

О Т Ч Е Т

г.н.с. теоретдела Института ядерной физики им. Г.И. Будкера СО РАН
ак. Чирикова Б.В. за 2002 г.

НАУКА

Продолжены численные эксперименты и теоретические исследования по динамическому хаосу (в основном классическому).

1. ВИК и фрактальная структура диффузии. В начале прошлого года наши исследования (по-прежнему с В.В. Вечеславовым (ИЯФ)) продолжались, в основном, по линии очень сложных статистических характеристик диффузии в критической структуре нашей модели, определяемой эффектом ВИК (виртуальные инвариантные кривые). Отдельные ВИК рассматривались и ранее, однако в нашей случае их плотность может быть очень большой, и это кардинально меняет структуру хаоса, которая становится фрактальной. Изучая статистику отдельных траекторий, удастся выявить более тонкие особенности такой фрактальной структуры. В частности, характерное семейство степенных распределений становится при этом значительно богаче, чем для средних значений, изученных нами ранее. Основные результаты в этой области изложены в работах [1,2], особенно в последней.

Наиболее интересным результатом является, на наш взгляд, твердо установленное подавление глобальной диффузии виртуальными, т.е. несуществующими (!) при почти любых значениях параметров системы, инвариантными кривыми. Динамический эффект таких ВИК описывается лишь в расширенном пространстве большей размерности, включающем параметры системы. Критическая структура такой системы является, по видимому, фрактальной и притом очень сложной. Для ее выяснения требуются значительные дополнительные исследования, которые постепенно продолжаются.

Не менее интересным, во всяком случае весьма неожиданным, оказался другой результат - какая-то "скрытая" критическая структура для эргодического движения [2]. В нашем семействе моделей это происходит в случае предельного значения параметра $d = 0$. Самое интересное, что этот случай был подробно исследован в ряде работ (см., например [3]) как теоретически, так и в численных экспериментах. Действительно, при малых $K \ll 1$, где K - основной параметр модели (возмущение), скорость диффузии $D \propto K^{5/2}$ отличается от стандартной $D \propto K^2$. Однако это легко объясняется определенным законом убывания корреляций. Однако в [1] нам удалось вывести эмпирический закон $D \propto K^{5/2}$ прямо из резонансной структуры движения, которая обычно не бывает эргодической, а напротив, имеет много границ хаоса, что и приводит к характерному изменению скорости диффузии. В [2] мы приняли рабочую гипотезу, что несмотря на эргодичность движения какая-то своеобразная критическая структура может все же образоваться в какой-то "скрытой" для обычных наблюдений форме. Поиски такой структуры пока не увенчались успехом, и исследования продолжаются.

2. Моделирование физических процессов на компьютере

Мы называем такое моделирование численными экспериментами. Они исключительно важны, и не только для физики. Конечно, таким путем нельзя открыть новые фундаментальные законы Природы, которые, кстати, формулируются сейчас как законы физики и включают в себя все другие естественные науки, такие как химия, геология, биология и даже математика. Последний вопрос остается впрочем весьма спорным (см., например [4]), в том числе и для меня.

Так или иначе, огромное (бесконечное ?) число процессов в Мире выражается, по-видимому, через

конечное и притом весьма небольшое число фундаментальных законов (в пределе, возможно, и просто через один единственный универсальный закон (?), так называемая "Теория всего на свете", The Theory of Everything, см. например [5] ??). Однако точное математическое вычисление (предсказание) подавляющего большинства процессов (частных случаев общего закона) невозможно (знаменитая теорема Геделя, 1931 г., см. например [6]).

С другой стороны, популярные сейчас "теоремы" теоретической физики требуют проверки из-за неопределенных "аксиом" и других явных и неявных предположений, без которых задача также не решается. Конечно, можно в каждом, или почти каждом, случае проверять теорию в "настоящем" лабораторном эксперименте, но тогда вся научная конструкция просто рухнет, оставляя за собой груды разрозненных экспериментов. Вот тут-то и приходит на помощь исследование различных процессов на универсальной модели - компьютере.

Мы называем такой подход "третий путь познания" после основного пути - лабораторный эксперимент (открытие фундаментальных законов) и возведения "вечного храма науки" в форме постоянно развивающейся математической теории, хотя бы и неразрешимой явно. Фактически, "численный эксперимент" возник вместе с самой наукой в форме вычислений на бумаге и счетах. То, что происходит сейчас, это гигантский экспоненциально быстрый рост возможностей компьютера и по скорости, и по памяти, и по многообразию своей структуры, или как говорят сейчас архитектуры. Очень интересно и чрезвычайно важно, что современный компьютер все больше и больше включает в себя механизмы мышления человека, такие как нейронные сети и даже "искусственный интеллект" (!). С первого взгляда может показаться, что численные эксперименты на таком "очеловеченном" компьютере будут уводить фундаментальную науку все дальше и дальше от реальных законов природы, которые, конечно, неизмеримо богаче не только законов жизни вообще, но даже и самого человека (*homo sapiens*).

Возможно, однако, что в действительности дело обстоит как раз наоборот !

Искусственный интеллект не только помогает (фактически значительно ускоряет) моделирование различных физических законов, но, что особенно важно, и непрерывно приближает работу компьютера к любому творчеству человека, в том числе и в науке. В принципе это было известно давно в форме, например, философии науки по Эйнштейну: наука, изобретенная и развиваемая человеком - это его модель реального Мира (не путать с общеполитическими системами, каждая из которых пытается (к счастью сейчас безуспешно !) диктовать науке (и всему Миру !) свои надуманные законы, тогда как философия науки всегда играет скромную, но очень важную хотя и подчиненную роль).

Нетривиальным и совсем не очевидным здесь является принципиальная возможность отразить весь гигантский (бесконечный ?) Мир в его человеческой модели. Однако сейчас становится, по-видимому, все более ясным, что такая возможность действительно существует, по крайней мере в пределе бесконечного развития науки человека. Конечно, эта увлекательная проблема обсуждалась с незапамятных времен, однако только в рамках чисто умозрительных философий. Научное обсуждение (но еще далеко не решение !) стало возможным лишь относительно недавно (см. например [7]). По-видимому, первой реальной теорией, имеющей отношение к этой проблеме, была чисто математическая теорема Геделя (1931 г.) в ее расширительном толковании (см. [6]).

В дальнейшем оказалось [8], что это эквивалентно значительно более простой (по крайней мере для физиков), но также строгой динамической теории индивидуальных траекторий, представленных в форме проекций "точных" (непрерывных) траекторий на некоторую дискретную решетку в фазовом пространстве. Это позволяет ввести новую динамическую характеристику траектории (сложность по Колмогорову), которая представляет полную информацию о характере движения (например, регулярное или

хаотическое). Развитие этого направления было начато А.Н. Колмогоровым и его школой (см. например [9]), а также некоторыми другими математиками, и интенсивно продолжалось Г. Чайтином (G. Chaitin, USA, см. например [10]) и его школой. В наиболее простом и понятном (физикам !), но далеко не тривиальном виде интересующий нас результат был представлен в [9] (см. также [11]). Сейчас мы называем его теоремой Алексеева - Брудно.

