

ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ
МОРОЗ
ПОБЕДЫ И ПОРАЖЕНИЯ
РАССКАЗЫ ДРУЗЕЙ, КОЛЛЕГ, УЧЕНИКОВ И ЕГО САМОГО

52/094
Ч80

ИКИ
МОСКВА 2014

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
(ИКИ РАН)

ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ
МОРОЗ
ПОБЕДЫ И ПОРАЖЕНИЯ
РАССКАЗЫ ДРУЗЕЙ, КОЛЛЕГ, УЧЕНИКОВ И ЕГО САМОГО

МОСКВА
2014

УДК 52(024)
ББК В 60д
В19

ISBN 978-5-00015-001-6

**Василий Иванович Мороз. Победы и поражения.
Рассказы друзей, коллег, учеников и его самого**

Книга посвящена известному учёному, выдающемуся исследователю планет наземными и космическими средствами, основоположнику отечественной школы инфракрасной астрономии, профессору Василию Ивановичу Морозу, и содержит автобиографические записки Василия Ивановича «На пыльных тропинках далёких планет...» и воспоминания его коллег, друзей и учеников в России и за рубежом, проводивших с ним планетные исследования, разделявших радость побед 1970-х и 1980-х годов и горечь поражений конца века, восхищавшихся его талантом, мудростью, стойкостью и силой духа.

**Vasily Ivanovich Moroz. Victories and Defeats.
Stories Told by the Friends, Colleagues, Students and Himself**

The book is dedicated to the memory of an outstanding scientist, world class explorer of the planets by both ground-based and space based methods, a founder of Russian infrared astronomy Professor Vassily Moroz. It contains his autobiographical notes named "On the dusty paths of far-away planets..."; as well as memories of his colleagues, friends and students from Russia and other countries — those who worked with him on the planetary research and shared the joys of victories of 1970–1980th, and bitter disappointments of the end of the century. They admired his talent, knowledge, wisdom, passion for science, resilience and strength of spirit; and remember him as a teacher, a colleague, and a friend.

Составитель: *Мулярчик Т.М.*
Редактор: *Корниленко В.С.*
Обложка: *Захаров А.Н.*
Компьютерная вёрстка: *Комарова Н.Ю.*



ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ МОРОЗ (20 мая 1931 – 23 июня 2004)

Василий Иванович Мороз — широко известный учёный, выдающийся исследователь планет наземными и космическими средствами. Свою научную деятельность начал с регистрации инфракрасных спектров планет с помощью наземных наблюдений на телескопах Южной станции ГАИШ и Крымской обсерватории и получил ряд выдающихся научных результатов: обнаружил ледяной покров на поверхности спутников Юпитера, связанную воду в марсианских породах, определил давление в атмосфере Марса и содержание CO_2 в атмосфере Венеры. С 1967 года В.И. стал активным участником исследований планет космическими аппаратами и руководителем многих экспериментов на советских автоматических межпланетных станциях. В.И. Мороз получил пионерские результаты, касающиеся свойств и строения атмосфер Марса и Венеры, атмосферы кометы Галлея, состава поверхности Фобоса. Василий Иванович создал отечественную планетную школу и воспитал коллектив специалистов, которые успешно участвуют в международных космических программах.

Vassily Moroz — a widely known scientist, an outstanding explorer of the planets by both ground-based and space-based methods. He began his life in research with registering infrared planetary spectra by ground-based observations using telescopes of the Southern Station of Sternberg institute and Crimean observatory. Then he obtained stunning novel results: discovered an ice cover of the surface of Jupiter's satellites and the bound water in Martian soil, determined the pressure of Martian atmosphere and CO_2 content in the atmosphere of Venus. From 1967 Vassily Moroz became actively involved in planetary research and developed spacecraft instrumentation for the missions to Mars and Venus. He was the PI in many projects carried out from the interplanetary stations. He obtained pioneering results on properties and composition of Martian and Venusian atmospheres, atmosphere of Halley comet, and composition of the surface of Phobos. Vassily Moroz founded the Russian planetary scientific school and brought up an active community of talented scientists that successfully participate in the international programs of space research.

ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ (ВМЕСТО ПРЕДИСЛОВИЯ)

Л. М. Зеленый, директор ИКИ РАН, академик РАН

Я не сразу согласился с предложением составителя этой книги написать в качестве предисловия несколько вводных слов.

К сожалению, я почти никогда не был близок с В.И. (почему «почти», объясню в конце), но около трёх десятков лет с интересом, смешанным с восхищением, наблюдал его многостороннюю деятельность.

Вообще, в России, в отличие, например, от Франции, горизонтальные связи между научными группами малы. Общение в основном происходит вертикально: учителя — ученики- ученики учеников... Во Франции и многих других странах гораздо сильнее горизонтальные связи: профессора общаются с профессорами, аспиранты с аспирантами из других научных групп, студенты со студентами. Хотя в ИКИ поездки на картошку вносили некоторую мобильность в эту стройную горизонтально-вертикальную систему, мы с В.И., хотя сидели чуть ли не в соседних комнатах, по сути, почти не общались друг с другом. Но несколько эпизодов, связанных с ним, накрепко врезались в мою память. Надеюсь, даже такой взгляд издалека будет интересен тем, кто гораздо лучше и ближе меня знал Василия Ивановича.

Чаще всего я встречался с Василием Ивановичем на заседаниях учёных советов. Эти воспоминания, конечно, наложились друг на друга, но общая картина происходящего обычно была такова: В.И. не хотел терять ни минуты драгоценного времени на пустые разговоры, к которым, к сожалению, очень часто сводились эти заседания. Обложившись толстыми пачками бумаги, В.И. обычно что-то правил в них, писал какие-то комментарии, изредка поднимал голову, пристально глядел на выступающего сквозь толстые стёкла очков и бросал короткую ремарку или задавал какой-то вопрос, всегда по делу и в самую точку. Видно было, что, как Юлий Цезарь, В.И. мог делать сразу несколько дел. Я тоже часто скучал на заседаниях Учёного Совета и втайне завидовал ему — так откровенно заниматься своими делами в это время я всё-таки ещё стеснялся, да и, в отличие от В.И., сосредоточенно склонившегося над своими статьями, вряд ли смог бы оставаться полностью включённым, как он, в ход заседания. Вообще, ни разу за много лет не слышал ни одного слишком общего и пространныго выступления В.И. — всегда точно, кратко и абсолютно по делу.

Наверное, какое-то подсознательное чувство вело его — понимал, что количество книг и статей, которые он хочет и может написать, превышает отпущенные ему годы жизни.

Следующее яркое воспоминание — докторская защита Олега Кораблёва в 2003 году, последнем, полном году жизни Василия Ивановича. В.И. был

нескрываемо счастлив. Таким радостным и довольным я никогда ни до, ни после его не видел. Сама по себе защита проходила прекрасно, но все присутствовавшие понимали, что происходит нечто большее, чем обычная защита. В. И. наконец нашёл преемника, продолжателя своего дела (далеко не каждому крупному учёному это удаётся) и с гордостью говорил о том, что ему нравится, как работает Кораблёв — ведёт новые эксперименты, старается вникать во всё новые теории и модели, глубоко «копает» в каждой решаемой задаче и вообще Кораблёв — «это вылитый я в молодости». Кто-то не совсем ловко пошутил о несоответствии габаритно-массовых характеристик, но и тут Василий Иванович как-то ловко отшутился. Через несколько лет, когда начала формироваться новая структура управления ИКИ, Олег, с подачи В. И. стал одним из «четырёх замдиректорских слонов», на которых эта структура более-менее успешно держится до сих пор.

Рассказав о самом счастливом, на мой взгляд, дне Василия Ивановича, вспомню теперь и о самом несчастном. Это холодный и дождливый день в ноябре 1996 года — день запуска «Марса-96». Не знаю, почему — но с утра этого дня меня томило какое-то тяжёлое предчувствие. Помню, что когда мы поздним вечером садились в автобус, стоящий у здания ИКИ, чтобы ехать в ЦУП, Кристиан Бегин спросил меня о причине глубокой мрачности моей физиономии.

Не хочется снова расчёсывать воспоминания об этом дне. Я стоял рядом с Василием Ивановичем в тот момент, когда пришла весть об аварии. В отличие от «Фобоса», чья агония в 2011 году растянулась почти на два месяца, — здесь диагноз был поставлен практически сразу. Не помню официального статуса В. И. в проекте, но все знали, что Василий Иванович был и его душой, и его сердцем. Не дай Вам бог увидеть лицо человека, когда за считанные мгновения рушится дело его жизни — пусть даже не всей жизни — а только 10–15 лет, — я уверен, что Василий Иванович пережил эту трагедию болезненнее всех остальных. Трагедия усугубилась тем, что вскоре после этого потерпел аварию и американский зонд Mars Climate Orbiter с прибором В. И.

Конечно, как всегда после запуска, готовились пышные празднества, от закусок ломились столы, толпились многочисленные иностранные гости, — и я дословно помню единственные слова, сказанные Василием Ивановичем — Инне Афаткиной — распорядителю этих торжеств: «Инна, сливай воду — банкета не будет».

Уверен, что эта катастрофа сократила жизнь В. И. Он стал выглядеть каким-то более усталым и отрешённым. Наши попытки повторить МАРС-96 не удалась — Совет по космическим исследованиям РАН после долгих дебатов отдал приоритет проекту ФОБОС-ГРУНТ, который должен был совместить интересы геологов ГЕОХИ и атмосферщиков ИКИ. Но и этот проект ждал похожий конец на дне Тихого океана.

Но другая инкарнация МАРСА-96 в виде европейского проекта МАРС-ЭКСПРЕСС всё же осуществилась в 2003 году и замечательно, что Василий Иванович увидел первые результаты трёх российских приборов, взятых

европейскими друзьями на борт этого замечательного (успешно работающего до сих пор) космического аппарата. Всего несколько месяцев отвела ему судьба для этой долгожданной работы. В эти последние месяцы Василий Иванович, несмотря на подступающие болезни, даже как-то внешне преобразился — он успел подготовить к печати несколько статей, причём одну из них — про льды H_2O и CO_2 в полярных шапках — опубликовал в журнале Nature.

В 2001 году начался трагический период в жизни ИКИ — заболел наш директор Альберт Абубакирович Галеев. Не сразу, очень постепенно, понимание этого дошло до многих в Институте, стала ясна необходимость перемен и, как всегда в такие моменты, началось сильное брожение умов. Многие «внешние» академики стали присматриваться к месту директора ИКИ.

В моей судьбе решающую роль сыграл разговор, как сейчас помню, на диванчике в центре отображения с тремя главными «аксакалами» ИКИ: Ю.И. Гальпериним, В.И. Морозом и Г.Н. Застенкером, после которого я решился ступить на оказавшуюся довольно длинной и скользкой дорожку преемника Альберта Абубакировича.

Надо признать, что, по крайней мере, в то время я был довольно узким специалистом, занимался всю жизнь в основном физикой плазмы, а тут круг, как сейчас говорят, компетенций, которыми я должен был обладать, внезапно очень расширился, и Василий Иванович оказал мне в эти месяцы неоценимую помощь. Вместе мы готовили презентацию на Совете по космосу РАН о новых результатах исследований планетных атмосфер. Василий Иванович внёс туда свой любимый тезис об эпохе тёплого и влажного Марса, а я рассуждал о трагичности потери планетой магнитного поля, приводящей к эрозии её атмосферы.

В марте 2004 года в Париже состоялось заседание бюро КОСПАР, готовившее Генеральную Ассамблею, которая должна была пройти в том же Париже. Одним из вопросов было награждение главной медалью КОСПАР за научные достижения в космических исследованиях. Главным и единственным (абсолютно заслуженным) кандидатом был друг В.И. Жак Бламон (конечно, сыграло роль и то, что Ассамблея должна была пройти во Франции). Василий Иванович тоже был в числе кандидатов, но медаль всегда вручалась в единственном числе. Что-то толкнуло меня, и, хотя я присутствовал на заседании бюро на птичьих правах (стал членом бюро только через два года), я поднял шум, говоря, что надо вручить две медали за тематически близкие исследования (часто совместные), проведённые Бламоном и Морозом. Не без труда, но удалось создать прецедент, и с тех пор КОСПАР довольно часто вручает по две такие медали (в этом году на 40-й Ассамблее в Москве медали были вручены астрофизики А. Ругет и космофизику D. J. McComas).

В итоге Василий Иванович был награждён этой медалью, но не дожил до самой Ассамблеи. Олег Кораблёв принял эту медаль и от имени В.И. произнёс прекрасную ответную речь. У многих друзей Василия Ивановича на глазах были слёзы. Несколько членов Бюро потом благодарили

меня за давление на них — никто не простил бы себе, если бы замечательные достижения В.И. в исследованиях планетных атмосфер не были бы отмечены этой престижной международной наградой.

Я довольно часто вспоминаю Василия Ивановича в той позе, о которой написал вначале, — близоруко склонившимся над толстой рукописью и быстрыми движениями авторучки вносящим в неё многочисленные правки. Как и он, я уже перестал стесняться править статьи во время скучных докладов, но ещё учусь оставаться при этом в курсе происходящего на трибуне.

Прошло уже 10 лет со дня ухода Василия Ивановича. Годы эти не назовёшь лёгкими. Потеря «Фобоса-Грунта» подкосила многих в ИКИ, особенно в планетном отделе. Радует, конечно, что на многих зарубежных аппаратах, исследующих Марс, Венеру, Луну, уже по многу лет отлично работают сделанные в ИКИ российские приборы. Готовится и совместный европейско-японско-российский полёт к Меркурию.

В отделе В.И., наряду с ветеранами, всё более активную роль играют среднее и молодое поколения исследователей. Впрочем, об этих десяти годах подробно будет рассказано в статье О. Кораблёва.

Не хочется произносить громких слов, говоря о Василии Ивановиче. Он был довольно жёстким и малокомпромиссным человеком, когда дело касалось науки. Ценил каждую секунду времени, отведённого ему судьбой, создал очень сильный отдел, написал несколько замечательных книг, воспитал многих учеников, намного меньше, чем мы сейчас, тратил времени на околонучную суету — был настоящим учёным. И нам, как в известном анекдоте про маршала Рокоссовского, — что нам остаётся: остаётся завидовать этой насыщенной и ярко прожитой научной жизни.

ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ МОРОЗ И ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. П. К. ШТЕРНБЕРГА

А. М. Черепашук, директор ГАИШ МГУ, академик РАН

Василий Иванович Мороз — широко известный учёный, выдающийся исследователь планет наземными и космическими средствами. В И. Мороз родился в Москве в 1931 году, окончил механико-математический факультет МГУ по специальности астрономия в 1954 году. В 1954–1956 годах работал в Астрофизическом институте АН Казахской ССР, в 1956–1974 годах — в Государственном астрономическом институте им. П.К. Штернберга МГУ, с 1974 года — в Институте космических исследований АН СССР, был заведующим отделом «Физика планет и малых тел Солнечной системы».

С середины 50-х годов прошлого столетия В.И. Мороз начал создавать ИК-астрономию (в диапазоне 1...20 мкм), и через несколько лет в СССР появилась эта, относительно новая область наблюдательной астрофизики. Были проведены пионерские наблюдения холодных звёзд, планетарных туманностей, Крабовидной туманности и ядра нашей Галактики.

В области планетологии В.И. Мороз начал свою научную деятельность с регистрации инфракрасных спектров планет с помощью наземных наблюдений на телескопах Южной станции ГАИШ и Крымской астрофизической обсерватории и получил ряд выдающихся научных результатов: обнаружил ледяной покров на поверхности спутников Юпитера, связанную воду в марсианских породах, определил давление в атмосфере Марса и содержание CO_2 в атмосфере Венеры. С 1967 года В.И. Мороз стал активным участником исследований планет космическими аппаратами (КА) и руководителем многих экспериментов на советских автоматических межпланетных станциях «Марс-3», «Марс-5», «Венера-5–16», «Вега», «Фобос». Были получены новые результаты, касающиеся свойств и строения атмосфер Марса и Венеры, атмосферы кометы Галлея, состава поверхности Фобоса. В проекте МАРС-96 В.И. Мороз был научным руководителем, а в проекте МАРС-ЭКСПРЕСС — участником спектроскопических экспериментов ПФС, ОМЕГА и СПИКАМ, которые продолжают работать и в наши дни.

В.И. Мороз создал отечественную планетную школу и воспитал коллектив специалистов, которые успешно участвуют в международных космических программах.

В.И. Мороз опубликовал более 240 работ, многие из них в таких рейтинговых журналах, как Nature, Science, Icarus, Planetary and Space Sciences, Advances in Space Research и др. Ему принадлежат также монографии «Физика планет» (1967) и «Физика планеты Марс» (1978), он соавтор учебника «Курс общей астрономии», переведённого на многие языки (5-е изд. 1983).

Василий Иванович Мороз за свои выдающиеся заслуги был удостоен множества престижных наград и премий, в числе которых Государственная премия СССР (1985) и Орден Трудового Красного Знамени (1976). В 1999 году ему было присвоено почётное звание Заслуженного деятеля науки Российской Федерации. В 2004 году решением президиума КОСПАР ему присуждена главная премия КОСПАР. Он был действительным членом Международной академии астронавтики и почётным членом Российской академии космонавтики. В честь В.И. Мороза названы кратер на Марсе и астероид № 16036.

Долгие годы работы Василия Ивановича Мороза в ГАИШ МГУ оставили о нём добрую память как о выдающемся учёном, педагоге и прекрасном человеке. Более 25 лет В.И. Мороз преподавал в МГУ, был профессором Московского университета. У Василия Ивановича всегда хватало времени, сердца и души для каждого. Такие люди — умные, честные, отдающие науке все силы, живущие для науки — являются достоянием страны.

ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ МОРОЗ

БИОГРАФИЧЕСКАЯ СПРАВКА

ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ МОРОЗ — выдающийся учёный, широко известный исследователь планет наземными и космическими средствами, лидер отечественной инфракрасной астрономии, заслуженный деятель науки Российской Федерации, лауреат Государственной премии, доктор физико-математических наук, профессор. В.И. — автор более 240 публикаций в научных журналах, монографий «Физика планет» и «Физика планеты Марс», соавтор многократно переиздававшегося учебника «Курс общей астрономии». Десятки учёных, успешно работающих в различных астрономических институтах и обсерваториях России и за рубежом, называют его Учителем. Он создал планетную школу и воспитал коллектив специалистов мирового уровня, которые успешно участвуют в международных планетных программах. Его отличали неутомимый дух исследователя, высокий профессионализм, честность и простота.

Заслуженный деятель науки, В.И. Мороз, удостоенный многих престижных наград и премий, в их числе Государственной премии СССР и ордена Трудового Красного Знамени, был действительным членом Международной академии астронавтики и почётным членом Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского. Президиум КОСПАР присудил ему главную премию 2004 года, которую он, к сожалению, так и не смог получить.

В.И. Мороз родился 20 мая 1931 года в Москве. Его отец, Иван Павлович Мороз (1882–1970), работал в книжном издательстве, мать, Хася Абрамовна Улицкая (1893–1952), была домохозяйкой. В 1949 году В.И. окончил с золотой медалью московскую школу № 635 и поступил на физико-технический факультет Московского университета, однако в конце первого курса был переведён с физтеха на мехмат МГУ вместе с ещё несколькими студентами с «неблагополучными» анкетами. Учась на мехмате, все они выбрали механику, а В.И. — астрономическое отделение и в нём — специальность «астрофизика». Темой его студенческой работы были инфракрасные наблюдения астрономических объектов. Эту тему ему предложил заведующий кафедрой астрофизики Г.Ф. Ситник.

В 1952 году И.С. Шкловский начал читать в ГАИШ спецкурс по радиоастрономии для студентов-астрофизиков. На самом деле эти лекции были блестящим введением во всеволновую астрономию, и слушать их приходили не только студенты ГАИШ, но и многие научные сотрудники других институтов. После этих лекций многие студенты пошли в радиоастрономию, а В.И. остался верен ИК-спектрометрии. После окончания МГУ В.И. был направлен по распределению в Астрофизический институт АН Казахской ССР, на Алма-Атинскую обсерваторию, где директором был академик В.Г. Фесенков. Там произошла первая встреча В.И. с Марсом, когда

он вместе с А.В. Харитоновым проводил фотоэлектрические измерения поверхностной яркости Марса в разных областях во время Великого противостояния 1956 года. Это был первый в мире опыт фотоэлектрической фотометрии планетных дисков.

Через год В.И. вернулся в Москву и был принят в ГАИШ, в отдел радиоастрономии И.С. Шкловского. Работу в отделе, в группе «мальчиков Шкловского», он называл самым счастливым временем своей жизни. Вскоре после запуска Первого советского спутника И.С. привлёк своих молодых сотрудников к разработке инструментальных методов наблюдения ИСЗ в противовес широко распространённым тогда визуальным наблюдениям, и, когда они с этой задачей справились, С.П. Королёв предложил им оценить возможность наблюдения космических объектов на лунных расстояниях. Буквально через два дня И.С. Шкловский предложил создать облако паров натрия, выпущенных с космической ракеты. Его флуоресценцию было легко наблюдать с помощью сравнительно небольших приборов (эксперимент «Искусственная комета»). Во время полёта 2-й лунной ракеты группа молодых сотрудников И.С. ждала появления натриевой кометы на южных обсерваториях, и двоим из них — В.Ф. Есипову и В.И. Морозу — удалось сфотографировать облако на разных стадиях его расширения. После этого все они вернулись каждый к своей работе.

В 1958 году В.И. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Инфракрасная фотометрия астрономических объектов».

Василий Иванович, продолжая создавать и совершенствовать методику инфракрасных измерений, проводил наземные наблюдения на обсерваториях КраО и Южной станции ГАИШ. Со скромным по размерам 122-сантиметровым телескопом КраО, а позднее с 125-сантиметровым телескопом Южной станции ГАИШ, 250-см телескопом КраО и с изготовленными им самим спектрометрами – дифракционным спектрометром с PbS-детектором и призмным спектрометром с охлаждаемым жидким азотом германиевым детектором, В.И. провёл серию пионерских наблюдений планет в ближней ИК-области и получил уникальные данные по распределению энергии в спектрах различных астрономических объектов, включая Марс, Венеру, галилеевы спутники Юпитера, Крабовидную туманность, холодные звёзды, планетарные туманности и ядро галактики. В эти годы можно отметить ряд его выдающихся научных результатов: обнаружил ледяной покров на поверхности спутников Юпитера и связанную воду в марсианских породах, определил давление в атмосфере Марса, содержание CO_2 в атмосфере Венеры и показал, что высота облаков в атмосфере Венеры меняется с широтой.

В 1964 году В.И. защитил докторскую диссертацию на тему: «Инфракрасные спектры планет, звёзд и туманностей». По её материалам он написал монографию «Физика планет», ставшую учебником для многих планетологов в СССР и за рубежом. В 1966 году совместно с П.И. Бакулиным и Э.В. Кононовичем он написал учебник «Курс общей астрономии», переведённый на многие языки и до сих пор остающийся основным учебником для студентов университетов.

1967 год стал переломным в жизни В.И. В этом году он оказался вовлечённым в космические исследования, предложив прибор для дистанционного измерения содержания воды в атмосфере Марса (измеритель влажности — ИВ).

