# Путь в науку.

Заниматься наукой я начал на втором курсе. Я тогда последовал старинному правилу, кажется, из еврейской Торы: "Найди себе учителя". Брат мне сказал, что есть на радиофаке молодой, но подающий надежды, профессор Рабинович, который занимается теорией колебаний. Мне в общем было почти все равно чем заниматься. Я всю жизнь верил, что важно не то, какое дело делаешь, а то, как ты это делаешь. Нам тогда как раз преподавали теорию колебаний, это было достаточно интересно и я ничего против нее не имел. Так что я просто подошел к Рабиновичу и попросился к нему в ученики. Он подумал несколько дней и дал мне тему для исследования. Это была динамика электрической активности сердца. Позднее я узнал, что у Рабиновича был давний интерес к биологии и, вероятно, поэтому он меня в эту область отправил. К сожалению, выбор оказался для меня неудачным: эта наука была "сырая" - для теоретика там было мало возможностей, а эксперименты были для меня недоступны, да я и не очень-то стремился их делать. Если бы я мог вернуться назад в то время, я бы может быть пошел на кафедру биофизики (или бионики) и попытался бы с кем-нибудь сделать какие-нибудь эксперименты. Такое, в принципе, было возможно.

Ну а я провел прорву времени, читая статьи в зарубежных биологических и медицинских журналах, относящиеся к импульсам в нервных волокнах и сердечной мышце. Читать по английски, ныряя за каждым третьим словом в толстый словалрь, было медленно и очень утомительно. Статей по этой тематике было огромное количество и я их терпеливо штудировал, надеясь изучить всех предшественников досконально. В университетской библиотеке были доступны по этой теме даже статьи XIX века из "Proceedings of Royal Society of London". Почти все статьи были на 100% эмпирические, как всегда это бывает в медицине, и толку от этого чтения, помимо тренировки в английском, почти никакого не было. Теория Ходжкина-Хаксли импульсов в нервных волокнах уже существовала, причем хорошо обоснованная, как биохимической теорией, так и экспериментами. Так что мне было непонятно, что бы еще тут можно было добавить. В результате почти два года бесплодных усилий (с конца второго курса по начало четвертого) фактически пропали даром.

Тем не менее, как ни странно, кое-что мне сделать удалось. Опираясь на простую модель электрических свойств нервной мембраны, я предложил весьма упрощенный вариант уравнений, описываюших распространения нервных импульсов. Эти уравнения позволяли аналитически анализировать динамику импульсов и давали некоторые полезные (котя и уппрощенные) результаты. Так что моя курсовая работа на четвертом курсе оказалась вполне приличной. Потом, правда, я выяснил, что, увы, эта теория была уже выведена одним японским исследователем десяток лет назад. Впрочем, для четверокурсника, работающего фактически в одиночку без какой-либо помощи руководителя, было не так уж и плохо независимо получить этот результат.

Следующий шаг на пути к научной карьере произошел довольно необычно. Я сдавал экзамен по механике сплошных сред, т.е., фактически, гидродинамике. Принимал экзамен Марк Соломонович Ковнер - человек довольно своеобразный. Перед экзаменом он говорил: "Девочки, давайте зачетки, ставлю вам тройки и можете идти". Потом он предлагал всем, кто хочет, получить тройку без экзамена. А вот на четыре или пять надо было сдавать экзамен. Мне попался вопрос об неустойчивости течения тангенциального разрыва (vortex sheet). Помню, про этот разрыв Ковнер рассказывал так: "Во время войны задумал Лев Давыдович Ландау гадов-фашистов огнем поливать. И он обнаружил, что сверхзвуковой тангенциальный разрыв становится устойчивым".

Я без проблем ответил на вопрос экзаменационного билета и вывел все необходимые формулы. Тогда Ковнер задал "вопрос на засыпку": " А что будет, если этот разрыв окажется размытым?". И вот тут меня понесло куда-то не туда. Мне почемуто захотелось решить задачу аналитически. Это было довольно характерно для моего тогдашнего мирровозрения. Мне казалось, что "настоящее" решение всегда должно быть аналитическим, а всякий суррогат, типа численного или качественного решения, был для меня "западло". Возможно, сказывалось мое увлечение математикой, наряду с физикой. Много лет прошло, прежде чем я осознал, что аналитические решения в физике и, особенно, в гидродинамике, очень редки и, как правило, не отражают или даже искажают реальность.