Расширительное толкование этой строгой математической теоремы по Манину (ср. [6]) или математические фантазии вокруг нее по Арнольду (см. [4]) были осторожно сформулированы мною в следующем виде [12]: любая творческая активность человека, включая науку, обязательно содержит хаотическую компоненту. При этом творчество толкуется (воображается) как непрерывное (в среднем) производство информации (по Колмогорову). Нетривиальной частью такого представления является требование теоремы о максимальной (экспоненциальной) скорости локальной неустойчивости соответствующей творческой динамической системы, в частности самого человека.

Иными словами, предполагается, что именно хаос, причем максимально сильный в определенном смысле хаос, и есть творец (источник) всего разнообразия и сложности нашего Мира, включая жизнь и человека.

В какой-то степени что-то подобное смутно имелось, и до сих пор имеет~~ся~~ ввиду, например, для начального (генетического) этапа эволюции жизни (случайные мутации). Однако, наиболее драматическая, возможно даже заключительная часть эволюции жизни, включая и самого человека, стремительно развивается именно сейчас. На этом этапе естественная генетическая эволюция несущественна - она просто не успевает за человеком (масштаб эволюции жизни до человека *Homo sapiens* $\sim 10^{10}$ лет), тогда как стремительный экспоненциальный "взрыв" деятельности *Homo sapiens* имеет масштаб всего порядка 1000 лет (!) (см. [13]).

И что еще хуже, генетика может вдруг заработать с такой же скоростью под действием самого человека с его свободной, но неминуемо случайной волей, которая уже сегодня приводит к развитию самых разнообразных биотехнологий с непредсказуемыми последствиями (см. например [22]).

Хотя этой проблеме и уделяется последние лет десять (начиная с Римского клуба [13]) некоторое внимание со стороны обеспокоенной общественности, до сих пор почти ничего так и неизвестно о механизме функционирования этой "зловещей" свободы воли. Помимо чисто психологического ощущения, которое вряд ли может считаться доказательством, свобода воли у человека, в отличие от животных, прямо вытекает из его научного творчества. Некоторые фантазии Шредингера на эту тему содержатся в его научном анализе более "простой" жизни [23] (см. также заключительный раздел научной части отчета ниже).

К сожалению, сегодняшняя психология, которая должна была бы изучать все эти процессы, фактически выродилась в набор почти что "знахарских" приемов лечения и/или управления человека человеком. Этот процесс особенно бросается в глаза в нашей стране, в частности в нашей бедной РАН. Невероятно, но наука психология до сих пор относится даже не к Отделению РАН, а теперь уже просто к секции Отделения общественных (?) наук вместе с философией (?), социологией и правом (??). Удивительно, но при этом единственный недавно открытый Институт психологии отнесен к секции физиологии нового Отделения биологических наук ! Любопытно, как обе эти психологии ухитряются взаимодействовать друг с другом ? или они непримиримые конкуренты ?

Так или иначе, чрезвычайно интересная область науки - психология человека, именно человека (*Homo sapiens*, гигантский скачок жизни, не обязательно быстрый, но огромный по своим последствиям), а не животных вообще - остается в тумане, который скорее сгущается, чем рассеивается.

Это - вызов не только "запутавшимся" биологам, но и "занятым" физикам !

Разве не интересно было бы выяснить, наконец, действительно ли и психология человека есть лишь частный случай общих фундаментальных законов Природы ? или это какой-то совсем другой кусочек Мира ?

Во всяком случае, я чрезвычайно заинтересовался в прошлом году этой проблемой, и начал ее исследование с простейшей формулировки задачи, которая будет кратко описана ниже. Интересно, что я вышел на эту проблему совершенно случайно, во время обсуждения летом прошлого года с нашим бывшим сотрудником, проф. Д.Л. Шепелянским, совсем другого вопроса - о квантовых компьютерах. Это - еще один любопытный пример феномена хаоса в научной работе.

Возвращаясь к основной теме этого раздела о "третьем пути познания" (см. выше), следует всегда помнить, что при всем прогрессе численных экспериментов современный (цифровой) компьютер таит в себе и большие опасности ошибочного моделирования за счет полной дискретности всех величин, в особенности динамических переменных. Иными словами, цифровой компьютер моделирует все только в целых числах. Более детальное обсуждение этого вопроса первостепенной важности с точки зрения физики см., например, в [14].

Перейду теперь к новой большой флуктуации развития науки в нашей стране, которая обещает привести к переформулировке многих старых задач.

3. Подарок РАН российской науке - суперкомпьютер МВС 1000М. Кардинальный скачок в возможностях наших численных экспериментов произошел в прошлом году в связи с введением в строй первого настоящего суперкомпьютера мирового уровня. Вот его основные характеристики: 768 процессоров Alpha 21264A с тактовой частотой 667 MHz и внутренним распараллеливанием, объединенных высокоскоростной сетью 2 Gbit/s, которая используется только для межпроцессорных коммуникаций при параллельных вычислениях. В предельном случае полного распараллеливания задачи скорость счета может достигать $1 TFlops = 10^{12} Flops$.

В отличие от покупных американских процессоров, матобеспечение суперкомпьютера, стоимость которого за границей сравнима или даже превышает стоимость процессоров, было разработано в нашей стране, в Институте прикладной математики и, конечно, сильно уступает фирменной. Другая трудность использования суперкомпьютера связана с тем, что он пока единственный в стране и установлен, естественно, в Москве (Межведомственный Суперкомпьютерный Центр, www.jssc.ru), хотя и включен в обширную компьютерную сеть. В настоящий момент суперкомпьютер загружен относительно мало, однако число потребителей будет, конечно, расти и это, несомненно, приведет к серьезным трудностям при существующей организации работы.

Основное неудобство связано с принятым режимом деления процессоров вместо обычного режима деления времени. Это практически исключает использование главного достоинства суперкомпьютера - большого числа процессоров даже при полном распараллеливании задачи.

По этой же причине полностью исключен и многопроцессорный режим отладки. Между тем, именно многопроцессорная, а не оставленная однопроцессорная отладка счета совершенно необходима при нашей отечественной необычной и очень сложной системе многопроцессорного программирования. Ее неприятной особенностью является необходимость вставлять прямо в исходный текст программы все специальные подпрограммы из прилагаемой библиотеки, которые и регулируют оптимизацию распараллеливания счета задачи. При этом программист должен фактически соревноваться с фирменным транслятором, который сам выполняет эту трудную процедуру. Такая игра с компьютером, конечно, интересна, но не очень эффективна для работы. Хуже всего, что при этом трудно исключить ошибки параллельного счета, особенно в отсутствии необходимой отладки.