В начале космической эры В.И. Мороз становится активным участником исследования планет космическими аппаратами, а затем — одним из лидеров этой быстро развивающейся области науки. В течение последних 30 лет он руководил множеством экспериментов в советских планетных миссиях. В их число входили спектроскопические эксперименты на КА «Марс-3» и «Марс-5», позволившие впервые измерить содержание водяного пара и провести анализ свойств пыли в атмосфере Марса, изучить поверхность планеты и получить другие, по тем временам пионерские результаты.

В.И. Мороз играл ключевую роль в исследовании Венеры с помощью космических аппаратов. Под его руководством были проведены измерения солнечного и теплового потоков в глубоких слоях атмосферы Венеры, начиная с первых аппаратов «Венера-5–8» и заканчивая наиболее успешными экспериментами на КА «Венера-9–14». В результате этих экспериментов были впервые получены профили водяного пара и других малых составляющих атмосферы планеты, свойства аэрозоля, что позволило количественно оценить парниковый эффект на Венере. Он был научным руководителем эксперимента по инфракрасной фурье-спектрометрии на КА «Венера-15 и -16», в результате которого был получен богатый материал по структуре, составу и динамике средней атмосферы планеты.

В проекте ВЕГА В.И. Мороз участвовал почти во всех аспектах миссии, касающихся изучения Венеры и исследования кометы Галлея, но особый интерес он проявил к инфракрасной спектроскопии кометы. Он впервые обнаружил «родительские» молекулы кометы, открыл в ней CO_2 и некоторые органические молекулы, например, формальдегид. Эти открытия были признаны важнейшим результатом одного из самых успешных космических проектов.

В проекте ФОБОС В.И. Мороз выступал в роли научного координатора, отвечая за работу коллективов, проводящих спектроскопические эксперименты. Среди результатов, полученных им лично, было опровержение общепринятой гипотезы об углеродисто-хондритной природе марсианского спутника Фобоса, восстановление свойств аэрозоля, интерпретация изображений поверхности Марса и аэрозольных слоёв в тепловой ИК-области, измерение содержания водяного пара в атмосфере.

Василий Иванович играл ключевую роль в отечественном проекте МАРС-96: он был его научным руководителем и координатором. На аппарате «Марс-96» был установлен созданный под его руководством уникальный инфракрасный планетный фурье-спектрометр ПФС, предшественником которого был фурье-спектрометр на КА «Венера-15». Работа этого прибора продемонстрировала высокую эффективность метода ИК-спектрометрии в исследовании планет. Василий Иванович очень тяжело переживал потерю КА «Марс-96», так и не вышедшего

на траекторию к Марсу, а в 1998 году другим ударом для него стал крах аппарата Mars Climate Orbiter, который по глупой случайности (оператор перепутал единицы — дюймы и сантиметры) влетел в атмосферу Марса и сгорел.

В международном проекте МАРС-ЭКСПРЕСС В.И. Мороз участвовал в трёх экспериментах: фурье-спектрометр ПФС, картирующий инфракрасный спектрометр ОМЕГА и спектрометр СПИКАМ. Эти приборы до сих пор работают на КА «Марс-Экспресс».

Он был счастлив, когда стали поступать данные с КА «Марс-Экспресс». Их обработкой и интерпретацией он занимался последние полгода своей жизни. Он успел написать (с соавторами) и сдать в печать статью о первых результатах исследований Марса на КА «Марс-Экспресс» и принять участие в планировании нескольких предстоящих миссий к Венере и Марсу.

Симпозиум «Планетные атмосферы» Генеральной Ассамблеи КОСПАР-2004 (Париж, июль 2004 года) был посвящён памяти В.И. Мороза. Результаты экспериментов, выполненных по программе МАРС-ЭКСПРЕСС, пришлось докладывать уже его ученикам и коллегам. Президиум КОСПАР присудил ему главную премию 2004 года, которую он, к сожалению, так и не смог получить.

20 августа 2007 года решением Рабочей группы по номенклатуре системы планет Международного астрономического союза в честь Василия Ивановича Мороза одному из кратеров на Марсе было официально присвоено имя «Мороз». В его честь также назван астероид № 16036.

В.И. Мороза без преувеличения можно назвать Личностью и сказать, что наука потеряла одного из своих творцов, который всю жизнь посвятил именно ей. Такие люди — умные, честные, отдающие себя науке, живущие для неё — это бесценное достояние нашей страны. Они уходят, и их трудно заменить.

ВЕХИ ЖИЗНИ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В. И. МОРОЗА

- 20 мая 1931 года В. И. родился в Москве
- Отец* Иван Павлович Мороз (1872–1970)
- Мать* Хася Абрамовна Улицкая (1893–1952)
- 1939–1949 Школьные годы
- 1949 Окончил школу с золотой медалью и поступил на физико-технический факультет МГУ
- 1949, 7 сентября Арестован отец В. И., Иван Павлович Мороз, по статье 58-10/11
- 1950, осень Переведён с физтеха на мехмат МГУ
- 1950–1954 Выполнял студенческую работу на кафедре астрофизики ГАИШ: испытание принципиально новых инфракрасных приёмников излучения — сернисто-свинцовых фотоспротивлений и применение их для регистрации спектра Солнца в диапазоне 1...2,5 мкм
- 1954 Женился на однокурснице — Т. М. Мулярчик
- 1954 Окончил МГУ и направлен в Астрофизический институт АН Казахской ССР (обсерватория Каменское плато под Алма-Атой)
- 1954–1956 По указанию директора института академика В. Г. Фесенкова разрабатывал методику фотоэлектрических наблюдений астрономических объектов на 50-см рефлекторе Герца с использованием фотоумножителей как приёмников излучения; этот метод должен был прийти на смену применявшимся в институте визуальным и фотографическим наблюдениям
- 1956 Наблюдал (совместно с А. В. Харитоновым) поверхность Марса во время его Великого противостояния 1956 года
- 1957 Статья *Мороз В. И., Харитонов А. В.* Фотоэлектрическая фотометрия деталей поверхности Марса // *Астрономический журнал*. 1957. Т. 34. Вып. 6. С. 903–920.
- 1956 Переведён в Москву в отдел радиоастрономии ГАИШ на должность старшего лаборанта
- 1956–1957 Разрабатывал аппаратуру для инфракрасной фотометрии небесных тел
- 1957 Участвовал в создании методики инструментальных наблюдений искусственных спутников Земли
- 1958 Защитил кандидатскую диссертацию по теме «Инфракрасная фотометрия астрономических объектов»
- 1959, февраль Зарегистрировал на 122-см телескопе КраО поток от Крабовидной туманности в области 1...2,5 мкм
- 1959, лето Получил с помощью дифракционного спектрометра на 122-см телескопе КраО спектры Юпитера, Сатурна и Венеры в диапазоне 1...2,5 мкм

- 1959, сентябрь Сфотографировал (вместе с В. Ф. Есиповым) «натриевую комету» (станция «Луна-2»)
- 1961 Начал читать курс лекций по физике планет студентам ГАИШ
- 1963 Зарегистрировал спектр Марса в диапазоне 1,1...4,1 мкм во время его противостояния
- 1964 Статья *Мороз В. И.* Инфракрасный спектр Марса (λ 1,1...4,1 мкм) // *Астрономический журн.* 1964. Т. 41. С. 350–360
- 1964 Защитил докторскую диссертацию по теме «Инфракрасное излучение планет, звёзд и туманностей»
- 1964 Женился на Ирине Николаевне Глушневой
- 1965 Зарегистрировал ИК-спектры галилеевых спутников Юпитера в диапазоне 1,2...2,5 мкм
- 1965 Статья *Мороз В. И.* Инфракрасная спектрофотометрия Луны и галилеевых спутников Юпитера // *Астрономический журн.* 1965. Т. 42. С. 1287–1297
- 1966 Опубликовал учебник для студентов-астрономов *Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И.* Курс общей астрономии. М.: Наука, 1966 (6-е изд. — 1987). Переводы на фр., ит., исп. (изд-во «Мир»)
- 1967 Опубликовал монографию *Мороз В. И.* Физика планет. М.: Наука, 1967. 496 с. (Пер. на англ. **Moroz V. I.** Physics of planets. NASA TT F-515, document N68-21802. 1968)
- 1967 Проводил регистрацию спектров Венеры на телескопах ЗТЭ и ЗТШ
- 1971 Статья **Moroz V. I.** Height of the Venus clouds layer varies from equator to pole // *Nature.* 1971. V. 230. С. 36–37

КОСМИЧЕСКИЕ ЭКСПЕРИМЕНТЫ

- 1967 Запущен КА «Венера-4». Представил в НПО им. С. А. Лавочкина «инженерную модель» атмосферы Венеры
- 1967 Предложил прибор ИВ (измеритель влажности) для дистанционных измерений содержания воды в атмосфере Марса на планируемый к запуску на 1969 год КА по проекту МАРС-6»
- 1969–1970 Разработка и подготовка научной аппаратуры для КА по проекту МАРС-71, который закончился успешным запуском двух КА: «Марс-2» и «Марс-3»
- 1972 Принимал участие в экспериментах на КА «Венера-8»
- 1973 Работал над проектом МАРС-73, было запущено четыре КА: АО «Марс-4» и «Марс-5»; АС «Марс-6» и «Марс-7»
- 1974 Перешёл в ИКИ РАН и стал заведующим новым отделом физики планет и малых тел Солнечной системы
- 1975 Участвовал в проекте ВЕНЕРА-75 на КА «Венера-9» и «Венера-10»; получены новые панорамы поверхности Венеры
- 1976 Награждён Орденом Красного Знамени
- 1978 Опубликовал книгу *Мороз В. И.* Физика планеты Марс. М.: Наука, 1978. 351 с.
- 1982 Участвовал в экспериментах на КА «Венера-13» и «Венера-14»

- 1983 Руководил экспериментом с планетным фурье-спектрометром ФС 1/4 на КА «Венера-15» и «Венера-16»
- 1974–1984 Участвовал в разработке аппаратуры и научной программы проекта ЭОС с использованием сети VLBI, ставил два эксперимента: ИСАВ (Излучение Спектра и Атмосфера Венеры) и ИКС (ИнфраКрасный Спектрометр)
- 1984 Проект ЭОС был закрыт и вместо него начался проект ВЕГА (ВЕНЕРА – ГАЛЛЕЙ) под руководством Р.З. Сагдеева; В. И. отвечал за «инженерную модель» кометы для проекта ВЕГА и руководил экспериментом ИКС (ИнфраКрасный Спектрометр)
- 1985 Работал совместно с американскими учёными над созданием Международной модели атмосферы Венеры
- 1985 Статья **Moroz V. I.**, Ekonomov A. P., Moshkin B. E., Revercomb H. E., Srotonovsky L. A., Schofield J. T., Spänkuch D., Taylor F. W., Tomasko M. G. Solar and thermal radiation in the Venus atmosphere // *Advances in Space Research*. 1985. V. 5. Iss. 11. P. 197–232
- 1985 Присуждена Государственная премия за результаты исследований на КА «Венера-9» и «Венера-10»
- 1986 Проект ВЕГА был очень успешным; его главные результаты:
по комете:
- 1) произведены первые наблюдения кометного ядра как пространственно разрешённого объекта;
 - 2) сделана первая идентификация родительских молекул в кометной атмосфере;
 - 3) открыто кометное органическое вещество;
 - 4) проведены первые прямые измерения концентрации планетных пылинков и их распределения по размерам;
 - 5) сделаны первые прямые оценки элементного состава кометных пылинков;
 - 6) определены структура и ионный состав кометной плазмы на разных расстояниях от ядра
- по Венере:*
- 1) на аэростатах: получены первые горизонтальные профили атмосферы Венеры — температура, скорость ветра, турбулентность, оптическая плотность, освещённость на траектории дрейфа аэростата;
 - 2) на посадочных аппаратах: проведены новые измерения вертикальной структуры облаков, состава частиц газа и пород
- Статья Combes M., **Moroz V. I.**, Crovisier J., Encrenaz T., Bibring J. P., Grigoriev A. V., Sanko N. F., Coron N., Gispert R., Bockelée-Morvan D., Nikoľsky Yu. V., Lamarre J. M., Rocard F. The 2.5...12 μm Spectrum of comet Halley from the IKS-Vega experiment // *Icarus*. 1988. V. 76. P. 404–436
- Статья Bertaux J.-L., Widemann Th., Hauchecorne A., **Moroz V. I.**, Ekonomov A. P. Vega 1 and Vega 2 Entry Probes: an Investigation of Local UV Absorption (220...400 nm) in the Atmosphere of Venus (SO₂, Aerosols, Cloud Structure) // *Journal of Geophysical Research*. 1996. V. 101. N. E5. P. 12 709–12 745

1988,
7 июля
1988,
12 июля

Запуск КА «Фобос-1»

Запуск КА «Фобос-2»

Планировалось вывести каждый КА на орбиту искусственных спутников Марса, близкую к орбите Фобоса. Программа их работы предусматривала многократные сближения с Фобосом, дистанционные исследования его поверхности, посадку на неё малых станций, пролёт над Фобосом на очень малой высоте, испарение вещества поверхности лазерной пушкой и измерение его состава масс-спектрометром (по предложению Р.З. Сагдеева и Г.Г. Манагадзе).

Отдел В.И. Мороза отвечал за несколько приборов для дистанционного исследования Марса и Фобоса:

- August — оптическое зондирование атмосферы Марса методом солнечного просвечивания;
- КРФМ — фотометрия и радиометрия Фобоса и Марса;
- ISM — картирующий спектрометр с диапазоном 0,8...3,2 мкм

КА «Фобос-1» был потерян 2.09.1988 на пути к Марсу из-за ошибки при выдаче команд с Земли.

КА «Фобос-2» достиг Марса 29 января 1989 года. В течение двух месяцев КА проводил измерения плазменной среды, дистанционные исследования Марса и Фобоса с орбиты. В конце марта должны были состояться пролёт над Фобосом на минимальном расстоянии и высадка малой станции, но 27 марта 1989 года связь была потеряна из-за отказа электроники бортового компьютера.

Несмотря на эту катастрофу, КА «Фобос-2» позволил получить важные научные результаты: за два месяца был успешно проведён ряд экспериментов —

«Минералогическое картирование» в ближнем ИК-диапазоне (ISM)

(*Bibring J. P., Combes M., Langevin Y., Soufflot A., Cara C., Drossart P., Encrenaz Th., Erard S., Forni O., Gondet B., Ksanfomality L., Lellouch E., Masson Ph., Moroz V., Rocard F., Rosenqvist J., Sotin C.* Results from the ISM Experiment // *Nature*. 1989. V. 341. P. 591–593)

Зондирование атмосферы методом солнечного просвечивания (August)

(*Blamont J. E., Chassefière E., Goutail J. P., Mège B., Nunes-Pinharanda M., Souchon G., Krasnopolsky V. A., Krysko A. A., Moroz V. I.* Vertical profile of dust and ozone in the Martian atmosphere deduced from solar occultation measurements // *Nature*. 1989. V. 341. P. 600–603)

Узкополосная фотометрия Марса и Фобоса (КРФМ)

(*Bibring J. P., Langevin Y., Moroz V. I., Ksanfomality L. V., Grigoriev A. V., Khatuntsev A. V., Nikolsky Yu. V., Zharkov A. V.* Composite KRFM-ISM Spectrum of Phobos (0.315...3.1 μm) // *Proceedings of the 22nd Lunar and Planetary Science Conference*. March 18–22, 1991, Houston, Texas. 1991. V. 22. P. 99–100)

Получены новые сведения о характеристиках аэрозольной среды в марсианской атмосфере, таких как оптическая толщина, размеры частиц, вертикальное распределение

(Titov D. V., **Moroz V. I.**, Gekhtin Yu. M. Aerosols components of the Martian atmosphere and its variability from results of infrared radiometry in the Termoscan/Phobos 2 experiment // Planetary and Space Science. 1997. V. 45. P. 637–651)

Получены первые вертикальные профили H₂O

(Rodin A. V., Korablev O. I., **Moroz V. I.** Vertical distribution of water in the near-equatorial troposphere of Mars: Water vapor and clouds // Icarus. 1997. V. 125. P. 212–229)

- 1990–1995 В качестве PI участвовал в разработке и подготовке научной аппаратуры для международного проекта МАРС-96
- 1996, 16 ноября КА «Марс-96» погиб вскоре после старта из-за аварии в системах разгонного блока
- 1997 Участие в разработке прибора PMIRR для КА Mars Climate Orbiter (МСО)
- 1999, 23 сентября КА Mars Climate Orbiter погиб в результате навигационной ошибки
- 1999, 3 декабря Гибель КА Mars Polar Lander (MPL) с лидаром Линкина
- 2000–2002 Участие в разработке приборов ПФС и ОМЕГА для КА «Марс-Экспресс»
- 2003, 2 июня Запущен КА «Марс-Экспресс», который был прямым наследником КА «Марс-96»
- 2003–2004 Анализ результатов проекта МАРС-ЭКСПРЕСС
- 2004, 23 июня В. И. Мороз скончался в Москве от тяжёлой болезни.

НА ПЫЛЬНЫХ ТРОПИНКАХ ДАЛЁКИХ ПЛАНЕТ: О БЫЛОМ И НЕСБЫВШЕМСЯ

В. И. Мороз (2003)

Несколько лет назад были напечатаны мои воспоминания в журнале *Planetary and Space Sciences* [Moroz, 2001]. На Западе их читали, однако в России они не известны никому, кроме тех, кому я подарил оттиски. Этот журнал, как и многие другие, не приходит в библиотеки наших институтов. Русский вариант, если он будет напечатан, станет доступным для более широкого круга. Он значительно переработан и дополнен по сравнению с публикацией в *PSS*. Писать на родном языке проще и приятней, чем на «рашен инглиш».

Моя профессиональная биография — это почти 50 лет. Повороты личной судьбы следовали, по большому счёту, за поворотами в судьбе страны. Был соблазн назвать мои воспоминания по-другому — «Планеты и люди» аналогично книге Б. Е. Чертока¹ («Ракеты и люди»), но это вряд ли было бы приличным.

«ИМЕНЕМ РЕВОЛЮЦИИ!»

или

КАК Я ПОПАЛ В АСТРОНОМИЮ

В ночь с 7 на 8 сентября 1949 года я сидел за столом в комнате на Кузнецком Мосту, дом 3, где жил с родителями. Прошла первая неделя моего ученья на физико-техническом факультете МГУ. Я был погружён в задачи на производные сложных функций, родители уже были в постели. Квартира была коммунальная, наша комната находилась в конце длинного изогнутого коридора, но я услышал, как кто-то открыл и закрыл дверь в прихожей. Потом несколько пар ног протопали по коридору, и раздался резкий стук в дверь комнаты. Я открыл, там стояли четверо: коренастый в кителе без погон, двое худощавых в обычных костюмах и, единственное знакомое лицо, — дворник в качестве понятого. «Именем революции!» — торжественно воскликнул один из худощавых. Они вошли в комнату, отец поднялся с постели и получил в руки бумагу, озаглавленную «Ордер на арест-обыск».

¹ Черток Б. Е. Ракеты и люди. Лунная гонка. М.: Машиностроение, 1999.

У нас было много книг. Каждую снимали с полки, бегло перелистывали и затем кидали на пол. К утру пол был засыпан толстым слоем книг, журналов и газет. Мы трое во время этой процедуры неподвижно сидели на стульях. В конце «гости» составили протокол, в котором отметили изъятие отчётов партийных съездов с речами «врагов народа». Затем отца попросили одеться, взять вещи первой необходимости и увезли. «Что будет с мальчиком?» — спросил он. — «Сын за отца не отвечает» — ответил китель словами великого вождя всех времён и народов, — «пусть учится».

Отцу было тогда 67, он работал в скромной должности в маленьком ведомственном издательстве. После полугодового следствия «Особое совещение» признало его виновным в совершении преступления по статье 58-10/11 — антисоветская агитация и пропаганда. Наказание — 5 лет лагерей общего режима. Тогда это был минимальный срок по 58-й статье. «Такой срок означает, что его вообще ни в чём не удалось обвинить», — сказали мне сведущие люди. Четыре года провёл отец в Минлаге, одном из Воркутинских лагерей (около посёлка Абезь), был освобождён по амнистии после смерти Сталина и через некоторое время реабилитирован.

Не стану говорить о состоянии шока, отчаяния, идиотском письме Сталину и т.д. Сколько несчастных проходило через это по всей стране! Работала репрессивная машина огромной мощности, прозорливости, тупости. Пропускная способность была большой, но не безграничной. Шла плановая работа: сегодня возьмём этого, а завтра того. Никто никуда не денется, чекисты всегда будут при деле, лагеря и тюрьмы заполнены. Отец не был членом партии, в общении с посторонними вёл себя предельно осторожно. Это помогло ему не попасть в жернова 37-го, но где-то на Лубянке копилась на него всякая чепуха, начиная чуть ли не с дореволюционных времён, и очередь, наконец, дошла. Маму тоже не оставили в покое, через некоторое время выслали за 101-й километр; там, в окрестностях Калязина, она и умерла.

Как повлияли все эти события на отличника и комсомольца, верившего в грядущее торжество коммунизма на всей планете? Он что, не слышал, не знал, что творилось в Советской стране, не слышал про голодомор на Украине, тридцать седьмой год, лагеря и тюрьмы? Что-то слышал и знал. Хотя родители тщательно оберегали от этой информации. Видимо, прятался за мерзкой формулой «лес рубят, щепки летят». Но когда, как говорится, «жареный петух клюнул», всё в сознании стало на своё место. И когда великий вождь дал дуба, то не рыдал, а впервые вздохнул с надеждой — как и многие другие.

Итак, было сказано: «Пусть учится». День ушёл на уборку комнаты. Потом я поехал в Долгопрудный на факультет, заставлял себя что-то делать, ходить на лекции и лабораторки, но долго не выдержал и через несколько дней рассказал начальству о случившемся. Там сказали: «пока занимайтесь». Это «пока» продолжалось до конца первого курса. Потом меня и ещё около двух десятков первокурсников (а всего-то нас было 120) вызвали в деканат и сказали, примерно, так: «По некоторым причинам мы больше не можем продолжать ваше обучение на этом факультете. У вас есть возможность перевестись на любой другой факультет МГУ,

кроме физического». Это было изрядное везенье, так как в предыдущие годы студентов, отсеянных по анкетным данным, раскидывали по разным, главным образом, не престижным техническим вузам. В те времена на физтех был факультетом МГУ, потом его отделили, и он получил статус самостоятельного института. Вообще говоря, было нелогично готовить физиков в университете на двух разных факультетах. Но это случилось не случайно. Физтех создавали по инициативе ведущих физиков страны в качестве учебного заведения, предназначенного целенаправленно готовить кадры для нескольких важнейших научных учреждений, лидирующих в атомной и ракетной программах. Они хотели для себя готовить кадры так, как сами считали нужным, не оглядываясь на традиции физфака. Сработали, видимо, и другие мотивы. Говорят, что на физфаке МГУ кто-то из влиятельных профессоров готовился развязать кампанию борьбы с идеализмом в физике по образцу лысенковщины в биологии, и только вмешательство Сталина, опасавшегося за последствия для атомного проекта, предотвратило такое развитие событий.

