



ИНСТИТУТ  
КОСМИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ  
РАН

# Об Алике Галееве

Академик  
Роальд  
Сагдеев

Москва  
2022

---

## Об Алике Галееве

Когда я вспоминаю те многие годы, которые мне посчастливилось провести, занимаясь совместными исследованиями, бок о бок с Альбертом Абубакировичем Галеевым, то осознаю, насколько его вклад в физику плазмы оказался значительным. И до сих пор результатами, полученными им, пользуются и в космической плазме, космической физике, и в термоядерной физике.

И вот теперь мне предстоит вернуться к первоисточкам: рассказать, каким образом и когда вошел в науку тогда совсем еще молодой человек, студент Московского энергетического института, Алик Галеев, и как в дальнейшем развивалась его научная карьера, как сложилась его судьба.

Я начну с небольшого эпизода. Где-то в конце 1950-х годов, это, наверно, был 1959-й год, я был сотрудником теоретического отдела Михаила Александровича Леонтовича<sup>1</sup> в Курчатовском институте. И так сложилась жизнь, что зарплата старшего лаборанта (в младшие научные сотрудники меня произвели чуть позже), явно требовала каких-то дополнительных заработков. С этим вопросом я пришел к Михаилу Александровичу, который был не только научным руководителем и учителем, но буквально отцом для своих сотрудников. Я спрашиваю: «Михаил Александрович, нет ли какой-нибудь возможности найти приработок на полставки, преподавая физику?» Он отвечает: «Вы знаете, Роальд, на ловца и зверь бежит — мне вчера позвонил профессор Фабрикант<sup>2</sup>...».

Фабрикант был очень известным физиком, много лет заведовал кафедрой физики Московского энергетического института. Для тех, кто не слышал этой фамилии, я могу сказать, что уже после того, как Прохоров<sup>3</sup> и Басов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Леонтович Михаил Александрович (1903 — 1981) — советский физик, академик АН СССР. Специалист в области физике плазмы, радиоплазме.

<sup>2</sup> Фабрикант Валентин Александрович (1907 — 1991) — советский физик, академик АН СССР. Лауреат Сталинской премии второй степени за разработку люминесцентных ламп.

<sup>3</sup> Прохоров Александр Михайлович (1916 — 2002) — советский и российский физик, академик РАН. Один из основоположников квантовой электроники, один из изобретателей лазерных технологий. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1964 год (совместно с Николаем Басовым и Чарльзом Таунсом) за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей на лазерно-мазерном принципе.

<sup>4</sup> Басов Николай Геннадиевич (1922 — 2001) — советский и российский физик, академик РАН. Специалист в области радиоплазмы и квантовой электроники. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1964 год (совместно с Александром Прохоровым и Чарльзом Таунсом) за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей на лазерно-мазерном принципе.

вместе с Чарльзом Таунсом<sup>5</sup> получили Нобелевскую премию за изобретение лазера, выяснилось, что, еще задолго до их работ, идею о том, что можно сделать искусственный генератор когерентного излучения, высказал именно Фабрикант. И, надо сказать, что и нобелевские лауреаты, и руководство Академии наук поддержали Фабриканта, и он подал заявку и получил свидетельство об открытии.

И вот я оказался на полставки сотрудником его кафедры. Первый год прошел очень обычно и рутинно: были семинары, я даже участвовал в ведении физического практикума, что не очень просто для физика-теоретика. И вот на второй год, это был год 1960-й, наверно, перед началом осеннего семестра я прихожу в МЭИ. Профессор Фабрикант с порога сообщает мне: «А у нас тут произошли некоторые изменения — мы вместе с академиком Котельниковым решили открыть специальность инженера-исследователя...». Многие, наверно, помнят, что основная научная деятельность Владимира Александровича Котельникова в тот период, когда он стал соавтором знаменитой теоремы отсчетов из теории информации, — теоремы Котельникова, была связана с проблемами надежной передачи сигналов. И вот в МЭИ возникла идея (это гигантский институт, муравейник, — было много разных инженерных и технических специальностей) открыть новую специальность — инженер-исследователь, и для этого после второго курса отобрать наиболее талантливых студентов, заинтересованных в такой творческой деятельности, и собрать из них группу.

Такая группа была собрана, и мне было предложено прочитать курс основ теоретической физики для этих молодых людей, студентов, которые после второго курса перешли на третий. После первой же лекции о мне подошли несколько слушателей, одним из них был Алик Галеев, вторым — Владимир Евгеньевич Захаров<sup>6</sup>. Володю Захарова я помнил еще по школьным годам — в школе в Казани я учился в одном классе, сидел, практически, за одной партой с его старшим братом, поэтому, естественно, я помнил еще школьником и Володю, который моложе примерно на шесть-восемь лет. И вот оказалось, что из всей группы в тридцать человек осталось всего двое. Несколько человек, правда, еще участвовало в семинарах, где я предлагал какие-то задачи, сначала, может быть, не очень сложные, о задачах, которые для этих молодых людей послужили дорогой уже в настоящую, теоретическую, физику.

<sup>5</sup> Таунс Чарлз Хард (1915 — 2015) — американский физик, специалист в области радиоспектроскопии, квантовой электроники и её приложениям, нелинейной оптике, радиоастрономии. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1964 год (совместно с Александром Прохоровым и Николаем Басовым) за фундаментальные работы в области квантовой электроники, которые привели к созданию генераторов и усилителей на лазерно-мазерном принципе.

<sup>6</sup> Захаров Владимир Евгеньевич (р. 01.08.1939) — российский физик-теоретик, академик РАН, поэт. Специалист в области физики плазмы, теории распространения волн в нелинейных средах, волн на воде, нелинейных уравнениях математической физики. Построил теорию распространения и взаимодействия солитонов в оптических волокнах.



Слева направо Г.И. Будкер, основатель и первый директор ИЯФ АН СССР, А.Н. Скринский, научный руководитель ИЯФ им. Г.И. Будкера в настоящее время

К концу того учебного года стало ясно, что Галеев и Захаров уже поставили себе цель стать физиками-теоретиками. И Алик даже через некоторое время начал сдавать экзамены минимума Ландау. Я думаю, что если бы не этот несчастный трагический случай с Ландау<sup>7</sup>, то Галеев, наверно, стал бы одним из его учеников. Но, увы, эта серия сдачи экзаменов прервалась.

Так сложилось, что в начале 1961-го года мои жизненные планы изменились, под влиянием Андрея Михайловича Будкера<sup>8</sup> я принял решение вместе со своей женой переехать в Академгородок, который открывал тогда новые перспективы. Я пригласил своих молодых студентов, Захарова и Галеева, и сказал им, что нам нужно попрощаться, потому что я больше не буду работать ни в Курчатовском институте, ни преподавать в МЭИ, а переезжаю в Академгородок. И внезапно они оба тоже заинтересовались этой идеей. Но Алик и Володя еще только-только начинали четвертый курс, и перспектива переезда в Академгородок требовала решить проблему

<sup>7</sup> 7 января 1962 г., по дороге из Москвы в Дубну на Дмитровском шоссе, автомобиль, в котором находился академик АН СССР и лауреат Нобелевской премии по физике Лев Давидович Ландау попал в тяжелую автокатастрофу. Усилиями научного сообщества всего мира жизнь Ландау удалось спасти, несмотря на очень серьезные травмы. Кончина 1 апреля 1968 года оборвала все надежды о возвращении ученого к научной деятельности.