Ввиду указанных недостатков нам (совместно с программистом Хайло Л.Ф.) удалось только попробовать несколько старых задач, отложенных до лучших времен, пока без определенных проверенных результатов.

Я кратко упомяну здесь лишь две задачи.

Первая возникла в прошлом году в связи с комментарием на нашу работу [15] об асимптотике критической структуры на границе хаоса. В комментарии было отмечено, что наши экспериментальные (численные) данные заметно отклоняются от ожидаемой асимптотики. Мы и сами заметили это уже во время проведения численных экспериментов, однако не смогли выяснить причину расхождения из-за недостаточной мощности компьютеров того времени даже за границей (Франция, Тулуза).

Обсуждая возможный ответ нашим оппонентам [16], мы заметили, что хотя критический показатель и отличается от асимптотического, сама критическая структура сохраняет характерную форму степенной зависимости. Отсюда возникла идея, что мы наблюдаем фактически так называемую "промежуточную асимптотику", тогда как до "настоящей асимптотики" еще далеко и добраться до нее мы пока не можем.

Однако возможна другая проверка - за счет изменения исследуемой динамической модели. Относительно простая проверка сразу же подтвердила нашу гипотезу: новая критическая структура не только имела ожидаемую степенную форму, но и близкий критический показатель. Получив возможность работать на нашем новом мощном суперкомпьютере, мы попробовали оценить размер промежуточной асимптотики. Однако из этого ничего не вышло, несмотря на то, что скорость суперкомпьютера на много порядков превышала скорость использованных ранее французских компьютеров. Причина - отмеченные выше неудачные режимы работы нашего суперкомпьютера.

Кое-что удалось все-таки сделать для другой оставленной задачи в работе [17]. Ранее в ней была обнаружена весьма своеобразная критическая структура на очень простой и казалось бы хорошо изученной модели. Обычно критическая структура характеризуется степенной зависимостью, что приводит к очень специфической статистике в этой области (в данном случае речь идет об описании критической структуры с помощью интегральной вероятности возвратов Пуанкаре $P(\tau)$ от границы хаоса вглубь хаотической компоненты движения в зависимости от времени возврата τ). Однако в работах [18] было показано, что в некоторых случаях начальная зависимость $P(\tau)$ критической структуры, или "ее промежуточная асимптотика", может быть и обычной экспонентой, которая переходит в характерную степенную зависимость лишь для достаточно большого времени возврата τ .

В [17] я детально исследовал такой смешанный режим на очень простой модели: двумерное каноническое отображение с одним параметром K (в [18] исследовалась довольно сложная модель движения астероида). На моей простой модели мне удалось выяснить, что длинная предэкспонента связана с тем, что граница хаоса окружает на фазовой плоскости очень маленькую область регулярного движения. Оказалось также, что обычная экспонента характеризует в таких моделях весьма необычную периферическую часть критической структуры, размер которой намного превышает не только обычную пограничную часть этой структуры, но и весь "островок" регулярного движения. К тому же в отличие от пограничной структуры движение в периферической части оказывается очень близким к эргодическому. Все это требует, конечно, дальнейшего изучения.

Однако на этом сюрпризы не окончились !

Всего было исследовано 15 случаев с различными значениями параметра K в огромном диапазоне $2\pi - 2\pi \times 10^7$. Нормированная критическая структура сохранялась во всех случаях кроме одного, с $K = 7$ (магическое число !?). В этом случае начальная экспонента с ожидаемым средним временем $\langle \tau_1 \rangle = 2.4$ (итерации отображения) также переходит при $\tau_{12} \approx 100$ в другую зависимость, но не степенную, а снова

в экспоненциальную (?).

Эта вторая экспонента с $\langle \tau_2 \rangle = 23$ уже больше не меняется в течении всего доступного времени счета ($t_{max} = 10^{11}$ итераций отображения), что соответствует максимальному времени возврата $\tau_{max} \sim 350$ с минимальной вероятностью $P_{min}(\tau_{max}) \sim 10^{-10}$.

Этот численный эксперимент (для одной траектории) проводился в ИЯФ на компьютере с четырьмя процессорами типа Alpha с частотой 400 MHz в режиме одного процессора с разделением времени. Мы попробовали продлить этот счет на суперкомпьютере, используя 500 процессоров и 5000 независимых траекторий. Помимо этого, для получения статистически значимого "хвоста" распределения $P(\tau)$, $\tau \sim \tau_{max}$ с очень бедной статистикой был использован весьма эффективный специальный метод построения интегрального распределения с "плавающей" шириной ячейки (см. [19]). Обычно такой метод называется также "упорядоченная статистика редких событий" (rank-ordering statistics of extreme events). В итоге нам действительно удалось несколько продвинуться по времени возврата, с $\tau \approx 350$ до $\tau \approx 525$ и по вероятности возврата с $\log(P) \approx -10$ до $\log(P) \approx -12.75$ (логарифм десятичный).

Для такого суперкомпьютера это очень скромный успех, но нам просто повезло: как раз на этом небольшом участке, около $\tau_{23} \approx 425$, оказался еще один переход к третьему распределению $P(\tau)$, убывающему еще более медленно. Однако последний хвост оказался все же слишком коротким, чтобы можно было отличить экспоненту от степенной функции, не говоря уже о других возможностях. В результате мы получили два распределения вместо одного: $\log P(\tau) \approx 0.43\tau / \langle \tau_3 \rangle - 7$ для экспоненты с $\tau_3 \approx 40$ и $\log P(\tau) \approx -12 \cdot \log \tau + 20$ для степенного распределения с критическим показателем 12.

Таким образом, загадочная критическая структура при $K = 7$ (см. также рис. 5 в [17]) еще ждет своего объяснения.

Отмечу, что рассмотренная задача служит прекрасным подтверждением нашей общей философии численных экспериментов: самый мощный компьютер "против" самой простой (но содержательной !) модели, максимально приспособленной к полному использованию всех возможностей компьютера.

В заключительном разделе научной части отчета я кратко коснусь самых первых результатов, фактически первоначальной постановки совершенно новой задачи о роли фундаментальных законов Природы в психике (поведении) человека, Homo sapiens, самого сложного в настоящий момент объекта нашей жизни, а возможно и всей Вселенной. Говоря о человеке, я обычно имею ввиду весь род человеческий, хотя иногда мне будет удобнее подразумевать типичного представителя этого рода.

4. Человек и его Наука.

Моя основная дебютная идея в этой области состоит в том, чтобы отделить очень специфические и частные законы жизни вообще, включая человека, от универсальных фундаментальных законов всего Мира. С этой целью, я прежде всего сформулирую некоторые правдоподобные, как мне кажется, предположения о существовании и свойствах таких общих фундаментальных законов, включающих в себя и сугубо частные законы жизни, доля которых, однако, ничтожно мала. Иными словами, моя основная гипотеза состоит в том, что роль жизни во Вселенной сама по себе пренебрежимо мала, хотя для жизни самого человека она является, конечно, первостепенной.

