

Академик Николай Геннадиевич Басов – отец лазерного термоядерного синтеза. Ученый и человек

Г.Веларде

Прежде всего я должен поблагодарить академика Крохина за приглашение написать статью для этого выпуска «Квантовой электроники». Для меня большая честь отдать дань уважения академику Басову – одному из величайших ученых прошлого столетия и моему хорошему другу.

Я познакомился с академиком Басовым двадцать лет назад, когда он приехал в Мадрид по приглашению Совета по научным исследованиям. К тому времени моя научная группа уже семь лет занималась разработкой программ для численного моделирования процессов, происходящих при инерциальном управляемом синтезе. Однако из-за возможных военных применений инерциального синтеза были введены строгие ограничения для ядерных держав, что крайне осложняло наши исследования.

По этой причине мне было очень интересно узнать мнение Басова о них, и я пригласил его посетить наш Институт ядерного синтеза. Басов согласился прийти, но только на пару часов, поскольку он уже был приглашен на ланч к советскому послу. Я рассказал ему о наших программах комплексных систем NORCLA для безразмерных вычислений в инерциальном синтезе, а Басов, в свою очередь, – о результатах, полученных на лазере «Кальмар», и о начинающихся экспериментах на новой установке «Дельфин».

Когда мы закончили беседовать, была уже ночь, и мы совсем забыли о его ланче с послом. За обедом академик Басов с гордостью рассказывал о системе образования в Советском Союзе, о высоком научном и техническом уровне его университетов, который, возможно, в то время был наивысшим в мире. Он также очень гордился своей исследовательской группой в Лебедевском физическом институте.

Когда мы заговорили о России, я вспомнил свое посещение 14 лет назад Новосибирского Академгородка и рассказал о гостеприимстве и теплом приеме, оказанном мне. И пока я говорил, Басов стал мне как-то ближе. Возможно, в разговорах с людьми он выглядел сдержанным, но это было не так. Это был человек с открытым сердцем, которому были присущи особые черты русского характера – широта души, глубина чувств, преклонение перед такими ценностями, как семья, товарищи и стоящая выше всего любовь к родной России – стране, которой он отдал все лучшее.

Перевел с англ. А.С.Семенов.

G.Velarde Institute of Nuclear Fusion, JoséGutierrez, Abascal 2, 28006 Madrid, Spain

Поступила в редакцию 1 июля 2002 г.

Два года спустя, учитывая его выдающиеся работы по решению важнейших проблем энергетики с помощью лазерного термоядерного синтеза и его очевидное стремление к научному сотрудничеству, я предложил Политехническому университету Мадрида присвоить академику Басову звание Почетного доктора. В 1984 г. он вместе с женой Ксенией приехал в Мадрид, и мы прекрасно провели время вместе. В завершение его визита мы подписали соглашение о сотрудничестве Лебедевского физического института с нашим Институтом ядерного синтеза.

Соглашение стало отправной точкой очень плодотворного сотрудничества обоих институтов. Благодаря ему в последующие годы несколько ученых из Лебедевского института – Стародуб, Розанов, Склизков, Гуськов, Шиканов, Гамалий, Исаков, Лебо, Вергунова и Демченко – работали у нас в Институте ядерного синтеза. Со своей стороны, Басов пригласил нескольких моих коллег и меня самого посетить Лебедевский и Курчатовский институты в Москве, а также институт им. Иоффе в Ленинграде и сделать там доклады. Это позволило нам проверить нашу теоретическую модель.

Результатом сотрудничества стал продолжительный и очень полезный обмен интересующими всех нас идеями. Я расскажу как анекдот, что в то время все мои коллеги начали изучать русский язык с русским преподавателем. Учеба продолжалась два года, но после тяжелых испытаний они отступили, когда поняли, что учить русский гораздо тяжелее, чем работать над проблемами инерциального синтеза.

Николай Басов родился 14 декабря 1922 г. в Усмани – маленьком городке в Липецкой области. Его отец был профессором Воронежского государственного университета. После окончания школы в 1941 г. он в течение четырех трудных лет Отечественной войны был курсантом, а затем лейтенантом медицинской службы. Эта война для него, как и для остальных советских граждан, была ужасным и драматическим испытанием, в котором его страна доказала свою храбрость и способность выжить. По существу, вся его жизнь была связана с судьбой России.

После войны, в 1948 г., Басов стал работать лаборантом в Лебедевском физическом институте. Два года спустя он окончил Московский инженерно-физический институт и уже в 1956 г. стал доктором физико-математических наук. В 1958 г. Басов был назначен заместителем директора, а в 1973 г. – директором Лебедевского физического института. В 1963 г. Басов стал руководителем Лаборатории квантовой радиофизики. Он любил свой Институт, в котором поддерживались традиции русской науки, и не расставался с ним до конца жизни.



Пионеры ЛТС – Н.Г.Басов с сотрудниками: слева О.Н.Крохин и Е.Г.Гамалий (стоит), справа В.Б.Розанов и Ю.В.Афанасьев (стоит).

