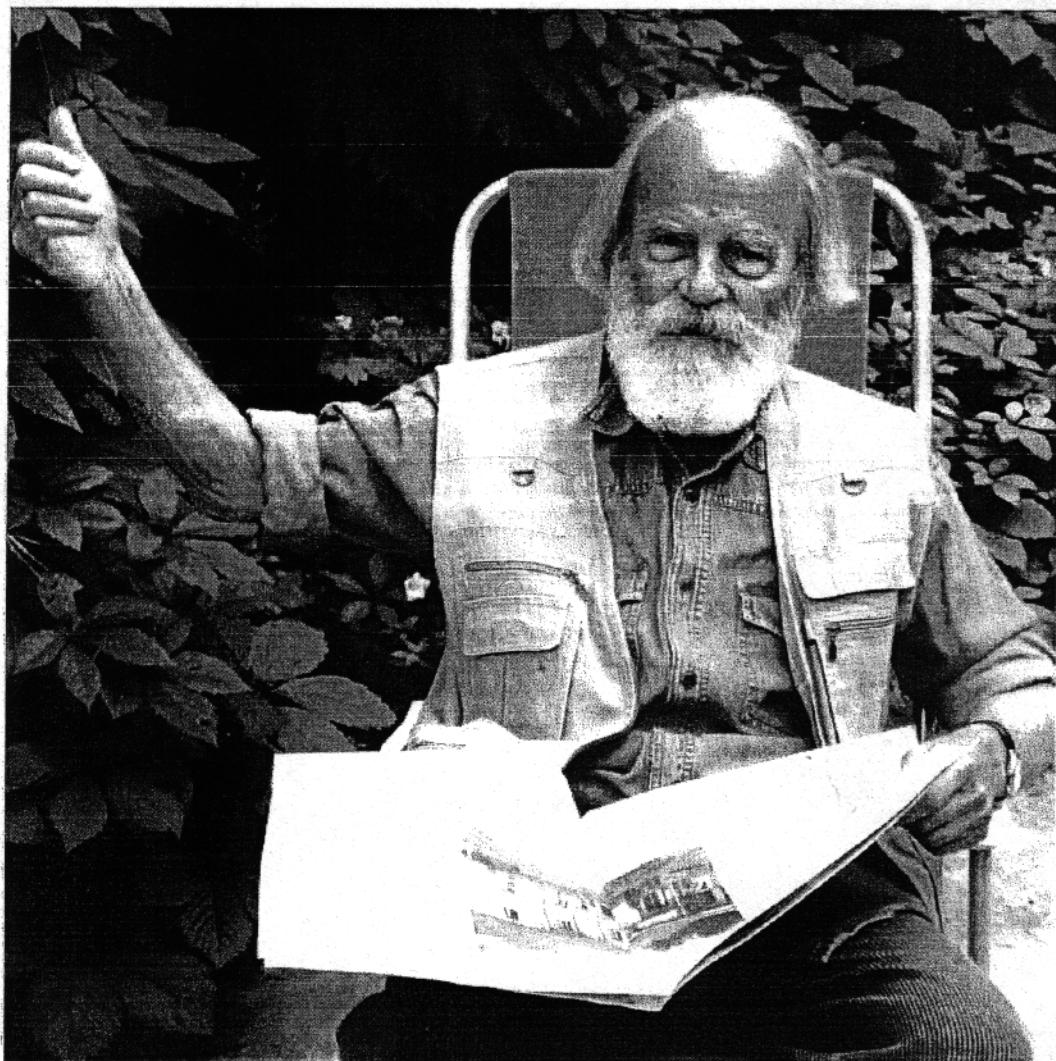


Ф. Израиль (22 сг)



### Борис Валерианович Чириков

Эти, в некотором смысле, хаотические воспоминания я начну с того далекого дня, когда в 1964 году, будучи студентом четвертого курса физического факультета Новосибирского Государственного Университета (НГУ), я пришел в комнату Бориса Валериановича Чирикова (БВ) в Институте Ядерной Физики (ИЯФ) и сказал, что хочу делать у него диплом по теоретической физике. Перед этим, я уже больше года проходил практику в группе Бориса Левичева, где вместе с моим сокурсником еще по Ленинградскому Университету, Юрий Пупковым, помогал проводить

измерения магнитного поля в строящемся тогда накопителе ВЭПП-2. За этот год я уже немного пообтерся в ИЯФе, катал тележку с электромагнитными катушками на ВЭПП-2, готовил плакаты к защите кандидатской диссертации Вадима Ауслендера, и с огромным интересом слушал дискуссии между Спартаком Тимофеевичем Беляевым и БВ о философских проблемах квантовой механики. Может именно поэтому, когда пришло время распределения на кафедру и меня отфутболили из лаборатории встречных пучков по медицинским показаниям (язва желудка), я пошел к Спартаку Тимофеевичу и сказал что всю жизнь мечтал заниматься ядерной физикой (что, вообще говоря, было не слишком уж далеко от истины). На что Спартак Тимофеевич ответил: «Вот Чирикову нужен студент, идите к нему». Ну что ж, «в Англию, так в Англию», и я отправился к Чирикову. Так я попал к Борису Валериановичу, за что безмерно благодарен судьбе.

Первым делом, БВ дал мне небольшую задачку связанную с уравнениями движения для системы осцилляторов с кубической нелинейностью. Как я потом понял, это была математическая модель из препринта Ферми, Паста, Улама (E.Fermi, J.Pasta, S.Ulam, 1955), и мне предстояло заняться анализом странного поведения этой системы с помощью новой теории БВ, предсказывающей возникновение хаотических колебаний в нелинейных системах.