Можно сказать и совсем по-другому: наука, созданная и непрерывно развиваемая человеком оказывается неизмеримо богаче самого человека, создавшего ее (см. п.(8) ниже и некоторые предварительные обсуждения этой проблемы в [12]).

Конечно, подобные вопросы неоднократно обсуждались с давних пор, однако до последнего времени все это носило лишь абстрактно-философский характер, не допускающий какую-либо экспериментальную проверку. Фактически, в те далекие времена не возникла еще даже и сама идея такой проверки, которая

сейчас является краеугольным камнем всей современной и будущей науки (подробнее см. ниже в этом разделе).

Основные предположения (см. обсуждение в [12]), которые я принимаю, выглядят ориентировочно следующим образом:

(1) Принцип научной ИСТИНЫ, который строго ограничивает творческую фантазию человека в науке (но не в жизни !) и проверяется только лабораторными экспериментами (или наблюдениями), см. раздел 2 выше.

(2) Философия науки (Эйнштейн), которая сегодня звучит примерно так (см. раздел 2 выше):

НАУКА ЧЕЛОВЕКА - ЭТО ЕГО МОДЕЛЬ РЕАЛЬНОГО МИРА, ВКЛЮЧАЯ И САМОГО ЧЕЛОВЕКА.

Эта философия давно известна в науке, и она наилучшим образом, по моему мнению, разрешает замкнутый круг "взаимного влияния" крошечной "пылинки" во Вселенной - человека и его Науки, законы которой управляют всей Вселенной, в том числе и самим человеком.

Иначе говоря, такая философия естественным образом разделяет науку на неинвариантную модель человека и инвариантный относительно модели закон Мира.

Тем самым я, как и многие другие, включаю в понятие наука только ФИЗИКУ (в широком смысле слова), которая содержит в себе и все другие ЕСТЕСТВЕННЫЕ науки, например, химию и биологию, но не гуманитарные ("неестественные науки" по остроумному замечанию С.П. Калицы), такие как философия, филология, экономика, социология, литература, история, право, информатика, дипломатия, политика, короче все, что прямо или косвенно зависит от свободы воли человека и потому не может быть инвариантным по отношению к его моделям.

Иначе говоря, "ВЕРХОВНЫЙ СУД ЭКСПЕРИМЕНТА" (ВСЭ) совсем неприменим к гуманитарным "знаниям". Вместо этого их можно просто классифицировать либо как "условные соглашения", например филология и даже информатика (?), либо как эмоциональные предпочтения ("культура"), либо наконец, как "упорные" попытки угадать "истинные" интересы и желания рода человеческого (см. ниже), которые к тому же постоянно изменяются, и чем дальше, тем больше. Любопытно, что такое выделение части гуманитарных дисциплин вошло даже в некоторые языки, например английский (см. любой Webster's), но не в русский, во всяком случае не в советский русский (!). Это тоже очень интересная проблема, которую я, однако, пока не обсуждаю. Отмечу только, что это прямо указывает на условный характер гуманитарных "законов".

(3) Принцип соответствия (Бор): при расширении области науки, например классика $\Rightarrow$ кванты, неизбежное изменение модели сохраняет, тем не менее, закон в старой области на любой старой модели. Это обеспечивает устойчивость науки, несмотря на ее непрерывный, хотя и нерегулярный прогресс, сопровождаемый внешним изменением "парадигмы" (модели), часто очень резким и неожиданным.

Иначе говоря, истины науки, проверенные экспериментом, остаются (в своей области) навсегда. Они только пополняются, но не изменяются.

В некотором смысле, истины науки абсолютны в отличие от "правды" жизни.

(4) Антропный принцип в космологии (см. например [20,5]), который формулирует определенные "требования человека" (!) к устройству нашей Вселенной, необходимые для возникновения, существования и развития Жизни и самого Человека, но тем самым и ограничивает действие некоторых общих фундаментальных законов науки, в том числе и "одобренных" экстраполяцией эксперимента в "другие" Вселенные.

Хочу отметить, что этот простой и ясный принцип оказывается иногда источником совершенно неожиданных недоразумений, например, мистических представлений о реальном влиянии человека или да-

же какого-то "высшего духа" на устройство всей Вселенной ! Такие примеры приведены, в частности, в любопытной книге нашего известного физика, инженера и философа Б.В. Раушенбаха [26] (см. статью "Убеждаясь и мыслью, и сердцем...", с.39). Ясно, что в данном случае речь идет всего лишь о перестановке местами причины (фактическое устройство данной Вселенной) и следствия (возможность или невозможность жизни в этой Вселенной).

(5) Существенно новым требованием такого рода, обеспечивающим непрекращающуюся и неограниченную эволюцию (развитие) жизни, по крайней мере вплоть до человека *Homo sapiens*, а может быть и куда-то много дальше (см. например [21,22]), является существование динамического хаоса специального вида, который я называю "творческий хаос" (см. [11,12]), поскольку он непрерывно, хотя и нерегулярно, генерирует полную информацию о все новых и новых вариантах эволюции на ее символической (дискретной) траектории (см. например [9]).

Поэтому такой творческий хаос является обязательным требованием антропного принципа при любой достаточно сложной форме жизни.

В исследованиях антропного принципа и жизни это требование, однако, не упоминается, и остается, по-видимому, неизвестным даже для многих физиков, не говоря уже о физиологах.

Фактически, оно удовлетворяется в нашей Вселенной за счет гравитационной неустойчивости Джинса (J. Jeans) [27], которая предотвращает также и нашу тепловую смерть.

Все это уже давно и хорошо известно в физике.

Тем большее удивление вызывает буквально панический страх перед хаосом в нашей Вселенной у некоторых известных физиков, немало сделавших к тому же для исследования (ближнего) космоса ! Например в [26] говорится буквально следующее: "Многое свидетельствует об осмысленности мироздания, о том, что мироздание - не случайное собрание молекул. Если допустить случайность, то выводы будут такими страшными, что хоть вешайся" (с. 18).

(6) Существует по крайней мере два периода эволюции жизни: творческий хаос совместно с естественным (медленным) внешним отбором, т.е. что-то вроде управляемой жизни (растения и животные, включая обезьян, даже человекообразных, но не *Homo sapiens* !) и такой же хаос, но с выбором своего поведения и даже судьбы самим человеком за счет его полной свободы воли (пока !), которая длится уже по крайней мере 10^5 лет.

