

# О поиске закономерностей в походе многоножек, локомоторной теории относительности и открытости советской биофизики

<http://oralhistory.ru/talks/orh-1457>

🗣️ 18 сентября 2012

## Собеседник

Смолянинов Владимир Владимирович

## Ведущий

Буданов Владимир Григорьевич

## Дата записи

Беседа записана 18 сентября 2012 и опубликована 1 декабря 2015.

## Введение

Во второй беседе Владимир Владимирович Смолянинов подробно рассказывает об исследованиях, которыми занимался в 1960—1970-е годы. Физик по образованию, он оказался, как он сам себя называет, своеобразным «переводчиком», который транслировал знания между представителями совершенно различных научных направлений: биологами и математиками. Благодаря такому сотрудничеству родилось несколько интересных исследований, в частности, связанных с волновыми процессами в нервных тканях.

Интересны воспоминания ученого об основоположнике физиологии активности психофизиологе Н.А. Бернштейне. Также он рассказывает о нескольких предпринятых в 1960-е годы практических исследования в области медицины, в частности, о попытках создать компьютерную программу, способную ставить диагноз пациентам, и систему, выявляющую опасные состояния путем анализа сердечного ритма.

Владимир Григорьевич Буданов: Добрый день, дорогие друзья. Мы продолжаем нашу беседу с Владимиром Владимировичем Смоляниновым. В прошлый раз речь зашла о некотором изменении амплуа. То есть диссертация, которая была предложена Гельфандом к защите, — она, в основном, имела экспериментальный характер, а ты, я так понимаю, человек универсальный...

Владимир Владимирович Смолянинов: У меня параллельно шла математика и поэтому...

В.Б.: Да, и тебе, конечно, хотелось теоретического наполнения. И здесь, наверное, началась твое сугубо теоретическое поприще...

В.С.: Оно не сразу началось, да. Но прежде чем закончить тему с нейрогистологией моей, я бы хотел своих учителей по этой части тоже упомянуть, потому что это достойные люди, выдающиеся люди были. Это Самуил Михайлович Блинков — он заведовал лабораторией нейрогистологии, нейрохирургии. И в то время он осваивал... интересовался подсчетом клеток, количественными методами анализа. Параллельно со мной и в том же примерно статусе ученика ходил к Блинкову — и мы часто вместе ходили — Генрих Романович Иваницкий, который потом стал...

В.Б.: Член-корреспондент, директор...

В.С.: Член-корреспондент, директор Института биофизики. Да, и Генрих занимался автоматизацией количественных подсчетов нейронов, глии на срезах, и действительно привлекал машинные методы. Я занимался сравнительным анализом в эволюционном ряду: у меня была другая задача. Но нейрохирургия — это, в основном, были препараты мозга человека. Там были, так сказать, и разных состояний, и мы часто с Генрихом вместе и с Самуилом Михайловичем сидели в их кабинете... То, что я там учился резать, красить — это одна часть, чисто практическая. Тогда я имел дело с сотрудниками, лаборантами... чисто, так сказать, вручную все это постигал. И в то же время с Самуилом Михайловичем приобщился туда ходить Илья Глезер. Тоже известный в то время человек. Они потом с Самуилом Михайловичем написал книжку, и выпустили ее: «Мозг в цифрах». Она тоже, она была переведена на английский язык, и позже, когда начались трудные времена, Илья уехал в Америку и в Канаду... Интернета не было, связи прямой не было и, в общем, все нарушилось. Но с Ильей мы тоже очень общались, потому что он был очень активный человек. Генрих всегда был более спокойный, уравновешенный, а этот всегда как-то заострял ситуацию. В общем, было все это интересно. И в этом контексте родилась у них, и я это проверял, мне это особенно не понравилось... то есть, не пригодилось, [идея] искать всякие количественные закономерности.

**” Они обнаружили, в частности, про это было на конференциях, мы-то уже общались: что число нейронов, если сопоставлять их, — они близки к степеням двойки.**

В.Б.: Очень интересно.

В.С.: А это значит, что у них до какой-то фазы идет синхронное деление. Там определенные есть фазы миграции нейронов туда, куда они должны прийти. Они там синхронно делятся. А потом все останавливается и начинается рост аксонов, рост дендритов. Такая уже вторичная идет сигнальная дифференцировка нейронов. Но вот это число, так сказать, магическое...

В.Б.: То есть они синхронно как бы поделились на два, после этого начинают...

В.С.: Да, да, да.

В.Б.: Начинают, как бы сказать, коммуницировать.

В.С.: Несколько циклов, и разные отделы имеют разное число циклов этого синхронного деления. Поэтому число нейронов везде разное, но...

В.Б.: То есть получается, да, очень интересно... Получается...

В.С.: Мне это понравилось тогда.

В.Б.: ...генерация, как бы поколение нейронов.

В.С.: Да, да, да.

В.Б.: Да, каждое поколение — оно должно обустроить себя, потом размножиться, возникает опять молодое поколение, оно должно обустроить себя, и так далее.

В.С.: Ну, в общем, да.

В.Б.: Интересно.

В.С.: Но поскольку я потом (и про это я немножко скажу) и эмбриогенезом заинтересовался, но здесь я бы отметил влияние количественных настроений в моих тоже исследованиях. В общем, большой вклад оказал Самуил Михайлович. И здесь была такая гипотеза, тоже надо было проверять мне в моих исследованиях, потому что тот Сентаготаи, которому потом я докладывал и который дал добро, — это венгр, он был президентом потом Венгерской Академии наук какое-то время...

В.Б.: Ты рассказывал.

В.С.: Да. Он высказал гипотезу о том, что в мозжечке есть такая... там приходят разные, так сказать, афферентные волокна, то есть, волокна, которые приходят из разных отделов мозга в мозжечок. И есть там особый тип аксонов, которые приходят на клетки Пуркинье, и они приходят из определенного ядра, нижнеоливарного, и была высказана гипотеза еще [Сантьяго Рамон-и-]Кахалем, классиком нейрогистологии, о том, что на каждую клетку Пуркинье один такой аксон приходит. Значит, где-то должны быть клетки, по числу равные клеткам Пуркинье. (Усмехаясь.) Вот я стал проверять эту гипотезу...

В.Б.: Что за клетки Пуркинье? Для непосвященных?

В.С.: Это выходные клетки коры мозжечка. Это как в спинном мозге мотонейроны, которые управляют мышцами, а в коре большого мозга есть пирамидные клетки известные, гигантские, которые делают пирамидные пути, от них идут аксоны по всем отделам мозга, вот эти пирамидные пути как раз...

В.Б.: То есть это что-то типа таможни?

В.С.: Это выходные, командные нейроны. Будем так называть. Командные нейроны, которые действительно что-то делают...

В.Б.: Дают на... внешнюю реальность.

В.С.: Да, да, да. Они проявляют внешнюю активность уже данного отдела. Вот внешними клетками, выходными клетками мозжечка являются клетки Пуркинье.

В.Б.: Public relation такой...

В.С.: Да. Конечно. Я стал этим заниматься, и оказалось, что тех клеток, которые дают эти аксоны, в десять раз меньше. Значит, здесь число аксонов тоже совсем другое. И это значит, что клетка Пуркинье не одна управляется, а определенными паттернами, блоками и так далее. В общем, это [одна] часть. Вторая часть — это что касается чисто количественных вещей. Но надо было еще научиться методике Гольджи. А методика Гольджи — это которая окрашивает нейрон целиком. Позже появились более мощные методики, уже с помощью люминесцентных красителей, которые дают более надежную и более богатую картину, но без Гольджи обойтись было нельзя. И этому методу я учился в Институте мозга у Григория Израилевича Полякова. Это тоже известный нейрогистолог, у него есть книги большие на эту тему. И с Григорием Израилевичем у меня были разговоры, тоже очень длительные разговоры. Он классический биолог, так можно сказать, по философии, по образованию. И он вдруг заинтересовался кибернетикой. И стал задавать вопросы: а как же управляет мозг, как там все сигналы складываются, как это все...

## Теория волновой координации клеток

А у меня параллельно в связи с нейрогистологией возникали всякие идеи. У меня возникла идея волновой координации, или волнового управления. Напрашивалась эта идея в связи с тем, что в коре мозжечка зернистый слой — это такой огромный массив почти одинаковых клеток. Что меня, собственно, здесь заинтересовало, у них сомо-соматические контакты, они друг в друга...

В.Б.: Как активная среда и автоволновые процессы.

В.С.: Ну, вот, вот. И я думал, что контакты у них не зря. Валера Боровягин, он перед этим работал в Швеции и научился современным методам электронной микроскопии. Я стал учиться у него, мы начали эти контакты межклеточные изучать уже с помощью электронной микроскопии. И параллельно с Григорием Израилевичем мы обсуждали, я ему рассказывал свою концепцию волн в мозжечке.

В.Б.: Это уже синергетика чистой воды...

В.С.: Нет, конечно. И, в общем, на эту тему я ничего так, в конце концов...

В.Б.: Какие годы это было? Конец 60-х...

В.С.: Это все было 63-й — 64-й год.

В.Б.: Вот, это как раз, да. Там, по-моему, конференция была, Чернавский говорил, в середине 60-х, в Пущино, по оптоволоновым процессам...

В.С.: Это позже.

В.Б.: Позже было, да?

В.С.: Это позже. Это существенно позже.

В.Б.: То есть, вы, вероятно, уже там и докладывались на этой конференции?

В.С.: Не, ну, конечно, конечно. Нет, была конференция не в Пущино, а первая такая была итоговая, это 72-й год был. Всесоюзный съезд биофизики, Второй был такой съезд, куда приехало много иностранцев...

В.Б.: А первый, наверное, и был в середине 60-х. Это мне Чернавский говорил.

В.С.: Сейчас я до этого дойду. Здесь есть разные пласты.

Так что здесь сотрудничество, интеллектуальное, ментальное сотрудничество и с Блинковым, и с Поляковым. Были дополнительные вещи. Я это не скидываю со счетов, потому что с одной стороны, я общался с математиками и кибернетиками, так сказать, профессионалами: Цетлин, Гельфанд, и большая команда была. Кранрот и те, которые непосредственно этим занимались.

В.Б.: Но с другой стороны, у тебя был материал, и ты был в теме.

В.С.: Да, а с другой стороны, я общался с биологами, которых это интересовало, и им надо было это все транслировать, переводить. Поэтому такое общение было весьма ценным. Кроме того, параллельно эта нейрогистологическая тема: эти работы получили известность, потому что в 66-м году был такой итоговый год у теоретического отдела, был выпущен сборник работ. Туда попала моя большая работа по мозжечку, две работы с Оршавским, Беркинблитом, Челохяном про сердце: обзор волновых процессов. Вот этих волновых процессов. И еще у нас туда попала... перед этим были статьи в докладах Академии наук, я уже про это не говорю.

## Об открытости советской биофизики

В.Б.: То есть сборник срезонировал, да?