В то время основная деятельность БВ была связана с экспериментами на ускорителе Б-Зм по созданию стабилизированного электронного пучка высокой плотности – одной из идей директора Института Г.И.Будкера. И моя первая работа с БВ практически совпала с его постепенным уходом в теоретическую физику. Впрочем, БВ часто подчеркивал, что «мы» – не теоретики, понимая под «мы» сформировавшуюся впоследствии небольшую группу в теоретическом отделе, главным инструментом исследования которой был так называемый «численный эксперимент». Нужно отметить, что этот термин долгое время многими физиками не воспринимался серьезно. Известно критическое отношение Будкера к такого рода деятельности, считавшего, что БВ мог бы заниматься более «серьезными» делами. Тем не менее, на защите докторской диссертации БВ в 1969 году Будкер признал правомерность развивающегося Борисом Валериановичем метода, с помощью которого были заложены основы современной теории динамического хаоса в детерминированных системах.

Фактически, точка зрения Чирикова состояла в том что помимо

исследования законов Природы с помощью экспериментальной и теоретической физики, есть и другой, не менее эффективный, подход, основой которого служит «численный эксперимент». В отличие от стандартного использования компьютеров в качестве вспомогательного элемента теоретического анализа той или иной проблемы (например, для вычисления сложных интегралов или трудоемких аналитических преобразований), под численным экспериментом понимается именно *экспериментирование* с исходной математической моделью. Существенным элементом такого подхода является то, что конечный результат заранее неизвестен, и может быть получен (а может, и нет !) в процессе исследования, путем включения или исключения тех или иных членов в уравнениях движения и изменения параметров системы, с последующим численным интегрированием этих уравнений.

Такой подход во многом сродни настоящему эксперименту, в котором можно «крутить ручки» и проводить то или иное измерение. С другой стороны, численный эксперимент подразумевает теоретический анализ, пусть и не строгий, но без которого простое «кручение ручек» практически бесполезно. Более того, абсолютно необходимо чтобы рассматриваемая модель действительно имела отношение к физической реальности, с тем чтобы обнаруженные новые эффекты затем могли бы быть подтверждены в настоящем эксперименте и исследованы стандартными теоретическими методами. Можно сказать, что история развития физики за последние 50 лет уже подтвердила эффективность численных экспериментов, приведших к открытию таких новых физических явлений, как например, динамический хаос, интегрируемость нелинейных уравнений, динамическая локализация, диссипативный хаос (странные атTRACTоры) и т.д.

Тем не менее, утверждение «мы – не теоретики» могло относиться к кому угодно, но только не к Борису Валериановичу. Для тех кто тесно общался с БВ, был очевиден его уникальный дар понимать суть сложнейших физических явлений, интуитивно чувствовать, что верно и что нет, и где можно ожидать действительно интересных результатов. Поражала его способность понимать одновременно и теоретическую физику и «высокую» математику, не говоря уже об экспериментальной физике, в которой он весьма успешно работал некоторое время. Он мог находить ошибки и у математиков, причем мирового уровня, и у физиков, включая и нобелевских лауреатов. Самым уничтожительным эпитетом для авторов неправильных работ у БВ был – «путаник».

История проблемы Ферми-Паста-Улама (ФПУ) довольно поучительна, в особенности для тех, кто интересуется нелинейной физикой. Прекрасное изложение физических и математических идей, связанных с этой проблемой, и исторический анализ основных результатов изложен в книге Вайсера (T.P.Weissert, 1997), основанной на его кандидатской диссертации по истории нелинейной физики. Приятной особенностью этой книги является то, что в ней роль советских физиков и математиков в развитии нелинейной физики представлена достаточно полно, в отличие от многих других зарубежных публикаций. Здесь очевидно сказалось влияние консультанта этой работы - Д.Мисса (J.D.Meiss) - американского физика, эксперта по динамическим системам, хорошо знавшего труды советских исследователей и лично знакомого с Борисом Валериановичем.

Вкратце история проблемы ФПУ такова. В 1953 году Ферми, получив небольшую передышку в работе Лос-Аламосской лаборатории в США над атомным проектом, решил вернуться к своему давнему увлечению и проверить, с помощью численного моделирования, возникновение термализации в цепочке нелинейно связанных осцилляторов. Ождалось, что при большом числе осцилляторов (32 или 64) даже слабая нелинейность приведет к интенсивному обмену энергией между линейными модами, и, как следствие - к релаксации системы к статистически равновесному состоянию. Еще в одной из самых ранних своих работ (1923 год), Ферми пытался (правда безуспешно) доказать в общем виде эргодическую гипотезу, которая необходима, как считалось тогда, для обоснования статистической физики. Получив на некоторое время в свое распоряжение самую мощную в то время ЭВМ, он вместе с польским математиком С.Уламом и итальянским физиком Д.Паста провел первый в истории «численный эксперимент» приведший к открытию новых нелинейных явлений. Оказалось, что в рассматриваемой цепочке осцилляторов вместо термализации возникала периодическая перекачка энергии из начально возбужденной гармоники в остальные, и обратно. Ни о какой термализации речи быть не могло, что заставило Ферми заявить о непонятном, но по всей видимости, очень важном эффекте. К сожалению, эти работы были прекращены из-за болезни и смерти Ферми в 1954 году, и результаты были оформлены только в виде внутреннего препринта Лос-Аламосской лаборатории в следующем году.

Попытки объяснить ФПУ-парадокс, предпринятые в последующие десять лет разными исследователями, не дали ощутимых результатов, и только в

1965 году произошел скачок, во многом благодаря идеям БВ о существовании критерия, согласно которому система ведет себя либо регулярно, либо стохастически в зависимости от значений параметров модели. Первое время БВ использовал именно этот термин - «стохастичность» - для обозначения практически случайного поведения системы, возникшего несмотря на отсутствие в уравнениях движения каких-либо случайных параметров или возмущений. В настоящее время в литературе утвердился другой термин - «динамический хаос» или «детерминированный хаос», или же просто «хаос». В шутку, или всерьез, но БВ в те годы говорил, что заниматься изучением «хаоса» в такой устойчивой стране, как Советский Союз - несколько вызывающе. Сейчас трудно представить, насколько непривычно было в те 60-70 годы говорить о хаосе в физических системах. Это теперь физическая литература «переполнена» хаосом в такой форме, что уже трудно найти область физики, в которой не возникает проблема хаотического поведения той или иной системы.

