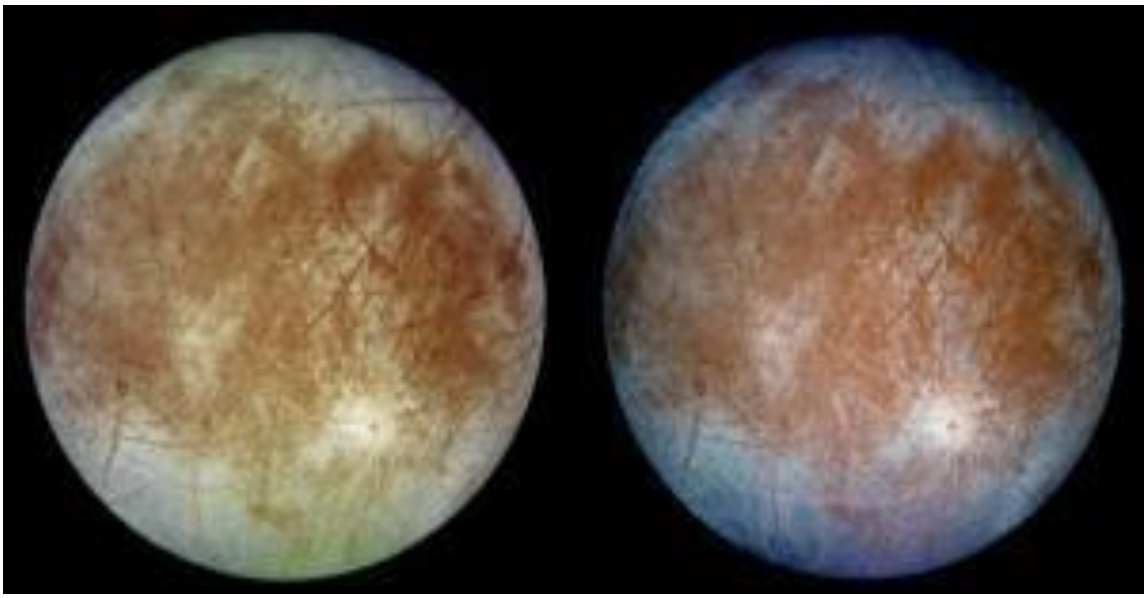


Рис. 10. Сеть трещин на Европе [20].

Ледяная поверхность Европы испестрена трещинами и разломами, которые постоянно заполняет поступающая из недр тёплая вода. В настоящий момент существует два мнения у учёных относительно причин термальной активности подлёдного океана – внутренний радиоактивный источник и действие приливных сил. Однако следует заметить, что эксцентриситет орбиты Европы равен 0,009. влияние же соседних спутников на возникновение приливных сил, если и имеет место, то носит периодический характер и явно недостаточно для нагрева подлёдного океана Европы. По сути, официальная наука не знает причины разогрева недр Европы.

На текущий момент в Солнечной системе не наблюдается ни одной остывшей планеты. Более того, наблюдается противоположное явление - планеты нагреваются. Данное обстоятельство сводит к нулю достоверность теории конденсации планет из газопылевого облака.

6. НОВАЯ ТЕОРИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ПЛАНЕТ

Обратимся к чрезвычайно интересному астрономическому феномену – комете Холмса. Большинство солнечных комет имеют сильно вытянутые эллиптические орбиты, пересекающие орбиты планет. Гравитационные воздействия планет могут сильно исказить траекторию движения кометы и привести к чрезмерному сближению с Солнцем. Довольно часто это приводит к полному разрушению кометы. Но иногда возникают и пограничные явления.

Рис. 11. Комета Холмса [21].

«Год назад комета 17P/Холмса удивила любителей наблюдать за небом по всей планете Земля. В результате необычно быстрой вспышки она из слабой кометы, спокойно обращающейся вокруг Солнца с периодом около 7 лет, превратилась в видимую невооруженным глазом комету, соперничающую по блеску с ярчайшими звездами созвездия Персея. Ее огромный размер и почти полное отсутствие хвоста, хорошо видимые на этом широкоугольном изображении, полученном 11-го ноября 2007 года, стали хорошо известны астрономам, пытающимся разгадать загадку удивительной вспышки кометы. Все же у кометы Холмса был слабый ионный хвост, отделенный от яркой комы. На этом изображении отделенный хвост может показаться отражательной туманностью. Он выглядит как слабое голубоватое туманное пятно правее центра,

на фоне звезд слабо сконцентрированного движущегося скопления Альфа Персея» (по материалам Astronomy Picture of the Day).