(7) Физика свободы воли человека остается неясной (ср. [23] и раздел 2 выше), однако многообразное творчество человека определенно указывает на возможность такого своеобразного внутреннего самоотбора. Это становится особенно понятным в случае научного творчества. Хотя интенсивное развитие науки человеком началось каких-нибудь 300 лет назад, относительный рост области науки огромный и никаких признаков его замедления не видно. А это и означает, что творческий хаос в сочетании со свободой воли продолжает еще более эффективно работать и в теперешней фазе развития *Homo sapiens*, и опять таки с совершенно непредсказуемыми последствиями (как и в любом хаосе за достаточно большое время).

По этой причине было бы более правильно назвать человека (всех нас с вами !) не *Homo sapiens* (человек разумный), а *Homo liber* (человек свободный). Для вида *Homo* ??? свобода, конечно, совершенно необходима, но и чрезвычайно опасна ! Такова *se la vie...*

И, наконец, последнее (пока) предположение, самое главное для рассматриваемой проблемы:

(8) Наука - это небольшое число фундаментальных законов, универсальных для всего Мира, которые каким-то образом включают в себя огромное число всех остальных (частных) законов Природы, а через них и все процессы и системы нашей Вселенной, в том числе и человека.

А теперь вопросы:

Первый вопрос (слишком общий и потому не главный): Так ли это на самом деле ?

Первый ответ (неполный и потому простой): Похоже, что это действительно так, по крайней мере в большинстве случаев (?)

Второй вопрос (очень сложный и потому тоже не главный): Можно ли утверждать, что любое известное явление или система в Природе полностью описывается одним из фундаментальных общих законов Мира ?

Второй ответ (очень простой и потому тоже не главный): Конечно, нет !

хотя бы потому, что по крайней мере некоторые фундаментальные законы ограничены антропным принципом, и не могут быть проверены экспериментом, а допускают только приближенную экстраполяцию из области нашей Вселенной куда-то еще. Помимо этого, известные фундаментальные законы, по-видимому, никогда не образуют полную систему и, тем более, не содержат в себе всех частных законов.

Третий вопрос (последний, который только кажется простым): Можно ли сказать, что гипотеза (8) хотя бы частично справедлива и для человека ?

Третий ответ (уклончивый, но терпимый): Похоже (?), что это так, ср. анализ Шредингера [23] для живой клетки (?)

На этом я и остановлюсь в простом перечислении сложных вопросов и простых, но малосодержательных ответов, и приведу мои первые результаты (гипотезы) относительно нескольких возможных вариантов сложного ответа на последний "самый простой" вопрос.

((1)) Биология (жизнь) действительно составляет часть физики, как это было подробно обосновано еще Шредингером в 1945 г. [23]. С тех пор, насколько мне известно, его заключение никогда не подвергалось сомнению, а напротив, постоянно подтверждалось огромным потоком все новых и новых экспериментальных исследований.

Что это значит ? вопрос решен ?

Совсем нет ! он даже не поставлен !

Все дело в том, что жизнь человека принципиально отличается от всей остальной жизни (см. п.6 выше). Конечно, все знают об этом гигантском скачке эволюции нашей жизни, но по каким-то неясным для меня причинам скорее замалчивают этот переход вместо того, чтобы его как-то понять. К этому интересному вопросу я вернусь ниже, а пока:

Основная трудность в решении рассматриваемой проблемы состоит в том, можно ли и как согласовать основу поведения человека - выбор своей личной цели с общими законами Природы, у которых нет никакой цели вообще или, по крайней мере, она не видна (?).

Из своего жизненного опыта мы знаем, или лучше сказать нам кажется, мы почти уверены, что человек свободен, в принципе, выбирать себе любую цель, пытаться ее достигнуть каким-то образом, а также в любой момент по тем или иным причинам, а то и вовсе безо всяких видимых (?) причин изменить первоначальную цель на любую другую. Например, моя цель в данный момент состоит в том, чтобы разгадать механизм выбора этой цели моим мозгом (предполагая, что он типичный !).

Я уже упомянул ранее (раздел 2), что я вышел на эту проблему совершенно случайно, во время разговора с моим бывшим сотрудником Д.Л. Шепелянским по совсем другому поводу - о квантовых компьютерах. При этом мы сразу же переключились на эту новую тему, которая заинтересовала нас обоих на какое-то время, но затем...также быстро вернулись назад, к текущим делам. Что произошло в этот момент в моем мозгу ? этого я не знаю. В моей памяти не осталось никаких следов самих быстрых переключений кроме их результата - новой цели научного исследования, которую я и пытаюсь сейчас реализовать.

Моя первая идея состояла в том, что существует принципиальный предел для науки. Некоторые частные случаи такого подхода уже обсуждались и раньше. Например, Пуанкаре еще в 1913 г. пришел к заключению об отсутствии какого-либо научного решения задачи о морали человека (см. перевод его статьи "Мораль и наука" в [7]). Интересно, что в настоящее время подобные дискуссии практически прекратились, что является одной из загадок хаотического развития науки. Любопытное "объяснение" приведено в [26] (с. 18): "Современные представления об осмысленности мироздания - вежливая (!) форма религиозности в материалистическом мире".

Так или иначе, первый ((1)) вариант решения рассматриваемой проблемы состоит просто в том, что наука не в состоянии решить эту проблему !

При всей определенности такого утверждения этот вариант имеет, на самом деле, по меньшей мере, два подварианта:

((1a)) - решение принципиально невозможно, по крайней мере, при известном наборе фундаментальных законов, и

((1b)) - решение еще просто не найдено.

Первый выбор наиболее сложный, поскольку в лучшем случае придется неопределенно долго ждать недостающих законов, которых может и не быть вовсе. Поэтому я решил посмотреть второй.

Но как искать решение для такой сложной и малоизученной системы как мозг человека ? В принципе, путь такого поиска известен: надо как-то "угадать" решение. Но для такой интуиции нужны какие-то "подсказки". В моем распоряжении имеется, по крайней мере, две из них:

(а) я хочу проверить вполне определенную, четко сформулированную и относительно простую гипотезу (8), и

(б) я имею в своих руках (в голове !) такой мощный и малоизвестный фактор эволюции жизни, включая человека, как "творческий хаос" (пп.(5,7)).

И вот - эврика !! второй вариант сложного ответа, который оказывается необычайно простым, конечно как гипотеза:

((2)) Выбор цели человеком (*Homo sapiens* ?) происходит просто случайно !?

Конечно, такое решение имеется в фундаментальных законах, но вся наша человеческая гордость восстает против подобной мудрости *Homo sapiens* ! А зря...ведь хаос то творческий (?). Психологическая трудность такого решения состоит в том, что речь идет здесь об очень неожиданной и необычной, я бы даже сказал примитивной, работе мозга человека, включая всех Великих людей на Земле. Это шокирует. Ну что ж...можно поискать и другие варианты или вернуться к первому, безопасному и бесполезному. А можно попробовать как-то проверить этот неожиданный вывод и, в случае подтверждения, использовать максимально эффективно новое знание, забыв про свою гордость.