Применение «критерия Чирикова» к проблеме ФПУ показало, что при тех параметрах, которые использовались при численном моделировании в работе Ферми, Паста и Улама, поведение системы действительно должно быть практически регулярным и характерным для интегрируемых систем. Теоретический анализ, а затем и численные «эксперименты» с моделью ФПУ, выполненные БВ с сотрудниками в 1964-1969 годах, фактически разрешили парадокс, который безуспешно пытались объяснить многие физики и математики. Один из авторов работы ФПУ – Станислав Улам – был настолько заинтригован результатами, выполненными в группе БВ в Институте Ядерной Физики, что один из препринтов ИЯФ, в котором были численно подтверждены аналитические предсказания БВ, был переведен на английский язык и опубликован в виде регулярного препринта Лос-Аламосской Лаборатории. Более того, когда в 1966 году в Москве проходил Международный Математический Конгресс, на котором БВ представил доклад на тему о возникновении хаоса в детерминистических системах, С.Улам специально прилетел в Москву на пару дней и в основном провел все время в дискуссиях с БВ. Судя по всему, из-за этого визита в Москву у Улама были неприятности, поскольку тот в свое время был одним из главных разработчиков водородной бомбы. Позже, Борис Валерианович рассказывал мне, что после знакомства с Уламом и попыток пригласить его в Институт Ядерной Физики для совместной работы на 3 месяца (уже была подписана преседателем СОАН СССР Г.И.Марчуком соответствующая бумага-приглашение, и отправлена

в Москву), переписка БВ с Уламом прервалась. Спустя же некоторое время, один американский физик, будучи в ИЯФе с визитом, пожелал встретиться с БВ. В коридоре, оглядываясь по сторонам он быстро передал Борису Валериановичу коротенькую записку от Улама, в которой тот извинялся за свое «молчание», возникшее не по его вине. Когда же во время трехмесячной поездки Бориса Валериановича в США в 1979 году он все-таки встретился с Уламом, тот все еще был «под колпаком», поскольку во время их кратковременной беседы после семинара, проведенного Борисом Валериановичем в одной из американских лабораторий, Улама неотступно сопровождали (правда, ничуть не мешая беседе) два «телохранителя» в штатском.

По всей видимости, Борис Валерианович нашел в Уламе не только прекрасного собеседника, но и единомышленника, поскольку Улам одним из первых понял революционное значение компьютеров для развития физики. В своей книге воспоминаний («Приключения математика», РХД, 2001), он предсказывал, что будущее физики во многом будет зависеть от творческого союза (своего рода *симбиоза*) физика-исследователя и компьютера. С огромным искусством комбинируя аналитические и численные методы, БВ был фактически пионером в практической реализации этого нового направления в современной физике.

Меня всегда поражала абсолютная открытость БВ в восприятии новых результатов и эффектов, возникающих в процессе изучения конкретных проблем. Я вспоминаю как давным-давно, а точнее этап в 1968 году, я показал ему странный результат, выданный мне М-20 (может, кто-нибудь еще помнит этот допотопный ламповый компьютер, занимавший заметное пространство в Вычислительном Центре СОАН). Результат состоял в том, что при моделировании поведения модели ФПУ по программе, написанной А.Хисамутдиновым, с течением времени в разложении волнового пакета возбуждались четные гармоники, которые по теории должны отсутствовать из-за сохранения четности соответствующего Гамильтониана. Несомненно, это был эффект связанный с ошибками округления чисел в компьютере, но почему он быстро разрушал правильную картину динамики системы, мне было совершенно неясно. Когда я сказал Борису Валериановичу, что не знаю как подавить возникающую неустойчивость, он сразу же предложил не бороться с ней, а использовать ее как индикатор хаоса. Дело в том, что неустойчивость решения была напрямую связана со возникновением хаоса, и в дальнейшем мы измеряли степень хаоса через экспоненциальный рост

четных гармоник в эволюции системы. Сейчас для специалистов по нелинейной динамике этот эффект покажется тривиальным, но тогда все было абсолютно новым и необъяснимым. Достаточно сказать, что современный метод обнаружения хаоса посредством измерения так называемых Ляпуновских показателей был изобретен гораздо позже.

К сожалению, в те далекие времена (1963-1974 годы), исследования хаоса не имели никакой поддержки в научных кругах. Все эти “так называемые” численные эксперименты и результаты иже с ними, рассматривались в лучшем случае как чудачества, не имеющие никакого отношения к “большой” физике. И хотя личное отношение многих физиков к Борису Валериановичу во все времена было благожелательным, его научная деятельность (я имею в виду изучение хаоса) не была оценена по достоинству. Ситуация еще усугублялась тем, что советские физические журналы, за редким исключением, не печатали статьи, в которых в основе исследований лежал численный анализ. Тем не менее, благодаря тому, что ИЯФ имел право издавать собственные препринты, многие результаты тех времен, полученные Борисом Валериановичем, все-таки не пропали.

Ситуация несколько изменилась в середине семидесятых годов с появлением в печати статьи Рюэля и Такенса (D.Ruelle, F.Takens, 1971), с которой начался бум связанный со обнаружением *странных аттракторов* – нелинейных диссипативных систем с необычной структурой фазового пространства, описываемых обычными *дифференциальными* уравнениями. Со стороны Бориса Валериановича этот термин сразу же подвергся критике, поскольку ничего «странныго» для БВ в поведении странных аттракторов не было. Интересно, что оригинальная статья американского математика и метеоролога Э.Лоренца (E.Lorenz), послужившая катализатором для работы Рюэля и Такенса, была опубликована гораздо раньше, в 1963 году. Причем, поначалу она не была принята в обычном физическом журнале с широкой тематикой (опять же вследствие численных результатов!), а опубликована в журнале атмосферной физики, где и была практически похоронена до лучших времен. В этой работе было проведено детальное численное моделирование некоторой упрощенной системы, в которой возникала турбулентность, и этот факт резонансным образом нашел отклик у математиков, занимающихся вопросами динамических систем и статистической физики.