В.С.: Сборник был в 71-м году переведен в Америке, и это сразу дало мощный резонанс.

В.Б.: А у нас биофизики как-то, так сказать, были сразу в таком, международном дискурсе?

В.С.: Да, конечно, сразу были, да.

В.Б.: То есть это никакие не закрытые, это тебе не атомные бомбы, здесь было изначально...

В.С.: Нет, вот был такой рубежный год 64-й, был в Ереване Всесоюзный физиологический съезд. Я не помню, какого номера, ну, неважно. Во всяком случае, там эти работы все представлялись. Мощная была школа Фанарджяна, из Еревана, из Института физиологии имени Орбели, и там другие были люди. В общем, это была такая тусовка... У меня остались фотографии с этого съезда, и недавно готовился материал в «В мире науки» про Гельфанда. И там фотографии Гельфанда, всей этой нашей команды, мои туда фотографии попали. (Усмехаясь.)

В.Б.: Значит, у нас в послевоенное время ускорительная техника, квантовые теории поля — это все имело международные, так сказать, открытости и резонансы. И биология, стало быть, тоже.

В.С.: Да, да, да.

В.Б.: Потому что, скажем, все, что связано было с ядерным оружием...

В.С.: Ну, здесь молодец Глеб Михайлович Франк: он на самом деле этому очень способствовал. И у него имидж был подходящий, и он сам этим занимался. У него очень хорошие были связи, потому что многие сотрудники его лаборатории в то время работали в разных странах, осваивали методики и всякие привозили в институт...

В.Б.: То есть никакой закрытости, секретности — ничего этого не было?

В.С.: Она была, как потом Генрих делал обзорный доклад, он подводил это под то, что в Москве существовало два Института биофизики. Один — минздравовский, который занимался влиянием радиации, главным образом.

В.Б.: И он и был такой прикрытый.

В.С.: Да. А вот Институт биофизики был создан ... Генрих — у него есть это, опубликовано, так что никаких секретов здесь нет. [Институт] был создан для того, чтобы отвлечь внимание иностранцев от того, что мы занимаемся атомной проблемой. (Смеется.)

В.Б.: Радиационной химией... биохимией. Биологией. (Смеется.)

В.С.: Да, да, да. Поэтому это была как бы априорно открытая система, фундаментальная наука, да.

В.Б.: Просто это удивительная вещь, потому что... и тем более, что контакты тут, признание.

В.С.: Конечно, и на самом деле эта пропаганда сработала, потому что в Америке, узнав, что такая биофизика в Москве организована, было организовано тоже несколько лабораторий.

В.Б.: А, то есть вы вообще первыми были, так получается?

В.С.: Да, в МИТ, в Нью-Йоркском университете, я потом туда ездил...

В.Б.: А Европа еще тогда не оправилась после войны, наверное. Не до этого им было.

В.С.: Ну, здесь нет. На самом деле, здесь вот что важно. Если бы не было у нас запрета кибернетики...

В.Б.: А, то есть это как своего рода компенсаторная вещь, то есть, вы там ей и занимались...

В.С.: Вот, вот, я к этому сейчас и перейду.

В.Б.: Ага.

В.С.: До 66-го года был жив еще Николай Александрович Бернштейн. Человек, который в 47-м году написал книгу «О построении движений», которая сначала получила Сталинскую премию, а потом была запрещена, как лженаука.



Н.А. Бернштейн. Из книги Н.А. Бернштейн. «О ловкости и ее развитии» — М.: «Физкультура и спорт», 1991.

В.Б.: Иногда, понимаешь, ошибались, лженауку приняли...

В.С.: Да, самого исключили, выгнали с работы, он скитался на самом деле, и была тяжелая история. Я сравнительно недавно, лет десять назад делал такой обзор этих вещей. То есть у меня для своих вещей: посмотреть, откуда ноги у биомеханики, у кибернетической биомеханики растут. И откуда, как это все становилось, это само по себе интересно.

Я про это коснусь сейчас, чуть погодя. А сначала я хочу сказать несколько слов про Николая Александровича, потому что он странную занимал в то время чисто административную ситуацию. То есть он был как бы на полставки или что-то в этом духе, в Институте протезирования. Гурфинкель меня и еще там нескольких ребят, нас с физтехов туда водил...

**” А в то время готовился мышечно-управляемый протез руки. В этом принимал участие Цетлин, Гурфинкель, Кобринский из Института машиноведения: они потом за этот протез тоже получили Государственную премию.**

В.Б.: А что это означает? То есть какими-то мышцами, которыми человек продолжает...

В.С.: Электроды ставились на культю, и человек учился делать какие-то элементарные движения.

В.Б.: Ну и что-то сейчас существует такого рода? Я имею в виду, в практике?

В.С.: Ну, сейчас это стараются уже довести до какой-то... Целые проекты есть, поскольку компьютеризация

пошла, чипы пошли, встроенны[e], все делается. Но это был первый шаг, так сказать. Это у нас действительно делалось. Здесь, в общем, ключевую роль играл, как-то в этом соучаствовал Бернштейн. Потому что первый протез — он был чисто механический — он придумал и сделал еще в 30-е годы.

В.Б.: А как называлась его теория? Теория движения, да? Биомеханического?

В.С.: Нет, сейчас мы дойдем. Первый ввел в наше употребление слово «синергия».

В.Б.: Ну, подожди, «синергия» — это, по-моему, в XIX веке еще...

В.С.: Нет, в конце XIX века это слово появилось в работах Шеррингтона, а Шеррингтон — это нейрофизиолог, который занимался на уровне нейрофизиологии... экспериментально занимался рефлексами. Проверял павловскую теорию, разрабатывал свою теорию, он ввел понятие синапса, и ввел понятие «синергии». Он разделил мышцы на агонисты, на антагонисты и пытался составить схему управления этими парами, и «синергичными» назвал мышцы, которые работают сообща, то есть на общую задачу. Так появился термин.

## О Н.А. Бернштейне и Э.-Ж. Марее

Бернштейн, когда в своей книжке «О построении движений»... У Бернштейна интересная судьба, я два слова про это скажу. На самом деле, он по образованию психолог. Но он воспитывался в семье, где учили еще и руками всё делать. Поэтому когда в 22-м году был организован Институт труда...

В.Б.: То есть это тейлоризм там начался?

В.С.: Вот, вот, вот. На самом деле...

В.Б.: Научная организация труда, как конвейер правильно, экономно поставить...

В.С.: Нет, здесь тогда впервые в нашей литературе появилось слово «биомеханика». И на самом деле, этот Институт труда взял за основу это понятие. Говорилось так, что организм человека — это очень совершенная машина. Ведь тема «организм — машина» — она же давно возникла. А здесь как бы это все разрабатывалось и сравнивалось, что там есть и своя двигательная система, моторная система, управляющая система — все. И Бернштейн был пионером в разработке методов регистрации движения. Потому что до этого... На самом деле, биомеханика начинается с середины XIX века. Если так про это, два слова сказать, и пионером здесь является Эмиль (ошибка — Этьен-Жюль. — ред.) Марей, французский такой... в общем, чего он только не делал, поэтому...

В.Б.: Да, про него много не будем.

В.С.: Нет, Марей — изобретатель кино, поэтому здесь, так сказать... На русском языке (я могу показать, у меня ксерокопия есть) в 1875 году вышла книжка Марее, на русском языке. Называлась она «Механика живого организма». Где Марей что придумал: он придумал, что можно поставить подографические датчики на подошву. Электрических тогда вещей не было, да? И он сделал трубочки, сделал пневматические эти штуки...

В.Б.: Ну, я понял. Что, на сколько поднимается...

В.С.: Сделал самописцы...

В.Б.: Ух ты!

В.С.: У него четырехканальный самописец был.



## Вот человек ходил по дорожке, на руках носил этот четырехканальный самописец.

В.Б.: Понятно, давление трубочек...

В.С.: ...от груш, которые были в этом, — он силу наступания регистрировал, ритм регистрировал, на самом деле, и писал и сравнивал. Он это сделал на людях и сделал на лошадях. Он в подковы лошадей делал: у него уже от четырех ног шел [сигнал], и наездник держал тоже этот самописец...

В.Б.: Я не удивлюсь, что это еще раньше что-нибудь Леонардо такое придумал?

В.С.: Не, такого тогда...

В.Б.: Регистрацией не занимались? Он просто наблюдал и делал...

В.С.: Нет, вот Марей сделал прорыв: он сделал регистрацию.

В.Б.: Понятно.

В.С.: Он, конечно, меньше одной десятой секунды точности обеспечить не мог, потому что это механическая запись, сам понимаешь. Но фазы он расклассифицировал. Фазы движений. И сделал такую, типа логарифмической линейки. Он мог любой аллюр на этой линейке выставить по фазам. И сделал классификацию аллюров лошадей по этим фазировкам. На самом деле, это будет иметь отношение ко мне, поскольку я к этой теме с волновой точки зрения вернулся...

В.Б.: То есть ты на ипподром ходил?

В.С.: Конечно, сейчас я про это расскажу!

В.С.: Ну, давай я закончу про Марей, потом мне придется к нему вернуться, раз уж зашла о нем речь. Он не только самописцы придумал, он потом стал одевать человека в черное и делать многократную фотографию. Такую, стробоскопическую фотографию. Человек проходит, открывается камера, и вспышивает свет...

В.Б.: С этого кино и началось, наверное.

В.С.: Да, да, да. Это Марей сначала придумал, потом...

В.Б.: То есть он увеличил потом... уменьшил скважинность этого стробоскопа и увидел слитную картинку.

В.С.: Да, да, да. Вот это сделал... Потом благодаря этому Морей придумал кино. Потом братья...

В.Б.: Люмьер.

В.С.: Да. ...придумали уже это для общего пользования, но основу первую, которая здесь была важна, кто-то из них придумал «мальтийский крест», чтобы останавливать кадр во время съемки. Это уже для кинокамеры было важно. Как-то Марей...

В.Б.: Ты имеешь... мальтийский крест — это что такое?

В.С.: Это такой проворот пленки в камере...

В.Б.: Ну, это технология, давай не будем...

В.С.: Это неважно, да. [Ведутся] споры, кто из них раньше придумал кино. Но, в общем, для науки кино первый использовал Марей. И он после после этой книжки... книжка эта интересна... 75-й год, я хочу сказать.

В.Б.: 1875-й?

В.С.: 1875-й год, да. То есть если отбросить нас на сто лет, мы, так сказать, здесь... А Бернштейн был посередине. Эта книжка, так сказать, про походки человека, уже была элементом динамики, и Марей про это думал. Еще никто уравнение Лагранжа не мог писать про эту систему, но без этого он набрал большой материал. И там большая глава последняя посвящена полету насекомых. Это тоже интересно.



Он придумал, что, если кимограф этот с закопченной лентой крутить, и шмеля или стрекозу подвести близко, то она крылышком будет чертить кривую и можно посчитать частоту...

В.Б.: То есть использовать ее вместо самописца.