<sup>8</sup> Будкер Герш Ицкович (в быту Андрей Михайлович; 1918 — 1977) — советский учёный-физик, академик АН СССР. Основатель и первый директор Института ядерной физики Сибирского отделения АН СССР.



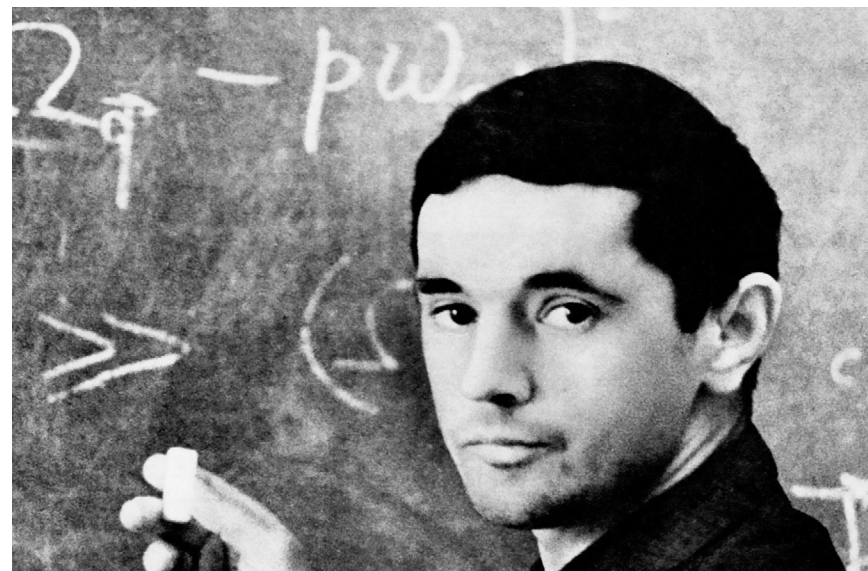
того, как им закончить учебу, как получить высшее образование. Но так удачно сложилось, что в только что созданном Новосибирском государственном университете при Академгородке согласились создать специальную группу, набранную из студентов-старшекурсников других вузов. Это была очень небольшая группа, не более десяти человек.

И вот, переехав в Академгородок, и Алик, и Володя Захаров, стали не только сотрудниками нашего Института ядерной физики у Будкера, но и студентами, которые должны были уже без отрыва от производства закончить Новосибирский университет.

Они стали его первыми выпускниками. Неудивительно, что из этой группы в десять человек почти половина через какие-то годы стали членами Сибирского отделения, а потом и полными академиками.

Но у Алика перед принятием решения о переезде в Академгородок была еще одна проблема: он очень успешно занимался в секции самбо, которую возглавлял знаменитый заслуженный тренер Советского Союза, фактически основоположник этого вида спортивной борьбы, Харлампиев<sup>9</sup>. И Харлампиев очень хотел сохранить Алика в рядах своих учеников и своей команды. К тому времени Алик уже имел титул чемпиона Москвы среди студентов в своем весе, Харлампиев ему говорил: «Если вы останетесь, то я доведу вас до чемпиона мира, чемпиона олимпийских игр». Но выбор, сделанный Аликом, был в пользу науки — он уехал из Москвы.

<sup>9</sup> Харлампиев Анатолий Аркадьевич (1906 — 1979) — исследователь боевых искусств мира и национальных видов борьбы народов СССР, один из создателей борьбы самбо. Заслуженный мастер спорта СССР, заслуженный тренер СССР.



Мне вспоминаются первые месяцы, первый год работы — в Академгородке. Возникла новая теоретическая группа физики плазмы, и мы стали со спортивным азартом соревноваться с моей старой группой, альма-матер, — отделом Леонтовича в Курчатовском институте, в которой лидерами являлись Кадомцев<sup>10</sup>, Шафранов<sup>11</sup> и Брагинский<sup>12</sup>. Это было как увлекательная игра: интересные работы приходили то из курчатовской группы, то нам удавалось их опередить.

Одной из самых интересных научных проблем периода 1961 — 1962 годов была проблема неустойчивостей плазмы, которая могла бы положить конец всем мечтам о создании управляемого термоядерного реактора с магнитным полем. Это была проблема, которую ненароком когда-то поставил Дэвид Бом<sup>13</sup>.

<sup>10</sup> Кадомцев Борис Борисович (1928 — 1998) — советский и российский физик, академик АН СССР. Специалист в области физики плазмы и проблем управляемого термоядерного синтеза.

<sup>11</sup> Шафранов Виталий Дмитриевич (1929 — 2014) — советский и российский физик, академик РАН. Специалист в области физики высокотемпературной плазмы и проблем управляемого термоядерного синтеза.

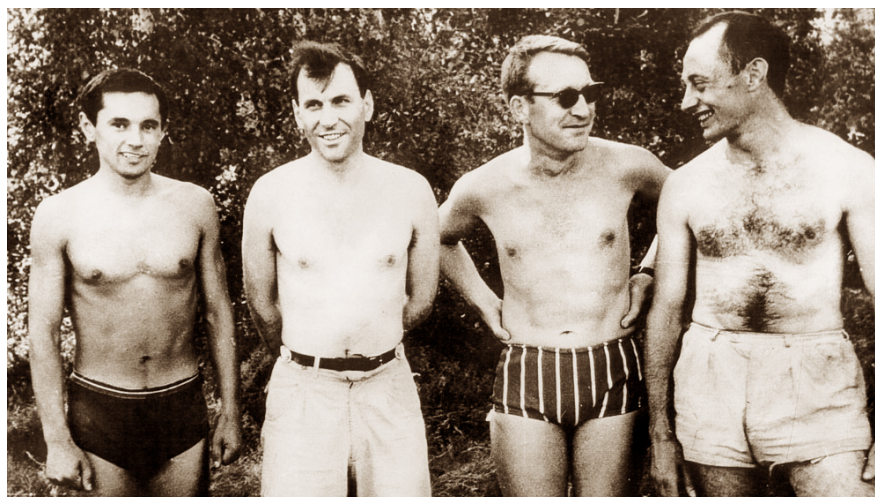
<sup>12</sup> Брагинский Сталей (Стаислав) Иосифович (р. 1926 г.) — советский физик-теоретик, геофизик. Автор теории геомагнетизма.