Необычайное поведение кометы Холмса можно объяснить следующим образом. При движении кометы к центральному объекту изменяются параметры внешнего для кометы потенциала гравитационного поля - $\boldsymbol{\omega_0, A_0}$ **(R).** Это приводит к параметрической неустойчивости, возникающей в результате пространственно-временной модуляции параметров, характеризующих собственные колебания вещества кометы. Модуляция совершается волнами внешней среды – волнами накачки, имеющими конечную амплитуду. При превышении некоего порогового значения собственная мода начинает расти с теплового уровня, поглощая энергию волны накачки. Возникающая при этом так называемая распадная параметрическая неустойчивость, приводит либо к резонансу, либо к взрывной неустойчивости волн. Условие возникновения параметрического резонанса имеют вид:

$\boldsymbol{n\omega_0 = \omega_1 + \omega_2\ ;\ nk_0 = k_1 + k_2 \qquad n = 1, 2, 3 \ldots}$ При распадной неустойчивости возбуждаются волны с частотами, меньшими частоты накачки. Для описания параметрического резонанса можно применить уравнение Матьё:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} - v_\phi^2[1 + \varepsilon \cos(\omega_0 t - k_0 x)]\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} = 0$$

Где φ - величина, описывающая волну (напр., потенциал гравитационного поля), ε- амплитуда волны накачки в относительных единицах.

Решение этого уравнения определяет область частот $\Delta\omega$ (ширина зоны Матьё) и порог по амплитуде волны накачки ε, где может возникать распадная параметрическая неустойчивость.

Параметрический резонанс может, как разрушить комету (напр., D/1993 F2 (Shoemaker – Levy)), так и привести к реакции нейтронизации. При реакции нейтронизации убывает количество электронов, при этом число ядер атомов сохраняется. Электроны, обеспечивающие упругость структурного объекта, взаимодействуют с протонами с образованием нейтронов. Это приводит к убыванию положительного заряда ядра атомов, что и позволяет ядрам объединяться. Достигнув критической массы при объединении, ядра образуют нейтронное ядро в центре кометы, которое становится неотъемлемой частью

структурного объекта. С этого момента объект обладает собственным внутренним гравитационным полем, под воздействием которого происходит разрушение связей химических соединений внешнего вещества кометы. Обычное вещество кометы превращается в смесь отдельных атомов. Такому процессу сопутствует мощное электромагнитное явление. Внешняя атомарная оболочка, уже больше напоминающая плазму, стремится занять равновесное положение в возникшем гравитационном поле и как бы всплывает, образуя граничную полость между нейтронным ядром и атомарной материей. Внешне процесс сопровождается резким и исключительно симметричным увеличением сферы объекта и очень ярким свечением. Реакция нейтронизации в структурном объекте, возникающая в условиях параметрического резонанса, лежит в основе образования планет: на снимке кометы Холмса запечатлён процесс рождения планеты.

Трансформация структуры и появление собственного гравитационного поля у объекта приводит к изменению его орбиты и последующему захвату его планетой гигантом, где и происходит дальнейшее формирование планеты. На периферии Солнечной системы при низкой температуре внешняя сферическая поверхность только что рождённой планеты замерзает, образуя ледяной панцирь, под которым начался активный процесс формирования мантии и коры будущей планеты. Увеличение массы атомарной сферы новой планеты (как и её нейтронного ядра) происходит не за счёт внешних причин (метеоритов, астероидов), поставщиком частиц для формирования сферы служит реакция поляризации вакуума.

Аналогичные явления с кометами наблюдались и раньше. Комета Тутля-Джакобини-Кressака (1973 г) после прохождения перигелия увеличила свою яркость в 10 000 раз. Комета Понса-Брукса (1884 г) периодически изменяла свой блеск в 1 000 раз, при этом наблюдался сброс сферической оболочки комы кометы. Отметим также, что в предыдущих сближениях этих комет с Солнцем резкого изменения блеска не наблюдалось. Вопрос о природе этих явлений остаётся нерешённым и возможность решить эту задачу в рамках существующей научной парадигмы не предвидится.

Можно привести и другие доводы тому, что прародительницей планеты является комета. 12 марта 2008 г аппарат Кассини во время сближения с Энцеладом собрал данные о химическом составе водяных выбросов с его поверхности. Приборы обнаружили: воду, метан, углекислый и угарный газы и другие органические молекулы. После обработки данных стало ясно, что химический состав выбросов находится почти в полном соответствии с химическим составом выбросов комет (http://www.gazeta.ru/science/2008/03/28_a_2679431.shtml?incut3).

Изложенный механизм образования планет в Солнечной системе лежит в более доверительном интервале, чем современная теория конденсации небесных тел из газопылевого облака.