В таком случае возникает следующий вопрос: Имеются ли прямо сейчас какие-то возможности проверки этого второго варианта ?

Как ни странно, ответ положительный: Да, имеются !

И связаны они с очень специфической структурой мозга человека по сравнению с мозгом любых животных, даже человекообразных обезьян (см. например [24]). В самых общих чертах эта структура и ее функционирование известны, однако опять таки по каким-то непонятным причинам психологи упорно отказываются от более глубокого изучения психологии человека (?). Вот что примерно известно на сегодня (см. например [24]).

У всех высших животных (приматов) мозг имеет два полушария, однако только у человека (*Homo sapiens*) возникла и закрепилась генетически резкая качественная функциональная асимметрия этих по-

лушарий. Основное различие между полушариями определяется не столько особенностями используемого материала (вербального или образного), сколько способами его организации, характером переработки информации, т.е. типом мышления.

Хорошо изученное "левополушарное" мышление является дискретным и аналитическим, способным формировать внутренне непротиворечивую и однозначную модель мира, которая вполне вписывается в "обычную" науку психологию и широко используется в самых различных приложениях.

Ее единственный недостаток состоит в том, что эта наука не слишком отличается от психологии животных ?!

Отсюда отмеченные выше многочисленные недомолвки по фундаментальному вопросу о резкой, неустрашимой границе между любыми животными и человеком. Такая граница как раз и связана с "правополушарным" пространственно-образным, синтетическим мышлением, которое позволяет "схватывать" одновременно многочисленные свойства объекта в их взаимосвязи друг с другом и обеспечивает целостность восприятия. Благодаря такому взаимодействию образов сразу в нескольких смысловых плоскостях они приобретают свойство многозначности, которая и лежит в основе творчества человека [24].

Таким образом, особая роль правого полушария мозга человека, и только человека, известна сегодняшней психологии. И тем не менее, далее в [24] следует очередной туманный пассаж: "Асимметрия мозга свойственна только человеку, предпосылки (?) к ее становлению передаются генетически, но сама она, как и тесно связанная с ней речь, окончательно формируется (?) лишь в социальном общении" (??). Это напоминает мне все еще бытующий в нашей философии тезис Энгельса о роли труда в процессе очеловечивания обезьяны.

Существует и другая интерпретация асимметрии мозга человека, связанная с понятием "логика". В [26] (с. 43) это объясняется следующим образом: "Одна половина мозга (левое полушарие) занимается логической частью, другая (правое полушарие) - внелогической. Одно включает логические знания, в том числе и науку, и речь и так далее, другое занимается внелогическим познанием мира, там сосредоточены чувство красоты, поэзия, религия..." (ср. [24]).

Такая классификация выглядит очень простой, однако она не проходит, по крайней мере для науки, если считать, что последняя непрерывно развивается (см. выше) в смысле постоянного накопления новой информации. Действительно, для этого нужен творческий хаос (п. (5)), который совершенно не предполагается в левом полушарии. Но в таком случае "логическая наука" попадает во "внелогическое" полушарие (?).

Выход из этого кажущегося противоречия состоит, по моему, в том, что творческий хаос оказался в зоне "внелогического познания" просто потому, что он еще вообще не познан в психологии !

Другой интересный вопрос - где "скрывается" религия в мозгу (верующего) человека ? Мне кажется, что вот она то вполне могла бы быть отнесена к левому полушарию (см. ниже).

Если говорить немного серьезнее, то в данном контексте логика означает философию, например, "логика науки" в п. 2. Однако в таком случае термин "внелогический" вообще теряет смысл, и оба термина надо как-то изменить, например, так: левая и правая логика. Если моя гипотеза подтвердится, то более подходящим термином представляется другой: регулярная и хаотическая области (мозга человека).

Мне кажется, что современным психологам нужно сделать всего один "небольшой" шаг - познакомиться с законами хаоса (п.(5)) и смириться с тем, что этот хаос хозяйничает в мозгу Homo sapiens, но не в мозгу животных ! Это еще одна интересная характеристика "железного занавеса" между теми и другими.

Поскольку я пришел к гипотезе о случайном выборе цели человеком совсем с другой стороны, ничего не зная о тайнах правого полушария, то можно считать, что мой вариант ((2)) получает таким образом

определенные подтверждения.

Конечно, смириться с хаосом в нашем мозгу не так-то просто, даже для тех немногих, кто знаком с хаосом и его "творчеством". Действительно, если даже цель и выбирается случайно согласно моей гипотезе, то совсем не всегда, а только в какой-то сложной ситуации, которая требует достаточно продолжительного времени для своего разрешения. В противном случае все это может быть сделано и через левое полушарие мозга относительно простым и регулярным методом безо всякого хаоса.

Поэтому в моей гипотезе речь идет на самом деле совсем о другом: в отличие от животных в мозгу человека есть дополнительный могучий, но фактически неизвестный механизм, позволяющий как-то (!?) "выпутываться" из самых сложных и неожиданных ситуаций !

Но в таком случае возникает новый вопрос: как это вообще возможно при случайном выборе цели ?

Конечно, всегда, или почти всегда, существует некоторая ненулевая вероятность сразу принять правильное оптимальное решение, однако в сколько-нибудь серьезном случае такая вероятность, очевидно, исчезающе мала. А между тем, ответ на этот вопрос достаточно хорошо известен, но как часто бывает в таких случаях, совсем в другой области, а не в самой психологии, которая все еще просто игнорирует эту проблему.

Фактически, существуют разные способы решения подобных задач, например, так называемый метод "проб и ошибок". В применении к психологии это означает, что случайный выбор человека должен быть не один, а целая цепочка с отбором изменения ситуации в желательном направлении. В результате получается нечто вроде управляемой хаотической траектории или, точнее, более или менее значительное сужение пучка возможных хаотических траекторий без отбора. Это может существенно ускорить приближение к цели, однако полное предсказание результата хаотического процесса на достаточно большом времени, а тем более его дальнейшая оценка (польза-вред ?) совершенно невозможны.

С другой стороны, никакой регулярный процесс или даже слабый (неэкспоненциальный) хаос не способны предоставить такой широкий незатухающий спектр возможного поведения человека, как это делает творческий хаос.

Как я уже отметил выше, современная психология человека, хотя и имеет какое-то представление об особенностях правого полушария, совсем не собирается изучать серьезно его очень сложное, необычное и неопределенное функционирование. Более того, это просто и невозможно без знания важнейшего процесса в правом полушарии - динамического хаоса. Гораздо проще иметь дело только с левым полушарием, простым и определенным. Если речь идет об одном индивидуальном человеке, он теряет при этом слишком много. Он вообще перестает быть *Homo sapiens* !