Конечно же никакого решения прямо на экзамене я не нашел и ответить на вопрос не смог. Ковнер сказал тогда: "Идите и подумайте, а завтра придете". Завтра, однако, была суббота, т.е. выходной. Придя домой, я продолжил поиски какого-нибудь математического решения и занимался этим два дня. И вдруг, у же в воскресенье вечером, я вдруг обнаружил потрясающую вещь. Оказывается, не только дря кусочно-постоянного, ступенчатого профиля, каким является тангенциальный разрыв, но и для линейного профиля течения существует аналитическое решение.

Я испытал тогда мощный эмоциональный взрыв. Первый раз в жизни я сделал настоящее открытие - нашел то, что, как я думал, никто и не подозревал. Ведь в учебниках этого не было. Потом, правда, я узнал, что мне удалось самостоятелно открыть так называемый "алгебраический метод", который классики этой науки знали уже в 19-м веке.

Теперь я действительно мог математически точно сказать, что будет , когда разрыв размывается. В полном восторге я прибежал к Ковнеру в понедельник и предъявил свое решение. Он как-то странно посмотрел на меня тогда и сказал: "Я вообще-то ожидал, что вы скажете, мол, когда разрыв размывается, то неустойчивость ослабевает - и все на этом". Я почувствовал себя довольно глупо, но все равно это было здорово, что я нашел аналитическое решение. Пятерку Ковнер, мне, конечно, поставил, а потом сказал: "Мне кажется, вы занимаетесь с Рабиновичем какой-то чепухой. Надо вам заняться настоящей физикой". Я к тому времени уже вполне созрел, чтобы сразу понять, что он был прав.

Когда я сказал Рабиновичу, что биофизика не по мне, он не стал возражать и дал мне какую-то мелкую задачу, что-то о подпороговом прохождении нелинейного импульса. Задача выглядела тривиальной, утилитарной и довольно скучной.

Я тогда был на 4-м курсе и пора было думать о том куда пойти работать. Я конечно же мечтал попасть в НИРФИ - лучший к тому времени исследовательский инстотут в Горьком. Но тут Рабинович сказал мне, что у него нет возможности взять меня к себе в отдел. Он предложил мне поработать с Александром Александровичем Андроновым, который работал в теоретическом отделе. Я, конечно согласился - это выглядело даже лучше; слово "теоретический" обладало магической притягательностью в моих глазах.

Андронов был фигурой нетривиальной. Его покойный отец в 40-х годах был фактически основателем Горьковской школы теории колебаний. Его классическую книгу (вместе с Е.А. Леонтович и А.Г.Майером) по качественной теории двумерных динамических систем мы все изучали (хотя бы частично). А молодой Андронов был физиком и, по-моему, очень неплохим. А вот как педагог он, пожалуй, не блистал. Со мной он поступил очень просто - бросил в воду и предоставил выплывать самому. С одной стороны это было мне полезно и приучало к самостоятельности. Говорят, Резерфорд поступал так же со своими учениками. Но, с другой стороны, будучи в полном одиночестве и без всякого, хотя бы минимального, руководства, я наделал множество ошибок и глупостей в своей научной карьере.

Первая встреча в вестибюле НИРФИ выглядела весьма своеобразно. Он некоторой время молчал, потом нарисовал на бумажке открытый прямоугольник и стрелочку над ним. "Знаете - сказал он мне - мне кажется, что свисток и монотрон пожожи друг на друга. Попробуйте разобраться как работает свисток". Это было все полученное мной "техническое задание". В дальнейшем я пытался много раз придти к нему со своими сомнениями и в поисках советов. И выглядело это так: я звонил в его отдел по телефону из вестибюля и дрожащим голосом смущенно просил подошедшего "небожителя" позвать Андронова. Как правило, в трубке было слышно, как кто-то орал на весь этаж: "Андро-о-онов!" и потом говорил мне, что он сейчас подойдет. Иногда он подходил, а иногда даже спускался с небес на землю, в вестибюль. Но нередко его просто невозможно было достать.

Сама задача, несмотря на ее расплывчатость, мне понравилась. Она выглядела чем-то фундаментальным. В случае успеха, результат, как мне казалось, должен был войти в учебники. Что такое монотрон я знал из курса электроники. Но там его работа описывалась на языке динамики заряженных частиц и как это приспособить к гидродинамике сплошной среды я понятия не имел. Что касается свистка, все, что я имел - это книжка Лин Цзя Цзяо о неустойчивости течений и статья о них в "Scientific American", где свистки описывались эмпирически, без какой-либо внятной теории и, естественно, без формул.