7. ПРИНЦИП УНИФИКАЦИИ В СТРОЕНИИ ГРАВИТАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ВО ВСЕЛЕННОЙ

Нейтронное ядро является неотъемлемой и важной составляющей частью любой гравитационной системы. В зависимости от массы нейтронного ядра небесные объекты подразделяются на планеты, звёзды, звёздные системы, галактики. Постепенное увеличение массы нейтронного ядра объясняет эволюцию гравитационной системы.

На рис.12 изображена схема Солнечной системы. Секущая плоскость проходит через центр массы Солнца и тёмного пятна (отверстия) на его поверхности.

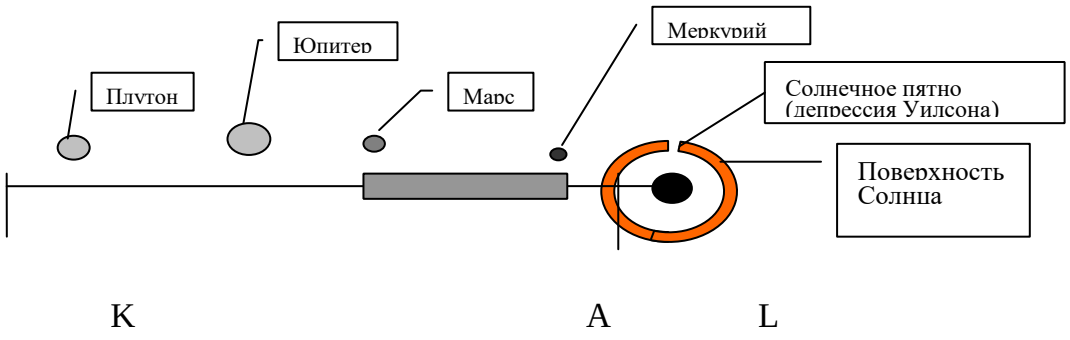


Рис.12. Схема Солнечной системы.

Есть что-то замечательно универсальное в данной схеме: она служит общим контуром единой топологии объектов Мегамира и имеет повышенное предсказательное значение. Осевое вращение нейтронного ядра создаёт

магнитное поле планеты, звезды, галактики и является источником низкочастотного излучения. Низкочастотному излучению нейтронного ядра небесных тел можно сопоставить резонансные волны Шумана (устойчивые низкочастотные колебания на фиксированной частоте 7,83 Гц. – планета Земля) или активную резонансную область Солнца – корону Солнца. Высокая температура короны в 2 – 6 млн. градусов по шкале Кельвина при 6000 К фотосферы до сих пор вызывает недоумение у исследователей.

Осцилляции поверхности Солнца носят глобальный и несколько хаотичный (на первый взгляд) характер. Перекрывание колебаний, отличающихся по частоте и амплитуде, приводит к локальной нестационарной интерференции волн, ответственной за разнообразные проявления на Солнце: солнечные вспышки, корональные выбросы, образование флоккул, волокон и спикул. Колебания отдельных участков поверхности Солнца иногда переходят в режим резонанса, что проявляется протуберанцами. При глубоком резонансе, когда амплитуда резонансной волны выходит за границу L (рис. 12), возникает резонансный ядерный распад вещества фотосферы эксплозивного типа. При взрыве образуются фотосферные дыры (они, как правило, формируются парами или группами) и поток частиц высокой энергии, преимущественно протонов с $E > 10^{20}$ эВ. Природа космических лучей высокой энергии от Солнца в рамках стандартной модели Солнца решения не имеет. Обратимся к снимку тёмного пятна на поверхности Солнца.

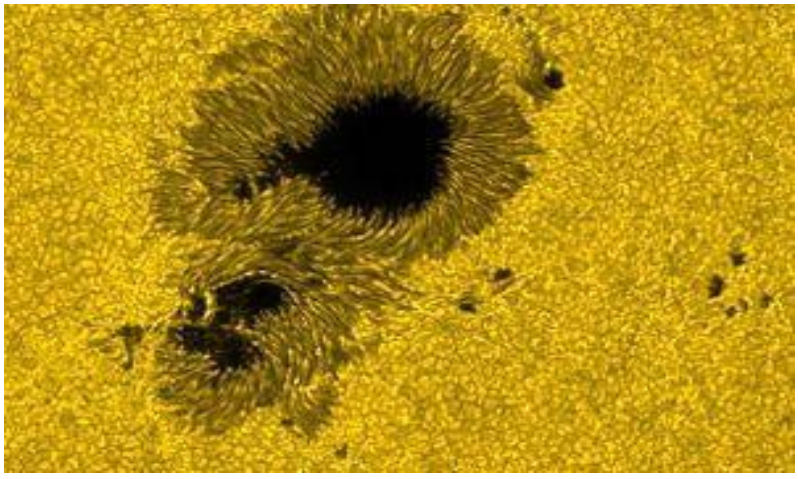


Рис. 13. Группа пятен на Солнце, сфотографированная в видимом свете. Снимок сделан космическим аппаратом Hinode 13 декабря 2006 года. [22].