В.С.: То есть регистрацию опять наладил, понимаешь? Опять наладил регистрацию. И увидел, что там очень большие частоты. Что в ходьбе — это низкие частоты, что человек не может больше десяти герц воспроизвести...

## Работы Н.А. Бернштейна

В.Б.: Вот, на какой муха жужжит частоте, те частоты там есть.

В.С.: Вот, вот, это все сделал Марей. И, на самом деле, он поставил проблему сравнительной локомоции. Вот, моя тема началась...

В.Б.: Локомоция — это тоже слово такое...

В.С.: Движение. Движение. И этот термин он ввел. На самом деле, он ввел этот термин. И во французской литературе благодаря Марей в 1903-м году впервые появилось слово «биомеханика». Если так говорить строго...

В.Б.: А Бернштейн что здесь развил?

В.С.: А Бернштейн уже пришел после Марей. Но после Марей были еще братья Фишер, немцы, которые очень дробно сделали регистрацию, но уже с записью сил. То есть ускорение они стали считать, массовую модель, стали считать динамику. Они посчитали динамику одного шага. И вот Бернштейн пришел, уже вот когда эти работы были сделаны. Что сделал Николай Александрович? Николай Александрович, во-первых, повысил точность. Он сделал стробоскопию с помощью мигающих... кадр открывается, делает мигающие лампочки, на суставы ставит. Поэтому скелетная фигура... человек проходит, а на фотографии... и вот эту циклографию он наладил. Она оказалась очень эффективной. Они действительно сразу произвели фурор. Его во Францию...

В.Б.: То есть вместо стробоскопа он, грубо говоря, сделал [снимок] с большой выдержкой, когда у тебя стоит... это намного проще, в общем-то.

В.С.: Да, да, целый шаг... Ну, конечно, проще. Они сразу набрали огромный материал. И была сначала в Праге конференция, по-моему, международная... Институт труда организовал, Гастев. Он известен и как поэт. Он поэтизировал биомеханику. Стихи писал, всякое такое. Это тоже очень интересно. Гастев, на самом деле, это история... до середины 20-х годов, даже, наверное, до 27-го года они процветали. Они ездили по Европе с докладами, участвовали в конференциях международных. А на рубеже 27-го года тейлоризм был запрещен...

В.Б.: Как буржуазная...

В.С.: Как буржуазная наука.

В.Б.: Мне кажется, что как раз до этого времени был очень плотный контакт и у физиков, ездили...

В.С.: Да, да...

В.Б.: Бор и Ландау, Иваненко и Гамов...

В.С.: Нет, это все было так. На самом деле, физики в некотором смысле спасли ситуацию. Потому что, по моему, первый погром биологов был в 20-е годы, вот что я хочу сказать. Я никогда этим специально не интересовался раньше, просто меня заинтересовала история жизни Николая Александровича в некоторых моментах. Просто когда он был жив, у нас часть семинаров проходила на Ленинском, 33, в Институте Баха, там, в этой, в аудитории. А у Николая Александровича было... в этом же институте, в коридоре за шкапами стол стоял: это было его рабочее место.

В.Б.: То есть его так и не реабилитировали до конца?

В.С.: Вот, понимаешь? И он ходил к нам на семинар, а я был у Гельфанда еще и секретарем биофизического семинара. То есть мне приходилось с докладчиками предварительно общаться, созваниваться, программу устаканивать, согласовывать с Гельфандом...

В.Б.: Ну, это из первых рук много...

В.С.: И это было очень важное время, потому что тогда Гельфанд и Цетлин — они сами пришли к идее синергии. В нейрохирургии Виктор Семенович ставил эксперименты по поводу выявления...

В.Б.: Виктор Семенович — это...

В.С.: Гурфинкель. Он тоже потом академиком стал. Он участвовал в этом протезе, который... мышечно управляемый протез, с Цетлиным. А это все попало в сборник 66-го года. И там дальше большую статью методологическую, Цетлин, Гельфанд, Гурфинкель, Шик написали о том, что такое синергия, с их точки зрения. Как организуется нейроуправление, как выделяются паттерны, какие команды получают нейроны, как интернейроны... Для меня была ключевая здесь фраза, которую я потом раскручивал, — это что синергия... множество синергий — это словарь движения. Что отрабатываются стереотипы, которые потом включаются и, так сказать, как кнопки...

В.Б.: Таксономия такая своего рода.

В.С.: Да, да. И они ввели понятие параметрического пространства со свободными параметрами. И за счет этих свободных параметров идет перестройка, программирование в мозге. Это все слова, потому что не было ничего такого количественного, но слова были правильно сказаны, понимаешь? И это все дискутировалось с Бернштейном. Если посмотреть его последние работы, они как раз этим вопросом посвящены. И там упоминается его дискуссия с Гельфандом и Цетлиным, с Гурфинкелем...

В.Б.: Последние его читали? Гельфанд, Цетлин и Гурфинкель? Они его читали как ученого?

В.С.: Ну, конечно, конечно...

В.Б.: Несмотря на то, что руководство, в общем-то, не жаловало.

В.С.: Нет, это конечно... Нет, нет. Он ходил, и это было такое общение. Был там один момент, напряг, они друг друга не поняли, поругались, был такой момент.

В.Б.: Ну, это человеческое.

В.С.: Это человеческие вещи все были. А потом они душа в душу были. Я думаю, что Николай Александрович отчасти реанимировался, благодаря этому общению. Оно было очень насыщенным. Он выступал на семинарах, мы это все обсуждали.

Я в то время еще биомеханикой не занимался. Я занимался моделированием сердца, тоже автоволны. У меня возникла концепция: «сердце как аналоговый компьютер». Где одной волной решается координационная задача. Если распределить элементы с правильными свойствами по ходу волны,

то одной волной можно решать очень сложную координационную задачу. И это меня привлекло. Я думал, что эту волну в других местах делает мозжечок, и поэтому автоволновые всякие модели стал делать. Просто поскольку я чисто теоретические модели здесь считал уже, чисто математические, то это все было в одном клубке.

## Работа в Институте проблем передачи информации

Я хотел бы здесь, прежде чем перейти к своим вещам, еще сказать упомянуть... Поскольку для теоретического отдела 66-й год был в некотором смысле рубежным. Потому что в январе умер Бернштейн, в конце мая умер Цетлин, вышел наш сборник, в 67-м году Институт биофизики переехал в Пущино, а мы остались в Москве и перешли в Институт проблем передачи информации. И территориально у нас изменилось...

В.Б.: То есть это группа Гельфанда перешла?

В.С.: Да, весь теоретический отдел остался в Москве, и он перешел в Институт проблем передачи информации. Это была такая новизна — она была очень существенной. А я еще бы одну вещь вспомнил, в связи с Михаилом Львовичем Цетлиным. На какой почве у меня был... Гельфанд — он был таким главным моим научным руководителем. То есть я всегда ему докладывал, всегда рассказывал, какие результаты, все, все. Но параллельно так получалось, что он поручал Цетлину...

В.Б.: «Микрошеф», как называли...

В.С.: Да, да, да. Проверить, правильно ли я там чего-то написал. Сергею Васильевичу Фомину математику мою посмотреть, понимаешь? В общем, так сказать, привлекал...

В.Б.: Фомин — это не тот, что на ВМК был потом?

В.С.: Нет, Сергей Васильевич Фомин — у них с Колмогоровым есть...

В.Б.: Колмогоров, Фомин, ну, да...

В.С.: Да, да, Колмогоров, Фомин, «Функциональный анализ»...

В.Б.: Он потом работал... На ВМК там создавал, был одним из основателей...

В.С.: Да, да, да. Он в середине 70-х годов умер. Про него я два слова сейчас отдельно скажу.

**” А Цетлин, кроме того, что участвовал в разработке этого протеза, он еще придумал, и его ребята спаяли электронную няньку. Это впервые была компьютеризация, так сказать слежения за ритмом сердца.**

Послеоперационного слежения... мониторинг за сердечной деятельностью после операции. Это было там сделано... Такая была идея, что если посмотреть типовые аритмии, сердечные аритмии, то есть те, после которых выскакивает набор... был выделен набор семи таких аритмий, и они были аналоговым образом запрограммированы в этом устройстве.

В.Б.: Там вводились те или иные...

В.С.: Это была распознающая система. То есть на нее поступал сигнал от электрокардиограммы, она распознавала. Если возникало это сочетание фаз и периодов, то он поднимал тревогу, включал. И я участвовал в апробации этого прибора. То есть я в изготовлении не участвовал, в обсуждении не участвовал, а потом в апробации. Мы дежурили в клинике на Яузе: там какая-то хирургия большая, и мы около месяца там ночевали, все, проверяли, все это отлаживали. И мы это делали вместе с Юрой Котовым — это другой человек — он до сих пор работает в Келдышевском институте.

В.Б.: Котов разве в Келдышева, он не уехал разве?

В.С.: Нет, он не уехал.

В.Б.: Структуры Котова, вот эти вот...

В.С.: А это другой.

В.Б.: Это другой Котов?

В.С.: Другой Котов. Это Юра Котов. Я у него был оппонентом по докторской диссертации. Он защищал в Келдышевском институте, и он придумал модель врача. Вот, уже на докторскую...

В.Б.: Там нянька была, а здесь врач уже?

В.С.: Да, да. От няньки он дорос до модели врача. А это была другая. Я два слова про это [скажу], потом мы не будем этого касаться. Гельфанд уже более поздние годы затеял такую программу, проект, «Диагностические игры» они назывались. Это когда начали компьютерные системы, базы данных формироваться, и бум о том, что мы создадим компьютерные базы данных всякие, и мы сразу много распознавательных задач решим, и повысим медицинскую диагностику, надежность, и так далее. И в других отраслях это все будет. И тогда была выдвинута такая идея, что просто набрать данных — ничего тут. Нужно понять, понять нужно, как врач ставит диагноз. Как умный врач идет, проторяет путь...

В.Б.: Я эту диссертацию докторскую знаю.

В.С.: А ее книжку выпустили...

В.Б.: Я знаю, знаю.

В.С.: По этой диссертации вышла книжка, где-то она у меня здесь стоит.

В.Б.: Это у тебя Картан, а не Котов, «Геометрия римановых пространств». Здесь его нет.

В.С.: Нет, Юрина книжка тоже где-то здесь стоит. Ладно, сейчас не будем на это отвлекаться.

В.Б.: То есть получается так, что все, что сейчас нам сулят вот эти вот технологии, которые... Они, как я понял, легли на этот фундамент. И фактически, этот удаленный доступ врача, контроль, диагностика — это просто чипованность и возможность телекоммуникаций. А все уже там...

В.С.: Ну да, это уже новый расширенный сервис...

В.Б.: Идеи там уже лежали.