Фактически, ему приходится, конечно, все равно обращаться к правому полушарию, которое всегда работает, даже если этот человек никогда и ничего о нем не слышал. Однако такое подсознательное использование шедевра природы "вслепую" редко бывает достаточно эффективным. И все же, это случается, причем иногда в очень яркой, почти мистической форме ! Один такой пример приведен и детально проанализирован в [26]. Это - работа нашего знаменитого конструктора космической техники и исследователя космоса С.П. Королева, вместе с которым Раушенбах работал в течении многих лет, как до войны, так и после.

Интересно, что этот краткий (всего 6 пунктов !) анализ включен не в относительно короткую статью "Воспоминания о Королеве" (с. 363 - 375), а в самое длинное жизнеописание другого пионера освоения ракетной техники и космоса "Герман Оберт" (с. 169 - 362).

Вот некоторые выдержки из анализа феномена Королева (с. 320 - 323): "Королев был явлением уникальным. И эта уникальность связана с тем, что ему приходилось открывать новую эпоху в истории

человечества - космическую. ...пытаясь охарактеризовать эту уникальную способность Королева одним словом, я не смог найти лучшего, чем "полководец". И это не результат поисков необычного и броского сравнения, а результат анализа особенностей действия Королева как руководителя программ и выявившихся при этом аналогий с деятельностью великих полководцев. Эти аналогии можно свести к шести пунктам."

Последний из них, характеризующий мышление Королева, звучит буквально так: "Очень важным, не поддающимся рациональному толкованию, было свойство руководителя, которое можно кратко охарактеризовать так: принимать правильные решения при недостатке информации..."

Сравнение с полководцем пробудило в моей памяти дорогие мне воспоминания о моем учителе, Герше Ицковиче (Андрее Михайловиче) Будкере (1918 - 1977), организаторе и бессменном директоре знаменитого Института ядерной физики в Новосибирске (теперь им. Г.И. Будкера). Невероятно, но занимаясь организацией совершенно мирной науки - физики элементарных частиц, далекой не только от военных приложений, но и от обыденной жизни, он сделал своим девизом, сознательно сделал, строчку военного устава (!):

"Командир обязан принять решение" (см. [28], с. 74)

Будкер прочитал эту строчку еще в армии, во время войны. На первый взгляд это требование кажется какой-то нелепостью, каких было немало в те времена, да и сейчас... Но Будкер как-то интуитивно понял или, лучше сказать, почувствовал всю глубину этой простой мысли и в дальнейшем всегда следовал (старался следовать) этому мудрому правилу. Много позднее, он не раз удивлял нас, его учеников и сотрудников, своими весьма неожиданными решениями, принятыми порой в совершенно неясной ситуации тех времен (50-е - 60-е гг.), которые каким-то образом оказывались потом совершенно правильными !

Интересно, кто был автор того мудрого военного устава военного времени ? и сохранилась ли эта мудрость в нынешнем военном уставе ?

К сожалению, пока интуитивное использование правого полушария скорее исключение (Королев как уникальное явление и великий полководец), чем правило.

Возвращаясь к основной теме, я хочу обсудить кратко и совсем другую возможность как для отдельного человека, так и для любой группы, в том числе и очень большой. Можно не выбирать цели, а просто принимать их от каких-то других людей и послушно исполнять. В предельном случае исполнителям вообще не нужно правое полушарие и они превращаются в "толпу" по своей "доброй" воле, по "твердому" принуждению или по "подавляющему" воспитанию. Цели же выбирают другие, но тоже подсознательно и "вслепую".

Если исключить грубое принуждение, лидер должен как-то убедить толпу в своем случайном выборе целей, которых он на самом деле не понимает. Очевидно, что в такой ситуации ему нужно использовать простейшие аргументы (а также, возможно, и подходящие случайные события), т.е. работать только с левым полушарием своей "паствы". Это примитивно, но надежно !

В этом еще одна причина туманных намеков и недомолвок в современной психологии даже там, где эта наука существует.

Некоторые говорят, что правое полушарие можно использовать только в рамках принципиально ненаучной парадигмы. Не пытаясь понять смысл этого утверждения, хочу лишь отметить, что это яркий пример путаницы в науке, связанной с довольно распространенным сейчас термином "парадигма", который понимается многими как характеристика законов Природы, тогда как это всего лишь модель человека для этих законов (см. п.(3)).

В системе "лидера и толпы" возможна еще одна интересная ситуация. Если человек один, он волей

неволей вынужден интуитивно обращаться, даже не ведая этого, к правому полушарию, чтобы как-то выяснить свое "истинное" положение. Конечно, на самом деле он не может выяснить эту "истину", но ему может показаться, что он таки нашел ее и попытается как-то использовать для своих целей, в соответствии со своими желаниями.

Однако лидер совсем не обязательно будет вести себя таким же "честным" образом! Вполне возможно, что он скроет свою "истину" и передаст своей послушной толпе совсем другую информацию, то есть, по просту говоря, обманет свою доверчивую "паству" или, более вежливо, схитрит. Причина этого хорошо известна в жизни и очень проста: у лидера (как и у других людей) есть свои собственные интересы, которые он, вообще говоря, совсем не намерен раскрывать другим. Такой коллективный обман значительно усложняет поведение группы, особенно достаточно большой.

Но и это еще далеко не вся история!

До тех пор, пока механизм хаоса в правом полушарии не будет по настоящему понят, возможен не только умышленный обман, но и неумышленный самообман!

Действительно, необразованный лидер скрывает, с большой вероятностью, не истину, а ошибку и выдает другую ошибку. Поведение большой группы становится при этом совсем сложным и запутанным, а все вместе похоже на какую-то хаотическую "цивилизацию", которая долго не "протянет". Действительно, исторические исследования показывают, что только за последние 10 тысяч лет прошло уже около 30 различных цивилизаций, из которых осталась только одна, самая молодая.

В заключение, я совсем кратко упомяну о моих дальнейших планах по исследованию психологии (физики психики) человека. Совершенно ясно, что камнем преткновения в развитии психологии человека как науки является активный уход этой науки от исследования правого полушария мозга человека. Говорят, что этой проблемой теперь занимаются не ученые, а маги и волшебники (это синонимы). Вот и я хочу присоединиться к ним!

На первый взгляд это кажется типичной "лженаукой". Этот термин стал очень популярным в последнее время в связи с активной борьбой нашей РАН со всякой лженаукой на всех уровнях! Не входя в детали этой упорной борьбы, я хочу все же отметить, что сам термин "лженаука" является крайне неудачным и уж во всяком случае никак не научным, а скорее религиозным!

