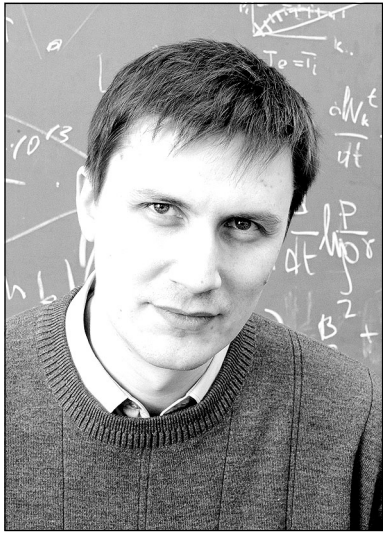


## НА ПЕРЕДНЕМ КРАЕ НАУКИ



# Пространство плазмы

Интервью с доктором физико-математических наук И.В. Тимофеевым

рая актуальна как для термоядерных исследований, так и для задач генерации высокочастотного электромагнитного излучения.

К моменту, когда я занялся этой задачей, её история уже насчитывала несколько десятилетий. На её решение в своё время были брошены лучшие умы, и, казалось, всё, о чём только можно сказать в теории, уже сказано. Однако, на мой взгляд, в этой задаче не было сделано главного — ни одна теоретическая модель не была доведена до состояния, при котором стало бы возможным количественное сравнение с реальным экспериментом. Попытки описать конкретные эксперименты на установке ГОЛ-3 на основе существующих теоретических подходов терпели неудачи до тех пор, пока не появилась новая идея разделить сложную самосогласованную задачу об эволюции спектра частиц пучка и спектра плазменной турбулентности на две независимые части.

Эта идея была привнесена в задачу моим учителем К.В. Лотовым из смежной области кильватерного ускорения, для которого характерен режим взаимодействия пучка с регулярной плазменной волной. Позднее с помощью численного моделирования мне удалось показать, что такой режим, при котором взаимодействие пучка с резонансными волнами является регулярным, а в нерезонансной части спектра имеется развитая турбулентность, действительно существует. Для такого режима удалось сформулировать упрощённую теоретическую модель релаксации пучка и объяснить результаты сразу нескольких экспериментов на различных установках.

Глобальная же цель как теоретических, так и экспериментальных исследований нагрева и удержания плазмы в открытых ловушках состоит в реализации собственной термоядерной программы, итогом которой должна стать экспериментальная демонстрация возможности построения реактора на основе открытых магнитных систем. Это направление в решении проблемы УТС было предложено академиком Г.И. Будкером и до сих пор активно развивается в нашем институте. Непрерывный прогресс в этих исследованиях и накопленный опыт позволяют сегодня ставить задачу построения открытой ловушки следующего поколения, в которой планируется достичь околореакторных параметров плазмы.

— Когда я только начинал свою журналистскую работу, а вас ещё не было (это где-то конец 70-х годов прошлого века), один из представителей вашего института на публичной лекции для руководства города и области уверенно говорил о том, что термоядерная энергия — дело ближайшего будущего. Что-нибудь изменилось с тех пор?

— Думаю, что сегодня эта перспектива несколько отдалилась. Интенсивность дорогостоящих научных исследований в определённом направлении зависит от их востребованности — нужно, чтобы это действительно было кому-нибудь нужно. Об этом говорил ещё академик Л.А. Арцимович. А пока достаточно количество и доступность углеводородов, если так можно выразиться, сдерживают этот процесс.

— Но ведь уже существует международный проект ITER?

— И, тем не менее, работы на нём могли бы быть интенсивнее.

— Почему вы стали именно теоретиком, а не экспериментатором?

— Даже не знаю, как ответить на этот вопрос. Меня с самого начала, с первого курса НГУ больше привлекала теория. Мне нравилось, что она позволяет многочисленным знаниям о различных явлениях и эффектах уложить в некую стройную систему и максимально коротко всё

это описать на языке математики. Вообще, мне кажется, что люди делятся на два типа: на тех, кто склонен усложнять, и тех, кто склонен упрощать. Первые становятся экспериментаторами и находят удовольствие в поиске эффектов, которые не укладываются в существующие теории, а вторые становятся теоретиками и пытаются для вновь открытых явлений сформулировать пусть и более общую, но единую теорию.