С точки зрения БВ, «странные аттракторы» представляли собой не что

иное, как хаотическое поведение диссипативной системы (в отсутствие случайных сил), которое в каком-то смысле было аналогично динамическому хаосу, хорошо изученному к тому времени (но малоизвестному широкой публике). По словам БВ, эти странные аттракторы кажутся «странными» только для неспециалистов. В английской транскрипции фраза БВ - «strange for strangers» - стала довольно популярной, об этом пишет в своей книге сам Э.Лоренц (“The Essence of Chaos, 1993”). Более того, несколько лет назад мне в руки попала небольшая книжонка, претендующая на популярное изложение теории хаоса и сплошь состоящая из рисунков-комиксов. На одной из страниц была приведена вышеупомянутая фраза Бориса Валериановича под двумя *странными* фигурами в темных плащах и со шляпами до самых глаз, изображающими БВ и меня.

Надо отметить, что к 1975 году в группе Бориса Валериановича эффект возникновения *диссипативного* хаоса уже был исследован, и довольно подробно. Но никто такими вещами тогда не интересовался, а результаты были опубликованы только в виде докладов, представленных на малоизвестных конференциях. В результате, приоритетность в исследовании странных аттракторов в нелинейных системах, описываемых *дискретными* уравнениями, была утеряна. Идея БВ «посмотреть», как влияет диссипация на хорошо развитый динамический хаос в нелинейной Гамильтоновой системе, описываемой двумерным отображением, практически сразу же привела к открытию незнакомого нам эффекта, впоследствии оказавшися как раз тем самым «странным аттрактором». Эти, и многие другие результаты того времени были получены с использованием дисплея, сконструированного инженером Б.Долговесовым в Институте Автоматики и Электрометрии СОАН. Несомненным достоинством этого прибора было то, что с помощью программного обеспечения написанного Л.Васильевой, его напрямую подсоединили к скоростному компьютеру БЭСМ-6 в ВЦ СОАН - это позволило работать в режиме «on-line». Отличительной особенностью такого «тандема» была возможность видеть траекторию системы в реальном времени на экране дисплея, и что самое главное, в любой момент можно было останавливать решение задачи и менять значение параметров с помощью «светового пера» - аналога «мыши» в современных компьютерах. Эффективность такого рода «экспериментирования» была потрясающей, и БВ с огромным интересом и энтузиазмом участвовал в наших «походах» на ВЦ СОАН, предлагая те или иные параметры для счета, и записывая результаты с тем, чтобы

подготовиться к очередному «эксперименту».

Как-то при очередном походе на ВЦ (это было в 1974 году), нашей работой на дисплее заинтересовалась киногруппа, снимающая научно-популярный фильм об Академгородке, с акцентом на использовании компьютеров в разных приложениях. Съемки проводились в разных институтах, в том числе и на ВЦ СОАН. Увидев в машинном зале ВЦ Бориса Валериановича со мной около дисплея, режиссер фильма, Б.Загряжский и оператор Э.Анцис захотели включить нас в свой фильм «Компьютер и загадка Леонардо» (Киевнаучфильм, 1974), благо что дисплей, созданный в Институте Автоматики и Электрометрии под руководством Ю.Е.Нестерихина, действительно был уникальной разработкой (жалко, что этот прибор так и не удалось запустить в серийное производство). Борису Валериановичу было предложено, глядя в камеру, рассказать, чем мы занимаемся, и продемонстрировать работу на дисплее. Впоследствии Б.Загряжский несколько раз говорил мне что был восхищен раскованным и пластичным поведением БВ перед камерой. Так мы попали в фильм киевской киностудии имени Довженко, точнее ее филиала, где в те далекие времена было снято много прекрасных научно-популярных картин. Фильм “Компьютер и загадка Леонардо” показывался в Академгородке, и в ИЯФе, но, к сожалению, не был приобретен Институтом.



Надо отметить, что фильм получился очень удачным и завоевал

множество призов, включая и международные. В одной из благожелательных рецензий, в украинском журнале «Новини Киноекрану», на обложке помещены фотографии из этого фильма, где мы с Борисом Валериановичем демонстрируем зрителю свойства детерминированного хаоса. Для такого необычного «доклада» об исследовании хаоса перед самой широкой аудиторией, которую можно себе представить, БВ выбрал пример того, как с помощью сильной нелинейности можно «подавить» хаос и стабилизировать нелинейные колебания. Кстати, с этим эпизодом связана следующая история. Прошло некоторое время, и как-то в разговоре со мной Борис Валерианович задумчиво сказал, что ведь идея, изложенная им перед камерой, и сам текст его «выступления» не проходил через экспертную комиссию ИЯФ. Таким образом, «научные сведения представленные широкой публике» не прошли экспертизу, а в принципе могли ведь быть связанными с «государственной тайной». Поэтому, в срочном порядке нам пришлось написать соответствующий коротенький текст на 4 страницах, включавший рисунки, показанные в фильме, и опубликовать его как препринт ИЯФ (разумеется, предварительно получив пол-дюжины подписей, удостоверяющих что текст «не содержит результатов представляющих государственную тайну» - и вообще, никому не нужен). После этого можно было спать спокойно.