<sup>13</sup> Бом Дэвид Джозеф (1917 — 1992) — американский и британский физик, известный своими работами по квантовой физике, философии и нейробиологии. Член Лондонского королевского общества.

Имя Бом, наверняка, многим знакомо — очень талантливый американский физик с необычной биографией, который был вынужден уехать из Соединенных штатов из-за преследований во время маккартизма и проживший всю оставшуюся жизнь в Англии.

Как известно, в области изучения поведения плазмы электрического разряда в магнитном поле Бом сотрудничал с группой плазменных экспериментаторов раннего периода, примерно начала 1950-х годов. Он обнаружил некое явление: оказалось, что время жизни плазмы в магнитном поле, какой бы величины это поле не было, почти универсально ограничивалось неожиданной, аномально быстрой потерей плазмы поперек этого магнитного поля. Это явление вошло в историю, в физику плазмы, под названием бомовская диффузия.

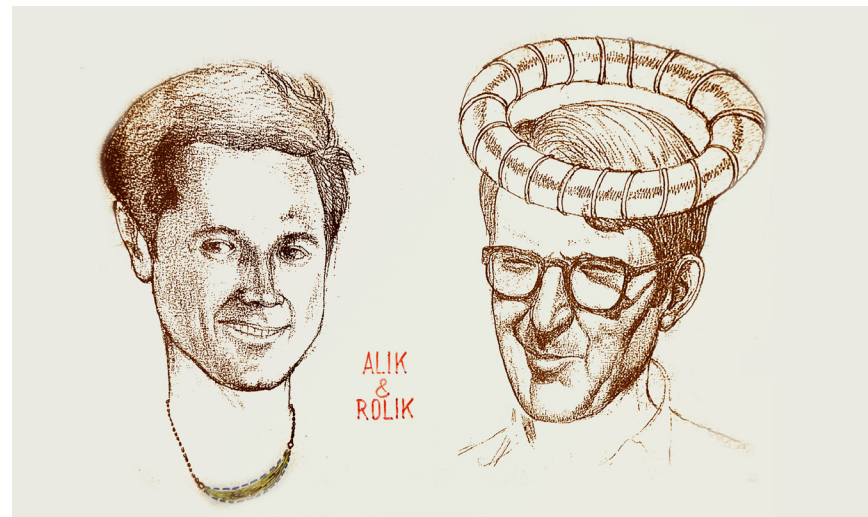
Я помню разговоры о том, что угроза бомовской диффузии для управляемого термояда — это разрушение любой магнитной ловушки, любой конфигурации. Об этой угрозе время от времени говорили и Арцимович<sup>14</sup> с Леонтовичем, об этом же говорил и Курчатov<sup>15</sup>.



А.А. Галеев, Б. Коппи, Р.З. Сагдеев, Г.Г. Манагадзе, 1967 г.

<sup>14</sup> Арцимович Лев Андреевич (1909 — 1973) — советский физик, академик АН СССР, специалист в области атомной и ядерной физики. Под его руководством впервые в СССР был разработан электромагнитный метод разделения изотопов. Был непосредственным участником советского атомного проекта.

<sup>15</sup> Курчатov Игорь Васильевич (1903 — 1960) — русский и советский физик, академик АН СССР, «отец» советской атомной бомбы. Основатель и первый директор Института атомной энергии (ныне ФГБУН «НИЦ «Курчатовский институт»). Главный научный руководитель атомной проблемы в СССР, один из основоположников использования ядерной энергии в мирных целях.



Неслучайно, что Игорь Васильевич Курчатov, создав в своем институте отделы<sup>16</sup> Арцимовича и Леонтовича, после того как Сахаров<sup>17</sup> и Тамм<sup>18</sup> предложили идею магнитного удержания плазмы в конфигурации токамака, первым делом пригласил Николая Николаевича Боголюбова<sup>19</sup> в качестве консультанта, и попросил его разобраться, насколько опасна так называемая диффузия Бом.

Фактически, моя деятельность в группе Леонтовича была связана с продолжением поисков объяснения того явления, о котором писал Бом. С переездом в Новосибирск эта работа активизировалась, и я думаю, что пер-

<sup>16</sup> В Институте атомной энергии имени И. В. Курчатова (ныне ФГБУН «НИЦ «Курчатовский институт») академик Лев Андреевич Арцимович курировал Отдел электроаппаратуры, а академик Михаил Александрович Леонтович — теоретические исследования по проблеме управляемого термоядерного синтеза.

<sup>17</sup> Сахаров Андрей Дмитриевич (1921 — 1989) — советский физик-теоретик, академик АН СССР, один из создателей первой советской водородной бомбы. Общественный деятель, диссидент и правозащитник; народный депутат СССР. Лауреат Нобелевской премии мира за 1975 год «За бесстрашную поддержку фундаментальных принципов мира между людьми и мужественную борьбу со злоупотреблением властью и любыми формами подавления человеческого достоинства».

<sup>18</sup> Тамм Игорь Евгеньевич (1895 — 1971) — советский физик-теоретик, академик АН СССР, совместно с Сахаровым занимался созданием первой советской водородной бомбы. Лауреат Нобелевской премии по физике за 1958 г. (совместно с Павлом Черенковым и Ильей Франком) за открытие и истолкование эффекта Вавилова — Черенкова.

<sup>19</sup> Боголюбов Николай Николаевич (1909 — 1992) — советский и российский математик и физик-теоретик, академик АН СССР, основатель научной школы по нелинейной механике и теоретической физике.



вый цикл работ, в которых участвовал Алик, и которые сыграли очень большую роль, — это работы по так называемой универсальной неустойчивости. Это знаменитая фундаментальная мода колебаний, которая возникает в неоднородной высокотемпературной бесстолкновительной плазме и независимо от деталей конфигурации магнитного поля, каких-то хитростей его геометрии разрушает при своем развитии магнитную конфигурацию, способную удержать термоядерную плазму.

Когда мы написали первый цикл работ, я думаю, это было уже в 1962-м году, несколько статей было опубликовано в «Журнале теоретической физики»<sup>20</sup>. После этого у нас возникла идея, что надо встретиться в спаринг-бою с нашими друзьями-конкурентами, оставшимися в Курчатовском институте. К этому времени у меня уже сложилась уверенность, что Алик вполне может взять на себя функцию такой поездки «во враждебный лагерь» с выступлением, — так и получилось. Я договорился с Леонтовичем о том, что Алик придет и сделает доклад на семинаре, где будут присутствовать и Кадомцев, и Шафранов, и Михайловский<sup>21</sup>, который тоже тогда был еще сравнительно молодым.

<sup>20</sup> Далее в тексте фигурирует как аббревиатура ЖТФ

<sup>21</sup> Михайловский Анатолий Борисович (1935 — 2014) — советский и российский физик, академик РАН. Специалист в области теории высокотемпературной магнитоактивной плазмы.