В.С.: Сердцевина еще не решена. На самом деле благодаря этому проекту Ира Лукашевич, например, стала заниматься такой деятельностью. Ира Лукашевич — математик, она в Институте проблем передачи информации сейчас работает. Она ученица Цетлина. У нее была кандидатская диссертация про автоволны. Про всякие ритмы, то есть это одна из первых была работ по автоволнам, которая была защищена. Еще в 60-е годы она защитила диссертацию, я помню. Она стала в рамках проекта «Диагностические игры» ходить к врачам, но не к случайным врачам, а к хорошим врачам...

В.Б.: И опрашивать.

В.С.: Нет, и присутствовать на приеме больных.

В.Б.: А, вот как.

В.С.: И она протоколировала, как задает вопросы врач, что отвечает пациент, и пыталась вытащить инвариантную часть... она составила очень много таких протоколов и пыталась это все математизировать.

В.Б.: То есть сам врач не очень понимает, как он лечит...

В.С.: В том-то все и дело!

В.Б.: Как он лечит — не знает. Много превращенного в знания, много неявного, личного опыта...

В.С.: Вот, вот, вот.

В.Б.: И нужен сторонний наблюдатель. Ей удалось что-то сделать?

В.С.: Конечно, конечно. И диссертация Котова посвящена этому. Котов с другой стороны. Она, скажем, терапевтами занималась, а Котов занимался всякими связанными с хирургией и больными, и там где всякие лекарства назначаются, смотрится динамика... где есть сопровождение. Например, женщины... у нее большой контингент был — роженицы с диабетом. Очень неустойчивая это штука, и тогда еще не разобрались с молекулярной классификацией разных типов диабета, понимаешь? И поэтому назначение того или иного лекарства могло быть то в одну сторону, то в другую. И Юра занимался сбором этих данных. И он как раз не просто составлял... Ира ограничилась этими конспектами, протоколами. А Юра стал писать компьютерные программы. И кроме того, поскольку у него это было многоэтапное, еще была динамика больных, которых врач вел, они стали устраивать симпозиумы врачей. То есть этого больного вел один врач, вел другой врач и вел третий врач. Каждый давал свой диагноз.

В.Б.: Но вел — это же значит и лечение? У них что, разное лечение было? Так же нельзя.

В.С.: Ну, нет. Во-первых, сначала надо было диагностическую карту составить. Что он думает, почему он так думает. Юра все это протоколировал. Потом как менялся диагноз, динамика изменения диагноза по мере поступления новых данных. И вот у него сейчас есть работающая программа, которая с определенной точностью представления, решает многие такие диагностические задачи.

В.Б.: Ты знаешь, это ведь не только врачи, это вообще экспертиза так проходит...

В.С.: Конечно, конечно...

В.Б.: Принятие решений, поддержание принятия решений, этапы экспертирования, психология эксперта — очень интересная вещь!

В.С.: Нет, нет, параллельно Кейлис-Борок в Институте [физики] Земли — они такой подход использовали в диагностике землетрясений. Там тоже была волновая модель...

В.Б.: Ну а кто в качестве терапевтов-то был?

В.С.: Сейсмографы. (Смеясь.)

В.Б.: Сейсмографы или сейсмологи? Это разные вещи.

В.С.: Нет, нет, люди, которые...

В.Б.: Сейсмологи.

В.С.: Да. Они просто уже стали анализировать не какой-то ограниченный набор, а некоторую сеть сейсмографов и на Дальнем Востоке, и в Кита[е] они данные брали. Сейчас это очень большая программа, поскольку все через спутники. Это вообще такая глобальная система сейчас. Сейчас есть слежение за землетрясениями. Это все работает, и наработанный в те годы материал — он вполне здесь составляет существенную часть.

В.Б.: То есть в большой степени эти плодотворные идеи еще не выработаны, и наоборот.

В.С.: Ну да, если говорить серьезно, то пока еще идет поиск. Поиск. Потому что здесь без вмешательства... получается, что, на самом деле, без вмешательства человека, эксперта уже с нашей, человеческой ментальностью, компьютер пока слабак. (Усмехаясь.)

В.Б.: Ну, да, экспертная система... Человекомерная система.

В.С.: Да, да, да.

## Работа в 1970-е годы

В.Б.: «Человек — компьютер» система. Понятно. Сейчас мы к 70-м годам подбираемся.

В.С.: Да, да, мы подбираемся к 70-м годам.

В.Б.: И к тому, что возникло Пущино... Ты уже защитил свою...

В.С.: Нет, я защищался, сейчас я скажу. Я защищался... это история отдельная, она имеет предысторию. (Усмехаясь.) Просто когда здесь, с одной стороны, переезд из [Института] биофизики нашей в новую... мы тогда переехали в здание Института Баха, на Ленинский, 33. Там нам выделили комнаты. Я, к сожалению, с одной стороны, много потерял, потому что у меня там, в институте АТО... был у нас Институт биофизики на Профсоюзной, 7. Там все было у меня отлажено, гистология, все. Ну и поскольку это определенный процесс, связанный...

В.Б.: Ну, да, это лаборатория, фактически.

В.С.: ...с лабораторией, то уже на новом месте реанимировать я это не смог. Кое-что мы еще делали.

**” У меня большая коллекция срезов сохранилась, еще кое-что я считал, мерил, но заново резать, извлекать мозги, работать с этим я уже не мог.**

Потому что это кухня, которая...

В.Б.: Ну, да.

В.С.: И параллельно пришлось искать здесь дополнительные вещи. Ну и получилось еще так, что как раз накануне перехода из биофизики сюда, в Институт проблем передачи информации, Гельфанд прислал ко мне трех студентов. С биофака. Они к нему обратились, что они хотели бы заниматься математической биологией и так далее. А Гельфанд их отправил ко мне: «Идите, говорит, со Смоляниновым, он вас будет учить». Он ко мне физтехов присылал, и были такие разные моменты: одних я... они же с Фоминым написали книжку «Вариационные исчисления»...

В.Б.: Гельфанд?

В.С.: Гельфанд, Фомин, да. Этих студентов этому вариационному исчислению должен был учить. (Усмехаясь.) Но вообще всякая такая деятельность была еще параллельно, она тоже была полезная. Но с этими биофаковцами — они появились еще на Профсоюзной, где у меня гистология была, я их учил микроскопии, они у меня считали клетки, тоже все это делали. А тут все рухнуло, и мы оказались на новом месте. Они... слава Богу, они ко мне пришли со второго курса. То есть у них еще...

В.Б.: Успеть научить можно.

В.С.: Успеть, да. (Усмехаясь.) И я тогда стал думать, как бы здесь... всем одно, я считал, не надо давать, а надо было найти разные темы. И так получилось, [что] параллельно появились новые объекты. Я не помню почему, но меня заинтересовали вообще в биологии распределенные системы.

В.Б.: Понятно, почему: уже в мозжечке это все есть.

В.С.: Ну, где волны есть, да, да, да. И вот, один из таких объектов, на который я обратил внимание, — это колония сине-зеленая... колония вольвокс. Она примерно меньше миллиметра, там несколько тысяч клеток и у них жгутики. И они вращаются. На солнце, чтобы солнечную энергию получать. И я подумал,

что у них должны быть волны. И мы начали налаживать микроскопию, чтобы посмотреть, как... потому что здесь, чтобы вращаться, надо же какую-то фазировку создавать у этих жгутиков. Стали налаживать эту часть, я обратил внимание, что они однородные. Сферой, представь себе, так равномерно...

В.Б.: Заполнены, да.

В.С.: Да. Я обратил внимание, что у них там внутри колонии образуются. И стали мы собирать литературу, нашли французскую литературу, довольно подробную, конца прошлого — начала этого века. И мы хотели посмотреть, как биологи количественно описывают, и большой разницей в данных.

” Тогда я говорю: «Ребята, надо посчитать число клеток». Мы стали считать, и оказалась везде степень двойки.

В.Б.: То есть как в мозгу, так и в колонии?

В.С.: Да, да. И это, значит, колония действительно формируется синхронным делением, понимаешь? Второе, что меня здесь привлекло, она устроена так: когда клетки плотно упакованы, то получается такой... как футбольный мяч с этими заплатками, только их очень много. Но потом, когда она становится взрослая, она расходится, и клетки далеко друг от друга, и между ними тяжи. Протоплазматические. И там получается сетка определенной топологии.

В.Б.: Прямо фуллерены какие-то.

В.С.: Да, фуллерены это. На самом деле, фуллерены, конечно. (Смеясь.)

В.Б.: Значит, для того, чтобы эти волны разглядеть, не хватало там, соответственно, ни приборного разрешения, ни...

В.С.: Ну, в общем, началось с попытки волн...

В.Б.: Но уже их тени учуяли.

В.С.: Да. В общем, я, наверное, тут сейчас уговариваю вернуться к этой теме, потому что она все равно не сделанная.

” Желание тогда было, средств тогда технических не хватило, а сейчас — то видеорегистрации какие угодно можно делать, хоть с микроскопа, хоть с чего. В общем, сразу компьютер... сейчас совсем другое время для такой работы. И его надо, действительно, использовать.

В.Б.: То есть здесь технологически как бы продвинуто, а методологически все уже было?

В.С.: Да, да, все равно это нерешенная проблема. Все равно координация здесь в этом смысле очень... Выяснение законов координации — это...

В.Б.: А почему ты не хотел посмотреть на более медленных каких-то колониях?

В.С.: Сейчас я скажу, сейчас перейдем. Просто вольвокс подарил другую тему — топологии. На самом деле, топологии эмбриогенеза. Когда эта степень двойки обнаружилась, стало ясно, что синхронно. Тогда стало интересно, как же одна клетка, две, четыре...

В.Б.: Подожди. Если у тебя по количеству пропорциональная степень двойки, то и по времени должны быть такого рода?

В.С.: Там несколько часов идет цикл, да, да.

В.Б.: Я имею в виду, и степени двойки во времени заметны?

В.С.: Ну конечно! Потому что фазы деления занимают пятнадцать минут. А интервал между фазами несколько часов. Поэтому здесь все ловится, все точно делается, как возникают борозды дробления, как они ориентированы... тут я впервые понял...

В.Б.: То есть вместо эмбриона берется теперь более связанная среда, активная, которая есть в колониях, которая есть в сообществах, и ты... эти вещи уже там по топологии проще отследить.

В.С.: Конечно, конечно. Я уже понимаю, что они синцитий. То есть эта тема синцития... Сердце — синцитий, электрический синцитий, вольвокс электрический синцитий, понимаешь? И здесь должна быть какая-то волновая координация. Потому что я-то ориентировался от идей, идущих от сердца. Но эта сама топология — она привела к простой идее, в некотором смысле очевидной, что есть управление плоскостями деления. На самом деле, потом были придуманы математические модели, что, если плоскости деления оставлять определенного типа, то будет один тип колонии... А чтобы выйти от одной клетки на сферическую... Ведь сфера имеет уже другую топологию, понимаешь? Мы типы додекаэдра — почему с фуллереном это стыкуется (тогда еще не был фуллерен открыт. Если б был, это бы резонировало очень здорово)? Но сейчас я переписываю книжку типа матгистологии, я ее назову, наверное, «Теория гистографов». Там, в моей книжке, которая 80-го года одна, один параграф этому посвящен.