— Вы не порвали связь с университетом?

— Сейчас я временно не преподаю из-за рождения второго сына, но до недавнего времени читал лекции и проводил семинары на физическом факультете НГУ по физике сплошных сред и физике плазмы. Кроме того, дипломную практику у меня проходит магистрант НГУ.

— Объясните, пожалуйста, откуда эта тяга учёных к преподавательской деятельности, ведь платят за это не очень много?

— Я считаю, что преподавание — это неотъемлемая часть работы теоретика. С одной стороны, оно позволяет самому на новом уровне переосмыслить те методы и подходы, которые существуют вне области твоей прямой компетенции. А с другой стороны, это способ поиска учеников, которые впоследствии смогут заняться интересующими тебя задачами, привнося в них что-то новое. Работать в компании всегда гораздо интереснее и эффективнее.

— Расскажите, пожалуйста, немного о себе: откуда вы, что за семья, где учились?

— Родился в Кузбассе, в небольшом шахтёрском городке Осинники. В семье все так или иначе связаны с угольной промышленностью. Отец — горноспасатель, мама работала инженером химической лаборатории в той же горноспасательной части. Деды тоже были горноспасателями и шахтёрами.

— А почему вдруг у вас прорезался интерес к науке?

— Я думаю, что сначала появился интерес к самому процессу познания, который мне привила бабушка, всю свою жизнь посвятившая преподаванию в школе. Сначала я научился хорошо учиться, а потом понял, что удовлетворением собственного любопытства можно заниматься профессионально. Немаловажную роль в выборе вуза и профессии, по видимому, сыграл ещё и тот факт, что мне не удалось поступить в НГУ на стадии репетиционных экзаменов, которые существенно отличались своей неординарностью от экзаменов в другие вузы. Я по какой-то причине всегда выбирал для себя максимально трудный путь, и этот случай не стал исключением. Я посчитал, что должен взять эту планку. Так и оказался в Академгородке.

— И какое самое сильное впечатление на вас произвёл НГУ?

— Уровень преподавания и спрос. Я понял, что не ошибся. И когда на третьем курсе появился Константин Владимирович Лотов, то я практически сразу решил взять его в научные руководители. Он не сопротивлялся.

— Судя по всему, вы не очень-то рано женились. Некогда было?

— Можно сказать и так. Но главное ведь не в этом: не так-то просто встретить человека, с которым готов разделить всю жизнь.

— Интересно, ваша супруга Мария понимает, чем вы тут занимаетесь?

— Думаю, в общих чертах, как и любой образованный человек.

— А чем она сама занимается?

— Сейчас пока дома со вторым маленьким сыном, но вообще-то она кандидат педагогических наук и преподаёт в педуниверситете.

— Без собственного жилья долго пришлось маяться?

— Нет, институт строил жильё на проспекте Коптюга, по цепочке происходило улучшение жилищных условий у молодых сотрудников, и мне досталась квартира по льготной цене на Шлюзе. Родители помогли, конечно. И относительно недавно удалось расширить жилплощадь.

— На досуг тоже времени нет?

— Пока нет. Но сыновья же когда-нибудь вырастут!

— Если бы не наука, то чем бы вы занимались?

— Это уже невозможно себе представить.

— Собственно над диссертацией долго пришлось работать?

— Неделю или две. Она сложилась как бы сама собой из уже опубликованных статей. Даже с английского переводить не пришлось, поскольку я уже давно пишу статьи сначала на русском, зная, что они понадобятся для многочисленных отчётов или заявок. Собрать публикации, написать введение и сделать выводы — не такая уж сложная задача.

— С английским нет проблем?

— Его знания углубляются по мере того, как читаешь статьи. Сейчас всё на английском.

— Если говорить о распорядке, на что уходит большая часть вашего рабочего времени?

— Это невероятно и очень обидно, но более половины времени приходится тратить на написание заявок на гранты и потом отчёты по ним. И так — месяцами. Поневоле станешь критически относиться к системе организации нашей науки.

— А если не писать эти заявки?

— Тогда не на что будет жить.