И Алик выступил. Но для того, чтобы охарактеризовать результаты этого спаринг-боя, я сошлюсь на очень интересный эпизод. На новый год я получил открытку от Михаила Александровича Леонтовича. Если кто-то помнит то время, был такой формат почтовых открыток — очень скромная темновато-желтоватая открытка без всяких рисунков. И вот я получаю по регулярной почте такую открытку. И вот что Михаил Александрович пишет про доклад Алика: «Роальд, вы поступили как пушкинский Балда, послав своего «зайца». Я вам сообщаю, что счет этого матча — 5:3 — в пользу Галеева». Ему тогда еще не исполнилось и двадцати двух лет. Кажется, это было в год, когда он должен был получить диплом Новосибирского университета. Ну и в общем и целом, он был одним из самых ярких членов нашей команды, редкой команды.

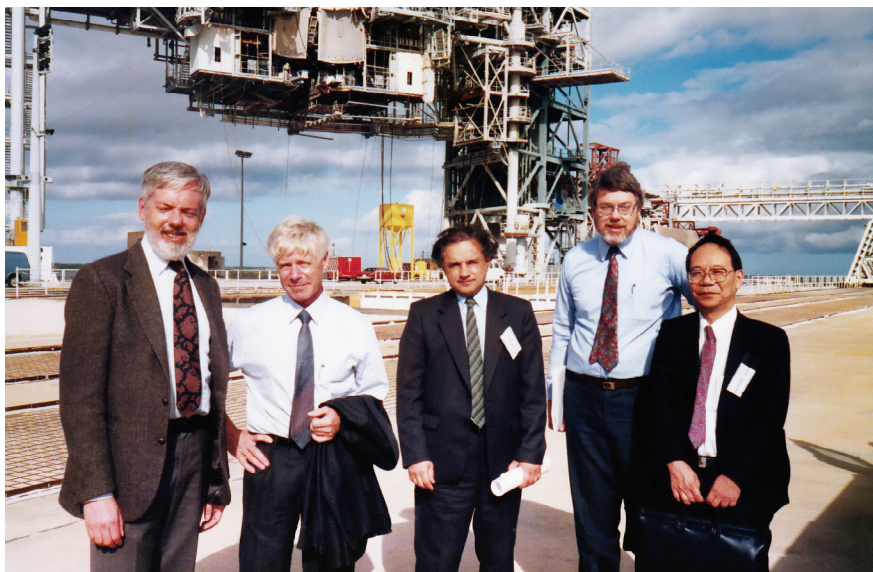
Я уже говорил, когда в Институт ядерной физики в Академгородке приезжают гости, их приводят в большую комнату, где находилась наша лаборатория и проводились семинары, то говорят, что из этой комнаты вышло пять академиков: это Галеев, Захаров, Рютов.

Рютова<sup>22</sup>, наверное, тоже многие помнят, он сейчас является одним из ведущих сотрудников Ливерморской лаборатории под Сан-Франциско,

<sup>22</sup> Рютов Дмитрий Дмитриевич (р. 1940 г.) — советский, российский и американский физик, академик РАН. Специалист в области физики плазмы и теоретической физики.

и с Галеевым почти ровесник, так же как и Володя Захаров. Все они сравнительно недавно преодолели восьмидесятилетний барьер и, вот, так теперь мы оказались географически разделены.

Алик писал и публиковал работы и с другими коллегами более старшего поколения. В серии работ участвовал Владимир Иосифович Карпман<sup>23</sup>. Карпман оказался потом одним из сотрудников Вейцмановского института в Иерусалиме. В некоторых работах он сотрудничал и с Заславским<sup>24</sup>, и с Моисеевым<sup>25</sup>. Заславский скончался около десяти лет назад в Нью-Йорке, будучи профессором Курантовского института, подразделения Нью-Йоркского университета. Вот так сложилась судьба всей нашей группы.



*Interagency Consultive group (IAG 6). Одна из последних встреч. Космодром мыс Кеннеди, 1998г.*

<sup>23</sup> Карпман Владимир Иосифович (р. 1928 г.) — советский, российский и израильский ученый, специалист в области ядерной физики. Развил наиболее общий метод получения и исследования релятивистски-инвариантных уровней, оценивающих частицы с произвольным спином.

<sup>24</sup> Заславский Георгий Моисеевич (1935 — 2008) — советский и российский физик-теоретик, доктор физико-математических наук. Специалист в области физики плазмы и теоретической физики, теорий динамических систем, динамического хаоса, дробной и аномальной кинетики и др.

<sup>25</sup> Моисеев Семен Самойлович (1929 — 2002) — российский физик, специалист в области нелинейных и турбулентных процессов, лауреат Государственной премии СССР За цикл работ «Просветление волновых барьеров в плазме».



*Встреча участников проекта «Вега» с Папой Римским, 1987 г.*

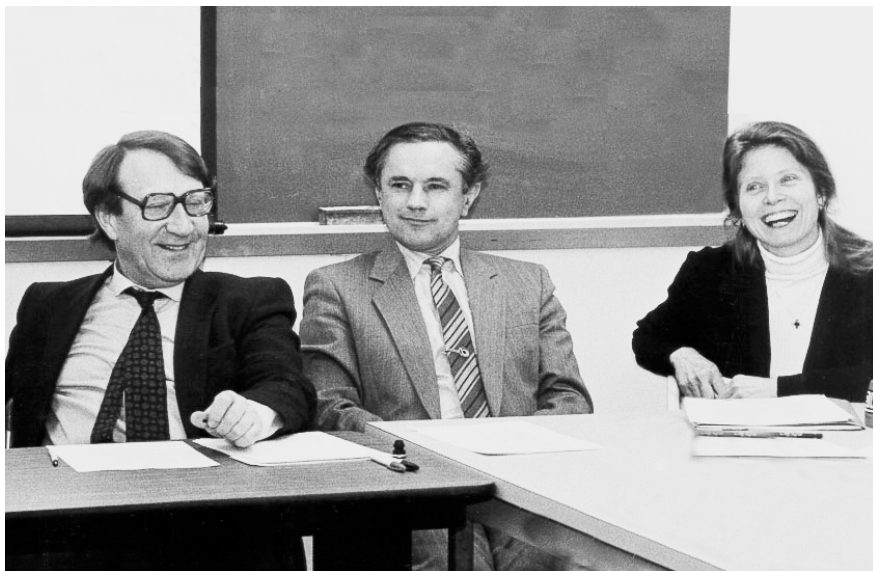
Следующий важный этап произошел буквально через три-четыре года после поездки на семинар Леонтовича. Алик уже стал своим человеком в Курчатовском институте. К нему всегда совершенно по-отечески относился Михаил Александрович Леонтович, и нам поступило предложение поехать в Триест почти на целый год, чтобы принять участие в работе международного коллектива, в котором вместе с Маршаллом Розенблютом<sup>26</sup> я должен был стать содиректором по теории. Естественно, речь шла в основном о термоядерной плазме. Поскольку Володя Захаров выбрал несколько иной путь после своих нелинейных исследований, и этот путь привел его к очень крупным результатам и в теоретической физике, и в прикладной математике, то в термояде нашим молодым лидером стал Алик, и он поехал со мной в Триест.