Такая чёткость изображения просто не совместима с современной интерпретацией пятен (искривление световых лучей магнитным полем Солнца): края пятен резкие и ясные. Тёмные пятна на солнечной поверхности - не что иное, как фотосферные дыры. Об этом свидетельствуют и образование мощных локальных магнитных полей в области пятен (экранирующее действие фотосферы): через отверстие в фотосфере происходит «истекание» магнитного поля, генератором которого является его нейтронное ядро.

В спектре периодических колебаний фотосферы Солнца наблюдается (Брукс, Северный, Шеррер, Уилкокс) стабильное изолированное колебание с периодом $P_0 \approx 160.0101(2)$ мин. ($\nu_0 \approx 104.16$ мкГц), регистрируемое по доплеровскому сдвигу фраунгоферовых спектральных линий. В 1974 г. Роксбург выдвинул предположение о том, что механизм возбуждения колебаний фотосферы обусловлен быстрым вращением ядра Солнца.

Естественно, в рамках стандартной модели внутреннего строения звезды эта теория не могла быть принята.

Измерения Крымской Астрофизической Обсерватории показали (В.А.Котов, В.И.Ханейчук), что после 1982 г. вместо P_0 стало доминировать колебание с периодом $P_1 \approx 159.9657(4)$ мин. Период биений двух пульсаций сут. $P_B = \left({}^{1}/_{P_1} - {}^{1}/_{P_0}\right)^{-1} = 400(4)$ совпадает с синодическим периодом обращения Юпитера вокруг Солнца ($P_J = 399$ сут.) с точностью до 1% [11]..

Было бы большой ошибкой полагать, что это - простое совпадение или проявление антропного принципа, реализующегося в Солнечной системе. Возвращаясь к предположению Роксбурга, лишь уточним его: параметры осцилляции нейтронного ядра Солнца определяют параметры устойчивого колебания фотосферы и играют важнейшую роль в распределении планет Солнечной системы. Эволюционируя по массе, нейтронное ядро, тем не менее, сохраняет статус квантового осциллятора когерентного состояния. Именно это фундаментальное свойство нейтронных ядер обнаруживает себя как в вариациях блеска активных ядер галактик (например, колебание блеска ядра NGC 4151 [12]), так и в распределении частот пульсаций звёзд типа Дельта Щита (Котов В.А., Котов С.В.).

Процессы термоядерного синтеза нельзя считать источником энергии звезды. Источником излучения звезды являются атомы химических элементов, которые при высоком потенциале гравитационного поля находятся в возмущённом состоянии: происходит трансформация энергии гравитационного поля в лучистую энергию.

Американские ученые с помощью телескопа Хаббла обнаружили в галактике Андромеды объект, названный ими «таинственным» - странное кольцо звезд, окружающее центральную черную дыру галактики. В него входит примерно 400 очень горячих и ярких голубых звезд, обращающихся наподобие планетной системы чрезвычайно близко к центральной черной дыре Галактики. Именно они излучают яркое свечение, обнаруженное телескопом Хаббла еще десятилетие назад и до сих пор озадачивавшее астрономов.

Подобное открытие поразительно и в корне противоречит современным физическим представлениям – гравитационное поле вблизи черной дыры таково, что о формировании звезд вблизи нее не может быть и речи.

Как сообщает New Scientist, звезды образуют очень плоский диск размером 1 световой год в поперечнике. Их окружает эллиптический диск более старых красных звезд – его размер составляет около 5 световых лет. Оба диска расположены в одной плоскости, что может свидетельствовать об их взаимосвязи друг с другом, однако о природе в высшей степени таинственного образования никто в научном мире пока не может сказать ничего определенного (http://www.cnews.ru/cqi-bin/redirect.cqi).

Что касается излучения переменных звезд, то можно предположить прямую зависимость между энергией излучения звезды и параметрами окружающего звезду пространства. Например, если бы наше Солнце вращалось по вытянутой эллиптической орбите вокруг нейтронной звезды, то в афелии преобладал бы красный цвет, а в перигелии – голубой. Так как все риски для небесных тел связаны с перигелием их орбиты, то логично было бы ожидать катастрофические события для Солнца именно в голубой фазе. Подобное предположение не противоречит наблюдаемым явлениям: в 1987 г. в Магеллановом Облаке взорвалась массивная голубая звезда Sanduleak 69 202a.