В конце 70х годов в группе Бориса Валериановича появился новый аспирант, Дима Шепелянский. Практически, мной совместно с Димой была написана только одна статья, в остальных же главным действующим лицом был БВ. Происходило это так – БВ приглашал нас обоих к себе в кабинет, сажал рядом с собой по разные стороны, и мы начинали писать текст той или иной статьи. Точнее, писал текст Борис Валерианович, а мы с Димой время от времени предлагали наши варианты или задавали вопросы. Надо сказать, такое общение с БВ было чрезвычайно полезным для нас обоих, поскольку в ходе написания текста, как правило, возникали многочисленные вопросы и тут же начинались обсуждения. Описать, насколько эти обсуждения были интересными, не представляется возможным. Хочу только отметить, что каждый, кому приходилось беседовать с Борисом Валериановичем на научные темы, согласится с тем, что манера обсуждения у него была необыкновенно увлекательной, а само обсуждение – одновременно глубоким и насыщенным, стимулирующим к дальнейшим раздумьям на обсуждаемую тему.

Примечательно, что Борис Валерианович готов был потратить сколько

угодно времени на обсуждения и объяснения по существу вопроса, но не любил обсуждать такие несущественные, с его точки зрения, детали, как стиль изложения. Эта его черта проявлялась также и при подготовке текстов совместно с нашими итальянскими партнерами, Д.Казати и И.Гварнери. Когда начальный вариант статьи готовил БВ, он приносил написанный им текст, и давал нам для прочтения и обсуждения. И вот тогда для нас часто начинались «мучения», если, по нашему мнению, лучше было бы написать тот или иной абзац по-другому, чтобы читателю было легче понять результат или логику изложения. На все наши предложения, Борис Валерианович обычно говорил: «Ничего, пусть читатель подумает!». Очевидно, здесь сказывался его уникальный стиль мышления, отражающийся в чрезвычайно высокой плотности идей и результатов в текстах его статей. В свое время Сэм Хейфец (младший) рассказывал что после опубликования в 1979 году знаменитого обзора БВ по динамическому хаосу, в ускорительной лаборатории при Стэнфордском университете образовалась небольшая группа сотрудников по изучению этого обзора. Целью регулярных семинаров был детальный разбор и обсуждение, шаг за шагом, многочисленных результатов полученных БВ, которые впоследствии составили основу теории динамического хаоса. Эта работа Бориса Валериановича (B.V.Chirikov, Phys. Rep. 1979) многими физиками рассматривается как «библия хаоса» - в настоящее время она входит в пятерку наиболее цитируемых работ российских физиков.

Такой же насыщенностью материала отличались лекции Бориса Валериановича, которые он читал на физическом факультете Новосибирского Университета. До сих пор я помню мои безуспешные попытки подробно законспектировать его лекции по электродинамике, которые БВ читал нам на втором курсе. Как-то, потратив пару часов сразу же после одной из его лекций, расшифровывая свои пометки - пока не забылись детали, я неожиданно обнаружил полную несостоятельность моей наивной затеи записать «всё», что мне казалось важным, или просто интересным. Каждая лекция БВ вызывала у меня ассоциацию с большим ажурным сооружением, но уходящим не ввысь, а куда-то в бездонную глубину. При этом часто не представлялось возможным составить цельную и ясную картину изложенного, зато в каждом отдельном ее фрагменте открывалось огромное количество интересных деталей, служивших мощным стимулом к дальнейшему изучению предмета.

Уникальность лекций Бориса Валериановича особенно хорошо была видна в сравнении с прекрасными лекциями других лекторов, которых мне

посчастливилось слушать. В первую очередь вспоминаются лекции М.В.Волькенштейна в Ленинградском Университете (молекулярная биология), а также лекции В.М.Галицкого (квантовая механика) и С.Т.Беляева (физика элементарных частиц) в Новосибирском Университете. Если в лекциях Волькенштейна, Галицкого и Беляева всегда присутствовала прозрачность и перспектива, дающие ощущение целостности предмета, то отличительной чертой лекций БВ была плотность материала, богатство деталей и множество вопросов для самостоятельного обдумывания.

В 1983 году всем составом нашей небольшой группы в теор-отделе ИЯФ (Борис Валерианович, В.Вечеславов, В.Давыдовский, Д.Шепелянский, и я) мы взялись переводить с английского фундаментальный труд Либермана и Лихтенберга (M.Libermann & A.Lichtenberg, 1983), собравший наиболее известные к тому времени результаты по нелинейной динамике и хаосу. Борис Валерианович был главным редактором, а мы – распределив по частям весь материал – переводили, кто как может, по нескольку глав. Что в такой ситуации обычно делает редактор перевода? Как правило – исправляет и «причесывает» весь текст. Я вообще не знаю, был ли еще когда-либо прецедент, когда редактор (или переводчик) перепроверяет на бумаге *все* физические и математические результаты приведенные в книге. Именно этим занимался БВ, хотя сама книга представляла собой обзор огромного количества статей. В результате такой немыслимой работы, БВ обнаружил массу неточностей принципального характера, включая и просто неправильные результаты, полученные довольно известными физиками.

Книга была издана в издательстве МИР, но вначале в редакции отказались принять наш текст, так как число примечаний редактора перевода (примечаний, сделанных Борисом Валериановичем) перевалило за число дней в году. Нам заметили - с чем я полностью был согласен - что лучше бы мы сами написали свою книгу. Ситуацию разрядил БВ – он перевел все свои «поправки» на английский, отоспал их авторам в США и попросил официального разрешения включить их в перевод. Поскольку авторы лично знали Бориса Валериановича и его труды (многие из которых детально обсуждались в книге, даже и такие, которые были опубликованы только в виде препринтов), скандала удалось избежать и книга благополучно вышла в свет.

