

## ОТ «СИРИУСА» ДО МАРСА

*Сфера научных интересов Г. Димова расширилась до космических масштабов, точнее — до плазменных двигателей для космических межпланетных перелетов. 27 декабря Геннадию Ивановичу Димову, известному физику-экспериментатору, члену-корреспонденту РАН, заведующему лабораторией Института ядерной физики Сибирского отделения Российской академии наук, исполняется семьдесят лет.*

В ияфовском хозяйстве, среди закольцованных институтских корпусов, «как бы отдельно находится специальное здание, которое физики называют незамысловато — ДОЛ», а если расшифровать — Длинные Открытые Ловушки, установки, предназначенные для исследований по управляемому термоядерному синтезу.

...В огромный защищенный зал, где расположена плазменная ловушка АМБАП-М, детище физика Димова, можно войти через узкую калитку в стене метровой толщины. В глаза бросается надпись: «Магнитное поле! Осторожно, сейчас на установке АМБАЛ-М ведется эксперимент по нагреву плазмы, и близко — к ней лучше не подходить».



Название АМБАЛ обязано аббревиатуре трех слов: АМБиполярная Адиабатическая Ловушка. В настоящее время работы ведутся на концевом пробкотроне. Длина установки 12 метров, диаметр вакуумной камеры — 3 метра. Основные задачи — получение горячей плотной плазмы, изучение амбиполярного удержания и устойчивости плазмы.

Внимание, на АМБАЛе выстрел, — неожиданно и отчетливо прозвучало из висящего динамика. Эта фраза еще несколько раз возвращалась к нам эхом. «Выстрел» совсем не опасный, ведь физики пока работают на водороде и «страшных» нейтронов нет. Несколько секунд тишины — и жуткий грохот. Все нормально: это выстрел. В зале только дежурный, остальные в пультовой.

Выходим через узкую калитку, поднимаемся по лестнице вверх и попадаем в пультовую. Кто-то быстро стучит по клавиатуре и поглядывает на светящийся экран монитора, кто-то читает. Опять слышится: «Внимание, на АМБАЛе выстрел», правда уже без последующего грохота. Хорошо поставленный голос принадлежит молодому человеку, недавнему выпускнику университета.

— Как пучки?

— Два, один пробился.

— Диамagnetизм такой же?

— Да... вроде, немного поменьше, сейчас посмотрю.

— А зонд—то вытащили, или все еще торчит в центре?

Экспериментаторы заняты своим привычным делом, но и в такие моменты можно с ними пообщаться на рабочем месте или за овальным столом.

Сотрудники лаборатории Димова, попеременно сменяя друг друга и продолжая свою работу, охотно обсуждали предстоящее юбилейное событие и рассказали много интересного о Геннадии Ивановиче и его установке. Более всего запомнились два высказывания. В. Давыденко подчеркнул, что только благодаря исключительной настойчивости и титаническим усилиям Геннадия Ивановича установку, которая имела несчастье попасть под горбачевскую перестройку, удалось достроить и запустить первую очередь. А В. Соколов отметил его неистощимый энтузиазм и фантастическую работоспособность.

— В этом году сфера научных интересов Геннадия Ивановича расширилась до космических масштабов, точнее — до плазменных двигателей для космических межпланетных перелетов. Американский астронавт и физик-плазмист Ф.Р. Чанг-Диаз, участвующий в проектировании космического корабля, на котором сам собирается лететь в начале следующего века на Марс, обратился к Димову как к эксперту по открытым ловушкам и ионным источникам с просьбой провести жесткую рецензию проекта плазменного ракетного двигателя на основе открытой магнитной ловушки-пробкотрона. И Геннадий Иванович прямо загорелся этой идеей.

**После непродолжительной экскурсии теперь уже за известным “круглым столом” задаем вопросы известным ученым.**

**Первый вопрос доктору физико-математических наук Г. Тумайкину.**

— Герман Михайлович, вы работали с Геннадием Ивановичем еще в Томске. О томском периоде научной деятельности Геннадия Ивановича мало кто знает даже в ИЯФе. Расскажите, пожалуйста, об этом. О главном, конечно.

— Да, я хорошо помню эти годы, — вспоминает Г. Тумайкин. — Я пришел в лабораторию Димова студентом в 1957 году. Лаборатория занималась разработкой синхротрона “Сириус”, крупнейшего по тем временам ускорителя, работающего и ныне. Геннадий Иванович был фактически руководителем этой темы. Вспоминаю хороший коллектив, созданный им, творческую атмосферу и уважительное отношение к нему сотрудников, несмотря на его молодость. Изобретательская деятельность Геннадия Ивановича не ограничивалась одним синхротроном. Как сейчас вижу светящийся катод предложенной им кольцевой пушки и обмотки бетатрона с продольным магнитным полем...