Она относится к классу переменных голубых звёзд высокой светимости – LBV. Это событие противоречит общепринятой теории эволюции звёзд. В 2005 г в галактике NGC 266 взорвалась ещё одна сверхмассивная LBVзвезда. Чтобы объяснить эти взрывы, по мнению израильского астронома Авишай Галь-Яма, потребуется пересмотр представлений о звёздной эволюции. Но в действительности проблема лежит значительно глубже: потребуется революция в наших представлениях о самих звёздах.

8. ЭВОЛЮЦИЯ НЕБЕСНЫХ ТЕЛ

В цепи последовательных преобразований можно выделить следующие этапы эволюции небесных тел: астероид → комета → планета → звезда → нейтронная звезда.

Необходимо особо подчеркнуть, что малые тела Солнечной системы (метеориты, кометы, астероиды) состоят из вещества, ранее прошедшего стадию полного плавления. В ходе реализации программы ANSMET по поиску метеоритов в Антарктике в 2006 г. были обнаружены два метеорита: GRA 06128 и GRA 06129. Уникальность их состоит в том, что они состоят из андезита, богатого полевыми шпатами. Эта горная порода образуется в глубине планеты при большой температуре и высоком давлении (http://www.nature.com/nature/journal/v457/n7226/abs/nature07651.html).

Анализ кометного вещества, собранного космическим аппаратом «Stardust» с кометы «Wild 2» показал присутствие минералов, которые формируются только в условиях высокой температуры и огромного давления. Были обнаружены такие минералы и тугоплавкие компоненты, как форстерит, оливин, титан, кальциево-алюминиевые включения. В то же время в веществе кометы содержится большое количество льда и замёрзшего газа. Объяснить такое совмещение наука не в состоянии.

Астероид Веста (на мой взгляд, это карликовая планета) состоит из базальтовых пород, которые образуются при остывании лавы – породы планетного происхождения. Трудно согласиться с официальной научной точкой зрения о том, что малые тела Солнечной системы представляют собой

строительный мусор. Количество астероидов, их внешний вид и химический состав явно свидетельствуют о катастрофических событиях, произошедших и происходящих с планетами в Солнечной системе.

Эквипотенциальная поверхность для астероидов расположена между орбитами Марса и Юпитера. Длительное воздействие солнечного излучения, потока космических частиц высокой энергии, низкого потенциала гравитационного поля приводит к постепенному изменению химического и изотопного состава астероидов. Специфическое соотношение изотопов химических элементов, характерное только для астероидов, является приобретённым свойством: процесс распада химических элементов в открытом космосе имеет свои специфические особенности и отличен от аналогичного процесса, происходящего в земных условиях. Каменная структура астероида, изначально не содержащая летучих веществ, претерпевает ряд изменений: в процессе спонтанного распада ядер химических элементов, последовательной цепочки альфа-распада более тяжёлых элементов образуются вода и газообразные соединения (этот же процесс холодной трансмутации элементов лежит в основе образования атмосферы и воды на планетах земной группы). Элементный состав астероида при этом меняется. Более того, такие процессы как фотодиссоциация и сублимация вызовут уменьшение плотности и массы астероида, что неминуемо ведёт к увеличению эксцентриситета и медленной трансформации его орбиты. В афелии орбиты, образовавшиеся летучие вещества на поверхности астероида будут замерзать, а в перигелии – испаряться.

Лишь совсем недавно (2005 г.) группа учёных из Астрономического института Гавайского университета (Генри Хси (Henry Hsieh) и Дэвид Джуитт (David Jewitt)) обнаружила два кометоподобных астероида в основном поясе между Юпитером и Марсом. Ещё один подобный объект из основного пояса был обнаружен ранее. Хотя орбиты астероидов и близки к круговым, тем не менее, в перигелии орбиты у этих астероидов появляется кома и хвост. Новому классу объектов они дали название «кометы основного пояса».