К слову, многие из окружения Бориса Валериановича неоднократно

пытаясь убедить его написать собственную книгу по динамическому хаосу, но безуспешно, а жаль. Он все время отговаривался под разными предлогами, главный из которых был – «работать надо». По всей видимости, проблема была в том, что писать книгу как коллекцию своих уже опубликованных трудов (как обычно пишут многие авторы), Борис Валерианович не умел. Достаточно вспомнить его обзор 1979 года – все основные результаты обзора были получены в процессе его написания, и заняло это порядка года. В результате, многие из важных результатов БВ разбросаны по статьям, препринтам и трудам конференций, и зачастую мало известны широкому кругу читателей.

Обзор Бориса Валериановича 1979 года в какой-то степени знаменовал собой подведение итогов в области динамического хаоса в классической механике, и переход к исследованиям хаоса в квантовых системах. Первая же работа в этом направлении (G.Casati, B.V.Chirikov, J.Ford, F.M.Izraelev, Lect. Notes Phys. 1979) принесла неожиданные результаты, и впоследствии оказалась фундаментальным трудом в *теории квантового хаоса*. Достаточно отметить, что к настоящему времени цитируемость этой работы превысила 700 (забавно, но в одной из статей, опубликованной в престижном американском журнале она цитируется дважды (!) в списке литературы - разумеется, по недосмотру авторов, но все-таки...).

К тому времени Борис Валерианович организовал сотрудничество с американским физиком Дж. Фордом (J.Ford), а затем, и с итальянскими физиками Ф.Вивальди (F.Vivaldi), Дж. Казати (G.Casati) и И. Гварнери (I.Guarneri). Это международное сотрудничество оказалось чрезвычайно плодотворным для всех участников. Помимо научной стороны, для нашей группы (Борис Валерианович, Дима Шепелянский и я) это сотрудничество было важным еще и потому, что упрощало публикацию наших работ в зарубежных научных журналах. Надо напомнить, что в советские времена для публикации статьи «за бугром» необходимо было, чтобы эта статья была бы прежде опубликована в «отечественной печати». Такое требование, естественно, противоречило практике зарубежных журналов, в которые принимались только оригинальные работы. Учитывая, что публикация в советских физических журналах наших работ, многие из которых были основаны на численных расчетах, встречала активное сопротивление редакций, возможность опубликования в зарубежных журналах было несомненным благом. К тому же, в совместной работе появилась возможность использования мощного суперкомпьютера CRAY, введенного в эксплуатацию вначале в США, а впоследствии, и в Италии.

Ключевым участником этого плодотворного сотрудничества был, конечно, Борис Валерианович. Первоначальным вопросом БВ, связанным с квантовым хаосом, был вопрос – а как же обстоит дело с динамическим хаосом, если система описывается не классическими уравнениями Ньютона, а квантовым уравнением Шредингера? Вначале практически всё было непонятным, и я помню многочисленные дискуссии Бориса Валериановича с Джо Фордом, который неоднократно приезжал с краткими визитами в Институт Ядерной Физики в конце 70-х годов. В результате этих дискуссий выработался новый подход, который в настоящее время лежит в основе современной теории квантового хаоса. Ключевым моментом этого подхода является концепция квантового «псевдо-хаоса», в отличие от «настоящего хаоса», возникающего в классических системах. Принципиальным отличием квантового хаоса является то, что он основан не на неустойчивости движения, возникающей в классических *нелинейных* системах, а на совершенно другом – *линейном* – механизме, связанным с огромным числом независимых частот, определяющих временную эволюцию квантовой системы.



Оценка времени, в течение которого наблюдается приближенное соответствие между глобальными свойствами квантовых и классических систем, была предложена Борисом Валериановичем и оказалась далеко не тривиальной, хотя и внешне простой. Здесь сказалось знаменитое искусство БВ получать важные физические оценки «на пальцах». Кстати, эта известная всем уникальная способность Бориса Валериановича

получать неожиданные оценки «из ничего» получила отражение в дружеском шарже (смотри выше), предваряющем текст лекций, прочитанных БВ на международной школе во Франции в 1981 году (B.V.Chirikov, Les Houches Summer School, 1981).

Основополагающим моментом в понимании свойств квантового хаоса, было открытие (опять же, основанное на численных экспериментах, проводимых под руководством Бориса Валериановича) механизма так называемой *динамической локализации*, согласно которой с течением времени квантовые эффекты накапливаются и приводят к замораживанию динамики системы. Впоследствии было показано, что в каком-то смысле, динамическая локализация аналогична знаменитой *локализации Андерсона*, хорошо исследованной в теории неупорядоченных квантовых систем. Тем не менее, необходимо отметить принципиальное отличие динамической локализации от локализации Андерсона, поскольку последняя возникает в квантовых системах со случайными потенциалами, в то время как динамическая локализация относится к детерминистическим системам без каких-либо случайных параметров, к которым *априори* неприменим статистический подход.

С упомянутой школой во Франции, точнее, в курортной зоне французских Альп, связано несколько запомнившихся моментов. Первый – это когда на мой с Димой Шепелянским вопрос, что нам делать с приглашениями, которые мы все (включая Бориса Валериановича) получили от организаторов, БВ неожиданно для нас сказал, что надо начинать оформление документов на всех троих. До этого стандартным советом Бориса Валериановича было – выбросить приглашение в урну и послать ответ, что, к сожалению, посетить такую-то конференцию не представляется возможным (причину можно было указать любую, но правила игры не допускали названия истинной причины – «не пускают!»). Но БВ уже знал, что наступают «перестроочные» времена, и, действительно, нас всех, как говорилось в то время – «выпустили», и не в какое-то там «ближнее зарубежье», а сразу аж во Францию. И когда мы все втроем представали перед организаторами конференции, они схватились за голову – они не ожидали сразу троих участников из одного института в Новосибирске, по-прежнему считая, что, ну, может быть, одного-то «выпустят», да и то маловероятно. На что Борис Валерианович тут же заметил, что у нас ведь перестройка - “А вы еще не перестроились!”. Тогда же, английский физик Майкл Берри (ныне сэр М.Берри), допытывался у меня, как это мы добились приглашения сразу на троих – очевидно, он

безуспешно пытался «протолкнуть» еще кого-то из «своих». Надо отметить, что и сейчас попасть на школы в Les Houches очень престижно и довольно сложно из-за большой конкуренции.