Кстати, чтобы попасть в отсев, не требовалось такой экстремальной ситуации, как у меня: многие, возможно, и не знали, что за ними есть некий минус, связанный с прошлым их родителей, который не позволит получить допуск к совершенно секретной работе. А без него на второй курс не переводили, так как каждая физтеховская группа начинала со второго курса занятия в одном из закрытых базовых научных учреждений. Например, базовым учреждением моей группы был Курчатовский институт атомной энергии, тогда именовавшийся Лабораторией измерительных приборов Академии наук СССР (ЛИПАН).

Два года назад моя бывшая сокурсница Ася Разумова выписала мне пропуск и показала часть этого внушительного конгломерата ядерных институтов. Рассказала много интересного. Среди прочего поведала, как однажды в студенческие годы они спросили у ребятешек на площади: «Что это там за забором?» Ответ был недвусмысленный: «Там атомную бомбу делают».

Какой же факультет МГУ выбрать, куда переводиться? Хотелось заниматься физикой. Трое просочились всё-таки на физический факультет, обратившись к ректору Несмеянову как к члену Верховного Совета СССР, но это те, кто жил в его депутатском округе. Оставался механико-математический факультет, на котором были среди прочих такие специальности как механика и астрономия. А внутри астрономии была ещё более узкая специализация: астрофизика. Это для меня решило дело.

Большинство отсеянных физтеховцев перешли на механику, двое, Юра Кварацхели и я — на астрономию. Для перевода требовалось сдать экзамен по курсу «Общая астрономия». Готовился я к нему с невероятной тщательностью. Мне взбрело в голову, что для этого экзамена надо выучить расположение созвездий на небе и уметь их находить. Я вышел с примитивной звёздной картой вечером на набережную около Кремля, где было потемнее, и отождествлял по ней созвездия. Подошёл, естественно, милиционер и спросил, чем это я занимаюсь. Объяснил. «Продолжайте Ваши научные занятия» — сказал он и отошёл в сторонку.

Экзамен принимал покойный Константин Алексеевич Куликов². О нём с огромным уважением пишет И. С. Шкловский³ (1991)⁴ как о человеке, сумевшем спасти ГАИШ⁵ во времена репрессий 37-го. Профессор Куликов на экзамене нас не мучил, спросил кое-что для проформы, объяснил, что скоро понадобятся астрофизики-наблюдатели для новых больших телескопов. «Будьте астрофизиками — только хорошими!» — сказал он нам и поставил по пятёрке. Так и определился мой дальнейший путь. И нисколько не жалею о том, что попал именно в астрофизики, а не в ядерщики.

Год на физтехе не пропал даром. Уровень преподавания там был высочайший: лекции по матанализу читал М. А. Лаврентьев⁶, общую физику — П. Л. Капица⁷ и Е. М. Лифшиц⁸ — один экспериментальную часть, другой теоретическую. Не стоит говорить, сколь артистичны и нетривиальны были демонстрационные опыты Петра Леонидовича. Но всё это катастрофически оборвалось с окончанием первого семестра. Структура курса неожиданно изменилась, П. Л. Капица больше не читал лекции. Прошёл слух, что он в опале, снят со всех постов, отстранён от преподавания. О вероятных причинах рассказал много позднее И. С. Шкловский: оказывается, Пётр Леонидович на большом совещании резко «отбрил» Л. П. Берия, в те годы курировавшего от Политбюро вопросы военно-промышленного комплекса, включая атомную и ракетную программы, за хамство по отношению к физикам. По-видимому, в связи с этим Капица с ним

² Куликов Константин Алексеевич (1902–1987) — советский астроном, профессор механико-математического факультета МГУ им. М. В. Ломоносова. Основные научные работы относятся к фундаментальной астрономии, в частности, к определению астрономических постоянных из наблюдений. Играл большую роль в подготовке молодых специалистов. Автор нескольких монографий.

³ Шкловский Иосиф Самуилович (18 июня 1916 – 3 марта 1985) — советский астроном, астрофизик, член-корреспондент АН СССР (1966), лауреат Ленинской премии (1960, за концепцию искусственной кометы), 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 ФИАН). Автор девяти книг и более трехсот научных публикаций. Известен также как автор работ по проблемам существования внеземных цивилизаций и научно-популярных статей.

⁴ Шкловский И. С. Эшелон. Невыдуманные рассказы. М.: Новости, 1991. 222 с.

⁵ ГАИШ — Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова.

⁶ Лаврентьев Михаил Алексеевич (6 ноября 1900 – 15 октября 1980) — советский математик и механик, основатель Сибирского отделения АН СССР (СО АН СССР) и Новосибирского Академгородка, академик АН УССР (1939), академик АН СССР (1946) и вице-президент (1957–1976) АН СССР.

⁷ Капица Пётр Леонидович (26 июня 1894 – 8 апреля 1984) — выдающийся советский физик, академик АН СССР (1939), лауреат Нобелевской премии за фундаментальные открытия.

⁸ Лифшиц Евгений Михайлович (8 февраля 1915 – 29 октября 1985) — выдающийся советский учёный-физик, друг и соратник Л. Д. Ландау, соавтор широко известных учебников теоретической физики, академик (1979, член-корреспондент АН СССР, 1966).

и пересёкся. Посадить его не посмели, но на несколько лет Пётр Леонидович стал «академиком-надомником».

У ИСТОКОВ ИНФРАКРАСНОЙ АСТРОНОМИИ

Сейчас МГУ — целый «город в городе» на юго-западе Москвы, с небоскрёбом в центре, самым большим высотным зданием в столице, и, вероятно, во всей стране. Полвека назад университет был куда меньше, он занимал несколько уютных старых домов на Моховой и Герцена. В одном из них был механико-математический факультет. Исторически сложилось так, что Астрономическое отделение было его частью, лишь позднее его передали физфаку. Отделение тесно связано с государственным астрономическим институтом им П.К. Штернберга, одним из научно-исследовательских учреждений, входящих в состав МГУ. Астрономическая группа была небольшой — 15–20 студентов на курсе. Они сначала учились все вместе, а потом, с 3-го курса распределялись по кафедрам — астрофизики, астрометрии, звёздной астрономии, небесной механики и гравиметрии, так что на старших курсах ситуация, когда у профессора сидели на лекции 3–5 студентов, была обычной. И ничего плохого в этом нет, тем более что лишь небольшая часть лекторов получала зарплату на факультете: сотрудникам института за чтение лекций не платят.



Студенты группы А-21 Г. Рыжкова, В. Мороз и Н. Шаховской на семинаре в ГАИШ

В тридцатых годах и во время войны маленький ГАИШ был известен всей стране благодаря Всесоюзному радио: несколько раз в сутки объявлялось, что передаются сигналы точного времени — «бип, бип, биип» — из Государственного астрономического института им П.К. Штернберга.

Служба времени ГАИШ имела точнейшие часы, корректировавшиеся по наблюдениям звёзд при помощи нескольких телескопов, расположенных в тихом, совершенно провинциальном дворике в переулке Павлика Морозова. Там же было главное здание, построенное вокруг давно бездействующего 15-дюймового рефрактора.

На втором курсе мы там почти не бывали, все занятия проходили на мехмате, в аудиториях, выходявших на верхний ярус внутреннего дворика, закрытого красивым стеклянным колпаком. Там в сентябре 1950 года я и познакомился со своими новыми однокурсниками и быстро с ними сдружился. Несколько месяцев, пожалуй, весь первый семестр, по математике и физике шёл материал, в основном, уже пройденный на физтехе. На дороге времени почти не уходило, в отличие от физтеха, куда добирались за полтора-два часа в один конец. Так что в новой обстановке я почувствовал себя очень комфортно.



Любитель котов. Вася и Васька

Несколько курсов читалось специально для астрономов. Один из них был «Общая астрофизика». Его вёл Григорий Фёдорович Ситник⁹ (Г.Ф.), в то время ещё доцент, но уже заведующий кафедрой. После одной из первых лекций мы с Юрой Кварацхели, заранее договорившись, подошли

⁹ Ситник Григорий Фёдорович (1 февраля 1911 – 14 октября 1996) — профессор, бывший фронтовик-доброволец, награждён несколькими орденами, Председатель Совета Ветеранов войны ГАИШ, доктор физико-математических наук, доцент кафедры астрофизики механико-математического факультета (1939–1949, и.о. заведующего 1949–1954). Заведующий Кучинской астрофизической обсерваторией (1945–1996), заведующий отделом физики Солнца (1958–1986) ГАИШ. Область интересов: абсолютные измерения радиации.

к нему, рассказали, откуда мы взялись, и попросили порекомендовать тему на будущее — поближе к экспериментальной физике. Он был доволен, воодушевлён, и сразу, в первом же разговоре, сделал очень конкретное и смелое для студенческих масштабов предложение: взяться за внедрение в астрономию новых инфракрасных приёмников — сернисто-свинцовых (PbS) фотоспротивлений. Он прямо сказал, что, по существу это означало освоение новой для астрономии области спектра, создание её новой ветви — инфракрасной астрономии. Это было самое то! Сейчас, через 50 лет, я не перестаю поражаться, какой удачей обернулся тот разговор, как хорошо Григорий Фёдорович нас направил.



Вася Мороз и Таня Мулярчик

Сернисто-свинцовые фотоспротивления изобрели в Германии незадолго до начала Второй мировой войны. В качестве приёмников инфракрасного излучения они были в тысячи раз более чувствительны, чем классические болометры и термопары. Я не знаю, в каких военных системах применяли их немцы, — вероятно, это были приборы для наведения каких-то управляемых снарядов по тепловому излучению цели. Новые приёмники стали одним из многочисленных технических трофеев, захваченных союзными войсками. Очень быстро после окончания войны лаборатории разных стран, в том числе и СССР, сами научились их делать, стали совершенствовать технологию, разрабатывать аналогичные ИК-приёмники на основе других полупроводниковых материалов. Они были нужны не только военным, но и для «чистой науки» — спектроскопистам и, конечно же, астрономам. Ради одной только чистой науки ими заниматься бы не стали, достаточно было иметь доступ к тому, что разрабатывалось для военных приложений. Спектральный диапазон PbS-фотоспротивлений ограничен длинами волн от 1 до, примерно, 3,5 мкм, но и такой, казалось бы, не очень широкий, диапазон открывал огромные возможности для развития инфракрасной астрономии.

Это было очевидно, но инерция мышления в тогдашней наблюдательной астрономии была поразительно велика. Единственный реальный шаг (за которым многие годы ничего не последовало) сделали Джерард Койпер¹⁰ и его коллеги (1947). Они сконструировали и построили призмный спектрометр с PbS-фотосопротивлением для 82-дюймового телескопа обсерватории Мак-Дональдс, довольно солидного для тех времён. Это был прибор с низким спектральным разрешением ($\lambda/\Delta\lambda \approx 80$) на область 1...2,5 мкм. Дж. Койпер впервые измерил спектры Луны и планет в этом диапазоне (1947, 1949) и открыл полосы CO₂ в марсианском спектре. Это была первая идентификация одного из газов в атмосфере Марса. Тогда предположили, что CO₂ — это всего лишь одна из её малых составляющих, но позднее выяснилось, что основная.



Вася Мороз и Наташа Стефанович приехали в Ашхабад наблюдать затмение Солнца

Публикации Дж. Койпера по ИК-астрономии я в студенческие годы знал наизусть, они стали для меня путеводной звездой. В 1967 году мы встретились на Генеральной Ассамблее МАС (Международного астрономического союза). Он знал о моих работах по ИК-спектроскопии планет и сказал несколько добрых слов. Я был счастлив: Дж. Койпер был поистине титанической фигурой в планетной астрономии.

¹⁰ Койпер Джерард Петер (*англ.* Gerard Peter Kuiper; 7 декабря 1905 – 23 декабря 1973) — нидерландский и американский (с 1933 года) астроном, основоположник инфракрасной астрономии, открыл облако, содержащее множество маленьких планет далеко за орбитой Нептуна, которое было названо поясом Койпера.

Путь к этой встрече начался с курсовой работы на кафедре астрофизики, в лаборатории Г. Ф. Ситника. Лаборатория находилась в подмосковном посёлке Кучино, размещалась в бывшей конюшне усадьбы Рябушинского, перестроенной под рабочие и жилые помещения. Григорий Фёдорович выделил нам стол и простейшее лабораторное электронное оборудование — осциллограф и т.п. Мы начали с разработки узкополосных маломощных усилителей для работы с PbS. Обратиться за консультацией в лаборатории было не к кому. Надо было читать книги и журналы, а главное — думать и экспериментировать. Такая ситуация замедляет работу, но воспитывает самостоятельность. Ко времени дипломной работы мы имели два варианта измерительной системы для регистрации спектров Солнца в диапазоне 1...2,5 мкм и провели пробные наблюдения. Результаты имели только методический интерес, но полученный опыт пригодился через несколько лет. Юрин вклад в нашу деятельность был очень весомым. Однако Юра, получив диплом астронома, заниматься этой наукой не стал; через некоторое время он пробился в Институт атомной энергии.



Кафедра астрофизики ГАИШ. Стоят: А. Г. Масевич, Н. Н. Парийский, Н. Б. Григорьева. Сидят: И. С. Шкловский, Е. А. Макарова, П. Г. Куликовский, И. С. Щербина-Самойлова

ДОКТОР

Сотрудников на кафедре астрофизики было немного. Самый яркий из них — Иосиф Самуилович Шкловский (И. С.) — разносторонний, сильный теоретик. Долгое время он оставался единственным доктором наук на

кафедре, и с той далёкой поры «партийная кличка» *Доктор* сохранилась за ним навсегда. *Доктор* стал моим вторым учителем после Г. Ф.

Весной 1952 года я защищал курсовую работу. Заседание кафедры ещё не кончилось, но *Доктор* отозвал меня на задние скамьи: «Василий Иванович (в первый раз ко мне обратились по отчеству!), я хочу Вам предложить новое дело: радиоастрономию. Но должен Вам сказать, что для этого нужен допуск, так как технические средства — закрытые». Ответил я мгновенно и отрицательно: о допуске не могло быть и речи. О причинах рассказал прямым текстом, *Доктор* как-то сжался и отсел в сторонку. Но именно тогда между нами протянулась невидимая ниточка, никогда более не обрывавшаяся. С этого времени постепенно и всё больше я стал подпадать под влияние этого замечательного человека.



И. С. Шкловский, единственный в то время доктор физико-математических наук кафедры астрофизики ГАИШ

Доктор, видимо, не думал всерьёз о том, чтобы создать школу, окружить себя учениками, вплоть до начала 1950-х годов. Эта забота пришла, когда открылись беспрецедентные возможности, связанные со строительством нового здания МГУ. Под новое здание можно было получить многое: площади, штаты, новую структуру, уникальное оборудование. Шкловский был назначен заведующим отделом радиоастрономии ГАИШ. И первое время был его единственным сотрудником. Надо было что-то делать! Воспитывать молодых теоретиков? Но *Доктор* привык все свои работы делать сам. Нужны были в первую очередь наблюдатели, а точнее говоря,

экспериментаторы, способные создавать приборы для исследований в нетрадиционных диапазонах (радио, ИК, УФ, рентген), ставить задачи, наблюдать, самостоятельно интерпретировать результаты.

Иосиф Самуилович задумал собрать вокруг себя молодых людей, способных стать именно такими астрофизиками. И это произошло — благодаря стечению нескольких счастливых обстоятельств: темперамент И.С., способность увлечь, обаяние большого учёного, сильные студенты на кафедре в этот период (опыт показывает, что это бывает далеко не каждый год), и, наконец, удивительное ощущение невспаханного поля, у которого стоишь и знаешь, что можешь начать хоть с этого края, хоть с того, никто тебе дорогу не перебежит. Это ощущение, совсем немислимое сейчас, тогда, в сущности, тоже было обманчивым, но как оно вдохновляло! Молодые парни брали на себя целые направления. В команде И.С. самостоятельность всячески поощрялась: молодой учёный должен чувствовать себя хозяином своей судьбы. И поменьше соавторств — у Шкловского почти нет статей, совместных с его сотрудниками! «Вы — selfmademan, человек, который сделал себя сам», сказал он как-то, и это была очень высокая оценка в его устах.

Свои новые работы И.С. докладывал и обсуждал в те годы на заседаниях кафедры. Запомнилось два таких доклада — о диссипации планетных атмосфер и о спектре Крабовидной туманности. В обсуждении диссипации участвовал академик В.Г. Фесенков¹¹. Работа И.С., мягко выражаясь, не стыковалась с космогонической концепцией Фесенкова, и было очень забавно наблюдать за «битвой гигантов» — старого и молодого. Василий Григорьевич надувался, сердился, не хотел признавать поражение, а И.С. дожимал — очень почтительно, сдерживая характер. Он потом почти не вспоминал об этой статье, а ведь в ней впервые была изложена идея гидродинамической диссипации — процесса, без которого немислимые современные представления о ранней эволюции планетных атмосфер. Вторую из упомянутых работ — о Крабовидной туманности — Доктор очень ценил и вспоминал всю жизнь, он считал её своим «звёздным часом» — одно из его любимых словечек.

С осени 1952 года И.С. начал читать спецкурс «Радиоастрономия». Конференц-зал полон, студенты растворились среди «взрослых» — сотрудников ГАИШ, Астросовета, ФИАН¹². Вся астрономическая Москва собиралась на эти лекции. Значительная их часть вошла в монографию «Космическое радиоизлучение» [Шкловский, 1956]. То, что рассказывал *Доктор*, было, однако, больше, чем радиоастрономия, скорее это было

¹¹ Фесенков Василий Григорьевич (1 января 1889 – 12 марта 1972) — советский астроном, один из основоположников астрофизики, академик АН СССР (1935), академик АН КазССР (1946). Был одним из создателей и директором Российского астрофизического института (1923–1930), позднее — Астрономического института им. П. К. Штернберга (1936–1939). Организовал Астрофизический институт АН Казахской ССР и при нём Обсерваторию Каменское плато. В разное время руководил астрономическим советом АН СССР и Комитетом по метеоритам АН СССР. Область научных интересов: фотометрия протяжённых объектов — ночного неба, зодиакального света и противосияния.

¹² ФИАН — Физический институт им. П. Н. Лебедева АН СССР / РАН.

введение в новую, всеволновую астрофизику. Лекции одновременно слушали две астрофизические группы — четвёртый (П. Щеглов, Т. Мулярчик, Н. Стефанович, Ю. Кварацхели, В. Мороз) и третий курс (Н. Кардашев¹³, Ю. Парийский¹⁴, Л. Гиндилис, В. Курт, Ю. Гальперин, Н. Шефов, Ю. Зонов, С. Потаюк, Т. Казачевская). Все мальчики, кроме Юры Кварацхели и, быть может, Ю. Зонова, буквально прилипли к Шкловскому; я, честно говоря, раздваивался между ним и Г.Ф. Ситником, который со второго курса дал мне удивительно пророческую наводку на инфракрасную астрономию — науку ещё более молодую, чем радиоастрономия. Вот эти-то студенты и стали ядром команды *Доктора*. Не все они остались в отделе радиоастрономии, но почти все нашли своё призвание и сделали в науке кое-что интересное.

Спецкурс подходил к концу, пора сдавать экзамен. П. Щеглов и я решились первыми и договорились с *Доктором* на 5 марта. Накануне вместе готовились у меня дома на Кузнецком. Утром выглянули в окно и увидели, что улица перегорожена плотной стеной военных грузовиков в два ряда. Включили радио (рупор из плотной чёрной бумаги — основной источник информации тех времён): траурная музыка. Всё было ясно: умер Сталин. Попытки дозвониться в ГАИШ безуспешны. Принимаем мужское решение — идём в ГАИШ, если пропустят. Пропустили легко, но транспорт не работает. Топали в обход центра: Кузнецкий — Сретенка (Неглинная перекрыта) — Садовое Кольцо — площадь Восстания — Красная Пресня. В ГАИШ народ на рабочих местах: тогда с опозданиями, а тем более с прогулами, было строго. Пришли к *Доктору*. Лицо печальное, удивился, насупился: «Ребята, какой экзамен, когда вся страна скорбит!» Мы были к этому морально готовы, важно было не нарушить, о чём договорились, ведь мы *Доктору* обещали и слово сдержали. Потом, когда я рассказывал эту историю, многие не могли поверить, как это Шкловский, демократ и уж, конечно, не сталинист, так вот среагировал. А это как раз и характерно для того времени, было бы дико, если бы *Доктор* раскрылся перед мальчишками-студентами. Каждой студенческой группе полагался сексот, свой, так сказать, Павлик Морозов. Кроме того, в тот исторический день чувствовали себя не в своей тарелке и те (а их было не так мало), кто Сталина ненавидел — вроде меня. Не знали, не станет ли ещё хуже.

К счастью, всё-таки пришла оттепель. Как это было прекрасно — не бояться больше случайного слова, знать, что проклятая анкета уже не так сильно влияет на твою судьбу (впрочем, как-то она влияла ещё долго). Я окончательно прикипел к *Доктору*, когда настало распределение. «Вы останетесь у меня, я всё для этого сделаю, лягу на рельсы!» Это наивное «Лягу на

¹³ Кардашев Николай Семёнович (род. 25 апреля 1932) — советский и российский астроном, академик РАН (1994); директор Астрокосмического центра ФИАН (с 1990 года); труды по экспериментальной и теоретической астрофизике, радиоастрономии; лауреат Государственной премии СССР (1980, 1988), доктор физико-математических наук.

¹⁴ Парийский Николай Николаевич (1900–1996) — советский астроном и геофизик, член-корреспондент АН СССР (1968). Область научных интересов: космогония, гравиметрия, вопросы вращения Земли, природа солнечной короны и зодиакального света.

рельсы» тоже из его словаря. Проблема была серьёзной, анкета всё ещё работала. Меня распределили на комиссии в Алма-Ату, в Астрофизический институт АН Казахской ССР, а могли и школьным учителем в любую Тмутаракань. *Доктор* ходил к ректору, и от него в комиссию пошла записка: перераспределить в ГАИШ. Но секретарь комиссии (инспектор курса), исправив записать в одной бумаге, забыл или не посчитал нужным это сделать в другой.

ЛУЧШЕ ГОР МОГУТ БЫТЬ ТОЛЬКО ГОРЫ

Пришёл вызов в Казахстан. В отделе распределения его восприняли как безоговорочное указание к действию. Шкловский был в отпуске, ректор тоже. Зав. отделением проф. Б. В. Кукаркин ничего делать не стал, и, встретив меня во дворе старого ГАИШ, надувшись, сказал: «Мужайтесь, Вам надо ехать в Алма-Ату». Директором Алма-Атинского Института астрофизики (АФИ) был академик В. Г. Фесенков. Он только что съездил в Англию и вернулся окрылённый идеями технического обновления астрономии — для начала хотя бы путём внедрения фотоэлектрической техники. Г. Ф. Ситник рекомендовал меня в качестве подходящего молодого специалиста. Деваться было некуда, я купил билет на поезд и за пять дней доехал до места назначения. Читал по дороге новую, очень кстати как раз появившуюся в продаже монографию «Фотоэлектронные умножители». Поезд сильно опоздал, но на вокзале меня дождался сотрудник института, пригласили переночевать в городе, а наутро отвезли в Институт. Он представлял собой небольшую обсерваторию, расположенную километрах в двадцати от города, в предгорьях Заилийского Алатау, чуть повыше санатория «Каменское плато». Одноэтажное главное здание, несколько небольших телескопов и жилых домов. Штат был тогда крошечный, примерно 20 сотрудников, включая технический персонал. Сейчас там, наверное, не менее 200. Место, вообще говоря, райское и для работы имеет свои плюсы, хотя, конечно, минусов больше — из-за оторванности от «Большой земли».