Инвариантным схемам деления, которые сохраняют топологию. Вот отсюда возникла эта идея. Но во всяком случае, здесь было много набрано материала, все проанализировано. Этот мой дипломник, Валерий Михайлович Маресьев, научился лепить из пластилина эти колонии и мы делаем покадровые кинопрорисовки, научились на этих пластилиновых моделях находить ориентации этих плоскостей деления, переходы от одной к другой. И такую автоматную модель стали делать... К этому подключился, совсем немножко с другой стороны, к этой вольвоксной колонии, еще у Гельфанда был такой в учениках известный математик Илюша Пятецкий, может быть, ты слышал. Он довольно рано в Израиль уехал, вообще уехал довольно рано, и поэтому здесь он в позднее время малоизвестен. Но я с ним общался и дружил, и мы все эти работы, семинары вместе устраивали. У вольвокса очень интересная метаморфоза происходит. У него эти дочерние колонии... Во-первых, обнаружилось, что он вроде бы однородная колония. И там клетки разных типов связности есть. Есть клетки... в додекаэдре каждая вершина связана с пятью. Будем называть это...

В.Б.: Я напомним просто для слушателей: додекаэдр — это многоугольник, одно из платоновых тел. Из каждой вершины выходит пять ребер. Для того чтобы не напрягаться сильно, представьте себе мяч футбольный, и вот как раз его заплатки — он выложен пятиугольными такими заплаточками — ну, естественно...

В.С.: Да, да, да. Там пять и шесть, да.

В.Б.: Это на сфере нарисованы додекаэдры. Если сделать плоскими срезы, то получите уже...

В.С.: А у фуллерена пять и шесть есть, да. А у вольвокса — пять, шесть, семь, восемь, девять, до двенадцати есть клетки. И клетки большой связности — они дают потом потомство.

В.Б.: Большие семьи делятся, им надо жить...

В.С.: Нет, это... и энергетика им другая нужна...

В.Б.: ...устраивать дома дополнительные.

В.С.: Да, да. Их мало, и они определенным образом распределены на колонии. Так сказать, будущее клетки кодируется в числе связей. И это можно уже прогнозировать.

В.Б.: И именно они дадут потомство...

В.С.: Они дадут потомство.

В.Б.: И генетика более энергичных — она пойдет в будущее.

В.С.: Вот, вот, вот это вот как раз и интересно. Но там такая вещь. Когда дочерняя колония растет, она... так получается, она потом отрывается от материнской, это тоже очень интересный акт. И она оказывается... жгутики внутрь. Она так поделилась, ей приходится выворачиваться.

В.Б.: Ежик наизнанку. Владимир Владимирович, мы жгутиками можем с тобой заниматься бесконечно... (Смеясь.)

В.С.: Я хочу сказать, что Илья Пятецкий увлекся этой моделью выворачивания.

” И они построили автоматную модель: как однородная колония клеток может формировать волну... там же [чтобы] вывернуться, надо же определенную волну изгибов создать, да? Это же, сам понимаешь, мячик возьми и выверни его...

В.Б.: Да ты просто встряхни шубу — у тебя побежит волна вот этих жгутиков...

В.С.: Нет, это пробежит волна. А вот сам акт выворачивания нетривиальный...

В.Б.: Ты ее можешь вывернуть, шубу-то тоже можно вывернуть... (Смеясь.)

В.С.: Я просто хочу сказать, что вокруг этой темы, которую я начал, я принес эту тему, сам заинтересовался топологией, привлек Илью Пятецкого, и другие математики...

В.Б.: То есть у вас там все время крутилась такая элитная математическая среда, к которой можно было сразу обратиться?

В.С.: Да, конечно.

В.Б.: Таким, своего рода, перевозчиком... переводчиком и перевозчиком.

В.С.: И я был... Это одна была тема. А вторая тема...

В.Б.: Вообще это образ идеального синергетика. Он, собственно, и связывает математиков и предметников, которые...

В.С.: Была бы задача правильно поставлена, конечно. А дальше уже начинается раскрутка. Это было с вольвоксами связано, две было публикации.

## Изучение волновой координации в распределенных системах

Вторая линия для другого, поскольку их трое пришло, здесь возникло три темы. Вторая тема возникла в 67-м году. Я отдыхал в Крыму, в Новом свете, и там сосны такие, если ты помнишь, длинноигольчатые такие.

В.Б.: Итальянские, наверное.

В.С.: Ну, да. Я под этой хвоей обнаружил многоножек.

В.Б.: Этого добра там хватает, вообще.

В.С.: Хватает. Они длинные такие, у них примерно семьдесят сегментов. И ножки вот так вот в ряд выстроены. И по ножкам бежит волна, когда она движется.

В.Б.: Отсюда, если сороконожка задумается, с какой начать ноги, она так вот и останется на месте.

В.С.: Да. Да.

В.Б.: А так — волна.

В.С.: Я, когда эту волну обнаружил, у меня с собой была кинокамера в Крыму тогда, какая-то простенькая кинокамера, я начал ставить эксперименты. Я подумал, что, если я возьму вот так спички положу, друг за другом, и она начнет по ним ходить, у них будет интерференция этой периодики с той периодикой. (Смеясь.)

В.Б.: То есть ты из нее циркачку стал делать, да? Понятно.

В.С.: Ну, здесь же обратная связь должна быть. Потому что я сразу увидел, что если медленно он движется, то и волна медленно идет, и длина волны на этом меняется, понимаешь? Что на самом деле здесь есть определенная схема управления, и одно с другим связано.

В.Б.: Ну, это ведь, на самом деле, если взять иноходца, то у него четыре ноги. А там много ног. Но иноходец тоже эту волну создает.

В.С.: Нет, мы сейчас до этого дойдем, до волновых походок мы дойдем сейчас. (Смеясь.)

В.Б.: То есть «Лебедь белая плывет...» — это отсюда, да? (Смеясь.) То есть как ходить надо красиво...

В.С.: Ну, конечно, конечно, конечно. И я привез этих многоножек в Москву. И второму своему дипломнику я поручил наладить...

В.Б.: С ними отношения.

В.С.: Мы сделали маленькие тредбанчики, то есть ленточки, которые движутся, крепили их зажимом на этой ленте, задавали скорость. В общем, мы провели большую серию экспериментов.

В.Б.: А чем вы их поощряли? Чем кормили?

В.С.: Ну, это все... мотылем кормили, все...

В.Б.: То есть они хищники?

В.С.: Нет, они травоядные, в основном, это другая многоножка, которую я через год привез, — это другая, хищная. Сколопендра — у ней двадцать ног. И у ней волна бежит в другую сторону. На самом деле, это оказалось принципиально важным.

**” У кивсяка бежит волна от хвоста к голове — это называется «положительная метахрония», а у сколопендры — от головы к хвосту, как у рыбы.**

Потом я и рыбами занялся. (Смеясь.) То есть моя тема пришла, которую я стал делать, — это «волновая координация в распределенных системах», уже локомоторных. Понимаешь? Потом я стал... но это отдельно. Сначала про многоножки. Сначала мы стали делать вот эту периодику — не разобрались. Потом мы стали делать отдельные щели, потому что очень важно ли ноге наступить на субстрат, чтобы потом через какое-то время подняться.

В.Б.: Обратная связь.

В.С.: Да. Нужна ли здесь вот эта тактильная обратная связь, или не нужна? На самом деле, надо было это решить, и мы этим занялись. Но параллельно мы набрали большой материал проходов с разными скоростями. Меняли свет, меняли условия — в общем, трудно их было заставить быстро двигаться.

В.Б.: А под музыку не пробовали? (Смеясь.)

В.С.: Да все пробовали: и стучали, и пугали, и все. (Смеясь.) Потому что набрали. Набрали материал,

так получилось. А нам помог, конечно, этот тредбан. Она же, конечно, тварь... как у Павлова, есть у Павлова такая очень интересная статья, книжечка отдельная, у меня сейчас ее взяли. Называется...

В.Б.: Ивана Павлова, да?

В.С.: «Рефлекс свободы» Павлов назвал. Когда собака в станке не хочет учиться этим условным рефлексам, вырывается до последнего. И есть собаки, которые покорные, встали и поехали. А есть такие, которые «вольнодумцы». И Павлов про это специально пишет, и я нашел эту статью...

В.Б.: Какой у них процент? Как у человека? Пять процентов?

В.С.: Да, маленький, маленький. (Усмехаясь.)

В.Б.: Пять процентов?

В.С.: Да. Ну, к многоножкам это не имеет [отношения], но во всяком случае, из зажима они точно пытались вырваться, поэтому нам пришлось использовать наркоз.

В.Б.: Мучили как-то...

В.С.: А что сделать? И тут мы стали открывать новые эффекты. Сравнение наркоза с ненаркозом... параллельно за стеной, это уже на Ленинском, 33, Марк Шик с Гришей Орловским искали локомоторный генератор кошки.

В.Б.: Там кошку мучили.

В.С.: Там кошку мучили. Там суровый они ставили эксперимент: я два слова про это скажу, потому что это действительно выдающаяся работа. Они децеребрировали... они перерезали продолговатый мозг выше Варолиева моста и отрезали все высшие отделы. И оставляли только нижнюю часть продолговатого со спинным. И они нашли место в продолговатом мозгу, которое, если стимулировать...

**Если кошке вот эту перерезку делать, она становится...**

**обездвиживается. Ригидная такая, жесткая становится, все. А когда они начинают стимулировать, она становится мягкой и начинает идти. Они нашли силу тока, подобрали частоту стимуляции нейронов, и кошка у них зашагала.**

И это искусственная локомоция... они препарат сделали, они прокартировали эти нейроны, в общем на весь мир работа прошла. И это действительно выдающееся, впервые было сделано. А мы то же самое начали делать на многоножках. Мы тоже делали перерезку передних ганглиев, вставили электрические электроды, стимулировали, тоже подобрали. Я Марку говорю: «Ну, мы своих многоножек на кино снимали, а потом я строил графики зависимости скорости волны от всего этого».

В.Б.: От того, сколько она этого героина выпила?

В.С.: Да... Нет, это отдельная часть...

В.Б.: Там синхронизация была под наркозом?

В.С.: Нет, поскольку была киносъемка, я мог сравнить. И на самом деле, оказалось, когда мы сравнили с нормой, что в наркозе при электрической стимуляции... Мы сделали так: в отличие от Марка, мы сделали еще одну модификацию.



**Мы не электрически стимулировали, а мы в наркозе ленту двигали. И когда подбираешь определенную скорость движения ленты, она тоже начинает идти.**

То есть вот эта чисто механическая связь, стимуляция тактильная — она тоже очень существенна. И мы сравнили, поскольку кино было сделано. Мы смогли сравнить все эти режимы. Марк, к сожалению... Я говорю: «Марк, давай я тебе сниму кино» — «Да нет, потом, у нас...» У них действительно сложный эксперимент, потому что кошка — это другая модель. На искусственном дыхании сидит, там сам эксперимент очень громоздкий. Здесь многоножка маленькая, поставил там, отладил все...