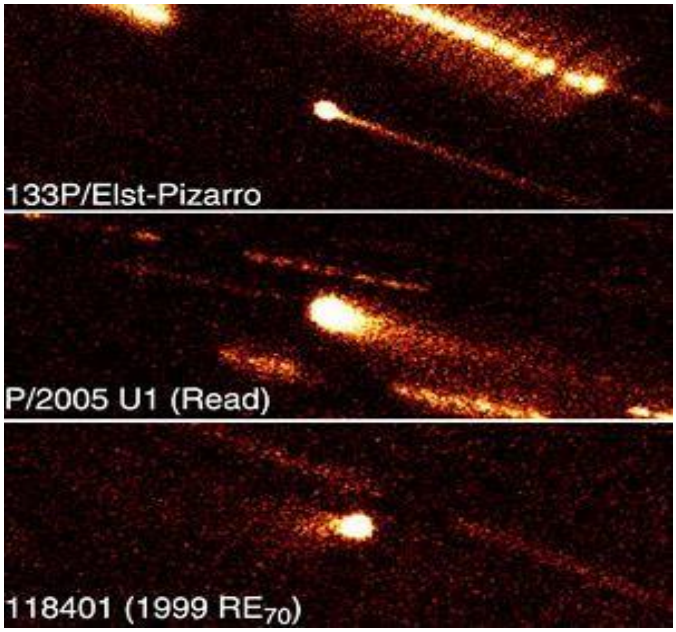


Рис. 14. Снимки всех трех комет основного пояса (в центре на каждом изображении). Остальные объекты – это звезды и галактики фона, размазанные в результате того, что телескоп следил за кометой. Снимки получены на 2,2- метровом телескопе Гавайского университета. [23].

Вышеприведённые данные позволяют отказаться от общепринятого мнения о том, что комета представляет собою ледяное ядро. На представленных снимках показан не особый класс объектов, на снимках запечатлена начальная фаза трансформации астероидов в кометы. Дальнейшая потеря массы у астероидов и гравитационные возмущения со стороны планет изменят орбиту эти объектов самым непредсказуемым образом, на что нам необходимо обратить самое пристальное внимание. Сегодня считается, что кометы образуются в поясе Койпера и облаке Оорта. Это – ошибочное мнение. Поставщиком комет в Солнечной системе является основной пояс. В облаке Оорта происходит дальнейшая и окончательная сублимация «отходов жизнедеятельности» Солнечной системы: сверхвысокий физический вакуум является агрессивной средой для атомарных структур. Очевидно, что в ближайшем будущем будут открыты новые объекты подобного вида в основном поясе.

Подведём итог. Планета рождается в гравитационном поле звезды в процессе трансформации кометы. Заметим, переход малых тел Солнечной системы к планетам (и обратно) происходит естественно и непрерывно. Сформировавшись и приумножив массу в гравитационном поле газового гиганта,

планета срывается со своей орбиты и занимает место на внутренней орбите Солнца. Например, такие карликовые планеты как Церера и Веста эмигрировали в пояс астероидов, а Луна была захвачена Землёй. В процессе эволюции Солнечной системы происходит постоянная миграция малых планет, чем и объясняется аномальное вращение Венеры. Обнаруженные на Марсе давно высохшие речные русла возникли в результате таяния его ледяной оболочки при смене орбиты планеты на солнечную орбиту. Ледяная оболочка Марса растаяла, впиталась в почву и сконцентрировалась в подпочвенной мерзлоте, оставив после себя овраги, похожие на промоины, парадоксально суживающиеся вниз по склону. По современным представлениям считается, что активная фаза жизни Марса уже закончилась. Это заблуждение, она только начинается. Конечным этапом эволюции планеты является звезда.

9. БУДУЩЕЕ ЗЕМЛИ

Что ожидает нашу планету в будущем? Исключительная важность ответа на этот вопрос сегодня ни у кого не вызывает сомнения.

Монотонное возрастание массы нейтронного ядра Земли ведёт к постепенному росту температуры в области земной коры, к повышению влагосодержания атмосферы, увеличению количества выпадающих осадков, ускорению процесса круговорота воды на планете, изменению графика формирования циклонов и антициклонов и путей их пересечения. Усиление сейсмической и вулканической активности вызовет природные катаклизмы и выбросу в атмосферу большого количества диоксида серы, который будет взаимодействовать в атмосфере с влагой воздуха, образуя серную кислоту. Именно кислотные дожди представляют наибольшую опасность для биологической жизни на планете. Со временем интенсивность этих процессов будет только повышаться. Очевидно, что уже на этом этапе эволюционного процесса планеты биологическая жизнь на Земле прекратит своё существование. Температура и плотность коры также будут увеличиваться. При достижении температуры поверхности 800 – 1500 ℃ планета начнёт излучать в видимом диапазоне длин волн. Сторонний наблюдатель отметит, что на небосклоне

зажглась новая молодая звезда. В спектре излучения молодой звезды будут преобладать линии углерода, железа, бария, марганца. Конечный этап эволюции любой звезды – нейтронная звезда.