Первое, что мы сделали, приехав в Триест, договорились с нашими международными партнерами о разделении труда, о том, кто за что отвечает.

Коллеги заинтересовались нашими новыми результатами, которые мы получили за эти несколько лет в Академгородке во время соревнования с группой Курчатовского института по проблеме так называемой слабой турбулентности.

<sup>26</sup> Розенблюм Маршалл Николас (1927 — 2003) — американский физик, один из основоположников направления физики космической плазмы.





Работа, в которой Алик сыграл одну из лидирующих ролей, — это нелинейная физика турбулентной плазмы и наши партнеры — Розенблют, Тейлор<sup>27</sup> и другие, были крайне заинтересованы, чтобы мы смогли рассказать подробнее, как мы это делаем, какие здесь стоят проблемы. А нас интересовало то, как далеко продвинулась американская группа в изучении тороидальных систем как потенциально наиболее интересного способа удержания плазмы для управляемого термоядерного синтеза. И мы действительно смогли произвести такой обмен. И вот в какой форме он происходил.

Мы с Аликом должны были прочесть, и, в конце концов, прочитали, примерно пятнадцать лекций по слабо турбулентной теории плазмы, и очень много мы получили с той стороны, участвовали в совместных работах по теории токамаков и стеллараторов.

Только представьте себе — Алик, которому всего двадцать пять лет, выступает, читает регулярные лекции, где на первом ряду сидят такие люди как Маршалл Розенблют, который входил в пятерку тех, кто, фактически, создал американскую водородную бомбу.

<sup>27</sup> Тейлор Джон Брайан (р. 1928 г.) — британский физик, известный своим вкладом в физику плазмы и ее применение в области термоядерной энергии.

Для Маршалла это был такой психологический эффект жизни — его увлеченность управляемым термоядерным синтезом, наверное, была попыткой искупления вины за участие в водородной бомбе.

Рядом с ним сидел Брайан Тейлор, он был номер один в разработке водородной бомбы в Великобритании, но об этом мы узнали уже, конечно, позже. Там были и другие: сидел Гарольд Фюрт<sup>28</sup>, который через год или два стал директором Принстонской плазменной лаборатории, там были французы: Рене Пелла<sup>29</sup>, который уже перед концом своей жизни занял пост атомного комиссара при правительстве. Это была совершенно выдающаяся группа, и Алик стал ее настоящим любимцем.

Несколько молодых теоретиков из той группы, включая Алика, Рене Пелла и кого-то еще, вместе арендовали коттедж, и организовали там нечто вроде коммуны. И когда мы с Аликом встречались, то он рассказывал: «Boys told me so and so...<sup>30</sup>».



<sup>28</sup> Фюрт Гарольд Пол (1930 — 2002) — австрийско-американским физик, пионер в области использования термоядерного синтеза для производства электроэнергии.

<sup>29</sup> Пелла Рене (1936 — 2003) — французский физик, специалист в области физике плазмы. С 1989г. по 1992г. г. возглавлял Национальный центр научных исследований Франции (CNRS), а с 1992г. по 1995г. — Национальный центр космических исследований Франции (CNES).

<sup>30</sup> Англ. «Мальчики говорили мне то-то и то-то...»



Вручение А.А. Галееву медали фон Карна Международной Академии Астронавтики, 1995 г.

У меня было много интересных научных контактов, и до сих пор я слышу, что наша триестская плазменная группа тогда оставила очень мощный след в теории плазмы. И наши интересы и опубликованные работы выходили за пределы чистого управляемого магнитного термояда — мы занимались и другими вещами.

Атмосфера настоящего братства, *samaraderie*<sup>31</sup>, как бы сказали англичане, она просто пронизывала все вокруг, и это потом осталась на всю жизнь. Мы обменивались шуточными письмами, и иногда в ссылках в заключительной части статьи, в выражении благодарностей, мы выражали благодарность нашим американским и французским коллегам, и наоборот. Иногда мы шутили, выражая благодарность нашим научным оппонентам, в такой форме: «Встреча

прошла в откровенно братской и товарищеской атмосфере...» И использовали лексику из коммюнике встреч Хрущева, затем Брежнева с Мао Цзедунем. А иногда мы просто придумывали новые фамилии и выражали благодарности им. Так нами было придуман мистический персонаж — Иван Ануфриевич Форескин, которому объявлялась благодарность. В английском переводе друзья сразу понимали смысл нашей шутки<sup>32</sup>.

И вот все разъехались, а мы остались с Аликом на лишний месяц в Триесте, потому что из-за проблем с получением разрешения в Советском Союзе мы вначале приехали позже. И в этот месяц мы продолжили работы по тороидальным системам, которым «научились» от наших коллег, и заложили основы того, мимо чего прошли до нас классики этой области, того, что сейчас называется «неоклассическая система переноса тороидальных систем в токамаках и стеллараторах». Окончательные статьи мы публиковали, уже вернувшись в Академгородок, и одно из основных уравнений, которое мы использовали, мы назвали «кинетическое уравнение для бананов». Форма банана была очень подходящей, потому что она была близка к траектории так называемых захваченных частиц, которые в любом токамаке или стелла-

31 Англ. «Дух братства, дух товарищества»

32 Автор имеет в виду игру слов, возникающую в результате транслитерации фамилии вымышленного персонажа. В переводе с английского языка *foreskin* означает «крайняя плоть».



Вручение А.А. Галееву медали фон Карна Международной Академии Астронавтики, 1995 г.

раторе совершенно неизбежно составляют заметный процент, может быть, даже несколько десятков процентов от всей плазменной популяции. Я помню, что потом в кабинете директора ведущей международной плазменной лаборатории в Принстоне еще долгое время висел надутый пластиковый банан. А потом вместе с этим директором, Гарольдом Фюртом, при встречах на конференциях и по переписке мы вместе с Аликом Галеевым опубликовали продолжение наших первых работ и назвали его «Теория супербананов в стеллараторах».

Гуляя по Триесту с Аликом, еще в самом начале нашего полугодичного пребывания, мы увидели объявление про клуб борьбы дзю-до. Алик посмотрел на меня и спросил: «Ну что, попробовать мне зайти?». Я ответил: «Конечно, Алик, зайдите, попробуйте». ... Кончилось это тем, что он стал регулярным посетителем, для него это была форма спортивной тренировки. И потом, возвращаясь, он рассказывал, что стал быстро побеждать и получать все более и более высокий разряд пояса по дзю-до. В конце концов, он получил наивысший пояс. И сказал, что итальянцы просят его по возможности быть членом сборной Триеста в своей весовой категории в матчах против сборных команд других городов, таких как Флоренция, Венеция и так далее. И я вспоминаю, что несколько коротких поездок в Италию он совершил уже как член команды и чемпион Триеста.