В.Б.: «Ползи!»

В.С.: Да. Мы обнаружили еще...

В.Б.: Я сейчас одну вещь хочу [сказать]: здесь нет такой аналогии? Вот, ты стоишь на склоне. Небольшой уклон. Есть определенный темп, при котором тебе удобно идти вниз.

В.С.: Да, да. Комфортабельный.

В.Б.: Комфортабельный, да. А вот когда ты идешь по ровной поверхности, то не так. Он размыт. Ты можешь медленно идти, быстрее...

В.С.: А потому что он...

В.Б.: Там четко совершенно: вот именно этот, и все. Никакой.

В.С.: Нет, здесь разные вещи. Сейчас мы до этого дойдем.

В.Б.: Ладно, не буду тебя перебивать.

В.С.: Потому что на человека я перешел, благодаря многоножкам. Здесь пришлось перейти на человека...

В.Б.: Ножки отрывал, что ли?

В.С.: Нет, на самом деле, кивсяк этот, у которого семьдесят сегментов и по две пары ног на каждый, у него ног больше ста, там можно было брать и ножки выщипывать. И мы как раз этим тоже занимались и смотрели, как меняется это все. И появилась тогда идея, что на самом деле любая походка — это как бы часть многоножки. Ну, конечно. Оставь у ней четыре ноги — будет...

В.Б.: Я так и спрашиваю: ты что, у ней все оторвал, оставил их четыре? (Смеется.)

В.С.: Да, да, да.

В.Б.: И после этого решил за человека браться.

В.С.: Нет, сейчас я скажу, почему пришлось перейти на человека. Здесь это очень принципиальная вещь. И здесь смотри, какая вещь получилась. Была найдена принципиальная теоретическая вещь в описании этих походок. Мы собрали всю литературу: английскую, французскую, всю по этим всем вещам, всю. Но до таких количественных вещей никто не дошел. Есть отдельные регистрации, есть просто хорошие фотографии, и все. Но закономерностей никто не вытаскил. А у нас получилось что? Вот, сколопендра, у которой волна бежит в другую сторону, здесь оказалась принципиально важной. Сколопендра ходит, и это везде описано, по принципу «след в след». У нее вот эта ножка идет, становится вот в это место, а следующая обязательно в эту же точку. Эта в эту, и следующая в эту же точку идет. В эту. Если принять это условие, то волна бежит с той же скоростью...

В.Б.: С какой движется.

В.С.: Чтобы остановить эту точку, надо чтобы волна бежала с той же скоростью, с которой движется животное. Оказалось, связь скорости волны со скоростью локомоции очень простая:  $W=V$ . Ну, с обратным знаком, да? А когда я стал так же анализировать многоножку-кивсяка, я обнаружил тот же принцип, но в другой фазе. То есть для нее как бы фиктивно существует другая лента. Здесь она опору делает...

В.Б.: Володь...

В.С.: Ну, сейчас...

В.Б.: Ты просто... я говорю, здесь красивые очень вещи, но чтобы мы не забыли за многоножками о людях.

В.С.: Не, сейчас дойдем, дойдем, дойдем. Когда я стал делать теорию этих вещей, это все расписывать, я понял, что здесь есть свободный кинематический параметр. И сказать, как они должны быть связаны, заранее нельзя. Уже позже, когда я писал статью в «Успехи физических наук», я, цитируя Маррея, вдруг сообразил, что Маррей снимал (я уже говорил про походки лошадей и человека). Поскольку мы делали зависимости этих кинематических параметров ходьбы от скорости локомоции, то у нас были зависимости. Уже не просто отдельные точки. Я обратил внимание, что у Маррея все снято в одной скорости.

 И я удивился, думаю: «А как же? Как же он походки тогда строит?» И стал смотреть, внимательно перечитывать то, что я читал когда-то.

Здесь открытия идут уже других работ тоже (смеюсь), тоже очень важный момент. У него была метафора, на самом деле, походка устроена так: вот человек идет, ты кино снял, а потом, если он хочет быстрее... так же, как будет в ускоренном кино. Замедлил кино... И он предлагал как раз художникам рисовать эти рисунки в стробоскопе, и крутить с разными скоростями. А это значит, что Маррей думал... он явно так не думал и так не говорил...

В.Б.: Ну, неявно получалось.

В.С.: Инвариант у него, инвариант ходьбы — длина шага. Потому что как кино ни вращай, быстрее, медленнее — длина шага во всех будет одинаковая. А у нас получилось, что длина шага переменная.

В.Б.: Ну, понятно. Потому что, если ты начинаешь бежать...

В.С.: Нет, бег — это уже другая часть!

В.Б.: Фазовый переход должен произойти при определенной скорости...

В.С.: Нет, Вовочка, здесь бег — это уже другая часть, здесь появляются компоненты вертикальные, прыжки появляются.

В.Б.: Володя, ты сейчас смотришь, что там появляется, и ты можешь бежать, изображать медленно бег. Но... помнишь, да, вот это [нрзб]? На определенной скорости у тебя начинается фазовый переход...

В.С.: Ну, подожди, сейчас мы до этого дойдем. Сейчас, подожди.

В.Б.: А у него этого вообще не могло быть.

В.С.: Не получается. Это мы все проверили. Проверили мы все это. Поэтому пришлось, во-первых, пришлось поехать на ипподром.

В.Б.: Так. Ну, вот, иноходец — он может сбиться?

В.С.: Нет, вот, вот, вот. Во-первых, нам выделили наездницу, которая хорошо управляла. Конечно, мы сначала на простом ипподроме снимали эти рысистые испытания, когда сбивается в галоп, сделали кино и анализ. А потом мы целый месяц провели с этой наездницей. По нашей программе она рысь взяла и от самой медленной и до самой большой держит. Потом взяла галоп — от самой медленной до самой

большой.

В.Б.: Видимо, здесь она как-то помогает устойчивости.

В.С.: Сейчас, сейчас я расскажу. Были срывы. Как они и бывают. Почему снимаются с испытания? Когда в галоп переходит с рыси.

В.Б.: Ну да, или марафонца снимают за то, что на бег перешел.

В.С.: Ну, правильно, вот, вот, вот. Но есть своя классификация аллюров лошадей.

**” И мы показали уже с помощью киносъёмки, что всего две зависимости есть. Что на самом деле шагом называется рысь, но только очень медленная.**

То есть уже по фазировкам можно было точно расклассифицировать. И когда есть сбой, то с одной зависимости параметры перескакивают на другую.

В.Б.: Это я понимаю. Но они этот сбой... в каком пространстве точка бифуркации? Скорости? Или вообще непонятно чего?

В.С.: Это заметь... подожди... нет, это от желания. Это независимая...

В.Б.: То есть у нее как бы... взбрыкнула и перескочила.

В.С.: Да, и мы потом стали это делать на человеке.

В.Б.: Ну, так, так.

В.С.: Потому стали делать на лошадях? На лошадях — потому что наездник может управлять скоростью. Мне надо было набрать многообразие переходов по скорости, в рамках фиксированной походки. С человеком так же, собственно. Я пошел к Гурфинкелю. Виктор Семенович в то время в лаборатории [работал], это была середина 70-х годов, готовился полет на Луну у нас, и наша лаборатория была задействована в экспериментах с пониженной гравитацией. На предприятии «Звезда» — там ставили эксперименты, специально вывешивали человека, создавали ускорение искусственное, и там тоже локомоцию регистрировали. В общем, я был в курсе.

**” А у нас там, на Ленинском, 33, было типа лазарета: там лежали солдаты. И проверялся вопрос, как долго может бездвижно лежать человек, чтобы он встал, и не нарушилась координация.**

Потому что если длительный перелет...

В.Б.: Ходить придется учиться, да.

В.С.: Да, понятно, да?

В.Б.: То есть для путешествия на Луну — это так моделировали...

В.С.: Ну, да, да. Во всяком случае, это интересная тема. Сейчас она продолжается в МБП...

В.Б.: В МКС? Или это...

В.С.: В МБП, это то же самое, да. Там у них в ваннах сейчас лежат студенты, лежат, и долго лежат, и они много чего смотрят: рефлексы, много чего смотрят. А тогда это были первые эксперименты с этими лежачими солдатами. И они у нас по коридору ходили потом. Толя Штилькин там их регистрировал

и писал это. Были эти лежачие солдаты, и на них ставили эксперименты ребята от Гурфинкеля. А я был автономен в этом смысле. Многоножки были отдельные станки... а, еще кошки были: там же были люди, кошки, и вот еще многоножки. (Усмехаясь.) А Кедр занимался дыхательным центром в соседней комнате. Как дышит кошка, ритмами дыхания. И я пошел к Виктору Семеновичу и говорю: «Виктор Семенович, у меня не стыкуются вот такие вещи». Он говорит: «Да ладно, это все уже сделано». И дал мне ссылки какие-то, говорит: «Не возись, это все ясно». Я все это прочел и говорю: «Виктор Семенович, это не сделано!» Вот такой-то вопрос не имеет ответа. «Да? — говорит. — Ты же знаешь, у меня сейчас ребята заняты, я тебе ничем не могу помочь. Придумай сам что-нибудь». И мы стали с Андреем, Андрей Карпович, который у меня был, этим занимался, дипломник, мы стали делать амуницию для человека, подограммму регистрировать, углы регистрировать, провода тянуть, барабаны поставили. А там, слава Богу, чем хорош этот, [Институт им.] Баха, — огромные коридоры, широкие, длинные: сто метров там не хватает, но метров семьдесят там есть.

В.Б.: Ходи — не хочу.

В.С.: Да. Потрясающая вещь, конечно. И мы в этих коридорах тоже начали уже сами ставить эти эксперименты. Потом Виктор Семенович много лет спустя сказал: «Ну, я большую ошибку [совершил]... недооценил это самое». И назвал меня «своим лучшим учеником». (Смеется.)

В.Б.: Виктор Семенович — это...

В.С.: Гурфинкель, да. Он уехал, он сейчас в Америке. Академик, все это... Он ученик Бернштейна, можно так сказать, прямой. И стали мы это делать. Понимаешь? Бежать можно на месте, и идти можно на месте. Главное — у тебя есть прыжковая фаза...

В.Б.: Я понимаю.

В.С.: ...отрыва от этого, либо нет. И так же, начав с ходьбы на месте, постепенно я стал ставить эксперименты. Предлагалось испытуемому: настройся вот...

В.Б.: Просто на какой-то скорости ты без прыжковой фазы не сможешь двигаться.

В.С.: Нет, можешь!

В.Б.: Ну, как же?

В.С.: Я доказал. До самых максимальных, два с половиной метра в секунду, я ходил...