Дорога, идущая через обсерваторию, превращается в тропинку, тянущуюся вверх к альпийским лугам Сухого хребта. Не помню, сколько времени, час или два, потребовалось для «восхождения», но очень скоро после приезда я уже побывал там. Это были мои первые горы — вечные и прекрасные. Два месяца я жил в квартире Зои Владимировны Карягиной, которую судьба забросила на обсерваторию — тоже из Москвы — несколькими годами раньше. Зоя очень много помогала мне на первых порах: вводила в курс дел на обсерватории, учила ломать саксаул на растопку, показывала город, кормила замечательными соленьями собственного приготовления и т. д. Потом приехала моя жена и однокурсница Таня Мулярчик, и нам дали комнату.

Немногочисленный научный коллектив АФИ делился тогда на три отдела: астрофизики, физики Солнца и атмосферной оптики. Первым руководил Дмитрий Александрович Рожковский, вторым — Мидхат Ганиевич Каримов, третьим — Евгения Владимировна Пясковская-Фесенкова — жена академика. Нас определили в отдел астрофизики.

Круг интересов академика Фесенкова был очень широким, однако настоящим профессионалом он был лишь в одной узкой области — визуальной фотометрии протяжённых объектов: планет, зодиакального света, пепельного света Луны и т. п. В молодые годы сам проводил наблюдения, совершенствовал аппаратуру. Как это иногда бывает, в пожилом возрасте академика тянуло к старой тематике, но с привлечением новых методов. Надо было заменить визуальную фотометрию фотоэлектрической, что и стало моей задачей.



В. Мороз, новый сотрудник Астрофизического института
АН КазССР, в парке Каменского плато

Мне выдали 40 фотоумножителей и сказали: «Вперёд, общее направление понятно, как и что конкретно — решайте сами». Сначала я сделал фотометр для измерения яркости. Первым был разработан фотометр для измерений яркости зодиакального света — труба на вертикально-азимутальном штативе, с пятисантиметровым объективом, диафрагмой, вырезавшей поле около двух градусов, линзой Фабри, фильтром и фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) с плоским катодом. Меня поразило, какой большой сигнал получался от естественного свечения ночного неба, едва различимого глазом. Работать с этим фотометром было неудобно, так как координаты приходилось отсчитывать по кругам, сигнал — по шкале гальванометра. Поработать с ним приезжал из Одессы Николай Борисович Дивари¹⁵, один из учеников Фесенкова, продолжавший его

¹⁵ Дивари Николай Борисович (26 сентября 1921 – 17 января 1993) — профессор, доктор физико-математических наук, астроном, математик, альпинист. Область интересов: атмосферная оптика, физика зодиакального света и межпланетной пыли.

исследования в области оптики межпланетной пыли. Это был человек высокого роста, могучего сложения, альпинист, сильный, полный жизни и доброжелательный. Трудно поверить, что его уже нет. Как и многих иных из числа моих друзей.



Поросшие лесом отроги Заилийского Алатау начинаются прямо у порога обсерватории

Потом было сделано несколько фотометрических приставок к телескопам — это были довольно жалкие, но всё же работоспособные немецкие инструменты, вывезенные из Германии после войны. Для немецких астрономов такой грабёж был скорее не катастрофой, а стимулом к обновлению оборудования обсерваторий. Хорошие телескопы стали строить и у нас, но процесс шёл медленно. Когда я приехал в Алма-Ату, там был единственный отечественный телескоп — 50-см макусовский инструмент с широким полем зрения, изготовленный в ГОИ¹⁶. Д. А. Рожковский и его сотрудники фотографировали на нём газовые туманности, области с предполагаемым активным звездообразованием и т. д.

¹⁶ ГОИ — Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова.

Мне на этом прекрасном телескопе делать было нечего. «Мой» телескоп — трофейный 50-см кассегреновский Herz — стоял через дорогу от максутовского; никакой научной программы для него в то время не существовало. Возня с ним была для меня очень полезной: первый опыт общения с телескопом. Для него был сооружён и постепенно совершенствовался звёздно-планетный фотометр. Электроника для всех приборов была аналоговая и, естественно, ламповая. Не было самописцев. С современной точки зрения вообще всё было очень примитивно, но я был увлечён, опубликовал несколько статей с описанием приборов в журнале «Приборы и техника эксперимента». Вкус к анализу и интерпретации данных пришёл позднее.



Горное озеро

Осенью 1956 года вместе с Андреем Владимировичем Харитоновым мы много наблюдали Марс. Для этого на входе звёздно-планетного фотометра

была установлена зеркальная пластина с маленьким отверстием, процарапанным на отражающем слое. Мы измеряли поверхностную яркость Марса в различных областях. Было как раз Великое противостояние, и, как водится, разразилась на Марсе глобальная пылевая буря. Хорошо помню, как в области Эллада появилось яркое маленькое облачко, как оно разрасталось, и через несколько дней всю планету окутала дымка, погасившая контрасты тёмных и светлых областей. Статью опубликовали в *Астрономическом журнале* [Мороз, Харитонов, 1957], в ней были представлены только коэффициенты яркости. В принципе такие измерения могли бы дать оценки оптической толщины пылевых облаков, но формально для этого недоставало измерений вне пылевой бури при близких углах фазы. Так или иначе, это был, вероятно, первый в мире опыт фотозлектрической фотометрии планетных дисков, а для меня лично — первый контакт с планетой Марс.

Надо сказать, что фотометрией планет как протяжённых объектов занимались в те времена только советские астрономы: Н. П. Барабашев, В. В. Шаронов, Н. Н. Сытинская, И. К. Коваль. Делали они это по фотографиям. Я доложил нашу работу на маленькой конференции по Марсу, проведённой в ГАИШ в конце 1956 года. Председатель — Н. П. Барабашев — отреагировал резко отрицательно: чего ради мы меряли Марс во время пылевой бури? Но сидевший в зале Н. А. Козырев¹⁷ сказал, что работа ему нравится — видимо, чтобы подбодрить. Я тогда в первый раз увидел этого замечательного человека с трагической, исковерканной судьбой.

В Алма-Ате тогда было ещё одно астрономическое учреждение, причём нацеленное специально на изучение Марса: Сектор астроботаники АН Казахской ССР. Им руководил член-корреспондент АН СССР Гавриил Адрианович Тихов¹⁸. Вплоть до середины XX века многие допускали, что сезонные изменения на Марсе могут быть связаны с тем, что на поверхности этой планеты имеется растительность. Тихов не просто допускал, он свято верил в это. В последние годы жизни его труды были направлены на поиск фотометрических и спектроскопических свидетельств и на обсуждение специфических характеристик марсианских живых организмов, продиктованных суровостью климата. Однажды я побывал в Секторе на экскурсии вместе с другими сотрудниками АФИ. Инструментальные возможности были там ещё более скромными, чем в АФИ, но как же

¹⁷ Козырев Николай Александрович (20 августа 1908 – 27 февраля 1983) — советский астроном-астрофизик, работал в Пулковской и Крымской обсерваториях. Основные научные работы посвящены физике звёзд, исследованию планет и Луны. В 1937 году был арестован и провёл 20 лет в ГУЛАГе. 14 декабря 1946 года по ходатайству коллег-астрономов освобождён условно-досрочно, как талантливый учёный, а 21 февраля 1958 года полностью реабилитирован.

¹⁸ Тихов Гавриил Адрианович (19 апреля 1875 — 25 января 1960) — русский (советский) астроном, член-корреспондент АН СССР (1927) и академик АН Казахской ССР (1946). Область научных интересов: фотометрия звёзд и планет. По наблюдениям в разных областях спектра искал доказательства существования растительности на Марсе и Венере. Награждён премией Парижской академии наук и двумя премиями Русского астрономического общества. Арестован в сентябре 1930 года в связи с «Делом Академии наук», несколько месяцев провёл в тюрьме.

Тихов был увлечён своим делом! После его смерти тематику и сам Сектор астроботаники закрыли, а несколько астрономов, там работавших, перешли в АФИ и другие места. В Алма-Ате Г. А. Тихов был очень популярным человеком и вызывал, видимо, ревность Фесенкова.

Между тем академика В. Г. Фесенкова в Алма-Ате тоже очень уважали. Он был одним из двух членов союзной Академии, постоянно там проживающих и работающих. Вторым был К. И. Сатпаев — геолог.

Василий Григорьевич к властям относился лояльно, но иногда демонстрировал «особую» точку зрения. Например, делая доклад на собрании сотрудников по поводу очередной годовщины Октября, он сказал, что главным достижением революции было освобождение от иностранной зависимости! Ни слова о социализме и светлом коммунистическом будущем. Он был достаточно независимой натурой, чтобы не кривить душой и не говорить то, во что не верил, даже когда «по протоколу» это казалось неизбежным.



Семинар В. Г. Фесенкова в Астрофизическом институте. За председательским столом сидит В. Г. Фесенков, перед ним стоит докладчик Г. М. Идлис, далее, справа налево, сидят Т. П. Торопова, В. М. Казачевский, Л. М. Туленкова, Е. В. Пясковская-Фесенкова, Т. М. Мулярчик, М. Г. Каримов, Д. А. Рожковский, А. В. Харитонов, А. Б. Делоне, З. В. Карягина, В. Л. Матягин, П. К. Бойко, Г. М. Лившиц (снимок В. Мороза)

Иногда оригинальность и независимость мышления приводила его к курьёзным ситуациям. В Англии В. Г. ознакомился с деятельностью Британского межпланетного общества и проникся мыслью, что пора готовиться к полётам в космос. По этому поводу он собрал однажды в Алма-Ате научных работников разных специальностей. Доклад ему захотелось украсить демонстрационным экспериментом, показывающим, как можно обеспечить выживание живого существа в условиях больших ускорений. Перед собранием поймали мышь и посадили её в жестяную капсулу, которая плавала внутри стальной болванки. Болванку сбросили с высоты четырёх метров на наковальню, от которой она лихо отскочила. Время соприкосновения наковальни и болванки измерялось при помощи нехитрой системы, состоящей из проволочек, батарейки и осциллографа. Оценённое по этому времени ускорение было порядка 1000g. Мышка при ударе не погибла, была извлечена из капсулы и посажена в стеклянную баночку, которую поставили на стол перед докладчиком. Однако к тому моменту, как В. Г. решил её показать собравшимся, она, увы, скончалась. «Хм, она сдохла!» — воскликнул В. Г., подняв банку. «Наверное,

от шока» — прокомментировал один из медиков. Мышку замучили совершенно зря, ведь ускорение плавающей капсулы было много меньше измеренного, и даже полностью положительный результат ничего бы не значил. Когда В.Г. загорелся идеей «фокуса» с мышкой, ему, конечно, об этом говорили, но он в своём увлечении не хотел слышать никаких сомнений.

В.Г. Фесенков был добрый интеллигентный человек. Понимая, что Алма-Ата — это всё-таки не самое лучшее место для молодого учёного, он помогал своим сотрудникам перебираться в Москву, когда была возможность, и, тем более, не препятствовал, когда они сами находили, куда и как. Таня Мулярчик через год была отпущена в аспирантуру к В.И. Красовскому в Институт физики атмосферы, а ещё через год я тоже получил «вольную», не отработав положенного по распределению срока. Позднее он активно помогал перевестись в Москву астрофизику-теоретику Г.М. Идлису.

Первый год работы в АФИ я провёл в Алма-Ате безвыездно. Приехав после этого в Москву в отпуск, я понял чувства оказавшихся в столице провинциалов: несколько дней был совершенно не в своей тарелке, оглушён шумом, толпами народа, снующего по улицам, и т.д. И всё же это был мой родной город, я хотел жить и работать здесь.

СОРЕВНОВАНИЕ ЛЮДОЕДКИ ЭЛЛОЧКИ С ВАНДЕРБИЛЬДИХОЙ

ГАИШ переехал в новое здание на Ленинских горах. Сменился директор, им стал Д.Я. Мартынов¹⁹. *Доктор* не забыл обо мне, представил меня Мартынову и меня взяли в ГАИШ старшим лаборантом отдела радиоастрономии. Прошло несколько лет и снова Шкловский пошёл к Петровскому²⁰ просить за своих ребят. На этот раз принёс «в клюве» две ставки старшего научного сотрудника для недавно защитившихся кандидатов — Мороза и Щеглова. Такой должности иногда дожидались десятилетиями.

Доктор хотел направить меня в радиоастрономию, но я стремился в инфракрасную спектроскопию, и он не стал мешать. Следующие два года ушли на разработку аппаратуры для ИК-наблюдений. Тут пригодился опыт, полученный в студенческие годы. Главной задачей было «выжать» минимальный порог чувствительности. Я получил, наконец, вожделенный допуск и смог обращаться в «ящики», где разрабатывались и производились приёмники ИК-излучения. Очень важными стали контакты

¹⁹ Мартынов Дмитрий Яковлевич (7 апреля 1906 – 22 октября 1989) — советский астроном, доктор физико-математических наук, директор обсерватории им. В.П. Энгельгардта с 1931 по 1961 год, директор ГАИШ с 1956 по 1976 год, именем Мартынова названа малая планета 2376 Martynov (2376 Мартынов).

²⁰ Петровский Иван Георгиевич (5 января 1901 – 15 января 1973) — выдающийся советский математик и деятель отечественного образования. С 1951 по 1973 год — ректор Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова. Герой Социалистического Труда (1969).

с НИИПФ — Научно-исследовательским институтом прикладной физики. Там мне очень много помогли Соломон Абрамович Кауфман, а позднее Виктор Георгиевич Буткевич и ряд других ведущих специалистов. Они давали мне лучшие образцы своей продукции. Шаг за шагом я собрал в своей лаборатории большой набор разнообразных приёмников. Они требовали охлаждения и обычно поставлялись в дьюаровских сосудах, рассчитанных на соответствующий хладагент: твёрдый CO_2 , жидкий N_2 , твёрдый N_2 или, позднее, жидкий He. Чем большие длины волн может регистрировать приёмник, тем более глубокое охлаждение требуется. Наиболее интересные наблюдения, в действительности, были проведены с самыми простыми приёмниками: фотоспротивлениями PbS и германиевыми вентильными фотоэлементами, те и другие в миниатюрных стеклянных дьюарах, наполняемых перед наблюдениями твёрдой углекислотой.

Кроме приёмников нужны были модуляторы, электронные усилители и оптико-механическая аппаратура: фотометры и спектрометры. Всё это делалось своими руками, хотя в изготовлении механических деталей помогали мастерские ГАИШ. Других помощников у меня долгое время не было.

Случайно я обнаружил, что лучшие образцы PbS имеют в 4–5 раз меньший порог чувствительности, если перейти от стандартной частоты модуляции 400 Гц на 40 Гц. В литературе об этом в те годы ничего не было, но в НИИПФ мне сказали, что это нормально, а частота 400 Гц (или больше) им нужна для применений в «прикладных» системах. Другой важный шаг по снижению порога был сделан позднее, когда в НИИПФ перешли на более совершенную технологию изготовления чувствительных слоёв PbS. Этот переход, как мне рассказывали, был инициирован своего рода детективной историей: из Китая привезли небольшую американскую ракету (наверное, «воздух-воздух»), уцелевшую при падении. Тогда было много вторжений американских военных самолётов со стороны Тайваня. Ракету разобрали и извлекли, среди прочего, приёмники — PbS. Оказалось, они лучше наших, и была поставлена задача «догнать и перегнать». Работа закипела. Перегнать не перегнали, но аналогичные сделали, после чего такие мне тоже достались.

Наконец, мне самому интуитивно удалось наткнуться на приёмник, превосходящий и эти образцы в несколько раз, хотя и в более коротковолновой области спектра ($<1,7$ мкм). Им оказался обычный германиевый фотодиод, но работающий в вентильном режиме (без внешнего питания) и охлаждаемый твёрдой углекислотой. В литературе я не встречал упоминаний о подобном варианте применения германия для измерения ИК-излучения. Позднее в ИК-астрономию вошли вентильные фотоэлементы на основе InSb, чувствительные до 5 мкм, но они требовали значительно более глубокого охлаждения. Вентильные фотоэлементы в принципе лучше фотоспротивлений благодаря практическому отсутствию токовых шумов при малых уровнях сигнала.

И.С. Шкловский предложил мне список задач для наблюдений в ИК-диапазоне. Он, конечно, открывался измерением потока от Крабовидной

туманности в области 1...2 мкм. Доктор справедливо гордился своей пионерской работой, объяснявшей весь непрерывный спектр этого объекта — от видимой области до радиоволн — единым физическим механизмом — синхротронным излучением. Ему казалось интересным получить данные о промежуточных точках спектра. В феврале 1959 года я впервые приехал в Крымскую астрофизическую обсерваторию (КрАО) с PbS-фотометром, установил его там на 122-см рефлектор, в тот момент самый крупный советский инструмент — тоже трофейный, как и мой алма-атинский Herz. Фотометр был примитивный — с модулятором-прерывателем, дававшим огромный инструментальный фон. Я компенсировал этот фон весьма экзотическим способом: слабой подсветкой внутренней части трубы. Кое-как нашупал объект и провёл измерения. Позднее для наблюдений слабых объектов я применял зеркальные модуляторы, практически свободные от собственного излучения.

В списке Шкловского были другие интересные задачи, в том числе поиск инфракрасного излучения Центра Галактики и очень молодых звёзд. Их решили первыми американцы, а меня увело совсем в другую сторону — к планетам. Вслед за фотометром я соорудил дифракционный спектрометр и летом 1959 года установил его на тот же телескоп и получил спектры Юпитера, Сатурна и Венеры в диапазоне 1...2,5 мкм. Вскоре вступили в строй два новых телескопа отечественного производства — ЗТЭ и ЗТШ. ЗТЭ — зеркальный телескоп им. В.П. Энгельгардта — имеет диаметр 125 см. В 1961 году его установили на Южной станции ГАИШ, расположенной рядом с КрАО, но административно с КрАО не связанной. Как сотрудник ГАИШ я имел возможность регулярно работать на этом телескопе. ЗТШ — зеркальный телескоп им. Г.А. Шайна²¹ — имеет диаметр 250 см. Его установили в КрАО чуть позднее. Доступ к нему для меня был ограничен несколькими ночами в год. Конечно, не всегда это были ясные ночи, но иногда везло. Расстояние между ЗТЭ и ЗТШ небольшое, метров двести, и было нетрудно перевозить мою аппаратуру с одного телескопа на другой. К дифракционному спектрометру добавился призмный — для наблюдений спектров более слабых объектов.

Я приезжал в Крым несколько раз в год, обычно на месяц. Две наиболее яркие планеты, Венеру и Меркурий, обычно наблюдал днём и в сумерках, так что тут вообще не было конкуренции с другими сотрудниками. Марс, Юпитер и Сатурн требовали ночного времени, но годились, конечно, и лунные ночи. Те же, кто наблюдал галактики и другие слабые объекты, могли работать только в отсутствие Луны. Таким образом, и в этом случае делёж наблюдательного времени проходил легко. Начальником Южной станции был Эрнст Апушевич Дибай²². У нас сложились очень хорошие отношения, изредка нарушавшиеся аварийными эпизодами, когда я ухи-

²¹ Шайн Григорий Абрамович (7 апреля 1892 — 4 августа 1956) — советский астроном, академик АН СССР (1939), один из основателей современной астрофизики, создатель Крымской обсерватории.

²² Дибай Эрнст Апушевич (3 августа 1931 – 11 ноября 1983, Москва) — астроном, известный астрофизик. В 1961–1977 годах руководил Крымской наблюдательной станцией (обсерваторией) ГАИШ в пос. Научном. Имя Э.А. Дибая присвоено Крымской станции (ныне Лаборатории) ГАИШ МГУ и малой планете № 2385.

трялся нечаянно наехать на телескоп тележкой для аппаратуры. Иногда вместе с ним и Валентином Фёдоровичем Есиповым мы наблюдали галактики при помощи ИК-фотометра. Однако основную часть времени я тратил на измерения спектров планет и их спутников. Шкловского планеты абсолютно не интересовали, но я имел карт-бланш на самостоятельное определение поля своей деятельности, оставаясь в его команде.



В. Мороз у зеркального телескопа им. Энгельгардта (ЗТЭ)
(снимок Д. Крукшенка)

Хотя все интересные результаты были получены с PbS и Ge, немало времени было потрачено и на попытки работать с другими приёмниками, в том числе с гелиевым охлаждением, причём жидкий гелий приходилось одно время возить в Крым из Москвы. Управляться с таким сложным хозяйством одному невозможно, и с 1964 года мне помогал техник — Андрей Николаевич Репин. Мы стали друзьями. Андрей был добрым,

душевным человеком, но нездоровым; он умер совсем молодым. Некоторое время в нашу маленькую группу входил Николай Владимирович Васильченко, старший научный сотрудник. Я «переманил» его в ГАИШ из НИИПФ, но он чувствовал себя здесь не в своей тарелке — слишком иные люди, обстановка и стиль работы. Заскучал и вернулся туда, откуда пришёл. В 1967 году из того же НИИПФ пришли в мою группу два молодых инженера — Николай Андреевич Парфентьев и Анатолий Абрамович Либерман. Несколько выпускников кафедры астрофизики поступили ко мне в аспирантуру — Ольга Георгиевна Таранова, Людмила Вениаминовна Засова и Виктор Иванович Шенаврин.



В. Мороз и А. Репин готовятся к наблюдениям (снимок Д. Крукшенка)

По планетам было получено немало интересного, результаты тут же публиковались, почти исключительно в *Астрономическом журнале*. Коротко расскажу о важнейших.

1. Марс. Впервые после Алма-Аты я увидел Марс в телескоп во время противостояния 1963 года. Теперь в моих руках была совсем другая аппаратура — дифракционный и призмный ИК-спектрометры. Первый перекрывал диапазон 1,2...2,5 мкм с разрешением 0,0024...0,008 мкм, второй — диапазон 1,7...4,2 мкм с разрешением около 0,1 мкм. Для продвижения к возможно более длинным волнам приёмник излучения (PbS) в призмном спектрометре охлаждался жидким азотом. Именно с этим спектрометром был получен принципиально новый результат — предварительная идентификация связанной воды в марсианских минералах: «...падение альbedo от 2,5 до 3 мкм объясняется, вероятно, эффектом кристаллизационной воды» [Мороз, 1964].

Позднее В. Синтон (William M. Sinton) (1966) подтвердил мой вывод и определил форму полосы связанной воды с центром около 3,3 мкм. Думаю, что на самом деле он мог бы сделать то же самое намного раньше. Однако в течение многих лет Синтон искал совсем другое в этой области спектра — полосы CH, характерные для органических молекул. Одно время считалось, что Синтон действительно нашёл такие полосы в спектре Марса, но потом оказалось, что они не марсианские, а теллурические и принадлежат не CH, а HDO. В течение ряда лет, до того как ошибка обнаружилась, полосы Синтона рассматривались как важное свидетельство в пользу существования жизни на Марсе.