**Нить воспоминаний подхватывает один из учеников Геннадия Ивановича доктор физико-математических наук А. Иванов, руководитель плазменной ловушки ГДЛ.**

— Я начал свою научную работу после окончания новосибирского университета в лаборатории Геннадия Ивановича в 1975 году. В те годы происходила смена основной тематики — всюду обсуждались детали проекта амбиполярной ловушки. Атмосфера была исключительно плодотворная. Высказанная Геннадием Ивановичем идея амбиполярного удержания плазмы, как всякая красивая физическая идея, захватывала людей, давала простор фантазии. Это и есть наука.

— **Андрей Михайлович, приходилось ли вам в вашей научной работе взаимодействовать с Геннадием Ивановичем? — обращаемся к ученому секретарю ИЯФ А. Кудрявцеву, руководителю одного из плазменных подразделений.**

— Да, конечно. И должен сознаться, что за многие годы работы в институте наше взаимодействие больше напоминало одностороннее движение: мы довольно часто обращались к Геннадию Ивановичу или к сотрудникам его лаборатории за помощью при использовании разных уникальных разработок, выполненных под его руководством. Это ставшие классическими (в том смысле, что используются сейчас во многих лабораториях как произведения, утратившие авторство, т. е. "народные") миниатюрные дуговые источники плазмы, диагностические источники быстрых атомов, некоторые другие элементы "кухни" экспериментатора. Особо я хочу отметить, что все, что получаешь от Геннадия Ивановича и его команды — будь это "железки", рекомендации или физические идеи — все работает! Наверное, у них, как у большинства, гораздо больше того, что не всегда работает, но таких вещей во внешний мир они не выпускают."

**Несколько вопросов академику Э. Круглякову, заместителю директора ИЯФ.**

— **Эдуард Павлович, Вы давно знаете Геннадия Ивановича. Каковы, по вашему мнению, наиболее значительные достижения юбиляра?**

— Геннадий Иванович работает в институте с 1960 года. Как человек весьма одаренный от природы, за эти годы он сделал немало. Я хотел бы уклониться от перечисления длинного перечня его работ, остановившись лишь на трех наиболее ярких его достижениях, широко известных мировой научной общественности. Первые 15 лет работы в институте Геннадий Иванович занимался физикой ускорителей. Один из наиболее впечатляющих результатов того времени связан с получением Г. Димовым сильнооточных пучков отрицательных ионов водорода. Ему удалось создать способ формирования пучков отрицательных ионов, с помощью которого ток удалось поднять на несколько порядков величины! Этот успех натолкнул Геннадия Ивановича (совместно с Г.И. Будкером и В.П. Дудниковым) на идею метода перезарядной инъекции. Общепринятый способ захвата протонов на орбиту ускорителя связан с необходимостью кратковременного искажения магнитного поля, в результате чего протоны удается захватить в режим ускорения. Протоны в этом случае имеют значительный разброс по импульсам, да и величина тока захва-

ченных протонов оставляет желать лучшего. Если воспользоваться отрицательными ионами, ускоренными до 1—1,5 МэВ, то проблему инжекции протонов можно решить, не прибегая к искажению магнитного поля. Если пучок отрицательных ионов водорода пропустить сквозь мишень из нейтральных атомов, то отрицательные ионы можно превратить в быстрые атомы водорода (электрон отрицательного иона очень легко отрывается) с той же энергией 1—1,5 МэВ. А теперь представим себе, что образовавшийся пучок нейтральных атомов движется по касательной к орбите ускорителя. Если в точке касания создать еще одну мишень из нейтральных атомов, то налетающие быстрые атомы будут обдираться (да, да, есть такой термин: обдирка!) на медленных. Образующиеся протоны будут захватываться в ускоритель. Метод перезарядной инжекции позволил существенно поднять величину тока ускоренных протонов. Сегодня этот метод признан во всем мире. Он используется для формирования протонных пучков во всех крупных протонных ускорителях мира. Известно, что в ускорителях требуется высокий вакуум. Но ведь мы только что упоминали газовую мишень, которая должна находиться в объеме ускорителя. Противоречие было мастерски разрешено Г. Димовым. Он создал сверхзвуковую струю с большим числом Маха, то есть с малой расходимостью. Струя выполняла роль газовой мишени, практически не нарушая вакуума, а далее... просто вымораживалась.