В.Б.: Быстрый бег, скажем, на стометровку можно без прыжковой фазы?!

В.С.: Нет, это бег! Бег нельзя...

В.Б.: Ну, скорость какую можно? Я же тебе говорю, что на какой-то скорости твой шаг не сможет реализоваться...

В.С.: Нет, другое дело, что у тебя предельная скорость на беге выше, чем предельная скорость на ходьбе...

В.Б.: Ну, так я о том и говорю...

В.С.: Но весь диапазон ты можешь без отрывной фазы. Ведь там же есть, если построить эти зависимости...

В.Б.: Если задача, извини, очень быстро бежать, то ты просто на шаговой стратегии не можешь так бежать, ты вынужден перейти на...

В.С.: Нет, Вова, смотри, смотри...

В.Б.: ...на прыжковую фазу.

В.С.: У тебя есть бег... то есть, ходьба характеризуется тем, что обязательно есть двухопорная фаза.

Обязательно есть...

В.Б.: Ну, я понимаю, есть момент, когда они вместе.

В.С.: ...когда скорость увеличивается, длительность этой фазы уменьшается. И если построить график, она асимптотически идет к определенному уровню.

В.Б.: Но график от чего? От скорости?

В.С.: От скорости. Я от скорости строил график.

В.Б.: Подожди, но есть же какая-то скорость, где ты не сможешь так.

В.С.: Нет, нет такой скорости. Теоретически ее нет. То есть я могу начать бежать с нуля.

В.Б.: Ну, можешь, конечно. Это проще, энергетически и так далее.

В.С.: Нет, дело не в этом.

В.Б.: И организм сам выберет...

В.С.: А вот с этими прыжками я теперь начинаю бежать чуть быстрее, чуть быстрее, чуть быстрее, до предела.

В.Б.: Но эффективнее, все-таки, с прыжковой?

В.С.: Нет, это другое уже. Это уже энергетика и кинематика, это уже другая вещь.

В.Б.: Но организм... почему организм делает этот... сбивку? Почему марафонец хочет непроизвольно перейти на бег?

В.С.: Это другое дело... то, что ты говоришь, — это распространенная парадигма. И многие так считают. И так в литературе написано. Мы проверили специально — нету этого! И даже на лошадях можно не срывать с рыси до самых предельных скоростей.

В.Б.: Нет, ну, рысь — это не аллюр. В смысле, это не иноходь. Иноходь — вот она идет...

В.С.: Иноходь — это другая уже фазировка.

В.Б.: Так вот, иноходь очень сложно удержать на большой скорости.

В.С.: Нет... ну, сложно. Но можно. То есть автомат такой построить? Я тебе построю. Другое дело, это физиологически осуществить... Сейчас я перейду к другим вещам. Здесь вот что оказалось важно. Я понял, что длина шага, и период, и фазы шага — они независимые делаются, вот почему это важно. И поэтому были придуманы эксперименты: ходить под метроном. Чтобы зафиксировал период, я медленно иду с этим периодом. За счет длины шага я, конечно, решаю эту задачу. И хожу...

В.Б.: Так ты начинаешь семенить...

В.С.: ...от медленной до самой быстрой, которую я выдерживаю. Разные люди обладают разными способностями здесь. И это отдельная часть. Я думал, что на самом деле не все справятся с этой задачей, но оказалось, что после некоторой тренировки почти все справляются.

В.Б.: Володь, ну, просто я...

В.С.: Сейчас, подожди, Вова. Но следующее — это по «зебре» ходить. При фиксированной длине шага.

В.Б.: Ну, понятно. Или по шпалам — очень неудобно.

В.С.: По шпалам, да. Но у меня идея и возникла, я когда на физтех ездил первые годы, от Долгопрудной до этой самой, по шпалам бегал.

## О возникновении локомоторной теории относительности

В.Б.: Страшно неудобно. Для моих ног очень неудобно, не тот шаг. (Усмехаясь.)

В.С.: Конечно, я тебе могу сказать: мы как делали? Мы клали эти белые полоски на разные... и человек шагал по ним. Поскольку везде была регистрация, то потом мы это пространство кинематическое полностью построили. И нашли... Здесь у меня идея возникла, что кинематическая синергия — это определенный инвариант. Сцепка «синергия-инвариант» возникла здесь. Значит, можно искусственно инвариантом делать период. Можно искусственно делать инвариантом длину шага. Вот тут Марей и оказался к месту. У Марей инвариант — длина шага. Понимаешь? У него частный случай этого всего разнообразия. А тогда возникает вопрос: а в норме что инвариант? Не длина шага, не период...

В.Б.: Так, а что?

В.С.: А определенное сочетание этих [параметров]. И когда я построил эту зависимость, оказалось, что это гипербола в пространстве и времени. И тут у меня возникла идея о том, что есть как бы релятивизм.

В.Б.: Ну, теория относительности.

В.С.: Да. Моя локомоторная теория относительности пришла отсюда. То есть когда я это все кинематическое пространство перевел на язык этих инвариантов.

В.Б.: Ну да, пространственно-временной интервал — он задает тебе гиперболу, понятно.

В.С.: Да, да, да.

В.Б.: Красиво.

В.С.: Но только если мы сравниваем с классической теорией относительности — там свет играет эту роль, да? Но... и изотропное пространство. А у меня потребовалось две волны. Будем называть классическую теорию относительности: свет в прямом — одна волна, в обратном — другая. С и минус С. У тебя есть две волны, да? Чтобы делать вот такие часы. А здесь потребовалось две волны одного знака. Гиперболы, асимптоты — тут они вот такие, положительные, отрицательные, а тут они вот так вписываются, гиперболы, понимаешь? То есть пришлось придумать нейрофизиологическую модель, как эта задача может решаться в мозгу.

В.Б.: То есть у тебя... в теории относительности они в пространственно-временных областях расположены, а у тебя — в пространственно-подобных, дополнительных.

В.С.: Ну, да, да, да.

В.Б.: Это как кувшин такой.

В.С.: Да, да, да. Я, собственно, на этом придумал здесь разные модели часов.

 **И мой прогресс уже такой, в понимании классической теории относительности состоит в том, что я пришел к выводу, что физический релятивист — инструментальное понятие.**

В.Б.: Да, конечно, это так.

В.С.: И сейчас я тебе скажу...

В.Б.: У Эйнштейна это так.

В.С.: Нет, не так.

В.Б.: У него есть предположение...

В.С.: Нет, у него в статье 1905 года он сам себе задает вопрос, что такое время? Говорит: «Это часы! Вот, у меня на руке часы, через три минуты должен прийти поезд. Время — это часы». Правильно, все физики считают, это часы. Но какие часы? Ведь для меня, когда я стал это уже раскручивать, уже внедряться в эту всю философию, этих всех представлений, я обратил внимание, что Эйнштейн не обратил внимание, что ведь основной результат его этой статьи 1905 года состоит в том, что он придумал процедуру определения одновременных событий в подвижной системе координат.

В.Б.: Да, но...

В.С.: Больше ничего!

В.Б.: ...но там синхронизация часов требуется.

В.С.: Не, он там треугольник этот световых лучей рассматривает, говорит, что средняя точка и вершина — они одновременны.

В.Б.: Это и есть синхронизация.

В.С.: Не, ну, правильно, правильно.

В.Б.: Предположение, что туда и обратно свет идет одинаково. Он понимал это, он это предположение высветил.

В.С.: Ну, да, да. Я в этом месте не спорю. Но я придумал... Ланжевен придумал... так называется в литературе «парадокс часов», «часы Ланжевена»: у него луч света излучается отсюда, с зеркала, и возвращается. Он повторил эту процедуру, только в физической реализации. Что я придумал — сделать два зеркала.

В.Б.: Так.

В.С.: Значит, у тебя отсюда фотон излучается... два фотона, они идут в эти стороны и возвращаются. Они возвращаются на оси движения системы. Параллелограмм — более симметричная фигура, его диагонали пересекают всегда в серединке.

В.Б.: Ну и что?

В.С.: Вот, используя параллелограмм, я сразу доказал разные теоремы. Понимаешь, здесь оказалось возможным. А отсюда сразу, вот из этой модели возникла другая модель. А что если я зеркала заменяю акустическими экранами, а вместо света использую звук? Что получится? Получится акустический релятивизм.

В.Б.: Не получится.

В.С.: Получится.

В.Б.: Потому что постоянство скорости света — это, все-таки, отдельный постулат, а со звуком ты как будешь?

В.С.: Не, не, не! Вовочка, нет!

 Я придумал метафору «слепого человечества». Допустим, мы не знаем, что такое свет. А поскольку на самом деле последние годы эта тема очень актуальна, и в медицине и в психологии разрабатывается. Ведь есть слепорожденные люди.

В.Б.: Да, между прочим, их сейчас учат как-то там ориентироваться, и что-то они там видят.

В.С.: Ставят им акустический генератор на голову.

В.Б.: Да и без генераторов даже как-то там...

В.С.: Нет, Вова, я тебе точно говорю: я эту литературу поднимал специально. Потому что если не ставят, человек научается, он все время слышит отраженный сигнал...

В.Б.: Он как мышь работает? Эхолотом?

В.С.: Да, да, да. На самом деле, если это ставить детям, начиная с трех лет, и даже раньше, то они быстро начинают...

В.Б.: А почему ты думаешь, что у нас нет своего генератора? У Аристотеля была такая смешная теория, что свет выходит из глаза, отражается, и мы видим. Почему у нас нет такого генератора?

В.С.: Ну, да, да, да, я знаю.

В.Б.: Посмотри, может быть, есть? И не нужно тогда на голову ничего ставить. (Усмехаясь.)

В.С.: Нет, у нас на самом деле, к сожалению, таких генераторов нет. Но вот сейчас...

В.Б.: Ну, может быть, в определенном диапазоне, может быть?

В.С.: Нет, есть сейчас серия детей, которые обучены с такими генераторами, они первые дни вообще вот так ходят, а потом они по лестнице бегают. И слышат стенки, ступеньки, все слышат! Для них на самом деле это страшно интересная тема: как формируется образ пространства, акустический образ пространства. Я просто так для себя решил, что, скорее всего, тогда должен быть и акустический релятивизм. Но поскольку такая счетная модель совершенно простая, то получается, что другие константы получаются. Что геометрия пространственно-временная будет та же самая, Минковского, только  $c$  будет другое, скорости звука.

В.Б.: Нет, все-таки, звук — это не свет.

В.С.: Нет, Вова, я же тебе говорю. Проблема состоит в том...

В.Б.: Нет, я понимаю, что ты хочешь сказать. Ты можешь, действительно, сделать...

В.С.: Поскольку мы знаем, что такое свет, мы звук можем проверить светом, а вот если бы мы свет могли проверить звуком...

В.Б.: А свет мы звуком не проверим.

В.С.: Да.

В.Б.: И дело в том, что у тебя есть закон сложения скоростей, который не работает для света, а для звука все, может быть, и работает.