Другая забавная ситуация возникла в парижском аэропорту при нашем возвращении из Франции. Летели мы, естественно, Аэрофлотом, и вот, у стойки регистрации наших билетов, миловидная француженка, говорит Борису Валериановичу, что, вот, есть небольшая проблема с его билетом и паспортом. Тут БВ, не дожидаясь продолжения, довольно убедительно начинает объяснять девушке, что у него всегда возникает некоторая путаница, связанная с транскрипцией его фамилии на иностранный лад – часто фамилия «Чириков» обозначается в паспорте и билете немного по-разному, но это ведь не проблема? Девушка кивает головой, но, тем не менее, пребывает в некотором замешательстве. Тут вступаем мы с Димой, и с двух разных сторон говорим, что БВ – известный физик-профессор, с этим сталкивается не первый раз, но что все эти детали – чисто технические. Под таким тройным давлением, девушка уже почти сдается, но в последний момент говорит, что должна, все-таки, вызвать представителя Аэрофлота. Через минут десять приходит женщина из Аэрофлота, берет билет и паспорт из рук девушки, и говорит: - «Что вы тут голову морочите – билет на фамилию Чирикова, а паспорт на фамилию Израйлева!». И тут все выясняется – непонятно как, но, видимо, по приезде, при регистрации в оргкомитете, мы перепутали паспорта, и так они и хранились у нас. Тут, наконец-то, девушка облегченно вздохнула, мы обменялись паспортами, все отсмеялись, но когда после Бориса Валериановича я подал свой паспорт для регистрации, веселье пошло повторному кругу.

У Бориса Валериановича была поразительная интуиция – казалось, он предвидел заранее, где, в каких ситуациях можно ожидать появление новых физических эффектов. В особенности это касалось выбора математических моделей для дальнейшего исследования. Его подход состоял в том, чтобы та или иная модель была максимально простой для анализа, но в то же время далеко не тривиальной и максимально содержательной. Самым ярким примером такой модели является довольно простая на вид система двух дискретных уравнений, известная в литературе как *стандартное отображение Чирикова*. В теории классического хаоса это отображение играет уникальную роль. С одной стороны, оно дает возможность понять основные свойства динамического хаоса, а с другой – служит пробным камнем, на котором проверяются

различные математические методы, с помощью которых в дальнейшем исследуются реальные физические системы. Число опубликованных работ в которых исследовалось стандартное отображение – огромно, ему посвящены отдельные главы в учебниках по нелинейной механике и динамическому хаосу.

Другая, не менее известная, модель «квантового толчкового волчка» (“Kicked Rotator”), предложенная Борисом Валериановичем совместно с Фордом – лежит в основе современной теории квантового хаоса. Являясь по существу квантовым аналогом «стандартного отображения», эта модель описывает поведение квантового волчка, находящегося под действием периодических толчков внешнего нелинейного возмущения. Число работ, в которых исследуется эта модель, не поддается оценке, при этом, во многих из сам термин «квантовый толчковый волчок» используется в названиях статей. Такая популярность этой модели объясняется одновременно её относительной простотой и огромным количеством нетривиальных квантовых эффектов, описываемых ею. Несколько лет назад в США толчковый ротатор<sup>\*</sup> был реализован при взаимодействии охлажденных атомов с полем оптического лазера, и эффект динамической локализации был подтвержден экспериментально.

Тем не менее – к глубокому сожалению – настоящее признание значимости научных достижений Бориса Валериановича пришло из-за рубежа, когда его труды стали доступны иностранным исследователям – как говорится, «нет пророка в своем отечестве». В СССР долгое время работы Бориса Валериановича по динамическому хаосу не находили должной реакции в физическом сообществе. Интересно, что, напротив, результаты полученные Борисом Валериановичем и его сотрудниками в области классического хаоса, были хорошо известны московским и горьковским математикам - специалистам в теории динамических систем. Тесное общение с известными математиками - В.И.Арнольдом, В.М.Алексеевым, Я.Г.Синаем и другими - было для БВ одновременно и поддержкой, и катализатором в его научных изысканиях. Существенным было то, что интерес в этом общении был взаимным – во многих работах Я.Г.Синая и его учеников, выполненных в 70-80х годах, видно влияние этого общения.

Нужно также отметить, что и в Институте Ядерной Физики научные увлечения Бориса Валериановича поначалу не находили положительного отклика. Здесь, очевидно, сыграл свою роль тот факт, что Г.И.Будкер,

высоко ценил Бориса Валериановича как высококлассного экспериментатора, не приветствовал переквалификацию БВ в «чистого» теоретика. К тому же Г.И.Будкер отрицательно относился к «численным экспериментам» и не принимал тезиса Бориса Валериановича об особой роли компьютеров в современной физике. Несмотря на это, Борис Валерианович всегда более чем уважительно относился к Будкеру, высоко ценил его талант, и считая его своим учителем.