Недолго думая, я решил разобраться в том, что такое наустойчивость параллельных течений. Эта наука оказалось чрезвычайно сложной. Линь Цзя Цзяо провел анализ "по китайски" - с помощью весьма сложных асимтотических разложений разобрал до косточек поведение возмущений в особых точках дифференциального уравнения. Я затратил немало времени изучая эту зубодробительную математику. Позже оказалось, что все это было не нужно - особые точки надо было просто обходить в комплексной плоскости. Во времена Линь Цзя Цзяо это было еще непонятно, но я об этом не знал и принял его способ за чистую монету.

Дальше я решил, что свисток, как двумерная система, это слишком сложно - проще рассмотреть периодическую последовательность свистков, как одномерную систему, так, как это делалось в теории лампы бегущей волны. Это был тупиковый путь, и к тому же я решал его неправильно, забыв про теорему Флоке. Тут Андронов действительно мне помог - после мепсяцев беплодных усилий я принес к нему свои бумажки и он сразу же указал мне на ошибку.

Следующую попытку я сделал, рассматривая максимально простую задачу - отражение плоской звуковой волны от плоскопараллельного течения. Здесь я попытался использовать недавно "изобретенный" мной алгебраический метод и это действительно мне дало аналитическое решение. Беда только в том, что решение это было бесполезным - никакого усиления звука оно не выявило, так как оно полностью проигнорировало резонансную особую точку (критический слой), в которой как раз должно было происходить взаимодействие волны с течением. Собственно именно поэтому оно и дало аналитическое решение ибо в окрестности критической точки поведение было сложным и не допускало точного решения..

И вот тут мне пришла в голову простая и очень эффективная идея - выделить эту окрестность в отдельный тонкий слой, где можно найти решение в виде ряда Тейлора. К тому времени я уже изучил в достаточной степени аналитичесекую теорию дифференциальных уравнений и смог найти это решение и сшить его с "алгебраическим" решением в остальных областях.

Полученный эффект - усиление или затухание отраженной волны в зависимости от кривизны профиля течения в критическом слое - был первым новым эффектом, который мне удалось самостоятельно открыть. Вот с тех пор практически всегда во всех моих работах целью было нахождение новых физических эффектов. Эта планка была довольно высокой - ранее неизвестные эффекты найти нелегко и удается это практически всегда случайно и без гарантии успеха. Я для себя оценивал каждый результат по принципу достоин ли он войти в учебник Ландау и Лившица. Некоторые результаты туда действительно попали, а некоторые, как мне кажется, могли бы попасть.

Андронову этот результат понравился, но он сказал: "Все-таки здесь усиливает только небольшая часть течения, а в свистке работает все течение в целом". Я был очень впечатлен тем, насколько глубоко он понял суть дела, хотя гидродинамикой он никогда не занимался. Вообще я его сильно зауважал, к тому же и потом он несколько раз делал весьма глубокие замечания, даже не влезая в технические детали. Развитая впоследствии так называемая плазменно-гидродинамическая аналогия, которой я занимался много лет, принадлежит по праву и ему, хотя свое авторство он отрицал.

Во всяком случае, этот результат привел к весьма приличной дипломной работе и, я думаю, повлиял на решение принять меня в теор. отдел. Я полагаю, очень мало дипломников самостоятельно получили приличный результат, претендующий на новый физический эффект. Должен признать, тут я , что называется, "прыгнул выше головы", то есть добился успеха там, где я бы раньше не поверил, что это для меня возможно. Как-то я потом сказал Андронову, что я не верил, что это получится. На это он ответил, что он тоже в это не верил. Что ж, иногда мне везло - хорошо, что это случалось в критические моменты моей жизни.

Одновременно с научными исследованиями у меня все больший интерес вызывали возможности численных исследований - сначала как способ получения новых научных результатов, а потом, с появлением доступных компьютеров, и компьютерная инженерия сама по себе.

# Жизнь научного работника.

В августе 1973 г. я был принят в НИРФИ, оформил все бумаги, включая проверку в КГБ и соответствующий допуск секретности - это полагалось практически во всех научно-исследовательских институтах, так как почти все они работали, хотя бы частично, на военных.

Получив пропуск, я поднялся на третий этаж и был посажен за письменный стол в комнате на троих. На этом месте раньше сидел Андронов, который тогда перешел в другой отдел. Стол был завален оставшимся после него хламом, который я не посмел трогать, а только освободил для себя часть поверхности. Я был в эйфории - впервые в жизни у меня было свое место, которое принадлежало мне по праву и его не могли отобрать. И на этом месте, хотя оно и перезжало несколько раз из одного корпуса в другой, я проработал 20 лет, прежде чем уехал в Калифорнию. Но это уже другая история.