В.С.: Нет, все равно. Опять зависит от того, что ты инвариантом делаешь, что ты объявляешь инвариантом. И с этими часами, [про] которые я начал говорить, я придумал встречную модель часов. А допустим, мы эти зеркала заменим упругими кранами, а здесь будут выстреливать материальные частицы... пойми, инвариант материальные частицы, импульс, если мы в часы вводим инвариантность импульса, а не скорости, то получается геометрия Галилея. Понимаешь? И я это все доказал.

В.Б.: Ну, это надо смотреть. Володь, я...

В.С.: Нет, если тебе интересно — в «Успехах физнаук»...

В.Б.: Мы же с тобой сейчас разговариваем не об одной из твоих работ, а мы разговариваем о некоем мейнстриме, в том числе, и твоём, чем занимались люди...

В.С.: Сейчас, сейчас мы вернемся к этому.

В.Б.: Ну, у нас времени осталось пятнадцать минут.

В.С.: Да, да. Ну, хорошо. Сейчас мы вернемся. Я только хочу сказать, что, занимаясь биомеханикой, неожиданно пришлось заняться и физикой. Когда я учился на физтехе и читал теорию относительности по Ландау и Лившицу в теории поля...

В.Б.: Я помню, ты тогда сказал, что Ленин ничего не понимает в физике. А теперь ты дочитался, что и Эйнштейн ничего не понимает...

В.С.: Да.

В.Б.: Тебя, значит, не зря выгнали с физтеха? Или ты сам сбежал в свое время? (Смеется.) Не любишь ты авторитеты!

В.С.: (Смеется.) Нет, ну, Эйнштейн не понимает — я могу тебе точно доказать.

В.Б.: Нет, ну, я понял, что ты...

В.С.: Да, да, да. То есть он правильно определил процедуру, но...

В.Б.: Но это одна из...

В.С.: Да, да, да. Это одна из. Да. И я на самом деле в этой статье описал много моделей. Ведь надо же еще придумать, что вместо зеркал поставить в нервной системе. Если думать, что там примерно та же кинематическая схема, зеркала же в мозг не вставишь? Значит, нейроны должны быть логически организованные нейроны, они должны решать какую-то задачу сравнения, правильно? В общем, такой алгоритм...

В.Б.: Знаешь, ты меня завел с этим вопросом насчет... на макушке рупор ставить. Не надо никакого рупора. Вот ты...

В.С.: Ультразвук, не рупор.

В.Б.: Я думаю, где-то он у нас есть там, в мозгу. И все звучит. И мы являемся этими же летучими мышами, или...

В.С.: Нет, летучие мыши в этом смысле очень интересные...

В.Б.: Вполне вероятно...

В.С.: И дельфины.

В.Б.: И дельфины. Вполне вероятно, что и у нас какой-то источник есть, надо его поискать. Но тогда это видение... это же просто другой глаз. Глазом является твой мозг, который обрабатывает эту...

В.С.: Нет, если бы он был, мы бы его уже давно нашли.

В.Б.: Это не факт. Значит, тут еще такая вещь. Вот, ты заходишь в темную комнату, и ты знаешь, какого она объема. Ты чувствуешь...

В.С.: Ну, не всегда. Бывает...

В.Б.: Как правило. Как правило.

В.С.: Нет, если ты заходишь в знакомую темную...

В.Б.: Нет, в незнакомую. Если это зал — там будет эхо.

В.С.: А, это да, да.

В.Б.: Потому что есть естественные шумы.

В.С.: Не, это да, это да.

В.Б.: Эти шумы — они спектр меняют и реверберацию.

В.С.: Нет, я с тобой согласен, согласен.

В.Б.: Поэтому вот эти вот вещи, даже безо всякого...

В.С.: По эху ты много что определяешь.

В.Б.: Даже без подсветок ты много что чувствуешь.

В.С.: Да, да, да.

В.Б.: Вот, ты зашел в маленькую кладовку тесную, там, с вешалками...

В.С.: Правильно, правильно, правильно, я с этим полностью согласен. Конечно. То есть мы всегда акустически... Для нас акустическая информация всегда значима.

В.Б.: Да, сейчас, если она становится доминирующей, то человек очень легко с ней управляется. Сейчас вот эти эксперименты — ты посмотри — там сейчас детишки с повязками на глазах бегают, и все... Вот как это делается?

В.С.: Нет, это очень интересно.

В.Б.: Безо всякого контроля...

В.С.: Надо моторику их регистрировать.

В.Б.: Нет, здесь же мозг, то, что ты говоришь.

В.С.: Нет, мы же хотим понять, как работает мозг...

В.Б.: Сначала надо понять, как работают рецепторы, за счет чего он ориентируется в пространстве.

В.С.: Это одна задача.

В.Б.: Одна — это подсветка акустическая А другая — непонятно, чем она подсвечивается, а они бегают. Довольно много слепых людей ходят без палочки. Без палочки и ходят.

В.С.: Да, да, да.

В.Б.: И живут нормально.

В.С.: Не, Вова, я же другое говорю: одно дело жить нормально, а другое дело — науку на этом месте делать.

В.Б.: Правильно, но это же феноменология, это же чудеса получаются, понимаешь?

В.С.: Да, да, конечно, конечно. Ладно, мы отвлеклись далеко уже в сторону по второй теме, которая связана была с походками, и дошли до релятивизма.

А третья тема, которую мы делали, и, к сожалению... по этой теме эксперименты были сделаны хорошие, и у меня материалы все остались. Была такая модель «железный нерв», если ты слышал про нее. Это железная проволока опускается в концентрированную азотную кислоту...

В.Б.: Я так и думал, что что-нибудь...

В.С.: Она покрывается окисной пленочкой такой, меняя цвет, черная становится. И если ее повредить, эту пленочку, то по ней бежит волна. Модель Лилли называется, модель нерва, так сказать. Железная модель нерва. Она была открыта в начале века. Лилли, такой, английский физик это все сделал. У нас

к ней проявляли интерес электрофизики, электрохимии из института вот этого самого. Тоже чего-то там они пробовали делать. Но я тогда, когда модели синцитиев считал, я вдруг сообразил, что модель Лилли — это инвертированная модель аксона. Когда мы аксон считаем, мы считаем, что конечное сопротивление имеет аксоплазма внутренняя, проводник аксона, а внешняя среда — почти идеальный проводник. То есть определенное вот это замыкание. А что там наоборот: среда большое сопротивление имеет, а проволока металлическая нулевое сопротивление имеет.

” И я понял, что если взять и вот так вот проволоку намотать, сеточку на это, то она превратится как бы в сердечную скань. То есть там, где они близко друг к другу подходят, там как будто есть контакт.

И мы сделали эти сеточные штуки, показали, что по ним бегают волны, в центре ее возбудить — по ней концентрические волны бегают. Но я еще другую вещь делал. Я взял булавки стальные, накопил их много, в кислоте их вот так вот... главное, чтоб они вдоль были ориентированы. И они у меня лежали в течение часа — двух. И если я прикладываю... ну, можно электрически стимулировать, электроды поставить. А можно... лучше механически не трогать, поскольку здесь они начинают двигаться, то по ним тоже бежит волна.

” А когда булавки лежат, у них контакт уже плотный есть, здесь пленочка разрушается, у них действительно образуется контакт. То есть из проволок можно смоделировать сердце таким образом.

И когда снимался для биофизики кинофильм этот самый, на студии «Центрнаучфильм», они меня позвали, я им сделал такой демонстрационный эксперимент. И это получилось. Вполне красивая волна получилась из этих, булавочных иголок, (усмехаясь) среды.

Сейчас эта тема становится очень актуальной. Потому что сейчас придумана так называемая бидоменная модель сердца. А она утверждает, что проводимость наружной среды... Это вокруг модели фибрилляции. Сердечной фибрилляции. Когда она возникает, как ее дефибриллировать, эту волну. Оказалось, что, если учитывать конечную проводимость межклеточного пространства, то там по-другому волны возникают. Там по-другому сама инициация этой автоволны, этой спиральной волны, которая там возникает, — она по-другому происходит. И сейчас я буду возвращаться к этим задачам, попробовать те, поскольку зная эти результаты... В общем, это уже отдельная математика, это уже относится к моей, так сказать, диссертации.

В.Б.: Ты уже рассказал столько... Ты когда диссертацию-то защитил?

В.С.: Вот, вот.

В.Б.: Забыл.

В.С.: До диссертации мы сейчас дойдем.

В.Б.: Так уже диссертацию пора давно защитить было. Ты уже... тут на три докторских.

В.С.: Там было обнаружено различие между электрофизиологическими данными, положенными для аксона, для одномерной структуры, и для сердечной ткани. И это Челохян с Ковалевым — они на это обратили внимание, и надо было создать объясняющую модель. В общем, когда я создал эту модель, оказалось, что размерностью все объясняется. А потом я сообразил, что если мы оставим клетки с теми же самыми локально возбудимыми свойствами, но контакты сделаем синаптическими, то есть через медиатор... То есть клетки электрически изолированы всегда, есть медиатор, который их связывает, то получается другая математика, описание. То есть там, когда я работал с сердечной тканью,

я пользовался дифференциальными уравнениями, а здесь, когда я перехожу к моделям типа мозга, я должен писать интегральные уравнения. И я начал писать эту общую теорию. Эта теория Гельфанду очень понравилась, и я тогда написал вот такой том... Он тут у меня до сих пор лежит, и принес его, говорю: «Я хочу защищать». И была объявлена защита, на физтехе, в 72-м году. Единственное, что не понравилось Гельфанду, — здесь я некоторое нарушение совершил, я не посоветовался с ним, какую специальность выбрать. А на физтехе была только «техническая кибернетика». Потому что биофизика еще это самое... И я написал на автореферате... уже вышел автореферат, две недели оставалось до защиты, мне позвонил Гельфанд и говорит: «Володя, снимай с защиты диссертацию, „техническая кибернетика“ — тебя завалят в ВАКе, потому что там Яблонский, он мой конкурент, он тебя не пропустит» и так далее. Я первую свою защиту снял с 72-го года. И тогда встал вопрос: что делать? И Гельфанд сказал: «Возьми из этого талмуда... это же у тебя докторская. Что ты хочешь? Докторскую защищать в качестве кандидатской. Возьми вот эту вот главу, про эти волны, и защити ее». Ну, так я и сделал. И в 75-м году я защитил кандидатскую по биофизике, по специальности «биофизика», уже про эту модель «проводящее сердце». А потом этот материал сохранился и я в 80-м году уже книжку опубликовал, где все это вошло... вся эта докторская диссертация. И по ней стал готовить докторскую диссертацию. Но там получилась такая история, что я немножко опоздал с защитой, а совет был закрыт на переаттестацию. И у меня возникла пауза в три года. Я за эти три года написал новую диссертацию. (Смеясь.)

В.Б.: Ну, у тебя все не как у людей. (Смеясь.)

В.С.: Ну, так получилось. То есть книжка осталась книжкой...