Некоторое время, в своих «численных» изысканиях Борис Валерианович не испытывал давления относительно выбранной им тематики – исследования динамического хаоса. Тем не менее, где-то в самом начале 70-х годов что-то изменилось «в верхах», и БВ сказал мне, что «есть мнение», что нам (нашей небольшой группе в теоретическом отделе) пора заняться «делом». В то время у БВ было два аспиранта, В.Таюрский и Г.Гадияк, которым пришлось сменить тематику их исследований – первый ушел в одно из экспериментальных подразделений ИЯФ, второй – в другой институт СОАН. Что касается меня, Борис Валерианович предложил заняться либо множественным рождением элементарных частиц, либо задачами связанными с нелинейными эффектами встречи при взаимодействии встречных пучков. Я, естественно, выбрал вторую тематику, в которой основной проблемой был аналитический и численный анализ неустойчивостей, и которая была связана с возникновением динамического хаоса вследствие сильного влияния нелинейных резонансов. Надо сказать, что хотя такая деятельность была, в какой-то степени, чисто технической, я нашел в ней некоторые интересные моменты, один из которых был связан с экспериментальной проверкой предсказаний, полученных на основе численных данных. Во всяком случае, в то время – с 1973 и до 1986 года – я получил большое удовольствие от работы с Исааком Вассерманом, Славой Мишневым и Германом Тумайкиным, и думаю, что это было взаимно.

Борис Валерианович в этой деятельности не участвовал, по-видимому, она была ему неинтересна, но он всячески поддерживал меня в этой работе. В частности, он организовал сотрудничество с Джоффом Теннисоном, молодым американским физиком, работавшим в то время в группе А.Сесслера в Беркли (США). К тому же Джофф занимался исследованием адиабатической устойчивости частиц, находящихся под воздействием внешнего переменного поля – проблемой, которой Борис Валерианович интересовался с самого начала своей научной деятельности. Впоследствии Джоффа удалось заинтересовать практической задачей нахождения

оптимальных параметров для экспериментальных установок со встречными пучками в Институте Ядерной Физики. В результате, он провел целый год в ИЯФе, и я с удовольствием тесно с ним сотрудничал. Джек предstawлял собой пример «нетипичного американца» - как по складу характера, так и в его наивных попытках понять парадоксы советской действительности (к несчастью, он умер рано – в 1992 году). Я уверен, его присутствие в Академгородке запомнили очень многие, и эта тема заслуживает отдельного описания.

Но, как видно, вопрос о полезности исследований касался не только сотрудников (меня) и аспирантов Бориса Валериановича, но и его самого. Во всяком случае, БВ также пришлось погрузиться в новую для него тематику, и, в качестве «приобщения к делу», он взял меня с собой на Всесоюзную конференцию по широким атмосферным ливням, проводимую в Тбилиси. Там я был свидетелем попытки «вхождения» Бориса Валериановича в совершенно новую для него область – он прилежно посещал все доклады, делая многочисленные записи и участвуя в обсуждениях докладов. Новому аспиранту Бориса Валериановича, Олегу Жирову, уже была предложена «полезная для дела» тема – вопросы множественного рождения элементарных частиц – связанная с планируемыми экспериментами по созданию конвертера протонов в антипротоны. Вскоре Олег стал аспирантом Э.Шуряка, который был сначала его фактическим, а потом и официальным руководителем.

Все-таки, попытки приобщить Бориса Валериановича к «делу» не увенчались успехом, и уже к 1976 году БВ переходит к изучению проблемы динамического хаоса в квантовых системах. Несмотря на вынужденное увлечение динамикой встречных пучков, моя совместная работа с Борисом Валериановичем не прерывалась – мы довольно успешно продолжали исследования таких новых проблем, как диффузия Арнольда и странные аттракторы в нелинейных системах, описываемых дискретными отображениями. В конце 70-х годов Борис Валерианович практически целиком переключился на проблему квантового хаоса, и активность нашей группы резко возросла в связи с началом многолетнего международного сотрудничества (с Франко Вивальди, Итало Гварнери, Джулио Казати и Джо Фордом).

В 1985 году Борис Валерианович стал заведующим теоретического отдела, и административных обязанностей у него существенно прибавилось. Постоянной (и, похоже, довольно неприятной для него) проблемой была

забота о нуждах теоретиков в Институте. На мой взгляд, положение теоретиков в ИЯФ во все времена было неадекватным. Особенно явно это стало видно в тяжелые перестроечные времена – в 90-х годах. Несколько раз, прия с «большого ученого совета», Борис Валерианович с горечью говорил - «Запомните, мы в Институте – нахлебники!». Это относилось и ко всему теоретическому отделу, и, естественно, к нашей небольшой группе. В особенности, такое отношение оказывалось, когда происходила неприятная процедура дележа квартир, компьютеров, принтеров, и пр. Естественно, в решении проблемы «зарабатывания денег» от теоретиков было мало пользы, тем не менее, чувствовать себя «нахлебниками» было неприятно.

К сожалению, похоже, что такое отношение к теоретикам в ИЯФе остается неизменным. Подтверждением служит тот факт, что при праздновании 50-летия Института в 2008 году, в качестве ретроспективы главных достижений Института за все годы, были, в частности, представлены обзорные доклады по ускорительной тематике и физике плазмы, но не было обзора теоретических достижений, число которым – огромно! Как будто и не было в Институте таких теоретиков мирового уровня, как Беляев, Вайнштейн, Галеев, Галицкий, Заславский, Захаров, Зелевинский, Карпман, Моисеев, Паташинский, Румер, Сагдеев, Фридман, Шуряк, а, также, будто нет и тех, кто продолжает активно работать в ИЯФе. А ведь для молодого поколения сотрудников Института, несомненно, было бы интересно и полезно услышать, хотя бы вкратце, о том, что было сделано теоретиками за все 50 лет. Но никто не мог мне объяснить, почему о теоретиках – «забыли». Мне кажется, Институт Ядерной Физики мог бы гордиться своими теоретиками, а не ставить их в положение бедных родственников, постоянно выпрашивающих деньги для поездок на конференции, на принтеры и компьютеры.

В заключение, возвращаясь к годам моей совместной работы с Борисом Валериановичем, хочется привести слова, сказанные когда-то академиком Д.Н.Прянишниковым о советском генетике мирового уровня, Н.И.Вавилове, – «Николай Иванович – гений, и мы не сознаем этого только потому, что он наш современник». В какой-то степени эти слова можно отнести и к Борису Валериановичу Чирикову...