Sinton W.M. Spectroscopic evidence of vegetation on Mars // Astrophysical Journal. 1957. V. 126. P. 231.

Sinton W.M. Spectroscopic evidence of vegetation on Mars // Publications of the Astronomical Society of the Pacific. 1958. V. 70. P. 50.

Sinton W.M. Further evidence of vegetation on Mars // Science. 1959. V. 130. P. 1234.

Sinton W.M. Further evidence of vegetation on Mars // Lowell Observatory Bulletin. 1959. V. 4. P. 252.

Rea D.G., Belsky T., Calvin M. Interpretation of the 3- to 4-Micron Infrared Spectrum of Mars // Science. 1963. V. 141. P. 923.

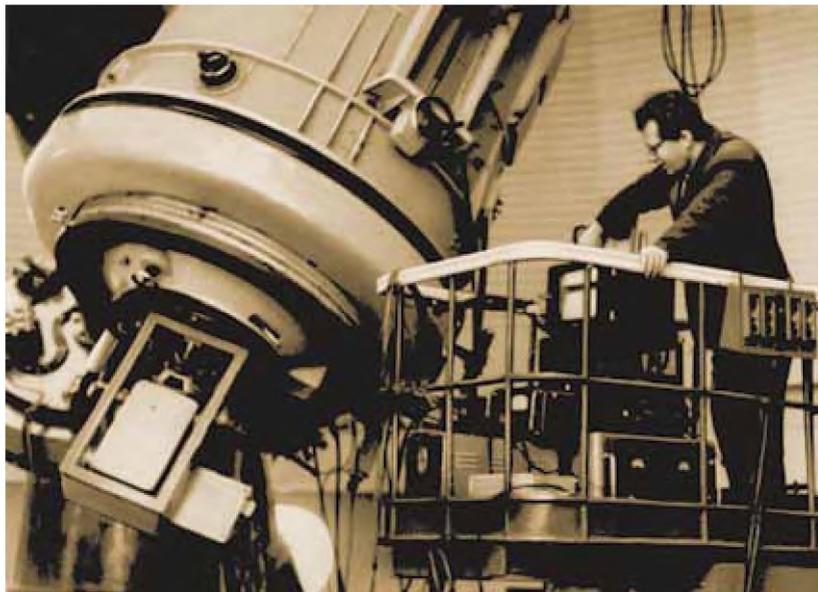
Rea D.G., O'Leary B.T., Sinton W.M. The Origin of the 3.58- and 3.69-Micron Minima in the Infrared Spectrum // Science. 1965. V. 147. P. 1286.

Sinton W.M. I Choose to Live: A Journey Through Life with ALS. Banbury Publishing Company, 2002.

Г. А. Тихов был в восторге. Более того, на первом советском космическом аппарате (КА), отправленном к Марсу («Марс-1», 1962) по предложению профессора А. И. Лебединского²³, был установлен спектрофотометр для измерений локальных вариаций яркости планеты в этих полосах. КА «Марс-1» прекратил связь с Землёй на полпути к планете. Что же касается полосы поглощения связанной воды, то большие ряды измерений её локальных вариаций были выполнены на последнем советском планетном аппарате «Фобос-2».

В той же статье о моих первых ИК-наблюдениях Марса была дана новая оценка атмосферного давления на Марсе — около 15 мбар. Это раза в два больше, чем на самом деле, но значительно меньше, чем до того времени считалось, — 80 мбар. Между тем уже прорабатывались конструкции космического аппарата для посадки на Марс, и такое изменение исходных данных было весьма существенным. Оно обсуждалось, но, похоже, не принималось достаточно серьёзно, пока не были получены результаты КА «Маринер-4» — первого космического аппарата, который совершил пролёт вблизи планеты Марс (1965). Измерения, проведённые методом радиозатмения, подтвердили, что атмосфера Марса на порядок более разрежена, чем думали раньше.

²³ Лебединский Александр Игнатьевич (7 января 1913 – 9 сентября 1967) — советский астрофизик, геофизик и космофизик, доктор физико-математических наук, профессор кафедры астрофизики Ленинградского государственного университета, профессор физического факультета Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. В его честь назван кратер на Луне.



Платформа при телескопе

2. Венера. Эту планету я наблюдал при помощи тех же приборов, что и Марс, но с более высоким спектральным разрешением. Наблюдения проводились при разных углах фазы, что позволило впервые проследить фазовую зависимость сильных полос CO_2 в диапазоне $1,1 \dots 2,3$ мкм. Проведённые приближённые расчёты фазовых вариаций спектра для разных гипотез о строении облачного слоя и сопоставление их с результатами измерений привели к следующим выводам:

- среднее значение коэффициента экстинкции в непрерывном спектре близко к 1 км^{-1} ;
- альbedo однократного рассеяния в непрерывном спектре очень близко к 1;
- полная оптическая толщина облачного слоя составляет около 20;
- верхняя граница облачного слоя не является резкой, она характеризуется постепенным падением с высотой плотности аэрозольной среды [Мороз, 1967]. Это всё подтвердилось в экспериментах на венерианских посадочных и орбитальных аппаратах, но, конечно, было дополнено многими подробностями. Так же, как и в случае Марса, было найдено резкое падение альbedo планеты на длинах волн более 3 мкм, однако, в отличие от Марса, я не догадался о его происхождении. Между тем оно было идентично: вода, но не в минералах, а в веществе, из которого состоят частицы облаков. Это понял американец Э. Янг [Young, 1973], показавший, что многие характеристики излучения Венеры объясняются тем, что частицы облачного слоя (по крайней мере, в его верхней части) состоят из водного раствора серной кислоты.

Он прозрачен на длинах волн меньше 2,5 мкм и сильно поглощает излучение на волнах более 3 мкм. Э. Янг и его жена Л. Янг (известная наземными наблюдениями спектра Венеры в «фотографической» ИК-области) через много лет стали гостями моей лаборатории в ИКИ²⁴, но мы занимались с ними другими вопросами — интерпретацией спектров, полученных при зондировании атмосферы Венеры посадочными аппаратами.



В. Мороз пишет статью (снимок Д. Крукшенка)

В первые годы я наблюдал спектры планет, пользуясь широкой щелью так, как будто это точечные источники. Позднее было много попыток получать спектры с разрешением по диску. Измеряя спектры Венеры в разных

²⁴ ИКИ — Институт космических исследований Академии наук СССР.

частях диска, я получил загадочный результат: полосы CO₂ около 1,6 мкм на высоких широтах оказались значительно сильнее, чем на низких. Это могло означать, что на высоких широтах верхняя граница облаков ниже. Статья была опубликована в журнале Nature [Moroz, 1971], но ей, похоже, не поверили. Только через много лет измерения теплового излучения планеты на орбитальных космических аппаратах («Пионер-Венера» и «Венера-15») показали, что на высоких широтах действительно имеются обширные области с относительно низким положением верхней границы облаков. Их назвали «полярным» диполем, так как они имели двойную структуру. Вероятно, я случайно попал на один из его максимумов, и это были первые наблюдения такой области.

Статья в Nature была моей первой публикацией в иностранном научном журнале. В те годы было не принято посылать статьи за рубеж. Прошло лет двадцать, и картина полярно изменилась: отправляем статьи в иностранные журналы без эквивалентных русских публикаций. Парадокс состоит в том, что, посылая статью в иностранный журнал, мы в нынешние времена не всегда можем найти её в научных библиотеках на родине. Наши институты (включая Российскую академию наук как целое) слишком бедны, и не в состоянии их поддерживать на должном уровне. Добавим, что издание научных журналов на русском языке стало убыточным и продолжается только за счёт продажи их переводов на английский.

Для интерпретации наблюдений нужно уметь рассчитывать теоретические спектры отражённого излучения с учётом многократного рассеяния. Сейчас для этого есть точные методы, но тогда они были плохо разработаны. Кроме того, не было соответствующей вычислительной техники и хороших спектроскопических баз данных. Я использовал упрощённые модели полос поглощения и приближённую теорию переноса излучения в оптических толстых слоях с рассеянием и поглощением. Вычисления делались при помощи логарифмической линейки, даже простых электронных калькуляторов ещё не было. Шкловский для своих расчётов пользовался только логарифмической линейкой даже в гораздо более поздние времена — до самой смерти. Конечно, в теоретической астрофизике всегда были задачи, требовавшие более высокой точности, например расчёты моделей внутреннего строения звёзд. До внедрения ЭВМ их делали при помощи арифмометров. Я помню, как Алла Генриховна Масевич²⁵ героически крутила ручку механического арифмометра «Феликс», тратя многие месяцы на расчёт одной модели. Один из её аспирантов, закончив подобный расчёт, получил, что в центре модельной звезды при заданных исходных параметрах должна быть полость — не хватило массы. Надо было всё пересчитывать, делать следующую итерацию. Однако для этого не было времени. В итоге диссертация о звезде с дыркой в центре была представлена и защищена. Конечно, это было совсем давно — в середине 1950-х. Через некоторое время ЭВМ стали доступны, но далеко не все, кому это было бы полезно, научились их использовать.

²⁵ Масевич Алла Генриховна (9 октября 1918 – 6 мая 2008) — известный советский астроном, астрофизик, доктор физико-математических наук. В её честь названа малая планета 1904 Масевич (1904 Masevitch).

3. Галилеевы спутники Юпитера. Их спектры я измерял несколько раз на ЗТШ и ЗТЭ при помощи призменного спектрометра в диапазоне 1,2...2,5 мкм [Мороз, 1965]. Спектральная зависимость альбедо, полученная по этим спектрам, представлена на рис. 1. В спектрах Европы и Ганимеда видна значительная депрессия на длинах волн около 1,5 мкм, а в спектрах двух других спутников — Ио и Каллисто — её нет. Эта особенность характерна для спектра отражения водного льда, и я сделал вывод, что значительная часть поверхности Европы и Ганимеда покрыта водным льдом. Через много лет этот вывод подтвердили измерения на космических аппаратах «Вояджер» и «Галилео».

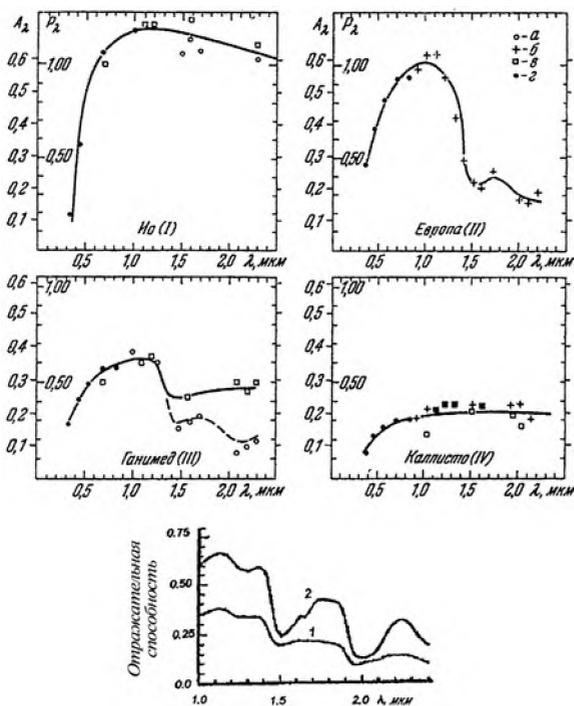


Рис. 1. Вверху: альbedo галилеевых спутников Юпитера в зависимости от длины волны [Мороз, 1965]: наблюдения на ЗТЭ (125-см телескоп Южной станции ГАИШ) в 1963 году (а); наблюдения на ЗТЭ в 1964 году (б); наблюдения на ЗТШ (250-см телескоп Крымской обсерватории АН СССР) (в); UVVRI-фотометрия [Harris, 1961] (г). Спектр отражения Европы показывает сильную полосу поглощения на ~1,5 мкм, характерную для водного льда. Эта полоса, но более слабая, есть и в спектре отражения Ганимеда. Внизу: примеры спектров отражения Европы, полученные через ~30 лет при помощи спектрометра NIMS на космическом аппарате Галилео [McCord et al., 1998]. Спектр 1 относится к области, свободной от ледяного покрова, либо покрытой льдом частично, спектр 2 — целиком покрытой льдом. Среднее между этими двумя спектрами, примерно, соответствует наблюдениям с телескопом. Спектральное разрешение и отношение сигнал/шум в спектрах, полученных при помощи NIMS, было лучше, чем в телескопических. Главным же их преимуществом было, конечно, пространственное разрешение

Предполагается, что на Европе под ледяным покровом имеется океан жидкой воды. При помощи спектрометра NIMS²⁶ с борта Галилео были получены спектры небольших участков планеты, показывающие заметные локальные вариации глубины ледяной полосы поглощения. Один из них для сравнения приведён на рис. 1 [Мороз, 1965]. Долгое время я был уверен, что первым наблюдал ИК-спектры галилеевых спутников Юпитера, но оказалось, что Дж. Койпер сделал это раньше, и он же первым предложил гипотезу о ледяном покрове на Европе и Ганимеде. Краткое сообщение об этом было в абстракте доклада [Kuiper, 1957], представленного на конференции, но нигде не опубликованного. Спектральных кривых не было. Впервые они были представлены в моих статьях. Прошло ещё несколько лет, и в США появились результаты измерений с более высоким спектральным разрешением и отношением сигнал/шум. Вначале их авторы ссылались на мои наблюдения, сравнивали с ними свои данные, а потом ссылки постепенно прекратились. В толстой американской монографии «Спутники Юпитера» есть большая глава по ИК-спектрам, но в ней нет даже упоминания о моих работах. Довольно типично — можно было бы назвать и ещё многие примеры.

Изучались также ИК-спектры других тел Солнечной системы — Луны, Меркурия, Юпитера, Сатурна. Я первым опубликовал спектры колец Сатурна, показавшие, что эти кольца состоят, в основном, из ледяных частиц. Солнечной системой я не ограничивался — было довольно много наблюдений звёзд, туманностей, галактик.

Сейчас, оглядываясь далеко назад, понимаю, что мои пионерские работы в области инфракрасной астрономии несколько напоминают пресловутое соревнование Людоетки Элочки с миллионершей Вандерильдихой. Какое-то время я работал на равных (или почти на равных) с американцами, а это в нашей наблюдательной астрофизике мало кому удавалось. Однако длительно поддерживать квазипаритет было невозможно, так как вскоре сказалось их нарастающее превосходство в числе наблюдателей и характеристиках оборудования. Так или иначе, в этот период я приобрёл многое — кругозор, признание и уверенность в своих силах. Это было важно для успешного перехода в следующее, в каком-то смысле более высокое «квантовое состояние» — космические исследования планет.

В ГАИШ осталось несколько моих учеников, которые продолжают наземные ИК-наблюдения на Южной станции — А.Э. Наджип, О.Г. Таранова, Б.Ф. Юдин, В.И. Шенаврин. Однако они перешли целиком на ИК-фотометрию звёзд. Их на небе куда больше, чем планет в Солнечной системе, и космические аппараты к ним не летают. Двое из этой группы, Таранова и Юдин, защитили докторские диссертации. Я редко бываю в ГАИШ, на Южную станцию не ездил с середины 1980-х. А жаль...

В те годы я понял, что больше всего радости от своей работы получаю, когда удаётся самому поставить задачу, провести наблюдения и самому же их интерпретировать. К сожалению, это не всегда удаётся. А в некоторых

²⁶ NIMS — Near Infrared Mapping Spectrometer.

случаях оказывается и менее эффективным, чем разделение труда между экспериментаторами и теоретиками-интерпретаторами.

КНИЖЕЧКИ

В 1961 году я начал читать курс лекций «Физика планет» для студентов-астрофизиков, и читал его лет тридцать — пока хватало сил. Через несколько лет написал книгу с тем же названием [Мороз, 1967], сидел над ней около года, конечно, с перерывами на другие дела. Включил туда почти всё, что знал, — свои собственные результаты и обзор чужих. Сейчас она безнадежно устарела, но тогда была ко времени и продемонстрировала изменение акцентов в наблюдениях планет — от фотометрии, поляриметрии и т.п. к спектроскопии и радиоастрономии. Для меня работа над книгой была очень полезна — разложил знания по полочкам. Книгу перевели в США и издали в серии NASA Technical Translation. Я слышал, что в США её рекомендовали студентам, специализировавшимся по планетным исследованиям. Частично эта книга основана на докторской диссертации, которую я защитил в 1964 году — первым среди учеников Шкловского. Тема диссертации была сформулирована несколько нагло, «Инфракрасные спектры планет, звёзд и туманностей», но защита прошла успешно. Как видно из названия, там были не только планеты, однако они доминировали.

В это же время Павел Иванович Бакулин, закадычный друг *Доктора*, пригласил Эдуарда Владимировича Кононовича и меня вместе написать учебник «Общая астрономия» для студентов-астрономов первого курса [Бакулин и др., 1966]. Это было актуально, так как старые учебники уж очень отстали от жизни. Профессор Б. А. Воронцов-Вельяминов, автор одного из них, отнёсся к нашей деятельности ревниво: «Три молодых специалиста написали учебник...», — так он сказал на обсуждении нашей книги. Про меня и Эдика ещё можно было так сказать — с натяжкой, но Павел Иванович был человеком в годах, заведовал Службой времени ГАИШ. Я написал три главы: «Астрофизические инструменты», «Планеты» и «Происхождение и эволюция небесных тел». Было много переизданий с изменениями и дополнениями. Павел Иванович давно ушёл. Последний вариант уже без его соавторства вышел в 2001 году под изменённым названием «Общий курс астрономии» [Кононович, Мороз, 2001], исключительно благодаря настойчивости Эдика, пробивавшего это последнее издание более десяти лет. После развала СССР научную литературу почти перестали издавать, и всё же он нашёл негосударственное издательство, согласившееся напечатать наш учебник. На самом деле давно настало время написать совсем новую книгу, но кто сейчас возьмётся? Так или иначе, наш учебник пригодился многим поколениям студентов у нас и за рубежом — были изданы переводы на французский и испанский, и они находили спрос.

В советские времена в составе академического издательства «Наука» была специальная астрономическая редакция, всего несколько человек в штате. Руководил ею незабвенный Илья Евгеньевич Рахлин, с его лёгкой руки выпущены десятки хороших книг по астрономии. Многие из них

переводились и издавались за рубежом. Илья Евгеньевич прекрасно разбирался в предмете, всячески помогал авторам. В 1990-х годах астрономическая редакция была ликвидирована.

Много полезного для распространения астрономических знаний сделал другое издательство — «Мир». Там издавали переводы наиболее важных книг, появившихся за рубежом. Книги по астрономии переводили и редактировали астрономы-профессионалы. Я тоже принимал в этом участие. «Мир» переводил также советские книги на иностранные языки и печатал переводы для издания за рубежом.

О ЧЁМ НЕ ПРИНЯТО ПИСАТЬ В МЕМУАРАХ

У Эйнштейна было около ста публикаций, и ни одной ошибочной. Это признак по-настоящему великого учёного, говорил иногда *Доктор*. У него самого ошибочные работы были, но он предпочитал о них никогда не вспоминать. Между тем для истории науки ошибочные работы представляют несомненный интерес, так же как неудачные запуски космических аппаратов, которые в советские времена было принято замалчивать.

Кроме прямых неудач, когда наблюдательная задача оказывается нерешённой или неправильна теоретическая интерпретация наблюдений, часто бывает, что исследователь стоял на пороге нового, но не сделал последнего шага — по недоразумению, слепоте или по воле иных обстоятельств. Пример — мои наблюдения ИК-спектра звезды Миры Кита (Mira Ceti). В первый раз я проводил их при помощи дифракционного спектрометра на ЗТЭ в течение одной ночи в ноябре 1961 года. Телескоп ещё не был передан заводом (ЛОМО²⁷) институту, но монтажники в виде исключения разрешили мне поработать. Было записано множество спектров, однако все они казались мне подозрительными: слишком широкой в них была полоса водяного пара — около 1,4 мкм. То ли земная атмосфера была более влажной, чем обычно, то ли вода находилась в атмосфере звезды. Она довольно холодная, и это, в принципе, могло быть. Для проверки надо было наблюдать звезду сравнения, но я устал, замешкался, к тому же произошла какая-то авария в системе электропитания телескопа. Сгорели предохранители, я заменил их «жучками», телескоп заработал, однако время ушло. Я рассчитывал всё наверстать в следующую ночь, но, увы! Наутро монтажники обнаружили следы моего «ремонта», расвирепели и прогнали меня с телескопа. А широкая полоса воды, которую я тогда увидел, принадлежала всё-таки звёздной атмосфере, а не земной. Койпер прислал мне через год статью на эту тему.

Прямая и гораздо более досадная ошибка была мною допущена при исследованиях ИК-спектра Меркурия. Наблюдательного времени было много, телескоп давно введён в строй. Никто мне не мешал, так как Меркурий я наблюдал в дневное время. Для сравнения на близких зенитных расстояниях измерялись спектры Солнца, которые я записывал, закрыв

²⁷ ЛОМО — Трижды ордена Ленина Ленинградское оптико-механическое объединение имени В. И. Ленина.

телескоп экраном с маленьким отверстиями. У меня получалось, что эквивалентная ширина полос CO_2 около 1,6 мкм в спектре Меркурия намного больше, чем в спектре Солнца. Сейчас я понимаю, что это могло быть из-за небольшой нелинейности приёмника. Но тогда я принял эту разницу всерьёз и опубликовал статью о вероятном обнаружении атмосферы Меркурия. Прошло несколько лет, в США провели ИК-наблюдения Меркурия с высоким спектральным разрешением и полос CO_2 не нашли. Окончательно точку поставил эксперимент по радиозондированию атмосферы Меркурия с борта КА «Маринер-10».

Через тридцать лет я столкнулся с гораздо более сильными эффектами нелинейности фотосопротивлений — при анализе данных лабораторных калибровок бортового планетного фурье-спектрометра (ПФС) космического аппарата «Марс-Экспресс». Фурье-спектрометры требуют хорошей линейности приёмника в гораздо более широком диапазоне, чем приборы, сканирующие спектр. К сожалению, это не было принято в расчёт при разработке ПФС, что усложнило последующую обработку.

Не всегда в планетной спектроскопии можно распознать, является ли экзотический результат ошибкой или эффектом переменности. Несколько примеров есть в работах Николая Александровича Козырева. О его судьбе ярко написал Шкловский в «Эшелоне». Пулковская обсерватория в 1937 году подверглась полному разгрому. Вместе со многими другими был арестован аспирант Н. А. Козырев. Ждал расстрела, но пронесло. В заключении написал докторскую диссертацию по внутреннему строению звёзд. После освобождения вернулся в Пулково. Там работал по двум направлениям: нетрадиционные, гипотетические механизмы генерации энергии в звёздах и планетная спектроскопия. Наблюдать планеты ездил в Крым, где я с ним и встречался. Разговор с Козыревым был всегда очень интересным, но, в основном, односторонним. Собеседника Николай Александрович почти не слушал, сам говорил очень любопытные вещи, но часто непонятные. Рассказывал об экспериментах по проверке своей гипотезы о превращении времени в энергию. Производил впечатление инопланетянина, человека из далёкого будущего. Он был очень мне симпатичен.