Эволюционные процессы на планете, вероятнее всего, не позволят человечеству войти в четвёртое тысячелетие. При этом мы не берём в расчёт возможные катастрофические события в Солнечной системе (астероидная угроза, изменения активности Солнца), исключать которые никак нельзя. Цивилизация, область существования которой ограничена одной планетой, очень уязвима от внешней угрозы. Осознание того факта, что мы совершенно беззащитны перед надвигающейся опасностью, что мы никоим образом не можем повлиять на процессы таких масштабов, вызывает глубокую озабоченность по поводу окончательной космической судьбы нашей цивилизации. Кому-то может показаться, что у нас ещё много времени, но это далеко не так. По данным метеорологических наблюдений, средняя температура поверхности Земли за последние 100 лет возросла на 0,74˚С, причём темпы её роста постоянно увеличиваются. МГЭИК (Межправительственная группа экспертов по изменению климата) – авторитетный международный орган, объединяющий тысячи учёных из 130 стран мира, прогнозирует рост температуры в ближайшие 20 лет, который составит в среднем 0,2˚С за десятилетие, а к концу 21 века температура Земли может повыситься от 1,8 до 4,6˚С. Такая скорость глобального потепления не характерна для циклических процессов с периодами потепления и похолодания и не оставляет никаких шансов экосистемам и биологическим видам на выживание.

Эволюция небесных тел во Вселенной оставляет человечеству единственный путь к спасению – *вознесение* к другим звёздным системам в поисках планет, равнозначных Земле.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Всесторонний анализ причин изменения климата на Земле находится в центре внимания всего мирового сообщества. В 2007 г. МГЭИК представила «Четвертый оценочный доклад», из которого следует, что с 90% вероятностью

наблюдаемые изменения климата связаны с деятельностью человека. Это – довольно странное заявление. Безусловно, экологические и климатические процессы имеют точки соприкосновения, но принципиально эти процессы различны. Если на экологию планеты оказывает влияние деятельность человека, то климатические изменения связаны с физическими процессами, происходящими как на Земле, так и в Солнечной системе. Естественно, техногенная компонента в причинах климатических изменений присутствует, но её доля не так значительна. Данная точка зрения никоим образом не умаляет важность принятия ООН Рамочной конвенции по изменению климата (РКИК) и Киотского протокола – международных соглашений, направленных на снижение антропогенной нагрузки на атмосферу Земли и смягчению негативных последствий изменения климата. Тем не менее, экологические программы не могут в принципе разрешить проблему климата. «Положение, при котором судьбы мира находятся в руках людей, оперирующих орудием, о природе которого они имеют совершенно ложное представление, - крайне опасно» – Герберт Дингл. Новые представления о природе гравитации, рациональная интерпретация физических явлений из числа тех, которые на данный момент не интегрированы в современную науку из-за своей «непостижимости», позволяет заключить.

Глобальное изменение климата на Земле является следствием естественного процесса эволюции планеты и слабо связано с деятельностью человека.

Ближайшим (по астрономическим меркам) прообразом климата Земли является климат Венеры.

Обобщение ранее накопленных знаний, новые открытия в области астрономии позволили определить общие закономерности в образовании и развитии Вселенной и привели к рождению иного представления об устройстве окружающего нас мира.

Суперпозиция различных по своей природе и продолжительности основополагающих физических процессов во Вселенной определяют среднюю

температуру и химический состав поверхности небесных объектов, в том числе - и земной поверхности.

Постепенное увеличение температуры на поверхности планеты носит упорядоченный и неуклонный характер. Все попытки спасти Землю от тепловой смерти - безуспешны. Будущее человечества лежит за пределами планеты Земля и никакой альтернативы этому мнению не существует.

Без ясного конструктивного понимания общей направленности и последовательности этапов эволюции нашей планеты, строить глобальную стратегию развития страны - бессмысленно. Данный фактор должен быть определяющим при разработке программ развития для всех стран. Мы просто обязаны переосмыслить наши отношения с природой и друг с другом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грищенко С.В. «Модель физического объекта в статистической механике». Вестник УГТУ – УПИ №18 (70) ч. 1 2005 г.

2. Дубошинский Д.В. «Квантовый макрофизический эффект (МКЭД): экспериментальное и физическое обоснование» http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st3618.pdf

3. Басина Г.И. Басин М.А. «Синергетика. Вселенная резонансов» http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st4595.pdf

4. Когерентное состояние. Физическая энциклопедия http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/3514/

5. Глаубер Р.Дж. «Нобелевская лекция по физике – 2005г.» УФН, т.176, №12 http://ufn.ru/ufn06/ufn06_12/Russian/nob0612.pdf

6. Нейтрон, Физическая энциклопедия http://www.femto.com.ua/articles/part_2/2431.html

7. Гришаев А.А. «Наброски для новой физики», «Бирюльки и фитюльки всемирного тяготения» http://newfiz.narod.ru/

8. Планк М. «Единство физической картины Мира», М. Наука, 1986 г.