*В.И. Шевченко, Н.С. Кардашев, В.Д. Шапиро, А.А. Галеев, Р.З. Сагдеев*

Иногда в свободное время мы вместе путешествовали по Италии. Я вспоминаю некоторые эпизоды, и те, кто знал Алика, согласятся, что они были абсолютно в его характере, в его жизненном стиле. Например, мы приезжаем на поезде, на электричке, в Римини. Это замечательный город на берегу Адриатического моря, восточная часть Италии, тогда мы провели там всего одну ночь. И мы с Тэмой Давидовной Франк-Каменецкой, моей первой супругой, нашли какой-то недорогой отель не очень далеко от пляжа, чтобы там переночевать. И я сказал: «Алик, давай вместе с нами, здесь же устроишься...». А он ответил: «Нет, у меня есть другое место». На следующее утро мы встретили Алика, который, как оказалось, спал под лодкой на берегу, — так он провел ночь. И эта его непритязательность, никаких требований комфорта, простота и скромность во всем, — всегда были его отличительной чертой.

Уже вернувшись в Новосибирск, когда начался наш последний перед отъездом в Москву совместный этап работы в Институте ядерной физики, и, завершая работы по неоклассической теории переноса, мы послали статью в ЖТФ.



*А.А. Галеев и Г.М. Тамкович на космодроме Байконур*

— создание обмотки, якоря, как в динамо-машине. Мы подумали, что это очень важный вклад, и он достоин того, чтобы мы увековечили наши имена в названии этого тока. И если кто-то из вас откроет это письмо в ЖТФ, которое было опубликовано, то увидит, что мы очень скромно написали индексы: ток I с индексом GS, что означает Галеев и Сагдеев. Но так сложилось, что эти индексы, к сожалению, не прижились, что мы оба считали несправедливым. Это произошло потому что за две недели до того, как вышло наше письмо в ЖТФе, в Nature появилось краткое сообщение от двух английских теоретиков — Брайана Тейлора, о котором я уже говорил, и его сотрудника, где они с меньшими деталями, потому что они не обладали техникой настоящего неоклассического расчета, заявили и подчеркнули, что появляется новый ток. И для этого дополнительного тока было предложено название «бутстрэп» — это ток самонастройки плазмы. И тогда, видимо, уже считалось, что если к индексу GS добавить еще два имени, то это все слишком усложнит. Вот так этот ток и остался под названием «бутстрэп».

До этого уже были сделаны довольно сложные теоретические расчеты, которые легли на плечи Алика. И мы пришли к выводу, что одним из дополнительных результатов неоклассической теории, вот этой вот «банановости» траекторий, является появление в токамаках совершенно нового, аномального тока, параллельного основному тороидальному току, который вместе с магнитным полем, создаваемым обмотками создает, собственно, магнитные оболочки, удерживающие плазму. И величина этого тока, как мы сразу увидели, может быть сравнима с основным тороидальным током, на который тратятся огромные электротехнические усилия



*А. А. Галеев, Р. Бонне*

У нас было всегда здоровое спортивное соревнование с группой Бориса Борисовича Кадомцева и Шафранова, — Шафранов стал продолжателем Леонтовича и возглавил отдел. Сама неоклассическая теория появления этого тока была как некоторое бельмо в глазу у наших друзей-конкурентов. И в каком-то смысле Кадомцев, уже уходя, в своем последнем обзоре, как мне кажется, от чувства неудовлетворенности, приписал это открытие нашим конкурентам — Тейлору и его соавтору. Но надо сказать, что Виталий Дмитриевич Шафранов в своих обзоре и книге восстановил справедливость. И сейчас в обзорах открытие этого тока опубликовано уже с нашими с Аликом и английскими соавторами фотографиями. И, я думаю, когда ITER<sup>33</sup> будет построен, мы узнаем, какую долю к этому току в миллион ампер, который искусственно создается с помощью системы обмоток нарастающего магнитного поля, добавит этот наш бутстрэп GS.

Затем был короткий период, когда я на какое-то время оказался Москве — я несколько раньше уехал из Академгородка, это был конец 1970-го — начало 1971-го года. Переезд Алика несколько задержался, но мы в это время решили заняться с ним совершенно другой проблемой. Усилиями Николая Георгиевича Басова в Советском Союзе и группой физиков Ливермора, в основном это были ученики

<sup>33</sup> ITER (ИТЭР; от англ. *International Thermonuclear Experimental Reactor*) — проект международного экспериментального термоядерного реактора типа токамак.

Эдварда Теллера<sup>34</sup>, на арену вышел лазерный термояд — предложение создать импульсный лазер достаточно большой мощности, чтобы инициировать импульсную термоядерную реакцию в небольшой капле, pellet<sup>35</sup>, содержащей тритий и дейтерий. Эти исследования послужили толчком для создания супербольшого лазера в Ливерморе, который существует и сейчас. И совсем недавно, может быть, два-три года назад, считалось, что очень большим, сложным пучком лазерных излучателей вот-вот удастся получить положительный, по сравнению с энергией, которая вкладывается в эту каплю, энергетический выход от термоядерной взрывной реакции.

В самом начале всей этой эпопеи, примерно в 1971-1972 годах, мы с Аликом провели разные расчеты, каким образом сильное лазерное излучение может вызвать неожиданные плазменные эффекты в плазменной оболочке этой взрывающейся капли, в ее плазменной короне, и препятствовать эффективному поглощению энергии лазера самой плазмой. Эффекты оказались очень сильные, и мы уже получили первые результаты использованием многих работ, которые были сделаны нашей группой еще в Новосибирске.



<sup>34</sup> Теллер Эдвард (1908 — 2003) — американский физик-теоретик, широко известный как «отец водородной бомбы».

<sup>35</sup> Англ. «гранула», «пеллет», «брекет».



*В.Н. Оравский, А.А. Галеев, Л.М. Зеленый, Р.А. Сюняев, в Берне на встрече IAG 6, 1998 г.*

Неожиданно меня пригласили во Францию прочесть лекцию на летней школе по космической плазме. В это время на международную конференцию в Гренобле приезжает Розенблют, мы встретились с ним, и я рассказал, что еще некоторое время буду Париже, где у меня есть небольшая квартира. Он сдал свой билет, и в этой квартире мы с ним примерно за неделю завершили начатую с Аликом рукопись. В результате вышла статья в ЖЭТФе,<sup>36</sup> авторы Галеев, Розенблют и Сагдеев, в ней фактически были предсказаны все те трудности, с которыми встретились разработчики сложной лазерной системы в Ливерморе. И, возможно, это в конечном итоге сыграло роль в том, что сейчас этот путь, может быть, временно, может быть, постоянно, считается тупиковым.

И это была история о том, как Алик так неожиданно, в таком раннем, молодом возрасте, буквально ворвался в теоретическую физику, физику плазмы, а затем уже стал одним из лидеров космической плазмы и плазменной астрофизики.