Моя карьера началась с должности стажера-исследователя с минимальной зарплатой, 100 руб. в месяц. Денег едва хватало на минимальные потребности, но зато я мог осуществить свою мечту - стать физиком-теоретиком. Первое время в 130-м отделе НИРФИ (отдел астрофизики и физики космической плазмы) я приходил в себя и адаптировался к новой жизни. Надо было приходить в институт до 8:00 утра, в противном случае я считался опоздавшим и за это могли наказать, например, лишить премии. Этот "лагерный" порядок был очень неудобный и я с утра был сонный и вялый. Потом я сообразил, что если опоздал, то надо идти в кино или еще куда-нибудь и входить в институт после 11:00 - это уже считалось время перерыва на обед. Что особенно раздражало, правило это было не обязательно для младших научных сотрудников и выше.

Ну а собственно исследовательскую работу я мало-помалу осваивал. Моя проблема была в том, что у меня не было научного руководителя в полном смысле слова. Я "варился в собственном соку" и некому было направить меня и предостеречь от ошибок и глупостей которые я делал немало в моем поведении, в выборе направления исследования, в анализе и интерпретации результатов. В таком положении были и положительные стороны, так как это заставляло меня находить оригинальные пути и быть самостоятельным. Говорят, Резерфорд поступал так со своими учениками - как поступают со щенками, бросая их в воду и предоставляя выплывать сильнейшим. Хотя для меня этот способ был в чем-то полезным, но боже мой, насколько же искаженной и неадекватной была моя философия исследовательской работы!

Моя первая статья вышла через 3 года (в 1976 г ). На одну статью - это был очень долгий срок. Результат, правда был достаточно оригинальным, по крайней мере по советским масштабам. Эта статья начала относительно новое поле исследований, которое я называл "плазменно-гидродинамическая аналогия".

Очень сильно меня тормознула моя проблема с ухудшающимся зрением. Очки уже не помогали и в течение пары лет я был почти слепой, так как читать для меня стало почти невозможно. Я конечно мог кое-что обдумывать даже с закрытыми глазами, но далеко в таком состоянии не продвинешься. Я уже почти смирился и решил, что моя жизнь кончена. Вот тут мои родители меня спасли. Они повезли меня в институт Филатова а потом папа помог мне получить контактные линзы. После этого я мог снова почти нормально работать.

Моя дальнейшая научная карьера протекала одновременно по нескольким направлениям: акустика, гидродинамика, динамика атмосферы и океана, дистанционное зондирование, нелинейная динамика. Все эти направления объединяла одна тема: колебания и волны в гидродинамических потоках. На эту тему мне потом удалось (с помощью моего коллеги, Юры Степанянца) издать книжку, где были изложены все мои и не только мои результаты в этих направлениях. Книга, по-моему, получилась довольно оригинальной, поскольку большая часть этих результатов было фактически совершенно неизвестными научной публике.Но это же создало и проблему, так как ей заинтересовались только узкие специалисты. Впрочем здесь была и моя вина - для более широкой аудитории писать надо было по другому.

Одновременно я стал задумывался о том, что означает случайность. Возможно на меня повлияло раздражение от квантовой теории, которая принипиально ограничивает предел нашего познания. Я.прочитал книгу Крылова о перемешивании, которая фактически обосновала возможность динамического хаоса даже в классической теории.. Я поделился с М.И.Рабиновичем своими размышлениями и он отреагировал с энтузиазмом. Кажется, он тоже думал в этом направлении, но более практически, с точки зрения теории колебаний. У него была давно напечатана статья о полном качественном исследовании параметрическоого распада неустойчивой волны на затухающие субгармоники. Потом он нашел, что при неполном резонансе этот распад приводит к хаотическим автоколебаниям. Его новая статья в ЖЭТФ описывала эти автоколебания и, может быть, впервые демонстрировала, что простые, доволно таки классические и физически реализуемые автоколебательные системы могут генерировать хаос.