Спектры Луны и планет Николай Александрович наблюдал в видимой области при помощи стандартного звёздного спектрографа на 122-см рефлекторе. И несколько раз получал экзотические, невозпроизводимые результаты: 1) спектр горячего материала (извержение?) в лунном кратере Альфонс, 2) спектр пепельного света Венеры, 3) спектр Меркурия с эмиссией в линии водорода H_α , свидетельствующий, по его мнению, что Меркурий имеет водородную атмосферу.

Что это было? В последнем случае, несомненно, ошибка, но в первых двух, может быть, и нет. На Луне бывают вспышки при падениях метеоритов. Реальный спектр свечения ночной стороны Венеры теперь известен, он не такой, как наблюдал Козырев. Но нельзя исключить, что во время его наблюдений на Венере было что-то вроде полярного сияния. Вряд ли правда когда-нибудь откроется. Уверен только в одном — материалы наблюдений Козырева не были подделкой. Он был не от мира сего, но

никак не обманщик. Если бы не ГУЛАГ, Николай Александрович стал бы звездой нашей науки.

Во всём мире принято регистрировать и патентовать технические изобретения. Но только в СССР додумались регистрировать и отмечать официальными дипломами научные открытия. Патентное бюро было преобразовано в Комитет по изобретениям и открытиям. Диплом об открытии подкреплялся денежным вознаграждением. Заманчиво, но заявок на открытие было немного. Каждый серьёзный результат — это, по определению, новый шаг в науке, однако далеко не всегда его можно квалифицировать как открытие. Строгих критериев не было, решение зависело от произвола рецензентов, а они не всегда объективны. Я знаю случаи, когда заявка отвергалась без весомых оснований, и другие, когда отмеченное дипломом «открытие» оказывалось туфтой. Однажды я сам нечаянно способствовал регистрации подобного псевдооткрытия. Один учёный (не буду называть) якобы обнаружил инфракрасное тепловое излучение нагретой пыли в окрестностях Солнца. Такое излучение должно, в принципе, существовать, и сгоряча я написал положительную рецензию. Диплом был выдан. Каково же было моё удивление, когда я провёл собственные наблюдения для проверки и смог определить только верхний предел, намного более низкий, чем давалось в заявке. Я опубликовал свой результат, но никаких действий по формальной линии совершать не стал. Позднее это излучение было всё-таки обнаружено другим наблюдателем. Единственный объективный критерий реальности открытия — это подтверждение другими авторами.

ЖЕЛЕЗНЫЙ ЗАНАВЕС И ПЕРВЫЕ КОНТАКТЫ

До 1960-х годов иностранные астрономы очень редко приезжали к нам, да и наши к ним тоже. Небольшие советские делегации выезжали на Генеральные Ассамблеи МАС. Их неизменным членом была Алла Генриховна Масевич, про которую завистливо говорили, что она осваивает новую область науки — дипломатическую астрономию. *Доктора*, несмотря на всемирную известность и многочисленные приглашения, не пускали ни в какую страну. В 1958 году Генеральная Ассамблея МАС состоялась в Москве. Заседания проводились в главном здании МГУ, отдельные сессии комиссий — иногда в ГАИШ. Я аккуратно ходил, слушал, мало что понимал. Я впервые увидел многих учёных, имена которых знал по журнальным статьям, но знакомств не завязалось.

Прошло ещё много лет, прежде чем ситуация начала понемногу меняться. Летом 1967 года Генеральная Ассамблея была в Праге. Советская делегация на этот раз была огромная — более 100 человек. В ней были *Доктор* и многие из его учеников, среди них и я. Подавляющее большинство не входило в состав официальной делегации, а поехало по линии «научного туризма», т.е. за свой счёт. Цена была доступной. Туристы имели полный доступ на все мероприятия Ассамблеи, и, кроме того, для них в счёт путёвки устраивались интересные экскурсии, в том числе за пределы Праги, так что, в каком-то смысле, туристам было лучше, чем делегатам. Многие из нас были за рубежом впервые. Прага была прекрасна,

во всяком случае, её исторический центр — соборы, средневековые здания, мосты через Влтаву, Град. Люди были дружелюбны — никто не мог себе представить, что через год явятся «туристы» совсем иного рода — на танках.

Здесь я познакомился с Дж. Койпером, о чём уже упоминал, но не только с ним. Карл Саган²⁸ сам нашёл меня и пригласил на разговор. Карл Саган был первым, кто сказал о парниковом эффекте как о механизме, который может отвечать за высокую температуру поверхности и нижней атмосферы Венеры. Но тогда мы говорили, главным образом, об ИК-спектрах Марса. Позднее мы виделись много раз. Он писал блестящие научно-популярные книги, основал *Icarus* — первый и очень уважаемый журнал по планетным исследованиям. Благодаря этому знакомству я был включён в редакционный Совет — чистой синекурой, но очень ценной: мне до сих пор присылают этот журнал бесплатно. С начала 1990-х годов библиотека ИКИ перестала его получать (нет денег) и я отдаю свой *Icarus* туда.

Другое интересное знакомство — Пьер Конн²⁹, французский спектроскопист. Он дал мне посмотреть кипу листов из своего, не вышедшего ещё из печати атласа инфракрасных спектров планет, и разрешил скопировать то, что найду интересным. Эти спектры были записаны при помощи фурье-спектрометра с фантастически хорошим разрешением — $0,1 \text{ см}^{-1}$. Я не верил, что такое возможно, пока не увидел своими глазами. Копировать пришлось при помощи любительской камеры, раскладывая листы на асфальте. Большого смысла в этом не было, так как через год атлас вышел в свет. Впоследствии с Пьером и его женой Жанин Конн я встречался много раз, бывал у них дома. Задача получения ИК-спектров высокого разрешения при помощи наземного телескопа была очень трудной. Пьер и Жанин Конн её блестяще решили, но по непонятной мне причине Пьер был вынужден уйти из Медонской обсерватории и бросить это направление. Он переключился на методы поиска планет около звёзд, однако на новом месте (Служба Аэрономии) эта работа была не по профилю института, денег и помощников не давали. Было больно смотреть на его крохотную и плохо оснащённую лабораторию. Серьёзных успехов, насколько я знаю, он там не достиг. Жанин в их совместной работе по фурье-спектрометрии занималась математическим обеспечением. Она долгое время была директором вычислительного центра CNRS³⁰.

В Праге у меня не было тесных контактов с чешскими учёными, поэтому (и просто по толстокожести) я никакой напряжённости не ощутил. Более

²⁸ Саган Карл Эдвард (Сэйгэн; *англ.* Carl Edward Sagan; 9 ноября 1934 – 20 декабря 1996) — американский астроном, специалист в области астрофизики и космологии и выдающийся популяризатор науки.

²⁹ Пьер Конн (*фр.* Pierre Connes) — французский спектроскопист, сотрудник Медонской обсерватории, затем Службы аэрономии Франции. Зарегистрировал спектр Марса с высоким разрешением.

³⁰ CNRS — Centre National de la Recherches Scientifiques (Национальный центр научных исследований, Франция).

чуткий Соломон Борисович Пикельнер³¹, однако, заметил, что они нас, в общем, не жалуют. Вскоре многие из чешских учёных, включая известных астрономов, уехали на Запад, воспользовавшись временным ослаблением режима в период «Пражской весны».

С английским в Праге у меня всё ещё было плохо. Прорыв произошёл через год с небольшим, когда в Москву приехал Дейл Крукшенк³², окончивший аспирантуру у Койпера. Перед Москвой он был в Праге на геологическом конгрессе как раз в дни вторжения и поделился своими впечатлениями. В Москву он приехал по программе обмена учёными между академиями наук США и СССР. Но послали его в Москве не академические учреждения, а ГАИШ, а если точнее, то я лично. Здесь ему дали рабочее место. Одна из первых просьб Дейла была — пойти с ним в библиотеку и найти в сочинениях Ломоносова текст об открытии атмосферы Венеры. Он очень удивился, когда это было найдено, так как думал (подобно многим западным учёным), что это один из мифов советской пропаганды. Он учился русскому языку у себя на родине, но заговорил не сразу, и понимал не всё. Поэтому мой квазианглийский был нужен. Вскоре я заговорил с Дейлом достаточно бегло, прошёл критический барьер. То же самое у него произошло с русским. Он провёл тогда здесь много времени, 8 или 9 месяцев. К нему приехала жена Нурия (афганка по национальности) с маленькими сыновьями (Шамим и Тамим в афганском варианте, Пол и Марк — в английском). Мы вместе ездили на Южную станцию ГАИШ. Впоследствии Дейл бывал здесь ещё несколько раз, но приезжал на меньшие сроки. Вскоре после возвращения в США он перешёл из Лунно-планетной лаборатории Койпера в обсерваторию Мауна-Кеа на Гавайях — идеальное место для ИК-астрономии с точки зрения астроклимата, а лет через десять перебрался в Калифорнию, в Центр Эймса. Но наблюдать ездит всё равно на Мауна-Кеа. Работает на пределе технических возможностей — наблюдает спектры Плутона, Тритона, транснептунных малых тел.

ПЕРВЫЕ ШАГИ В КОСМОС

4 октября 1957 года был запущен Первый искусственный спутник Земли. Вместе со многими другими сотрудниками ГАИШ и студентами в ночь с 4 на 5 октября я наблюдал его с крыши института. У всех нас были маленькие (около 30 см длиной) подзорные трубки, специально сделанные промышленностью в большом количестве для визуальных наблюдений спутника и определения его траектории на небесной сфере. Труд-

³¹ Пикельнер Соломон Борисович (6 февраля 1921 — 19 ноября 1975) — выдающийся советский астрофизик, внёсший существенный вклад в физику звёздной атмосферы, солнечной короны и межзвёздной среды, профессор Московского государственного университета (с 1959).

³² Крукшенк Дейл — американский астроном и планетолог, сотрудник Эймского исследовательского центра НАСА, ученик Джерарда Койпера. В 1968 году по обмену между академиями СССР и США около года стажировался в ГАИШ и на Крымской обсерватории под руководством В.И. Мороза. В круг его интересов входят спектроскопия и фотометрия планет и малых тел Солнечной системы.

но поверить, что наше астрономическое сообщество встретило столь замечательное событие с постыдно примитивной техникой. Главным учреждением, ответственным за организацию наблюдений, был Астрономический совет АН СССР, которым в то время управлял А. Г. Масевич, ничего в этой задаче не понимавшая. А вовремя привлечь понимающих людей не удалось, отчасти из-за атмосферы секретности, отчасти из-за самоуверенности «астросоветчиков». Через несколько месяцев после запуска «Спутника-1» эта глупость была исправлена: визуальные телескопы были заменены светосильными камерами. Но спасибо Астросовету: благодаря этой затее с визуальными наблюдениями я увидел первый спутник своими глазами, а он был довольно слабеньким — примерно, 5-й звёздной величины. Невооружённым глазом движущийся объект такой яркости я бы не увидел.



Созданная в ГАИШ камера для регистрации искусственных спутников Земли

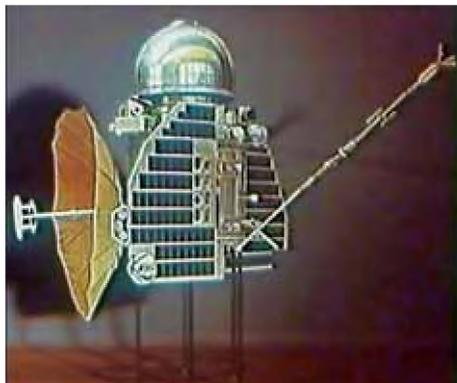
Астросовет остался головным учреждением по наблюдениям искусственных спутников, построил для этих работ станцию в Звенигороде и стал постепенно превращаться из «координирующей конторы» в научно-исследовательский институт. Позднее он официально получил этот статус, его преобразовали в Институт астрономии АН СССР.

Когда запустили первый спутник, Дима Курт³³ сказал, что это событие, наверное, изменит жизнь многих из нас. В моём случае это оправдалось полностью, хотя и не сразу. Только через десять лет я втянулся в космические исследования. В конце 1960-х и начале 1970-х годов я метался между наземными наблюдениями и космосом, но переход состоялся и был бесповоротным. Всё реже и реже я находил время для работы с телескопом

³³ Курт Владимир Гдалевич (род. 06.01.1933). С 1991 года по настоящее время — заместитель директора Астрокосмического Центра ФИАН и заведующий отделом квантовой астрофизики. С 1972 года — профессор кафедры астрофизики и звёздной астрономии физического факультета МГУ имени М. В. Ломоносова.

и со своими гаишевскими учениками, сил становилось меньше, а космические проекты требовали всё больше и больше. Последняя вспышка «наземной» активности состоялась в 1975 году, когда появилась яркая Новая, и я, бросив все московские дела, улетел в Крым для её наблюдения. Прошло ещё 10 лет до следующей и, скорее всего, последней поездки туда — мне хотелось увидеть в телескоп комету Галлея. Там уже была совсем новая ИК-аппаратура, сделанная руками В.И. Шенаврина и А.Э. Наджиба. О.Г. Таранова проводила с ней фотометрические наблюдения кометы, а я при сём просто присутствовал. Эта линия жизни сошла на нет окончательно.

Спутник был первым небесным телом, созданным руками человека. И произошло это в СССР. Средства массовой информации захлёбывались от восторга: мы доказали всему миру превосходство социалистической системы над капиталистической. Наша страна опередила США в освоении космоса! По мясу и молоку не догнали, но всё же! Партия и правительство поддерживали космическую активность не только по военным и экономическим причинам, но и ради пропагандистского эффекта. Новые фантастические события последовали очень быстро. 4 января 1959 года ракета впервые попала на поверхность Луны. 12 апреля 1961 года человек совершил первый полёт на орбите искусственного спутника. Юрия Гагарина Москва встретила с ликованием, как когда-то встречали героев-полярников. Чуть раньше, 12 февраля 1961 года, запустили «Венеру-1», а примерно через полгода — «Марс-1».



КА «Венера-1» (1961)

Как известно, всей этой титанической деятельностью руководил Сергей Павлович Королёв³⁴ (1906–1966), академик, главный конструктор ОКБ-1

³⁴ Королёв Сергей Павлович (30 декабря 1906 – 14 января 1966) — советский учёный, конструктор и организатор производства ракетно-космической техники и ракетного оружия СССР, основоположник практической космонавтики. Одна из крупнейших фигур XX века в области космического ракетостроения и кораблестроения. Дважды Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской премии, академик АН СССР.

(Особое конструкторское бюро № 1). Один из его ближайших сотрудников, Борис Евсеевич Черток³⁵, опубликовал воспоминания об этих легендарных годах, сохранив для потомков множество живых, интересных деталей, ранее неизвестных никому, кроме прямых участников этой гигантской работы [Черток, 1999]. Имя Королёва запрещалось упоминать в прессе и даже в открытой деловой переписке. Пресса представляла его широкой публике в качестве безымянного «Главного Конструктора». В первый раз газеты назвали его имя только в некрологе. Причина такой секретности понятна. Ведь главной задачей было создание МБР — межконтинентальной баллистической ракеты, способной доставить ядерный заряд в любую точку земного шара. Полёты лунников одновременно были испытаниями МБР.

В США мирный и военный космос очень быстро разделились. Работы по изучению и освоению космического пространства в научных целях проводились открыто, хотя военно-технические организации на первых порах и принимали в них участие. Американским «аналогом» С.П. Королёва был Вернер фон Браун³⁶, вывезенный из Германии в 1945 году. В отличие от Сергея Павловича его не прятали от народа. С 1950-х годов он завоевал американскую публику мечтами о ракетных полётах, лунных станциях, путешествиях на Марс, обращаясь к ней в прессе и по телевидению. Под его руководством была построена ракета, которая вывела на орбиту первый американский спутник, а позднее гигантский носитель «Сатурн-5», доставивший американских астронавтов на Луну. С самого начала развёртывания американской космической программы фон Браун сконцентрировался на пилотируемых полётах, и его справедливо считают Главным конструктором проекта «Аполлон».

Те годы и многие последующие были эпохой соревнования между СССР и США за превосходство в космосе. Тот факт, что первый искусственный спутник Земли запустили в СССР, вызвал в США большой общественный резонанс. Работы были активизированы, приняты необходимые решения, и через некоторое время (1961) президент Кеннеди наметил цель национального масштаба: американские астронавты первыми должны высадиться на Луне. Это была политическая задача, но в ходе её выполнения получены важные технические и научные результаты. В СССР аналогичную программу осуществить не удалось, изучение Луны проводилось только при помощи автоматов. Об этой поистине драматической «лунной гонке» подробно рассказали в своих книгах Б.Е. Черток (1999) и А.А. Сиддики [Siddiqi, 2000].

³⁵ Черток Борис Евсеевич (29 февраля 1912 – 14 декабря 2011) — выдающийся советский и российский учёный-конструктор, стоявший у истоков создания ракетно-космической техники, один из ближайших соратников С.П. Королёва, доктор технических наук, академик РАН (2000). Герой Социалистического Труда (1961).

³⁶ Вернер фон Браун (23 марта 1912 – 16 июня 1977) — немецкий, а с конца 1940-х годов — американский конструктор ракетно-космической техники, один из основоположников современного ракетостроения, создатель первых баллистических ракет. В США он считается «отцом» американской космической программы.

Вместе с «Главным Конструктором» в газетных новостях упоминался и «Главный Теоретик». Под этим шифром скрывали академика М. В. Келдыша³⁷, директора Института прикладной математики и, позднее, президента АН СССР. Он возглавлял «Комиссию по объекту Д». (Так был закодирован спутник для открытой деловой переписки). Она координировала научные исследования в космосе. Там представляли новые проекты, обсуждали результаты, формулировали рекомендации. Очень немногие участвовали в работе комиссии постоянно. Остальные приглашались, только когда было необходимо участие конкретного специалиста в обсуждении конкретного вопроса. Мстислав Всеволодович внимательно слушал всё, что говорили, и принимал решение. Побывать там считалось за честь. В первые годы комиссии не была перегружена работой. Многие учёные были просто не готовы воспользоваться новыми возможностями. Требовалось время, чтобы воспринять их как руководство к действию. Примером может служить моё собственное поведение: я вовсе не рвался предлагать эксперименты для первых космических аппаратов, посылавшихся к Марсу и Венере, предпочитая наблюдать их при помощи телескопов и спектрометров. Эта консервативная позиция спасла меня от многих тяжёлых разочарований. Дело в том, все наши «ранние» — до 1967 года — миссии к Марсу и Венере были неудачными. Люди вкладывали массу энергии и нервов в их подготовку, но раз за разом происходила какая-либо авария — то на старте, то при выводе на межпланетную траекторию, то на самой траектории. Но все понимали, что жизнь продолжается, с учётом полученного опыта будет сдлан новый аппарат, и он снова пойдёт к далёкой планете. Это была гигантская экспериментальная программа, выполнявшаяся фактически методом проб и ошибок. Очень жестокий и дорогой метод. Альтернативный путь был — это более тщательная (и дорогостоящая) наземная отработка. По нему пошли американцы. У них тоже первоначально было много неудач, но вскоре их стало значительно меньше, чем в СССР [Moroz et al., 2002].

Среди немногих учёных, быстро откликнувшихся на «космический призыв», был А. И. Лебединский (А. И.), профессор физфака МГУ, человек разносторонний, яркий и напористый. Он был астрофизик-теоретик, но в сферу его интересов входили и планетные исследования — большая редкость среди учёных этого профиля. Я уже упоминал о нём в связи с полосами поглощения 3,43 мкм Синтона. Идея захватила А. И. целиком, он плотно занялся прибором для поиска, как он думал, жизни на Марсе. Но этим дело не ограничилось: А. И. организовал лабораторию, нацеленную на создание научных приборов для исследования планет при помощи космических аппаратов. Произошло это в недрах Научно-исследовательского института ядерной физики (НИИЯФ МГУ), которым руководил

³⁷ Келдыш Мстислав Всеволодович (28 января 1911 – 24 июня 1978) — крупнейший советский учёный-инженер в области математики и механики, организатор советской науки. Академик АН СССР. Трижды Герой Социалистического Труда (1956, 1961, 1971). Президент АН СССР (1961–1975).

академик С. Н. Вернов³⁸, увлечшийся космическими исследованиями с самого начала, но работавший в другом направлении — космические лучи и радиационные пояса. Он, видимо, и вывел Лебединского на контакт с Келдышем. А. И. собрал группу способных молодых учёных и инженеров. У меня какой-либо связи с ними не было, да и с самим Лебединским отношения разладились, когда он запустил свой первый марсианский «проект». Я считал его нереалистическим, не скрывал сомнений, и это вызвало обиду и раздражение. «Никакого Мороза нет!» — буквально так он отреагировал на критику. Шкловский с ним был дружен. Он рассказывал, что А. И. пережил в Ленинграде блокаду и выжил благодаря тому, что стал делать гробы. Он перевёлся из Ленинграда в Москву, когда открыли новое здание МГУ и значительно расширились штаты. Лебединский хотел первоначально работать на астрономическом отделении и претендовал на заведование либо кафедрой астрофизики, либо (!) небесной механики. Но ГАИШ не захотел «чужака», и он стал заведующим кафедрой космических лучей на физфаке. Видимо, тут тоже содействовал Вернов. Среди спецкурсов, которые А. И. читал на физфаке, была и астрофизика. Я одно время на него ходил. А. И. трагически погиб, так и не успев осуществить ни одного планетного эксперимента. Двое из его сотрудников позднее перешли на работу в ИКИ, в мою лабораторию, в том числе Владимир Анатольевич Краснопольский. Сейчас этот очень известный учёный давно покинул ИКИ и Россию, работает в США. Он рассказывал мне в те давние времена, что его первым научным прибором был датчик физического фазового состояния. Лебединский предложил этот датчик для «Венеры-1». Он верил, что поверхность (или часть поверхности) планеты Венера может быть покрыта океаном, и когда космический аппарат станет качаться на волнах после посадки, датчик это покажет, замыкая и замыкая контакты. Позднее мне довелось на комиссии Келдыша — с подачи *Доктора* — объяснять, что поверхность Венеры горячая, и не может там быть никакого океана. Данных радиоастрономии и радиолокации было вполне достаточно для такого вывода. И снова А. И. был мной доволен. Конечно, он прекрасно знал всё, что я рассказывал, но предпочитал игнорировать очевидное просто потому, что оно ему не нравилось. Бывает и так. Погиб А. И. самым диким образом: сердечный приступ во время купания в море. Захлебнулся недалеко от берега, на мелком месте, а пловец он был прекрасный.

Пока планеты ждали своей очереди, главным предметом исследований на космических аппаратах было изучение полей и заряженных частиц в околоземном пространстве. Ш. Ш. Долгинов³⁹ измерял магнитное поле, уже упомянутый С. Н. Вернов — энергичные заряженные частицы, Кон-

³⁸ Вернов Сергей Николаевич (28 июня 1910 — 26 сентября 1982) — российский и советский физик, академик АН СССР (1968), специалист в области физики космических лучей. Один из участников открытия внешнего радиационного пояса Земли. Герой Социалистического Труда, лауреат Сталинской и Ленинской премий.