И вот 1973-й год, Келдыш фактически силой заставляет меня стать директором ИКИ, и Алик практически сразу присоединяется ко мне. Он собрал вокруг себя небольшую группу молодых людей, теоретиков по космической плазме, одним из членов которой с самого начала оказался Лева Зеленый. Вначале

<sup>36</sup> Журнал экспериментальной и теоретической физики — Один из старейших и наиболее авторитетных российских научных журналов по физике.



*Юбилей А.А. Галеева, подарок от Д.Г. Ламинадзе Международная школа по астрофизике. Боржом, Грузия, 2006 г.*

это был Гарвард. Результатом нескольких месяцев в Гарварде была серия статей по астрофизике. Один из важных результатов — основная статья, написанная им в соавторстве с атомным астрофизиком Вайаной<sup>37</sup>, к сожалению, рано ушедшим из жизни, и его учеником Рознером<sup>38</sup>. Рознер впоследствии стал крупным ученым и организатором науки, в том числе он был директором знаменитой национальной Аргоннской лаборатории около Чикаго. А в той совместной статье они предложили концепцию множества локальных вспыхивающих пересоединений магнитного поля, что и сейчас является общей картиной того, что называется в солнечной короне или солнечной хромосфере *nanoflares* — нановспышки, которые определяют и солнечную погоду, и среднюю вспыхивающую динамику. Однако в статье эту стохастическую идею локальных множественных пересоединений они обобщили на более широкий класс астрофизических объектов, включая и корону аккреционных дисков вокруг черных дыр. И этот цикл работ сейчас проходит стадию второго рождения — настолько универсальным и интересным оказался этот механизм.

<sup>37</sup> Вайана Джузеппе Сальваторе (1935 — 1991) — итальянский астрофизик, внес значительный вклад в эволюцию многих областей Солнечной и звездной астрономии. После его преждевременного ухода из жизни его именем была названа астрономической обсерваторией Палермо.

<sup>38</sup> Рознер Роберт (р. 1947 г.) — американский астрофизик, специалист в области астрофизической динамики жидкости и проблем физики плазмы. Директор-основатель Института энергетической политики Чикагского университета. С 2005 г. по 2009 г. занимал пост директора Аргоннской национальной лаборатории.

это была небольшая теоретическая лаборатория, но, в конечном счете, Алик стал руководителем всего плазменного космического направления, это был один из самых крупных отделов в ИКИ, и это была очень большая и непростая работа.

Через несколько лет мне показалось, что Алику надо как-то дать передышку, чтобы он чуть-чуть оторвался от организационной работы. Институт еще строился, создавался. И я спросил его, сможет ли он поехать в Штаты. Это была поездка примерно на полгода, она была очень важна. Мы договорились с первой остановкой —

Затем, после нескольких месяцев в Гарварде, Алик переехал в Лос-Анджелес, где была в то время одна из самых сильных теоретических плазменных групп в Америке, ее лидером был Чарльз Кеннел<sup>39</sup>, фактически ровесник Алика, они подружились еще в Триесте, и потом много лет общались на разных встречах и конференциях. Туда же приезжал Рене Пелла и работы, которые Алик инициировал, и которые были там опубликованы, еще долго будут продолжать свою научную жизнь. Эта поездка оказалась чрезвычайно плодотворной.

И вот Алик возвращается в ИКИ, начинается работа по созданию большого плазменного отдела. Для меня это было некой проблемой, потому что перед Галеевым руководителем отдела был Игорь Подгорный<sup>40</sup>, и поступало довольно много жалоб о его стиле руководства.

Но как только Алик становится руководителем, то, к сожалению, сразу же становится и объектом всевозможных нападок со стороны Подгорного. Все это, конечно, добавилось к атмосфере, в которой институту было непросто выжить — недоброжелатели были и в академической среде. И тогда появился миф, что директор при участии Галеева создает еврейско-татарскую мафию, име



Конференция в ИКИ АН

<sup>39</sup> Чарльз Кеннел (р. в 1939 г.) — американский физик, специалист в области физики плазмы. С 1994 г. по 1996 г. был заместителем главы НАСА и руководителем направления науке о Земле.

<sup>40</sup> Подгорный Игорь Максимович (1925 — 2018) — советский физик, специалист в области физики плазмы.



Юбилей А.А. Галеева — 60 лет, 2000 г.

в виду, что параллельно с отделом Иосифа Самуиловича Шкловского<sup>41</sup> создается отдел Якова Борисовича Зельдовича<sup>42</sup>, в котором работает Рашид Сюняев, и так далее, — на этом строилась вся игра.

И сейчас, через много лет возвращаясь к этому, мне даже как-то смешно вспоминать. Я помню, в 1975-м году, я был еще сравнительно молодым, меня избирали иностранным членом Общества имени Макса Планка, тогда это был эквивалент немецкой академии наук. И вот на вручении, вынимая диплом, я решил пошутить, и сказал: «Я, наверно, первый татарин — иностранный член общества имени Макса Планка...». На что Раймар Люст<sup>43</sup>, президент

<sup>41</sup> Шкловский Иосиф Самуилович (1916 — 1985) — советский физик и астроном, специалист в области теоретической астрофизики. Член-корреспондент АН СССР, основатель школы современной астрофизики — отдела радиоастрономии Государственного астрономического института им. П. К. Штернберга (ГАИШ) Московского университета и отдела астрофизики Института космических исследований АН СССР (ныне Астрокосмический центр Физического института им. П.Н. Лебедева РАН).

<sup>42</sup> Зельдович Яков Борисович (1914 — 1987) — советский физик и физикохимик, академик АН СССР. Внёс крупнейший вклад в развитие теории горения. Один из создателей атомной бомбы и водородной бомбы в СССР. В 1974 г., по приглашению автора данной книги, Я.Б. Зельдович организовал и возглавил отдел теоретической астрофизики в относительно молодом тогда ИКИ АН СССР.

<sup>43</sup> Раймар Люст (1923 — 2020) — немецкий астрофизик, в 1972—1984 гг. президент Общества Макса Планка, в 1984—1990 гг. генеральный директор Европейского космического агентства, в 1989—1999 гг. президент фонда Александра фон Гумбольдта.