— То есть физик высокой квалификации должен обязательно тратить большую часть времени на оформление всевозможных бумаг?

— Если хочешь жить и заниматься наукой. Увы, так сложилось, что в нашей стране одно неотделимо от другого.

— Всем известен Сальери, который якобы отравил Моцарта. А встречается ли в научной среде такое понятие как жёлтая зависть? Мне довелось быть в Москве на прошлой конференции научных работников, посвящённой реформе РАН, и я не слышал ни одного выступления, в котором бы шла речь о так называемых привилегиях некоторых известных учёных, или учёных при должностях, хотя некоторые центральные телеканалы упорно муссировали эту тему.

— Мне тоже не довелось этого видеть.

Думаю, что тот, кто заказывал подобные сюжеты, исходил из собственного понимания, ощущения социальной справедливости. Если в научной среде и есть неравенство, в том числе и материальное, то оно, во-первых, объяснимое и законное, а во-вторых, куда академику до госчиновника!

— Как вы восприняли закон о реформе РАН?

— Отрицательно. Во-первых, он никак не был подготовлен, что особенно понятно сейчас. Совершенствовать структуру управления наукой должны сами учёные. И в душе остался горький след от демагогии «реформаторов»: затраты на науку, которые якобы неспособавимы с результатами, отдача, публикации и т.д.

— Но ведь действительно накопилось много косного?

— Насколько я понимаю, это копилось десятилетиями, когда наука просто боролась за выживание. Относительно нормальной жизнью учёные стали жить всего несколько лет. Не реформы испугали и даже оттолкнули какую-то часть учёных, а то, как они у нас проводятся. Унизительная бесплодность.

Алексей Надточий, «НВС»  
Фото В. Новикова

(Окончание. Начало на стр. 1)

— Игорь, разрешите, я так буду к вам обращаться...

— Разумеется.

— ...Так как называется тема вашей диссертации?

— «Процессы возбуждения мелкомасштабной турбулентности и электромагнитной эмиссии в замагниченной плазме с электронным пучком».

— Допустим, понятно физику. А как это возможно перевести на общедоступный язык?

— Работа посвящена изучению различных физических процессов, протекающих в турбулентной плазме под действием электронного пучка. Если в равновесную плазму инжектируется электронный пучок, то различные плазменные колебания, существующие на уровне тепловых шумов, оказываются неустойчивыми и нарастают до тех пор, пока в плазме не устанавливается турбулентное состояние, при котором энергия пучка непрерывно переходит сначала в энергию колебаний, а потом и в кинетическую энергию частиц плазмы. Этот механизм лежит в основе так называемого турбулентного нагрева плазмы, который используется в экспериментах на гофрированной открытой ловушке ГОЛ-3 в ИЯФ СО РАН.

Поскольку эти исследования в первую очередь нацелены на достижение условий термоядерного зажигания плазмы, важно понять природу протекающих в плазме турбулентных процессов, которые определяют не только эффективность её нагрева, но и эффективность подавления электронной теплопроводности — основного канала потерь энергии из ловушки.

Своеобразным показателем того, насколько сильно в плазме возбуждена турбулентность, может выступать электромагнитное излучение плазмы вблизи гармоник плазменной частоты. Однако радиометрия плазмы на этих частотах может стать эффективным инструментом диагностики турбулентности только при достаточно глубоком теоретическом понимании происходящих в плазме процессов. На теоретическое изучение и численное моделирование всех этих явлений и была направлена моя работа, которой я занимаюсь уже около десяти лет.

Кстати говоря, задача интерпретации спектров излучения из турбулентной плазмы интересна не только для лабораторных экспериментов на открытых ловушках, но и, например, для объяснения солнечных радиовсплесков. Аналогичные явления возбуждения турбулентности и генерации электромагнитных волн под действием электронных потоков могут происходить и на гораздо более протяжённых пространственных масштабах в плазме солнечного ветра.

В данной ситуации значимость задачи подчёркивается ещё и тем, что наблюдаемое электромагнитное излучение является по сути единственным источником информации о происходящих процессах. Вообще коллективное пучково-плазменное взаимодействие представляет собой одну из наиболее фундаментальных проблем физики плазмы, кото-