Первая треть прошлого столетия была отмечена подъемом российской физики. 16 марта 1911 г. Петр Лебедев вместе со своими коллегам-физиками, такими как Умов, Лазарев и Эйхевальд, основали Московское физическое общество и первую российскую физическую школу. В Москве и в Петербурге под руководством В.Вернадского, Н.Семенова, А.Иоффе, П.Лебедева и других выдающихся ученых начало формироваться ядро будущих советских физических институтов.

В России и во всем мире высоко оценен вклад Басова в науку. Он награжден Золотой медалью Ломоносова – высшей наградой Российской Академии наук. В 1962 г. Басов был избран членом-корреспондентом, а в 1966 г. – действительным членом Академии наук СССР. Он был членом национальных академий многих стран и Почетным доктором ряда университетов. Академик Басов был председателем общества «Знание», главным редактором журнала «Природа», а также основателем и главным редактором журнала «Квантовая электроника».

В 1959 г. Басов и Прохоров получили Ленинскую премию – высшую награду Советского правительства – за открытие нового принципа генерации и усиления электромагнитного излучения квантовыми системами. В 1964 г. они вместе с американским ученым Чарльзом Таунсом были удостоены Нобелевской премии по физике за фундаментальные исследования в области квантовой электроники, которые привели к открытию мазеров и лазеров.

В 1952 г. Басов и Прохоров первыми теоретически показали возможность создания генераторов и усилителей электромагнитных волн, использующих вынужденное излучение квантовых систем с инверсной населенностью энергетических уровней. В начале 1955 г. они предложили высокоэффективный метод получения инверсной населенности, основанный на применении трех энергетических уровней, у которых время жизни промежуточного состояния больше, чем у верхнего. Год спустя Басов защитил докторскую диссертацию на тему «Молекулярный генератор», получившую признание в россий-

ском, а затем и в международном научном сообществе. Его диссертация была положительно оценена Ильей Франком – Нобелевским лауреатом по физике за 1958 г.

Басов первым в мире (1961 г.) предложил использовать в качестве активной среды лазера полупроводники, возбуждаемые несколькими различными способами, включая инжекцию через $p-n$ -переход. В настоящее время инжекционные лазерные диоды являются наиболее широко используемыми в науке и технике типами лазеров, и их производство исчисляется сотнями миллионов штук.

В последующие годы Басов и его сотрудники выполнили огромную и плодотворную работу по исследованию и созданию обширного семейства новых типов лазеров: электроионизационных, химических, фотодиссоционных (иодных) с использованием ударной волны для возбуждения активной среды и т. д.

Академик Басов был также пионером в области применения лазеров для ядерного синтеза с целью получения энергии. В марте 1962 г. Басов и Крохин в докладе на Президиуме Академии наук СССР изложили идею достижения реакции термоядерного синтеза при лазерном облучении маленького шарика. Год спустя они впервые доложили результаты своих теоретических расчетов на Третьей конференции по квантовой электронике в Париже.

Как и все великие идеи, эта тоже очень проста. Теоретические расчеты показывают, что при интенсивностях лазерного излучения порядка эксаватт на квадратный сантиметр развиваются давления до гигаатмосфер, плотности до тысяч граммов на кубический сантиметр и температуры в сотни миллионов градусов, что обеспечивает необходимые условия для эффективной термоядерной реакции.

Однако в то время энергии лазеров были столь малы, что первоначально эта идея показалась утопической. Басов рассказывал: «Эта идея рассматривалась как далекая перспектива в духе Жюль Верна, но никак не сегодняшняя проблема... Я помню, как один из наших первых

докладов, представленных на конференцию по управляемому термоядерному синтезу, не был принят Оргкомитетом конференции, поскольку рассматриваемый нами вопрос не относился к тематике конференции».

Несмотря на скептическое отношение научной общности, несколько ученых стали энтузиастами этого направления в термоядерном синтезе: Теллер и Наколс из Лоуренсовской Ливерморской национальной лаборатории, Яманака из Осацкого университета, Дотрэ из Лимей-Валантона, Карузо из Фраскати и др. В 1968 г. в Лебедевском физическом институте были получены первые термоядерные нейтроны при облучении неодимовым лазером плоской мишени из дейтерида лития.

Но стали возникать и проблемы. Поскольку поперечное сечение поглощения обратнотормозного излучения уменьшается с ростом температуры плазмы, казалось сомнительным, что лазерное излучение будет эффективно поглощаться лазерной плазмой. К счастью, эти пессимистические прогнозы оказались ошибочными, поскольку в расчетах не учитывался нелинейный характер взаимодействия лазерного излучения с плазмой. Роберт Дотрэ в Лимейе, ученые в Лебедевском институте и позже Яманака в Осацком университете однозначно продемонстрировали наличие этого нелинейного эффекта.