³⁹ Долгинов Шмая Шлемович (род. 1917) — автор и руководитель многочисленных космических магнитных экспериментов на искусственных спутниках Земли и межпланетных станциях. Лауреат Ленинской премии 1960 года (совместно с В. М. Пушковым).

стантин Иосифович Грингауз⁴⁰ — тепловую плазму. Масс-спектрометрией ионосферы занимался Вадим Глебович Истомин. Они работали в разных институтах: Долгинов — в Институте земного магнетизма и распространения радиоволн АН СССР (ИЗМИРАН), Вернов, как уже говорилось, — в НИИЯФ МГУ, Грингауз — в Радиотехническом институте АН СССР, Истомин — в Институте прикладной геофизики Минсредмаша. Вокруг каждого из них сформировались коллективы молодых энтузиастов — учёных и инженеров.

Было сделано много интересного. Но главной новостью были радиационные пояса. Оказалось, что магнитное поле Земли очень эффективно захватывает приходящие от Солнца протоны и электроны, собирая их в двух гигантских радиационных поясах, охватывающих всю планету вдоль магнитного экватора, меняя распределение энергии и создавая очень сложную пространственную картину. То, что от Солнца идут потоки заряженных частиц и попадают в земное магнитное поле, было понятно и раньше. Но факт существования радиационных поясов оказался совершенно новым и принципиально важным для понимания конкретных механизмов, при помощи которых Солнце влияет на геомагнитную обстановку на Земле.

С.Н. Вернов использовал в своих измерениях счётчики Гейгера и мог регистрировать только те частицы, энергия которых была достаточно большой (десятки килоэлектронвольт и более). К.И. Грингауз применял совсем другую технику — так называемые ионные ловушки, которые собирали все попавшиеся по пути ионы с энергией, превышавшей некоторый порог. Первое время он не понимал, что делать с токами на выходе ловушек, как извлечь из них физическую информацию. Для этого надо было иметь хоть какие-то оценки электрического потенциала космического аппарата. На заседаниях у Келдыша создавалась предгрозовая ситуация. Грингауз вывешивал плакаты с таинственными графиками токов, Вернов грубо наседавал на него за неспособность объяснить их физический смысл. Шкловский сидел, слушал и решил тихонько ввязаться. Он рассказал про эти дела В.Г. Курту и мне и предложил задачу: вот, ребята, имеется проводящая сфера в межпланетном пространстве, освещённая Солнцем, и попробуйте рассчитать её потенциал в зависимости от концентрации плазмы, с учётом фотозффекта и потоков энергичных электронов. С нашей стороны было большим нахальством взяться за эту работу, но мы сделали её и, похоже, без грубых ошибок. Дима довольно быстро потерял к ней интерес, но подпись под статьями ставил, как и *Доктор*, который их вообще читал «по диагонали». Между прочим, это были мои единственные публикации, совместные со Шкловским [Грингауз и др., 1960].

⁴⁰ Грингауз Константин Иосифович (5 июля 1918 – 10 июня 1993) — выдающийся советский геофизик, доктор физико-математических наук, лауреат Ленинской премии, разработчик передатчика для Первого спутника Земли, автор и руководитель экспериментов по диагностике плазмы на многих околоземных спутниках и межпланетных станциях.

Грингауз был спасён и срочно отправлен с докладами о своих результатах за рубеж, причём, как он говорил, без всякого оформления: власть Келдыша распространялась и на такие вопросы. А мне до сих пор странно вспоминать этот мой экскурс в физику плазмы, в которой я был и есть полный невежа. *Доктор* привёл меня на комиссию Келдыша сделать сообщение о потенциале проводящей сферы в межпланетном пространстве. Было очень страшно, я залез в чужую область. Присутствовали такие светила как В. Л. Гинзбург и М. А. Леонтович. Но они отнеслись вполне снисходительно. Только Альперт⁴¹ жалобно заметил, что для более строгого решения данной задачи надо бы привлечь кинетическое уравнение. До сих не знаю, что это за штука. Думаю, что несколько выступлений на комиссии Келдыша сыграли положительную роль в моей последующей космической карьере.

К. И. Грингауз потом многие годы пользовался теми же примитивными оценками. Одним из интересных выходов тогдашней работы была необходимость резкого пересмотра величины потоков электронов с энергией 20 кэВ в радиационных поясах — уменьшения на несколько порядков. Через полгода это было подтверждено прямыми измерениями при помощи счётчиков, а про наш приоритет никто не помнит. Другое открытие, однако, нашло полное признание — именно в измерениях при помощи ионных ловушек на лунных ракетах впервые был зарегистрирован солнечный ветер.

К. И. Грингауз выдвинулся из инженерной среды. Именно его группа сделала передатчик для первого Спутника. Но он быстро освоился в науке, нашёл свою «экологическую нишу», вырастил учеников. С детских лет свободно владея английским, быстро вошёл в международное научное сообщество и приобрёл там большой авторитет благодаря своим пионерским работам. Человек он был лёгкий в общении, но не всегда, мягко говоря, объективный. Я помню случай, когда на заседании Учёного совета ИКИ в середине 1970-х он выступил против Юрия Ильича Гальперина, вдруг обвинив его в узости, отсталости и чуть ли не в безграмотности. Дело шло к «оргвыводам». И мне пришлось резко осадить Константина Иосифовича, напомнив ту раннюю историю, когда он проявил полную неспособность самостоятельно разобраться в физике собственного эксперимента. А Юрий Ильич Гальперин был прекрасным человеком, блестящим разносторонним учёным, с не меньшим международным авторитетом и куда более глубокими знаниями. Как было не вступить за него! Юра очень успешно занимался экспериментальными исследованиями земной магнитосферы и её роли в процессах взаимодействия Солнце-Земля — не буду вдаваться в детали, это не моя область. Надо сказать, что Грингауз тогда, как мне кажется, не затаил обиды.

Возвращаясь к первым годам космической эры, надо объяснить, почему собственно *Доктор* так льнул к комиссии Келдыша, не упуская случая блеснуть и самим собой и своими сотрудниками. Дело в том, что у него разладились отношения с директором ГАИШ — Д. Я. Мартыновым.

⁴¹ Альперт Яков Львович (1 марта 1911 – 6 октября 2010) — радиофизик, внёсший большой вклад в развитие физики ионосферы и распространения радиоволн.

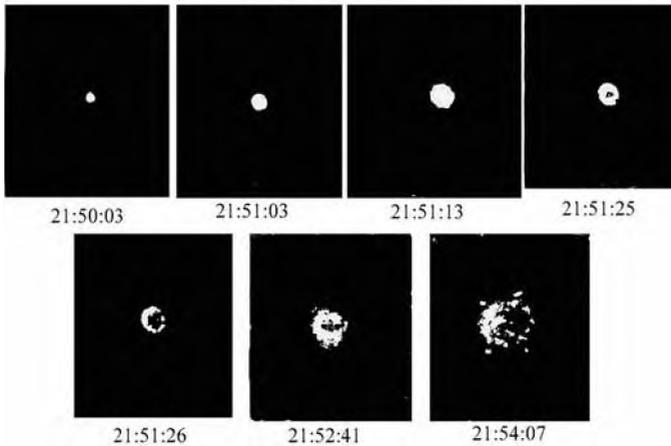
Дмитрий Яковлевич Мартынов пришёл в ГАИШ в 1955 году из Казанского университета, где долгие годы был ректором. Руководящие должности занимал с 26 лет. Дмитрий Яковлевич был человек совсем незлой, но независимый характер *Доктора* и его «шпаны» раздражал. Он не понимал, почему сотрудники отдела радиоастрономии так разбрасываются, большая их часть занимается не радиоастрономией, а совсем иным. Иногда неуклюже пытался отколоть от *Доктора* то одного, то другого. Добиться от него какой-либо помощи для отдела было невозможно и Шкловский обращался напрямую к ректору университета, И. Г. Петровскому, что также не способствовало хорошим отношениям. Рамки маленького уютного ГАИШ стали слишком тесными. *Доктор* стал поговаривать, что надо куда-то уходить — всем отделом. Когда развернулось строительство Сибирского отделения Академии, обсуждалась возможность уйти туда, но не слишком серьёзно. Заря космической эры с этой точки зрения открывала новые перспективы. И Келдыш с его комиссией смотрелся как центр притяжения, около которого надо занять место в ожидании благоприятного развития событий. *Доктор* не ошибся: прошло несколько лет, и возникла идея создания Института космических исследований АН СССР. Кроме того, комиссия Келдыша была источником финансирования научных экспериментов на космических аппаратах. Небольшие эксперименты, которые ставили Курт и Кардашев, в этом смысле кое-что давали. Но надо было найти яркий, своего рода показательный проект, который помог бы отделу не только деньгами, но и укрепил бы его положение в ГАИШ, освободил бы *Доктора* от нелепых придинок «Дямы» («партийная кличка» Дмитрия Яковлевича).

Таким проектом стала «Искусственная комета». Задача была чисто техническая: точно определять угловые координаты лунной ракеты (или, вернее её последней ступени) на середине пути от Земли к Луне — для последующей коррекции её траектории. *Доктор* предложил для этой цели поместить на ракету ёмкость с некоторым количеством натрия (несколько килограммов), испарить его в заданный момент и создать тем самым натриевое облако. Резонансное рассеяние солнечного света в знаменитой D-линии сделает это облако легко наблюдаемым при помощи телескопа умеренного размера. Сергей Павлович Королёв лично посетил ГАИШ для обсуждения этого предложения, выслушал Шкловского, идею понял и принял.

В одной из глав «Эшелона» есть уморительный рассказ о том, как Сергей Павлович, не предупредив Мартынова, появился в ГАИШ, пришёл в его кабинет и был встречен недоуменным вопросом: «А Вы где, собственно, работаете?» С лёгкой руки Королёва была создана целая кооперация: 1) ОКБ-1 — разработка и изготовление контейнера с испарителем, его ракетные испытания в верхней атмосфере Земли; 2) ГАИШ — разработка ТЗ на средства наблюдения; 3) физфак МГУ — изготовление интерференционных фильтров на линию натрия; 4) НИИПФ — разработка и изготовление телескопов с электронно-оптическими преобразователями; 5) Минавиапром — разработка и изготовление штативов для установки их на самолётах Ту-4; 6) Минобороны — выделение самих самолётов и размещение на них телескопов. П. В. Щеглов и В. Г. Курт с увлечением занимались координацией этой деятельности, иногда привлекая и других.

Помню, как Дима и я пришли в штаб дальней авиации договариваться о самолётах. Постучались, вошли и увидели в комнате офицеров, ползающих по картам «выявленных аэродромов». Через минуту пришёл их начальник — полковник — и скомандовал немедленно карты убрать. А вообще с выделением и дооборудованием самолётов проблем не возникло. Лётчики были очень благожелательны на всех уровнях — в штабе и авиачастях на местах.

Искусственная комета КА «Луна-2»
12 сентября 1959 года



Этапы расширения натриевого облака

Наблюдать с самолётов решили для того, чтобы исключить превратности погоды. К тому же незадолго до того прошла удачная самолётная экспедиция для наблюдений солнечного затмения. Дважды наша группа (Н. С. Кардашев, В. Г. Курт, В. Ф. Есипов и я) ездила на военные аэродромы и летала на Ту-4 — огромных четырёхмоторных бомбардировщиках. Это было потрясающе интересно, но для дела абсолютно бесполезно! Мы убедились, что не можем вручную навести телескопы в нужную точку небесной сферы с достаточной надёжностью, так как для этого требовалось отождествить заранее группу довольно неярких звёзд и не потерять её. И всё это — лёжа в неудобной позе за телескопом на хлипком штативе, при покачиваемом самолёте. Телескопы «смотрели» сквозь блистеры — большие полусферические окна, явно ухудшавшие качество изображения. Провели две экспедиции. Ни в первой, ни во второй ничего не получилось. И тогда об авиации решили забыть и просто возили наши электронные телескопы в обсерватории. Так я дважды побывал в Бюракане, познакомился с Виктором Амазасповичем Амбарцумяном⁴² и его

⁴² Амбарцумян Виктор Амазаспович (*арм.* Վիկտոր Համբարձումյան; 5 сентября 1908 – 12 августа 1996) — выдающийся армянский, советский астрофизик, один из основателей теоретической астрофизики. Академик АН СССР (1953, член-корреспондент с 1939). Академик АН Армянской ССР и её президент (1947–1993).

сотрудниками. В последний раз, наконец, повезло: когда после назначенного срока прошло 10 мин и все наблюдатели прекратили регистрацию, мы с В. Ф. Есиповым продолжали фотографировать пустое место, увидели яркую точку, которая превратилась в расширяющееся кольцо и сфотографировали искусственную комету на разных фазах её расширения. Копии были опубликованы в Астрономическом циркуляре. Одновременно бюрократам удалось сфотографировать искусственную комету и при помощи обычного светосильного телескопа, без всяких электронных ухищрений. Временное разрешение было хуже, но координаты определялись точнее, чем по нашим снимкам.



«Мальчики Шкловского» и их шеф читают газетное сообщение о регистрации натриевой кометы. Слева направо: В. Г. Курт, В. И. Мороз, И. С. Шкловский, П. В. Щеглов, В. Ф. Есипов

На этом эпопея закончилась. Вскоре появились другие методы, как оптические (прямое фотографирование ракеты при помощи большого телескопа — ЗТШ — с электронной камерой), так и радиотехнические. Искусственная комета мало что дала по существу дела, но свою политическую задачу «показательного проекта» выполнила: И.С. получил за него Ленинскую премию. Закрытую, конечно. Естественно, после этого Дяма нашего Доктора не трогал.

Тогда широко практиковалась раздача «закрытых» Ленинских и Государственных премий, докторских степеней без защиты — просто с санкции М.В. Келдыша. И.С. несколько стеснялся, попав в этот поток спецблагоденствий, но говорил, что рассматривает свою премию как награду за достижения в астрономии, случайно, но справедливо подаренную ему судьбой.

Комиссия по объекту Д постепенно расширяла свои функции и меняла облик. Лунные космические аппараты условно обозначались буквой Е, и она стала «Комиссией по объектам Д и Е». Потом она вовсе изменила название и повысила статус, превратившись в Междудеятельный Совет по космическим исследованиям. Заместителем председателя Комиссии и МНТС⁴³ был Геннадий Александрович Скуридин. Он фильтровал приглашаемых на заседания, от него зависело прохождение дел и т.п. К нему на приём ходили академики и другие важные персоны. Значимых научных работ у него не было, но в организационных вопросах знал толк. Говорят, что именно он провёл сложную бюрократическую работу по «проталкиванию» правительственного решения об организации Института космических исследований АН СССР. Туда он и ушёл в должности заместителя директора, а в МНТС ближайшим помощником Келдыша стал Михаил Яковлевич Маров⁴⁴ — учёный секретарь Совета.

Первоначально в СССР космические исследования проводились только силами советских учёных. Однако затем было решено привлекать к ним и зарубежных специалистов, сначала из стран соцлагеря и чуть позднее Франции, с которой установились особо тесные отношения. Между тем все промышленные учреждения, связанные с космосом, работали в режиме секретности. Они не могли ни принимать иностранных специалистов, ни посылать за рубеж своих. Чтобы преодолеть эти трудности, была создана своего рода «интерфейсная» организация, которая обеспечивала контакты, не нарушая действующих правил, — «Интеркосмос». Его возглавлял академик Борис Николаевич Петров⁴⁵, а позднее этот пост занял академик Владимир Александрович Котельников⁴⁶. Но, конечно, у академикова обязанностей много, и должен быть заместитель, который реально «крутит» все дела, обращаясь к академику только по ключевым вопросам. В «Интеркосмосе» с самого его основания таким человеком был Владимир Степанович Верещетин, юрист, ставший специалистом по международному космическому праву.

⁴³ МНТС — Междудеятельный научно-технический совет.

⁴⁴ Маров Михаил Яковлевич (род. 1933) — советский и российский астроном, планетолог, специалист в области исследования Солнечной системы, сравнительной планетологии, природной и космической среды. Лауреат Ленинской премии (1970), Государственной премии СССР (1980), премии им. А. Галабера Международной астронавтической федерации (1973). Награждён орденом Почёта (2003).

⁴⁵ Петров Борис Николаевич (26 февраля 1913 – 23 августа 1980) — советский учёный в области автоматического управления, академик АН СССР (1960; член-корреспондент 1953), Герой Социалистического Труда (1969). Один из основоположников отечественной космонавтики, работавший в тесном контакте с ведущими деятелями советского ракетостроения и космонавтики — С.П. Королёвым, В.П. Глушко, М.К. Янгелем, В.Н. Челомеем, В.Ф. Уткиным, М.Ф. Решетнёвым, В.П. Мишиным, Н.А. Пилюгиным.

⁴⁶ Котельников Владимир Александрович (24 августа 1908 — 11 февраля 2005) — советский и российский учёный в области радиотехники, радиосвязи и радиолокации планет, академик Академии наук СССР (1953) и Российской академии наук, дважды Герой Социалистического Труда (1969, 1978), председатель Верховного совета РСФСР (1973–1980). Один из основоположников советской секретной радио- и телефонной связи.

Говорят, что основные сотрудники «Интеркосмоса» были двойного подчинения. Может быть, как раз поэтому вопросы зарубежных поездок решались быстро, если они были убеждены, что это нужно из соображений дела. Они знали конкретных людей и люди их знали. Так или иначе, «Интеркосмос» работал очень эффективно, устраивал ежегодные многолюдные конференции — одну по сотрудничеству с соцстранами, другую с Францией. «Интеркосмос» имел свою позицию в политике сотрудничества, в его распоряжении была валюта для командировок. Он скоро стал во многих вопросах существенно более важной организацией, чем МНТС по КИ⁴⁷.

Сложилось так, что в СССР не было космического агентства, подобного НАСА, ЕКА⁴⁸ или другим зарубежным национальным космическим агентствам. Их роль отчасти играли в совокупности МНТС и «Интеркосмос». Но лишь отчасти, потому что ни одна из них не располагалась огромными ресурсами, которые требовались для освоения и исследований космоса.

В части исследований Луны первой научной задачей «объектов Е» было фотографирование её обратной стороны, что и было сделано 4 октября 1959 года («Луна-3»), ровно через два года после запуска первого спутника. Камера была разработана и изготовлена под руководством Арнольда Сергеевича Селиванова в НИИ космического приборостроения (тогда этот институт ещё не имел открытого названия). Анализ полученных фотографий проводили в отделе Луны и планет ГАИШ под руководством Юрия Наумовича Липского. Это были, как любил говорить *Доктор*, его звёздные часы. До того Юрий Наумович занимался, главным образом, вопросами влияния поляризации на результаты астрофизических измерений.

Ю.Н. Липский⁴⁹, так же, как и Г.Ф. Ситник, пришёл в науку незадолго до войны. Оба они успешно начали работать, подавали, говорят, серьёзные надежды, но фронт всё круто изменил. Слава богу, остались живы, вернулись к любимой работе. Однако не могли догнать тех, кто, по тем или иным причинам, не был на войне (как *Доктор*, у него был белый билет по зрению).

Много молодых учёных тогда погибло на фронте, но и многие из тех, кто выжил и вернулся в науку, к сожалению, не смогли полностью восстановить свой потенциал после пережитого.

⁴⁷ МНТС по КИ — Межведомственный научно-технический совет по космическим исследованиям.

⁴⁸ ЕКА — Европейское космическое агентство (*англ.* European Space Agency — ESA) — международная организация, созданная в 1975 году в целях исследования космоса.

⁴⁹ Липский Юрий Наумович (1908–1978) — советский астроном, профессор, доктор физико-математических наук, основатель отдела физики Луны и планет ГАИШ и его первый заведующий. Под его руководством подготовлены первая в мире карта обратной стороны Луны, полные карты и глобусы Луны. Участник Великой Отечественной войны, награждён четырьмя боевыми орденами и несколькими медалями.

МЫ НЕ ОДНИ?

Шкловский откликнулся на приход космической эры не только искусственной кометой. Гораздо важнее была его научно-популярная книга «Вселенная, жизнь, разум» [Шкловский, 1962]. Он писал фантастически быстро, по 30 страниц в день убористым почерком, закончил книгу примерно за месяц, пропустил через машинистку и укатил в отпуск. Все контакты с редакцией на это время доверил мне, так что я был фактически её первым читателем. М. В. Келдыш дал указание печатать вне очереди, и книга вышла уже в 1962 году. Через четыре года появился её английский перевод [Shklovsky, Sagan, 1966]. Он был снабжён многочисленными дополнениями, написанными Карлом Саганом. Английский вариант назывался “Intelligent Life in the Universe” и был издан от имени двух авторов: Шкловский и Саган. Все эти изменения с И. С. не согласовывались. СССР в то время ещё не присоединился к конвенции об авторских правах, и с советскими книгами можно было выделять что угодно. И. С. даже не получил ни цента авторского гонорара. Однако поведение именно Сагана в этом вопросе оправдать невозможно. Ведь он довольно часто встречался с *Доктором*, был с ним почти что в дружеских отношениях. Тем не менее, держался так, как будто ничего не произошло. Но, в конечном счёте, дело не в деньгах. Странно, но факт: своей всемирной известностью Шкловский гораздо более обязан этой искорёженной соавторством книге, чем своим блестящим научным работам.

Если мы можем летать в космос, почему они (инопланетяне) не прилетели к нам? А, может быть, уже прилетали, но мы пока не заметили? Эта простая мысль пришла в голову, наверное, всем — после полёта Гагарина, или даже раньше. Начался своего рода массовый психоз. Летающие тарелки, новые толкования священных книг, непонятная природа некоторых доисторических памятников — всё пошло в дело.

Математик М. М. Агрест⁵⁰, старинный друг *Доктора*, нашёл интересные с этой точки зрения места в Кумранских свитках и всерьёз увлёкся идеей о посещениях Земли инопланетянами. Не избежал соблазна и сам *Доктор* — опубликовал статью о том, что спутник Марса Фобос может быть искусственным! Она вошла в книгу отдельной главой. Основанием стал факт некоторой аномалии в орбитальном движении Фобоса — при ряде смелых допущений, конечно. Одно из них — малая плотность Фобоса. Был разработан и изготовлен прибор для определения его размеров при исследовании с борта космического аппарата. Он до сих пор, наверное, пылится на полках в ГАИШ. Вопрос решила прекрасная фотография Фобоса, полученная «Маринером-9» (1971). Карл Саган прислал её *Доктору*, написав на обороте: «Кажется, он не искусственный!» В те времена мало было известно о характеристиках атмосферы Марса и о самом Фобосе, но всё же...

⁵⁰ Агрест Матей Менделевич (20 июля 1915 – 20 сентября 2005) — математик, известный также как основатель теории палеовизитов на основе библейских сказаний, доктор физико-математических наук, автор более 200 статей и 5 монографий по математике, физике и астрономии. Участвовал в атомном проекте в Арзамасе-16 (1948–1951), работал в Сухумском физико-техническом институте (1951–1992). С сентября 1992 года жил и работал в США.