Успех метода перезарядной инжекции стал возможен, благодаря созданию Г. Димовым сильноточных источников отрицательных ионов. В последние годы эти источники нашли новую важную область применений. На их основе сегодня создают мощные источники нейтральных атомов для нагрева плазмы в крупных термоядерных установках. Ключевыми элементами этих устройств служат источники, созданные Г. Димовым много лет назад. Совместно с Г. Сильвестровым Геннадий Иванович работает сегодня над проектом создания оригинального источника нейтронов для терапии рака. Сердцем этого прибора будет источник отрицательных ионов.

В 1954 году будущий академик и директор института Г. Будкер предложил идею удержания плазмы в соленоидальном магнитном поле с так называемыми пробками — усилением поля на торцах. Увы! Как показали последующие исследования, такая магнитная ловушка, называвшаяся у физиков пробкотроном, не очень хорошо смотрелась в качестве термоядерного реактора. Торцевые потери в ней оказались все же слишком большими. В 70—х годах Геннадий Иванович начинает серьезно задумываться, что нужно сделать, чтобы уменьшить потери. В 1976 году совместно с В. Закайдаковым и М. Кишиневским он находит блестящее решение. Нужно взять не один, а три пробкотрона, расположенных вдоль одной оси. Если в небольших концевых пробкотронах создать и поддерживать высокотемпературную плазму более высокой плотности, чем в центральном пробкотроне, то в этих условиях в концевых пробкотронах возникнет положительный (амбиполярный) потенциал, запирающий ионы центрального пробкотрона. Потери в концевых пробкотронах, конечно, будут велики, но центральный пробкотрон теперь

хорошо удерживает плазму. Поэтому, как бы ни велики были потери в концевых пробкотронах, термоядерная мощность, производимая в основном пробкотроне и пропорциональная его длине, всегда может превзойти мощность потерь за счет простого увеличения его длины. Идея амбиполярной ловушки оказалась весьма неожиданной. По этому поводу академик Д. Рютов в 1988 году написал следующее: “Появление концепции амбиполярной ловушки было одним из самых сенсационных событий в истории исследований по управляемому термоядерному синтезу: на основе очень простых (в принципе) и давно известных (по отдельности) средств было предложено такое усовершенствование схемы простого пробкотрона, которое совсем по-новому поставило вопрос о реакторных перспективах открытых ловушек”.

Увы! Не все то, что просто на бумаге, просто на самом деле. Лишь в середине 80-х годов Геннадий Иванович предложил действительно простую версию амбиполярной ловушки. В простейшей осесимметричной геометрии он нашел пути обхода грозных МГД неустойчивостей. Сегодня возглавляемый им коллектив продемонстрировал возможности подавления этих неустойчивостей экспериментально.

**— Эдуард Павлович, по слухам, идея амбиполярной ловушки независимо от группы Димова была высказана ливерморскими физиками в США. Так ли это?**

— Если говорить не о слухах, а о фактах, то дело обстояло так. Весной 1976 года практически одновременно группой Димова был выпущен препринт и опубликована статья в журнале “Физика плазмы”. В июле этого же года я вместе с Димовым участвовал в крупной Международной конференции МАГАТЭ по физике плазмы и управляемому термоядерному синтезу (Берхтесгаден, ФРГ). На этой конференции Геннадий Иванович выступил с докладом по концепции амбиполярной ловушки, который вызвал огромный интерес. От американцев в официальной программе конференции докладов на эту тему не было. Просто в дискуссии сразу после доклада Димова один из известных американских физиков заявил, что они пришли абсолютно к тем же выводам. Вот как это было без всяких слухов.

Сегодня в лаборатории Димова работает первая очередь единственной в мире осесимметричной амбиполярной ловушки АМБАЛ—М. Несмотря на чудовищные сложности нашего времени, коллектив завершает сооружение второй очереди. Хотел бы, помимо традиционных пожеланий здоровья юбиляру, пожелать ему успехов в преодолении ненаучных преград с тем, чтобы амбиполярная ловушка подарила юбиляру и его команде новые захватывающие физические результаты.

**Г. Таскаев, кандидат физико-математических наук.**

**Источник:**

Таскаев Г. От «Сириуса» до Марса // [Наука в Сибири](#). – 1997. – N 50. – С. 7.