В 1973 г. в Лебедевском институте начались эксперименты на девятиканальной лазерной установке «Кальмар» с использованием сферических мишеней. Басов, Крохин, Склизков, Федотов и др. наблюдали выход нейтронов в D–D- и D–T-реакциях. В том же году Теллер, Наколс, Вуд и Циммерман из Лоуренсовской лаборатории предложили идею сверхсжатия вещества с помощью профилированного во времени лазерного импульса. Это была прекрасная идея, но ее осуществление вело к нестабильности при переходе от изозентронного сжатия к ударному сжатию.

В 1974 г. Басов, Гамалий, Крохин и Розанов вместе с учеными из Института прикладной математики им. Келдыша предложили альтернативный подход для низкоэнтронного сжатия высокоаспектной многослойной мишени.

В экспериментах, начатых 1982 г. в Лебедевском институте на 108-канальной лазерной установке «Дельфин», Басов, Склизков и Федотов продемонстрировали возможность стабильного сжатия оболочечных мишеней с аспектным отношением 100, достигнув плотности 8 г/см^3 . Аналогичные эксперименты, но при больших энергиях, провела группа Яманаки в Осацком университете.

Следующим шагом было преобразование лазерного излучения в рентгеновское. В Лоуренсовской лаборатории и в Осаке для этой цели использовались мишени непрямого сжатия.

Все эти годы появлялись новые, все более мощные лазеры: в Лоуренсовской лаборатории – Shiva, Novetta и Nova (1978, 1983 и 1985 гг.), в Рочестерском университете – Omega, в Осацком университете – GEKKO XII (1983 г.), в Лимейе-Валантоне – Rhexus и др. Были также разработаны новые программы для одномерного и двумерного численного моделирования процессов, происходящих при инерциальном синтезе.

В настоящее время ученые и инженеры всего мира серьезно озабочены энергетическим кризисом, который угрожает человечеству. Запасы нефти и природного газа

будут истощены к концу этого столетия, и хотя угля хватит еще на несколько сотен лет, выбросы углекислого газа и сопутствующий им парниковый эффект ограничат его использование в будущем.

Альтернативные источники энергии (солнечная, ветровая, геотермальная, биомассовая и др.) смогут обеспечить лишь малый процент от будущей потребности в энергии. Деление ядер может служить переходным источником энергии, пока мы не сможем создать и ввести в производство энергии реакторы ядерного синтеза.

Для преодоления существующего разрыва между нынешними реакторами ядерного деления и будущими реакторами инерциального синтеза предложено использовать два типа гибридных реакторов. Оба они используют субкритический реактор деления с мощным нейтронным источником, позволяющим всей системе работать в стационарном режиме. Субкритичность реактора обеспечивает безопасность в любых аварийных ситуациях. Басов, всегда интересовавшийся проблемами энергетики, предложил гибридный реактор деление-синтез, нейтронным источником которого служила реакция лазерного термоядерного синтеза. Это позволило бы снизить требования к мощности лазера примерно в 20 раз по сравнению с чистолазерным термоядерным реактором. В гибридном реакторе другого типа, предложенном Карло Руббиа, источником нейтронов являются частицы, получаемые при соударениях протонов со свинцовой мишенью. Для осуществления обоих проектов требуется международное сотрудничество. Однако в настоящее время предпочитают другой путь – от реакторов деления к реакторам синтеза.

В 1986 г. Басов был среди более чем двухсот ученых, подписавших Мадридский манифест, в котором мы предложили международное сотрудничество и отмену существующих ограничений на исследования по получению энергии с помощью инерциального синтеза. Он также принял активное участие в создании Общества по инерциальной термоядерной энергии, в Совет директоров которого входили, кроме него, Дотрэ, Наколс, Яманака, Хора и я. Академик Басов, подавая пример скромности и простоты, предложил выбрать меня Председателем Совета. К сожалению, все эти добрые намерения не были осуществлены из-за негативного отношения, проявленного некоторыми ядерными державами.

Последний раз мы встречались с академиком Басовым в конце девяностых годов, и тогда я понял, насколько серьезно он был озабочен проблемами перехода России к рыночной экономике. Он знал, что это очень болезненный процесс для общества, и опасался, что экономические трудности могут прямо повлиять на научные центры страны и, в частности, на его любимый Лебедевский институт. Академик Николай Басов скончался 1 июля 2001 г. Мы потеряли великого друга, великого русского, великого ученого, великого человека.

Басов Н.Г. *УФН*, **148**, № 2, 313 (1986).

Басов Н.Г. *Квантовая электроника*, **20**, № 3, 305 (1993). *Природа* (2001).

Крохин О. Н. Частное сообщение.

Басов Н.Г., Субботин В.И., Феоктистов Л.П. *Вестник РАН*, **63**, 10 (1993).

Александрова И.В., Басов Н.Г., Васин В.Л. и др. *Квантовая электроника*, **10**, № 8, 1677 (1983).