Так или иначе, проблему правого полушария надо решать, причем наиболее эффективным методом решения представляется использование как раз этого же самого полушария, что я и пытаюсь сделать со своей гипотезой случайного выбора цели и обращением к магии. Я не знаю, как работают маги с другими людьми, но мой метод "творческого хаоса" вполне применим и к одному человеку, то есть к самому себе. Это на самом деле простейший случай, хотя и не типичный, но зато с важным дополнительным упрощением - полным исключением всякого прямого обмана. Недавно, на одном из столбов Академгородка, я совершенно случайно увидел вдруг ссылку на книгу [25] (А. Долохов, Учебник везения, технология успеха, сам себе волшебник). Я еще не читал ее, но судя по заглавию, ее автор, очевидно маг, говорит как раз об этом. Любопытное совпадение, всплеск хаоса в моем правом полушарии! Любопытно было бы посмотреть, что же выйдет из всего этого хаоса...

Работы частично поддержаны РФФИ (грант 01-02-16836), а также комплексной программой РАН "Нелинейная динамика и солитоны" (координаторы ак. Фаддеев Л.Д. и чл.-кор. Кузнецов Е.А.).

Публикации и ссылки

1. В.В. Вечеславов, Б.В. Чириков, Диффузия в гладких гамильтоновых системах, препринт ИЯФ 01-59, Новосибирск, 2001; ЖЭТФ 122, 175 (2002).

2. B.V. Chirikov and V.V. Vecheslavov, Fractal Diffusion in Smooth Dynamical Systems with Virtual Invariant Curves, *ndyn.CD/0202017*, 2002; *ЖЭТФ* **122**, 647 (2002).
3. I. Dana, N. Murray, and I. Percival, Resonances and Diffusion in Periodic Hamiltonian Map, *Phys.Rev.Lett.* **62**, 233 (1989).
4. В.И. Арнольд, Математическая дуэль вокруг Бурбаки, *Вестник РАН* **72**, 245 (2002),
5. C. Hogan, Why the Universe is Just So, *Rev.Mod.Phys.* **72**, 1149 (2000).
6. Ю.И. Манин, Теорема Геделя, *Природа*, 1975, № 12.
7. А. Пуанкаре, "Мораль и наука", *О науке*, М., Наука, 1983.
8. G. Chaitin, Godel's Theorem and Information, *Int.J.Theor.Phys.* **21**, 941 (1982).
9. V.M. Alekseev and M.V. Yakobson, Symbolic Dynamics and Hyperbolic Dynamic Systems, *Phys.Repts.* **75**, 287 (1981).
10. G. Chaitin, Information, Randomness & Incompleteness, Singapore, World Scientific, 1987.
11. G. Casati and B.V. Chirikov, The Legacy of Chaos in Quantum Mechanics, in *Quantum Chaos: Between Order and Disorder*, Eds. G. Casati and B.V. Chirikov, Cambridge Univ. Press, 1995.
12. B.V. Chirikov, Natural Laws and Human Prediction, *Proc.Intern.Conf. "Law and Prediction in the Light of Chaos Research"* (Salzburg, July 1994), Eds. Paul Weingartner and Gerhard Schurz, Springer, 1996, p. 10; B.V. Chirikov, Linear and Nonlinear Dynamical Chaos, *Open Sys. & Information Dyn.* **4**, 241 (1997).
13. Dennis Meadows, The Limits to Growth. A report for the Club of Rome's project on the predicament of mankind, The New American Library, N.Y., 1972; United Nations Johannesburg Summit 2002, Sustainable Development in Action, www.johannesburgsummit.org
14. B.V. Chirikov, Pseudochaos in Statistical Physics, preprint Budker INP 95-99, 1995; *chao-dyn/9705004*; *Proc. Intern. Conference "Nonlinear Dynamics, Chaotic and Complex Systems"* (Zakopane, 1995), Eds. E. Infeld, R. Zelazny and A. Galkowski, Cambridge Univ. Press, 1997, p.149.
15. B.V. Chirikov and D.L. Shepelyansky, Asymptotic Statistics of Poincaré Recurrences in Hamiltonian Systems with Divided Phase Space, preprint Budker INP 98-63, 1998; *cond-mat/9807365*; *Phys. Rev. Lett.* **82**, 528 (1999).
16. B.V. Chirikov and D.L. Shepelyansky, *Phys. Rev. Lett.* **89**, 239402-1 (2002), Replay to the Comment: M. Weiss, L. Hufnagel, and R. Ketzmerick, Universal Power-Law Decay in Hamiltonian Systems ? *Phys. Rev. Lett.* **89**, 239401-1 (2002).
17. B.V. Chirikov, Poincaré Recurrences in Microtron and the Global Critical Structure, preprint Budker INP 99-7, 1999; *nlin.CD/0006013*.
18. I.I. Shevchenko and H. Scholl, *Celestial Mech. Dynamical Astron.* **68**, 163 (1997); I.I. Shevchenko, *Phys. Scripta* **57**, 185 (1998).
19. D. Sornette, L. Knopoff, Y. Kagan and C. Vanneste, *J. Geophys. Research* **101**, 13883 (1996); В.В. Вечеславов, Б.В. Чириков, Диффузия в гладких гамильтоновых системах, препринт ИЯФ 01-59, Новосибирск, 2001; *ЖЭТФ* **122**, 175 (2002).

20. B. Carr & M. Rees, The anthropic principle and the structure of the physical world, *Nature* **278**, 605 (1979).
21. F. Dyson, Time without end: Physics and biology in an open universe, *Rév.Mod.Phys.* **51**, 447 (1979).
22. F. Fukuyama, *Our Posthuman Future. Consequences of the Biotechnology Revolution*. N.Y.: Farrar, Straus and Giroux, 2002, см. рецензию В.Л. Иноземцев, От "Конца истории" к "Постчеловеческому будущему", *Вестник РАН* **72**, 1018 (2002).
23. Erwin Schroedinger, What is Life ? The Physical Aspect of the Living Cell, 1945; Что такое жизнь с точки зрения физики ? 1947.
24. "Краткий психологический словарь", 98 авторов, Политиздат, 1985 г.
25. А. Долохов, Учебник везения, технология успеха, сам себе волшебник.
26. Б.В. Раушенбах, Пристрастие, М., "Аграф", 1997, Сб. популярных статей о науке, технике, искусстве и религии.
27. J. Jeans, *Phil. Trans. Roy. Soc. A* **199**, 1 (1929).
28. Б.В. Чириков, Жизнь - это творчество ! Сб. Академик Г.И. Будкер, Очерки, воспоминания. Новосибирск, Наука, 1988, с. 67; перевод: B.V. Chirikov, Life is Creating ! In: G.I. Budker, *Reflections & Remembrances*, Eds. Boris N. Breizman, James W. Van Dam, AIP Press, New York, 1994, p. 103.

ОРГРАБОТА

1. Ученый совет ИЯФ
2. Спецсовет Д.003.016.01 при ИЯФ
3. Объединенный ученый совет СО РАН по физико-техническим наукам
4. Экспертная комиссия по присуждению золотой медали имени Л.Д. Ландау
5. Редколлегия международных журналов "Chaos, Solitons & Fractals" и "Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation"

Б.В. Чириков

1 апреля 2003 г.