9. Климов В.К. «Новый взгляд на устройство Вселенной» http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st4369.pdf

10. Парнов Е.И. «На перекрёстке бесконечностей». Атомиздат, Москва, 1967 г.

11. Котов В.А. «Солнце как звезда: взгляд из КрАО». Известия Крымской Астрофизической Обсерватории, т. 103, № 2, 245-254 (2007). http://www.crao.crimea.ua/izvcrao/103_2/245-254.pdf

12. Котов В.А., Лютый В.М. «Солнце, космическая вибрация и ядро галактики NGC 4151.» Известия Крымской Астрофизической Обсерватории, т. 103 № 1 98-105 (2007).

13. http://apod.nasa.gov/apod/ap061113.html

14. www.astronet.ru

15. http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA10369

16. http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/mars/olympus_mons.jpg

17. http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Earth-crust-cutaway-ru.svg&filetimestamp=20080610212035

18. http://www.astronet/ru/db/msq/tritonqeu1.qif.html

19. http://apod.nasa.gov/apod/ap071013.html

20. http://galspace.spb.ru/index47-1.html

21. http://www.astronet.ru/db/msg/1231475/17P-Holmes_cook.jpg.html

22. http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:172197main_NASA

23. www.ifa.hawaii.edu http://elementy.ru/news/430173

A NONLINEAR UNIVERSE

Klimov V.K., engineer, Vladivostok, Russian Federation

Abstract. To understand revealed mechanisms of nature, to connect isolated observed events to the consolidated macrocosm pattern, to determine our place in the Universe and predestine out future – this is purpose and objective of this research.

Keywords: dark matter, nature of gravity, planetary evolution, Earth's climate

REFERENCES

1. Grishchenko S.V. "Model of a physical object in statistical mechanics". Vestnik USTU - UPI No. 18 (70) part 1, 2005

2. Duboshinsky D.V. "Quantum macrophysical effect (QED): experimental and physical justification" http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st3618.pdf

3. Basina G.I. Basin M.A. "Synergy. The Universe of Resonances" http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st4595.pdf

4. Coherent state. Physical Encyclopedia http://dic.academic.ru/dic.nsf/enc_physics/3514/

5. Glauber R.J. "Nobel Lecture in Physics - 2005" UFN, vol. 176, No. 12 http://ufn.ru/ufn06/ufn06_12/Russian/nob0612.pdf

6. Neutron, Physical encyclopedia http://www.femto.com.ua/articles/part_2/2431.html

7. Grishaev A.A. "Sketches for a new physics", "Spikers and wicks of universal gravitation" http://newfiz.narod.ru/

8. Plank M. "The unity of the physical picture of the World", M. Nauka, 1986

9. Klimov V.K. "A new look at the structure of the Universe" http://www.sciteclibrary.ru/texsts/rus/stat/st4369.pdf

10. Parnov E.I. "At the crossroads of infinity." Atomizdat, Moscow, 1967

11. Kotov V.A. "The sun is like a star: a view from the Krao". Proceedings of the Crimean Astrophysical Observatory, vol. 103, no. 2, 245-254 (2007). http://www.crao.crimea.ua/izvcrao/103_2/245-254.pdf

12. Kotov V.A., Lyuty V.M. "The Sun, Cosmic Vibration, and the Nucleus of Galaxy NGC 4151." Proceedings of the Crimean Astrophysical Observatory, vol. 103 no. 1 98-105 (2007).

13. http://apod.nasa.gov/apod/ap061113.html

14. www.astronet.ru

15. http://photojournal.jpl.nasa.gov/catalog/PIA10369

16. http://nssdc.gsfc.nasa.gov/image/planetary/mars/olympus_mons.jpg

17.http://ru.wikipedia.org/w/index.php?title=%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Earth-crust-cutaway-ru.svg&filetimestamp=20080610212035

18. http://www.astronet/ru/db/msq/tritonqeu1.qif.html
19. http://apod.nasa.gov/apod/ap071013.html
20. http://galspace.spb.ru/index47-1.html
21. http://www.astronet.ru/db/msg/1231475/17P-Holmes_cook.jpg.html
22. http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:172197main_NASA
23. www.ifa.hawaii.edu http://elementy.ru/news/430173