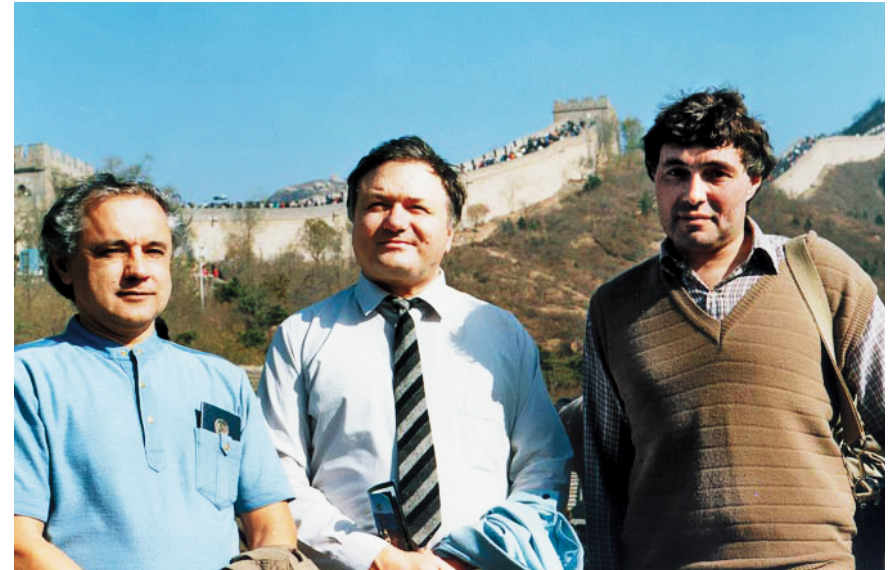
Общества Макса Планка на тот момент, известный астрофизик плазмы, мне ответил: «Нет, вы первый русский». Это к вопросу о национальной политике.

Однако, надо сказать, что сейчас, это произошло еще в начале 1990-х, еще два татарина, вернее башкиро-татарина, стали иностранными членами общества Макса Планка — Рашид Сюняев и Альберт Галеев. Но если говорить о том, в чем нас обвиняли, и если принять эту шутку за действительность, то я могу сказать, что это была просто прекрасная мафия! Какие научные результаты приходили из ИКИ, и ИКИ в то время полу-

чил настоящий международный авторитет. Однако, помимо защиты интересов института в инстанциях, моя главная трудность состояла в том, чтобы внутри нашей еврейско-татарской мафии удерживать равноправное сосуществование между двумя великими астрофизиками — Шкловским и Зельдовичем. Многие знают, что это всегда было проблемой.

В заключение я бы хотел вспомнить еще один, к сожалению, печальный, эпизод. Неоднократно в ИКИ бывал знаменитый шведский физик, нобелевский лауреат, Ханнес Альфвен<sup>44</sup>, который считался основоположником космической электродинамики, так называлась и его книга, которая была настольной и в Курчатовском институте, в термоядерном отделе.

<sup>44</sup> Альфвен Ханнес Улоф Йёста (1908 — 1995) — шведский физик, специалист в области физике плазмы. Внес большой вклад в физику плазмы, в том числе, в исследования северного сияния, радиационных поясов Ван Аллена, магнитосферы, влияния геомагнитных бурь на магнитное поле Земли и др. Лауреат Нобелевской премии по физике 1970 года за фундаментальные работы и открытия в магнитной гидродинамике и плодотворные приложения их в различных областях физики плазмы.



*Поездка в Китайскую АН, А.А. Галеев, Р.А. Сюняев, Л.М. Зеленый.*

Он приезжал в ИКИ в качестве почетного гостя, мы с ним подружились, и эта дружба продолжалась до того момента, когда по медицинским причинам Ханнес фактически вышел в сферу инкоммуникадо, и несколько последних лет жизни провел уже вне контакта даже с членами своей семьи.

Но к нам тогда он приехал еще в нормальном состоянии, и, конечно, Алик его хорошо помнил еще со времени, когда Альфвен приезжал и был гостем нашей группы в Триесте, и мы много общались. И вот однажды Альфвен привез с собой рукопись новой книги — второй части после его космической электродинамики. Мы с Аликом получили экземпляры с дарственными подписями. И перед отъездом Ханнес мне сказал: «Роальд, я надеюсь, что эта книга будет переведена и издана в Советском Союзе». Я говорю: «Конечно! Нет проблем!».

Я сразу позвонил в издательство «Наука» они тут же приняли рукопись, но при условии, что я к этой книге напишу предисловие. Я начал читать рукопись, и к ужасу своему обнаружил, что в ней Ханнес отказывается от своей концепции, которая уже стала общепринятой, и до сегодняшнего дня является общепринятой в плазме вообще. Концепция о том, что магнитное поле как бы заморожено в высо-

копроводящую и силовые линии магнитного поля движутся вместе с ней, и становятся базисом той криволинейной системой координат, в которой мы описываем поведение плазмы. И вдруг в этой новой книге он отказывается от этого и вместо этого предлагает в качестве реперной системы принять линии электрического тока. \*\*\*

Уже после отъезда Альфвена, учитывая еще и политический аспект, я поделился с Аликом своим недоумением, расстройством и тем, что не могу писать введение для такой книги. Наши отношения с Аликом были более чем просто дружественные, он был просто как член семьи. И он сказал: «Роальд, давай я напишу...». Эта книга вышла, но пользы, конечно, не принесла. Это связано с тем, что Альфвен отошел от того, во что все верили, и что являлось действительно правильной концепцией. Но кто мог знать, что, по-видимому, это уже было предвестником больших проблем.

И вот так оба этих великих человека ушли из нашего реального мира одинаковым способом.



*Награждение А.А. Галеева орденом Почета, 2002 г.*

### \*\*\* Примечание редактора

Хочу дополнить рассказ Роальда Зиннуровича короткой заметкой о забавном эпизоде, случившемся со мной во время встречи с Х. Альфвенем во время этого визита.

А.А. Галеев поручил мне рассказать нашему выдающемуся гостю о наших только что опубликованных в ЖЭТФе работах. Работы были посвящены теории тиринг — неустойчивости (разрывной неустойчивости), которая фактически представляет собой механизм спонтанного пересоединения в плазме.

Я решил, что для Х. Альфвена, автора классической книги «Космическая электродинамика», более близок будет язык «магнитных силовых линий», «пересоединения магнитных полей», которым он пользовался в этой монографии, и начал свой рассказ на этом языке. Альфвен не стал меня слушать и с позором выгнал, говоря, что никаких силовых линий в природе не существует. Я, конечно, был сильно подавлен и очень расстроен — когда еще выдастся шанс рассказать о своих работах нобелевскому лауреату.





*Встреча в Сочи с В.В. Путиным.  
Рядом с А.А. Галеевым Г.А. Месяц. Стоят академики В.Е. Фортков и Е.М. Примаков*

Галеев что-то слышал о смене подхода к описанию плазмы, которым увлекся профессор Альфвен и посоветовал сделать вторую попытку. На следующий день, переодев пиджак, чтобы профессор меня не узнал, я начал рассказывать ему то же самое, но на плазменном языке: «тиринг — неустойчивость», «дисперсионное уравнение», «инкремент», «нелинейное насыщение» и т.д.

Профессор Альфвен очень заинтересовался, разговор наш продлился часа полтора — два, и он дал мне несколько очень и очень полезных советов о применении наших результатов для солнечной короны, кометных хвостов и полярных сияний.

Случай этот оказался для меня весьма поучительным — говорить с собеседником надо на воспринимаемом им языке.