В это же время я, вдохновленный этими результатами, обдумывал где еще может быть такое же поведение в классе реальных физических систем. Аналогичная система нашлась в модуляционном распаде неустойчивой волны на затухающие сателлиты. Тут дело оказалось сложнее, так как даже для консервативной системы решения не было. Как ни странно, мне удалось это консервативное решение найти. На этот раз это был действительно оригинальный результат и впоследствии эти мои уравнения получили название "уравнения Рабиновича-Фабриканта" (Рабиновича я взял в соавторы). [[1]](#footnote-1)

Дальше, естественно, я рассмотрел то же самое, но при неполном резонансе, и, конечно, нашел новый странный аттрактор. Тут я сделал несколько шагов дальше. Здесь удалось показать, что хаос происходит вследствие перемешивания, когда происходит что-то вроде "преобразования пекаря". Кроме того, я не поленился и провел громоздкие и весьма утомительные численные симуляции, очертив границу хаоса в пространстве параметров.

Эти численные результаты я добывал несколько месяцев, но это того стоило. В результате получилось весьма добротное исследование, которое было опубликовано в ЖЭТФ. Эта статья удивительным образом приобрела большую популярность - единственная из моих работ она получила довольно высокий индекс цитированния. Про эту статью я прочитал ошеломительное заявление в одной из недавних статей: "... мы рассмотрели более детально систему Рабиновича-Фабриканта после десяти лет изучения..."[[2]](#footnote-2). Ни фига себе, подумал я, этак и в классики можно просочиться![[3]](#footnote-3) . Прав был мой начальник, академик В.В. Железняков, когда говорил, что невозможно заранее предсказать какой результат окажется восстребованным.

В 1980 г. я собрал все имеющиеся мои результаты, с некоторым трудом склеил их в какое-то подобие цельного исследования и защитил кандидатскую диссертацию. Я отчаянно трусил, так как не имел никакого понятия и подводных течениях в научной "мафии" и вообще о том что следует ожидать на этом "фазовом переходе" в кандидаты физ-мат наук. Сдерживая свой страх, я старался строго следовать установленному ритуалу по принципу "делай, что должен, и будь, что будет". Это мне удавалось, кажется хорошо. Когда один молодой аспирант, каторому, наверное, поручили составить отзыв и найти какие-нибуди недостатки, заявил, что на странице 142 в формуле 2.21 вместо знака минус должен быть знак плюс, я , не моргнув глазом, заявил: "нет, там должен быть минус, я проверял". Я понятия не имел, о какой формуле шла речь и какой там стоит знак, но я следовал примеру Ходжи Насреддина: *"Он стоял, ожидая возражений мудреца и готовясь ответить достойно. Но мудрец не принял вызова. Он промолчал. Хотя он очень сильно подозревал Ходжу Насреддина в мошенничестве и невежестве, но подозрение не есть уверенность, можно и ошибиться; зато о своем крайнем невежестве мудрец знал точно и не осмелился спорить."[[4]](#footnote-4)*

Отзывы на себя пришлось писать самому и давать их в виде "рыбы" рецензентам на редактирование и подпись. Написав автореферат и несколько отзывов я набил руку в изложении одного и того же разными словами и стилями. В каждом отзыве надо было отметить недостатки (все разные) но такие, чтобы на них было легко ответить. Сочинить все это было нелегко, но, пожалуй, полезно: я прошел начальный курс бюрократической говорильни и демагогии. Потом мне не раз приходилось сочинять разные документы, где нужен был текст красивый, многозначительный, но при этом бессодержательный.

После защиты положено было устроить банкет. Организовывать его в ресторане я не умел и денег на это должно было уйти немало, а "наши финансы пели романсы". С другой стороны, было грешно не использовать возможности нашей большой трехкомнатной квартиры и огромного стола, который там был. Боюсь, однако, что я недооценил количество народу, и за столом мы все еле уместились. Во всяком случае, мне пришлось стоять и произносить тосты.

После получения ученой степени, моя зарплата возросла на 50 рублей что было немаловажно, так как у нас появились дети.

1. Удивительна и непредсказуема судьба разных результатов в науке. Когда впоследствие я наткнулся на WEB страницу, со списком уравнений, названных по именам их создателей, я обнаружил уравнения Рабиновича-Фабриканта в тесной компании с уравнениями Эйлера, Гизбурга-Ландау и тому подобных гигантов. Вот так и попадают по ошибке в вечность. [↑](#footnote-ref-1)
2. # "Recently, we look more closely into the Rabinovich-Fabrikant system, after a decade of the study..." - см. "Looking More Closely at the Rabinovich-Fabrikant System" in Int. J. Bifurcation and Chaos 26(2), 2016

   [↑](#footnote-ref-2)
3. # Я вдруг обнаружил, что есть даже книга под названием "Rabinovich- Fabrikant Equations"

   [↑](#footnote-ref-3)
4. Леонид Соловьев "Возмутитель сокойствия" [↑](#footnote-ref-4)