Через некоторое время вера в существование внеземных цивилизаций вообще покинула *Доктора*: если они до сих пор не нашли нас, значит их нет! Оптимисты резонно возражают, что мы, возможно, пока просто не удостоились контактов, не достигли адекватного уровня. И, может быть, ждать осталось совсем немного. Как это будет — если будет? Саган написал на эту тему научно-фантастический роман.

В 1969 году в Бюракане прошла международная конференция по вопросам поиска внеземных цивилизаций. Инициатором был Н.С. Кардашев. В.А. Амбарцумян, первое лицо советской астрономии, возглавлял местные оргкомитет. Каждое утро он звонил Коле и докладывал о ходе подготовки. Были приглашены и приехали лауреаты Нобелевской премии — точно помню Таунса⁵¹ и Крика⁵², может быть, были ещё. С тех пор интерес поутих. Эпоха «бури и натиска» прошла. Деятельность приобрела рутинный характер: ведутся поиски радиосигналов, обсуждаются философские и технические аспекты гипотетического будущего контакта. Появляются статьи и книги о летающих тарелках, пришельцах и т.п., но мало кто серьёзно к этому относится. Может быть, зря? А вдруг какой-то процент подобных сообщений правдив? Ведь хорошо известно, как долго не хотела официальная наука признавать метеориты телами небесного происхождения.

ХИМКИ. КОНЕЦ «ЛУННОЙ ГОНКИ»

В середине 1960-х годов лунная гонка навалилась на ОКБ-1 тяжким бременем. Кроме пилотируемых искусственных спутников Земли надо было разрабатывать, строить и испытывать пилотируемые лунные аппараты. Надо было также заниматься гигантской новой ракетой Н1 — аналогом американской «Сатурн-5». И тогда С.П. Королёв принял решение оставить за собой и своим ОКБ только пилотируемые аппараты, а лунные и планетные автоматы передать другому Главному и другой организации. Этим другим стал Георгий Николаевич Бабакин⁵³ — главный конструктор КБ завода им. С.А. Лавочкина. Химки, где находится это предприятие, до войны были дачным посёлком, а потом стали одним из промышленных городов-спутников. КБ и завод начали свою историю с самолётов-

⁵¹ Таунс Чарлз Хард — (*англ.* Charles Hard Townes; род. 28 июля 1915, Гринвилл, Южная Каролина) — американский физик, лауреат Нобелевской премии по физике (1964). Член Национальной академии наук США (1956), иностранный член Российской академии наук (1994).

⁵² Крик Фрэнсис (*англ.* Francis Crick; 8 июня 1916 – 28 июля 2004) — британский молекулярный биолог, биофизик и нейробиолог. Лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине 1962 года — совместно с Джеймсом Д. Уотсоном и Морисом Х.Ф. Уилкинсом с формулировкой «за открытия, касающиеся молекулярной структуры нуклеиновых кислот и их значения для передачи информации в живых системах».

⁵³ Бабакин Георгий Николаевич (1914–1971) — крупный советский учёный и конструктор в области ракетно-космической техники, член-корреспондент АН СССР, Герой Социалистического Труда, генеральный конструктор НПО им. С.А. Лавочкина.

истребителей, один из них остался на территории в качестве памятника. Потом перешли на боевые ракеты.

Позднее (1974) КБ и завод были переименованы в Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина, сокращённо НПОЛ. Ниже мы будем (условно) использовать это обозначение для всех периодов его истории. Путь НПОЛ к Луне начался с двух успешных экспедиций 1966 года: «Луна-9» — первая в истории мягкая посадка — и «Луна-10» — первый искусственный спутник Луны. Техническая документация на КА «Луна-9» была разработана, в основном, в ОКБ-1, так что этот успех был плодом совместного труда. Позднее НПОЛ готовил лунные экспедиции уже самостоятельно. Блестяще были решены две сложные задачи: автоматическая доставка на Землю образца лунного грунта («Луна-16») и создание движущегося аппарата — «Луноход-1» («Луна-17»), то и другое в 1970 году. В НПОЛ хранились традиции и культура производства высококачественной авиационной продукции, и это, возможно, был один из факторов, обеспечивших успех.

С научной и технической точки зрения «Луна-16» и «Луна-17» были проектами высочайшего класса. Такие миссии и сейчас, в начале XXI в., было бы не стыдно осуществить. Но с точки зрения пропаганды и политики они не имели большого значения, так как американские астронавты уже высадились на поверхность Луны («Аполлон-11»). Поразительно, что НАСА потребовалось всего несколько лет, чтобы пройти труднейший путь от первой жёсткой посадки на Луну до высадки на неё астронавтов. Насколько силён был политический ажиотаж вокруг «лунной гонки» свидетельствует тот факт, что за 4 дня до старта КА «Аполлон-11» в СССР была запущена «Луна-15» с задачей взять образец лунного грунта раньше американцев. Сделать это не удалось.

Программа АПОЛЛОН с шестью успешными посещениями Луны завершилась в 1972 году. Астронавты привезли на Землю 381 кг лунного вещества! Наши же автоматические станции («Луна-16», «Луна-20» и «Луна-24») в сумме всего только 350 г. После завершения программы АПОЛЛОН в США полёты к Луне прекратились. В СССР были проведены ещё три успешные экспедиции лунных автоматов — две по доставке вещества, в том числе с глубины 2 м, третья — с «Луноходом-2».

Предварительные итоги научных исследований Луны при помощи космических аппаратов были представлены на Советско-американской конференции в Москве в июне 1974 года. Одно из важных заключений состояло в том, что Луна имеет толстую кору, вещество которой прошло через стадию расплавления. Это позволяет предположить, что не только Луна, но также Земля и другие планеты земной группы прошли через стадию океана магмы. Абсолютные возрасты древнейших ударных кратеров составляют около 4 млрд лет — меньше, чем возраст древнейшего метеоритного вещества. Следовательно, эти кратеры не являются следами аккреционной бомбардировки, они появились позднее.

Последний вывод означает, что данные о самом процессе аккреции не получены, и вопрос о происхождении Луны остался не решённым.

Одна из возможностей состоит в том, что вещество Луны было выброшено из Земли в результате мега-импакта — столкновения с другим крупным телом. Нужны были дальнейшие исследования, но полёты к Луне прекратились до конца столетия, когда были запущены два небольших американских спутника — «Клементайн» (1994) и «Лунар Проспектор» (1998).

Идут разговоры о создании лунных баз, использовании лунных ресурсов и т.д., но к таким проектам не приступали, и неизвестно, когда это произойдёт. Причина понятна: стоимость их будет большой, а достаточно сильной политической мотивации (как это было во времена «лунной гонки») не ожидается.

ПЕРВЫЕ УСПЕШНЫЕ ПОЛЁТЫ НА ВЕНЕРУ

Венера — сестра Земли. Они близки по размерам, массе, количеству тепла, получаемому от Солнца. Ещё в середине 1950-х считалось, что поверхность Венеры, скрытая непроницаемым облачным слоем, должна быть похожа на земную, и, возможно, покрыта океаном, полностью или частично. На первых советских космических аппаратах «Венера» ставили датчик фазового состояния — простой прибор, похожий на плотницкий уровень, который должен был показать, сел КА на твёрдую поверхность или покачивается на морских волнах. Однако в последнем варианте многие уже тогда сомневались. Дело в том, что в 1956 году было открыто сильное радиоизлучение Венеры — с яркостной температурой T_B около 600 К на длинах волн 3 и 10 см. Независимость T_B от длины волны означает, что это излучение — тепловое. Были выдвинуты две основные гипотезы о природе его источника: 1) излучает горячая поверхность планеты, 2) излучает горячая ионосфера. Радиолокация Венеры показывала, что первый вариант более вероятен. Ещё одно косвенное свидетельство в его пользу дали измерения радиоизлучения Венеры с борта КА «Маринер-2» в 1962 году. Это была первая удачная планетная экспедиция.

В СССР запуски космических аппаратов к Венере начались с 1961 года. Один из них — КА «Венера-1» вышел на траекторию полёта к планете, но связь была потеряна. Всего в период с февраля 1961 по ноябрь 1965 годов ОКБ-1 было осуществлено 11 запусков, но все неудачные: либо авария при выводе, либо КА остался на низкой околоземной орбите, либо авария на пути к планете.

Успех пришёл в 1967 году: спускаемый аппарат (СА) «Венера-4» отделился от перелётного модуля, на второй космической скорости вошёл в атмосферу планеты, затормозился, раскрыл парашют и провёл измерения атмосферных параметров на высотах 55...25 км. Температура атмосферы на высоте 25 км составила 535 К, это означало, что поверхность ещё горячий. КА «Венера-4» был первым космическим аппаратом, который провёл измерения на другой планете.

По этой схеме орбитальный аппарат (перелётный модуль), от которого отделяется СА, входит в атмосферу и сгорает. Разделение производится

за несколько суток до входа. Передача информации, получаемой на СА, шла прямо на Землю при помощи антенны малой направленности, с низкой скоростью — 1 бит/с. Описанию проекта и его результатов был посвящён разворот в «Правде». Там был приведён рисунок с вертикальным профилем температуры и давления в атмосфере Венеры. Я никогда не видел подобного ни до, ни после.



КА «Венера-4» (1967)

Случайно или нет, но перелом совпал с передачей тематики от ОКБ-1 в КБ завода им. С. А. Лавочкина (так же, как это получилось и в случае «Луны-9»). Техническая документация была, в основном, разработана в ОКБ-1, однако химчане сделали некоторые доработки. Последующие планетные аппараты они разрабатывали совершенно самостоятельно.

Сотрудники КБ, получив планетную тематику, отнеслись к ней с увлечением и энтузиазмом. Насколько приятней посылать космические аппараты к планетам, чем заниматься смертоносным оружием! Как и положено, они решили начать с изучения предмета исследований. Для этого стали искать специалистов. Они вышли на Кронид Любарского⁵⁴ из ВАГО⁵⁵, а позднее — на меня. Кронид был известен как диссидент, допуска к секретной работе не имел, но для него сделали исключение и всё равно пустили на территорию. От имени ВАГО Кронид приготовил для них пухлый отчёт по Марсу. Позднее я его полистал, и стало не по себе: значительная часть отчёта была списана один к одному с рукописи моей книги «Физика планет», которая почему-то застряла у редактировавшей её Гали Саловой — жены Крониды. Ссылок не было... Я их хорошо знал, они закончили Астрономическое отделение МГУ через несколько лет после меня.

⁵⁴ Любарский Кронид Аркадьевич (4 апреля 1934, Псков – 23 мая 1996, Бали, Индонезия) — астрофизик, кандидат физико-математических наук, участвовал в разработках организации полётов космических аппаратов на Марс. Участник правозащитного движения в СССР, политзаключённый, автор идеи учреждения в 1974 году Дня политзаключённого в СССР, политэмигрант, член Московской Хельсинкской группы с 1989 года (возглавлял МХГ в 1994–1996 годах).

⁵⁵ ВАГО — Всесоюзное астрономо-геодезическое общество.

Когда вскоре Кронида судили за диссидентскую активность, я написал справку для суда о том, какой он большой учёный. Покрывил душой, но, может быть, это хоть чуть-чуть сократило ему срок. После освобождения Кронид и Галя были высланы из страны, жили в Мюнхене и вернулись в начале 1990-х годов. В августе 1992 года я видел подпись Крониды на постаменте памятника Дзержинскому. Насколько я знаю, Кронид позднее погиб, кажется, где-то за рубежом.

На «Лавочке» я прочитал лекции о Венере и Марсе, и вскоре меня попросили сделать для обеих планет так называемые инженерные модели атмосфер. Впоследствии я этим занимался много лет. Объём и детальность документов постепенно возрастали: от всего нескольких страниц в случае проекта ВЕНЕРА-4 и до ста для проекта МАРС-96.

Модели для проекта ВЕНЕРА-4 (средняя, максимальная и минимальная) были основаны на результатах наземных радиоастрономических и спектроскопических наблюдений. Этими моделями прогнозировались температура у поверхности от 500 до 700 К и давление от 3 до 40 бар. Поэтому после первого взгляда на данные КА «Венера-4» создалось впечатление, что он продолжал измерения вплоть до контакта с поверхностью. На борту был высотомер, но его показания были неоднозначны и не достоверны. Что же давать в газеты — продолжалась работа до посадки или закончилась раньше? Рассказывали, что вопрос решался голосованием на коллегии МОМ⁵⁶. Решили написать, что аппарат работал до жёсткой посадки на поверхность Венеры. И ошиблись! Это выяснилось довольно быстро, когда пришли данные американского космического аппарата «Маринер-5», который пролетел вблизи Венеры на сутки позднее. Во время его пролёта было проведено радиопросвечивание, по результатам которого параметры атмосферы были измерены дистанционно на высотах от 40 км и выше. Эти измерения были точно привязаны к высоте, и их сопоставление с данными «Венеры-4» показало, что наш аппарат замолчал на высоте около 25 км.

Это самое МОМ, которое всё решало, было именно той организацией, которая, в основном, распоряжалась космическими ресурсами страны. Расшифровка аббревиатуры — Министерство общего машиностроения — звучит туманно. Но все, кто работал в советские времена, знают, что правильнее было бы его назвать Министерством ракетно-космической промышленности. Ему подчинялись фирмы Королёва и Бабакина и многие другие. В бесценных книгах Чертока можно найти подробную информацию о том, что за фирмы и что они делали. Но и МОМ не был вершиной пирамиды. Над ним возвышалась ВПК — Военно-промышленная комиссия ЦК КПСС.

Вернёмся, однако, к проекту ВЕНЕРА-4. Когда пришли немудрёные данные измерений, я наивно думал, что мне предложат поработать над ними

⁵⁶ МОМ — Министерство общего машиностроения СССР — государственный орган, общесоюзное министерство в рамках Совета Министров, отвечавший за обеспечение всех космических работ в СССР. Образовано 2 апреля 1955 года.

в части вертикальной структуры атмосферы. Однако М. В. Келдыш поручил это В. С. Авдеевскому⁵⁷ и М. Я. Марову.

На самом деле руководителем был М. В. Келдыш, а следующей по значению персоной — академик А. П. Виноградов⁵⁸, директор ГЕОХИ (Института геохимии и аналитической химии АН). Он был председателем лунно-планетной секции МНТС по КИ. ГЕОХИ отвечал за научные эксперименты по измерению химического состава атмосферы на КА «Венера-4». Приборы разрабатывались группой Б. М. Андрейчикова в отделе Ю. А. Суркова. Они должны были измерять содержание CO_2 , N_2 , O_2 , H_2O . Из-за ограниченных информационных возможностей радиолинии можно было использовать только очень грубые датчики химического состава. Поэтому надёжные данные на самом деле были получены лишь по CO_2 — 90...95 %. Но и это был очень важный результат. Для N_2 и O_2 были найдены только верхние пределы, а для H_2O — довольно большие, но впоследствии не подтвердившиеся значения.

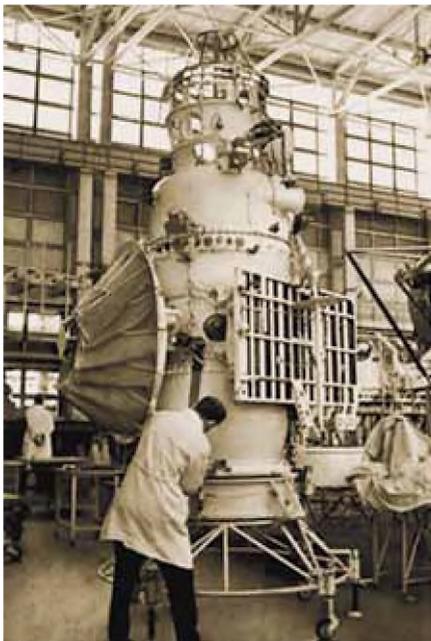
В полёте КА «Венера-4» была получена новая информация не только о нижних, но и о самых внешних слоях атмосферы Венеры: оказалось, что они состоят из атомарного водорода. Это показал лайман-альфа-фотометр В. Г. Курта, установленный на перелётном модуле. Дима подал заявку на открытие водородной короны Венеры, но она не была удовлетворена. Рецензент написал, что раз в атмосфере Венеры есть H_2O , то должна быть и водородная корона. Мне представляется, что это было совсем неубедительное возражение. Никто не говорил о существовании водородной короны Земли, пока её не обнаружили, а ведь на Земле воды значительно больше.

Любопытна реакция Доктора на сенсационный успех КА «Венера-4» Он опубликовал (в «Известиях», если не ошибаюсь) короткую заметку о том, что главный смысл результатов космических экспериментов состоит в подтверждении данных, полученных ранее наземной радиоастрономией. Отчасти это было правдой, но М. В. Келдыш был очень недоволен. Впоследствии И. С. неоднократно повторял, что космические аппараты не могут дать ничего принципиально нового в исследованиях Солнечной системы. И был глубоко не прав.

Как уже говорилось, американский пролётный аппарат «Маринер-5» прошёл около Венеры через день после КА «Венера-4» и провёл дистанционные измерения характеристик атмосферы. В течение последующего десятилетия НАСА не занималось исследованиями Венеры, если не считать пролёта КА «Маринер-10» на пути к Меркурию в 1973 году.

⁵⁷ Авдеевский Всеволод Сергеевич (28 июля 1920 — 14 марта 2003) — учёный в области аэромеханики и проблем космических полётов, академик АН СССР (1979); лауреат Ленинской и Государственных премий СССР, премии Совета Министров СССР и премии им. Н. Е. Жуковского.

⁵⁸ Виноградов Александр Павлович (9 августа 1895 – 16 ноября 1975) — советский геохимик, организатор и директор Института геохимии и аналитической химии (ГЕОХИ) АН СССР, основатель и руководитель первой отечественной кафедры геохимии (в МГУ), вице-президент, академик АН СССР. Иностраннный член Болгарской АН (1974).



КА «Венера-7» (1970) и «Венера-8» (1972)

В СССР, напротив, стали посылать КА к Венере систематически, используя вначале каждое астрономическое окно (интервал около полутора лет), а потом «через раз», с интервалом около трёх лет. За КА «Венера-4» последовали другие похожие экспедиции с постепенно наращиваемой защитой спускаемого аппарата от высоких температур и давлений. КА «Венера-7» (1970) впервые осуществил мягкую посадку и передал сигналы с поверхности планеты. Из-за отказа коммутатора в системе сбора информации были получены данные только о температуре — но зато более подробные, чем на предыдущих КА. Все аппараты — от «Венеры-4» до «Венеры-7» — садились на ночной стороне, этого требовали условия навигации в использовавшейся схеме полёта. Поскольку в дальнейшем планировалось провести фотографирование поверхности Венеры после посадки, надо было узнать, доходит ли до поверхности хоть немного солнечного света. Поэтому КА «Венера-8» (1972) намеренно посадили на освещённой стороне планеты, хотя и очень близко к терминатору. Фотометр на длину волны около 0,8 мкм показал, что некоторое количество солнечной энергии проникает вплоть до поверхности. Это было важно не только для съёмки. Мне кажется, что на самом деле важнее другое: это стало первым свидетельством в пользу парникового эффекта как основного механизма поддержания высокой температуры на Венере. Эксперимент предложили В. С. Авдуевский и М. Я. Маров, а прибор разработали в НИИТП (полное наименование — НИИ тепловых процессов МОМ (1965–1995), сейчас Центр космических исследований им. М. В. Келдыша) Б. Е. Мошкин и А. П. Экономов, позднее перешедшие в ИКИ.

На КА «Венера-8» впервые были получены данные о минеральном составе поверхностного слоя планеты: по её гамма-излучению было определено содержание радиоактивных элементов (K, U, Th), соответствующее земным базальтам. Это был эксперимент Ю. А. Суркова.

ИКИ. МАРСИАНСКИЕ ХРОНИКИ 1970-х

Формально день рождения ИКИ — 15 мая 1965 года. Но реально институт формировался постепенно. Предполагалось собрать под одной крышей московские лаборатории и группы, работающие в разных областях «фундаментальной» космической науки — в солнечно-земной физике, исследованиях Луны и планет, космической астрономии, исследовании Земли из космоса, космическом материаловедении. Такая многоплановость и неоднородность научных интересов создаёт трудности в организации работы, отдельные направления конкурируют между собой и в последние годы часто высказывалась мысль о разукрупнении. Что касается меня, то я был и буду против этого.

Дело в том, что институт нацелен, в первую очередь на космический эксперимент. Он обеспечивает учёных технической поддержкой: инженерами-разработчиками, опытным производством для изготовления приборов, испытательной базой, подразделениями для сбора, хранения и первичной обработки информации. Поэтому здесь работает много технических специалистов — инженеров, техников, программистов, рабочих. Поддерживается особый тип взаимодействия учёных и космической промышленности — комплексная служба. Сотрудники комплексных отделов выполняют несколько задач: 1) собирают данные о характеристиках научных приборов и требованиях к системам космического аппарата со стороны науки, и, наоборот, ограничения со стороны этих систем; 2) разрабатывают служебный прибор, собирающий информацию от научных приборов и направляющий её в радиолинию; 3) составляют программу испытаний комплекса научной аппаратуры (НА) в ИКИ и на заводе; 4) составляют программу работы комплекса НА в полёте; 5) организуют приём научной информации во время полёта.

Благодаря работе комплексников ИКИ поставляет приборы на завод обычно не «россыпью», а в виде единого комплекса с необходимым контрольно-испытательным оборудованием и программным обеспечением. В некоторых (редких) случаях ИКИ разрабатывал космические аппараты самостоятельно. Ни один другой институт Академии наук не обладает такими возможностями. С другой стороны, эти возможности значительно меньше, чем в американских космических центрах, таких как JPL или GSFC. Тем не менее, наш институт был и остаётся хорошей базой для поддержки научных исследований при помощи космических аппаратов.

Однако с годами роль ИКИ существенно эволюционировала. В течение многих лет он был головным учреждением в области фундаментальных научных исследований в космосе. У нас был отдел перспективного планирования. Позиция ИКИ существенно влияла на формирование программ исследований околоземного пространства, Солнечной системы,

и астрономических. В 1990-х годах эта роль была по ряду причин в значительной степени утеряна.

Первым директором ИКИ был академик Г.И. Петров⁵⁹, работавший до того в НИИТП. Интеллигентный человек, не очень приспособленный к директорству. У него были три заместителя: Г.А. Скуридин, Ю.К. Ходарев и Г.С. Нариманов. О первом уже кое-что рассказывалось. Ю.К. Ходарев принёс и реализовал идею комплексных отделов и привёл нужных для этой работы людей. Однако довольно быстро стал доводить её до абсурда, фактически ставя комплексников над учёными. Он занимался в ИКИ всеми вопросами, связанными с техникой. Георгий Степанович Нариманов, генерал, осуществлял связь института с Минобороны. У него были научные работы высокого класса по динамике ракетного полёта.

Довольно быстро отношения между Скуридиным и Ходаревым испортились. Насколько я понимаю, дело было в контроле над финансами. Ю.К. через некоторое время победил, а Г.А. надолго утратил влияние на дела ИКИ. Кратковременный рецидив имел место в период развёртывания проекта ВЕГА.

Первые два года ИКИ не имел своего помещения, лаборатории ютились по съёмным подвалам, страдали от потопов и т.д. Начали строить главное здание, но для начала возвели четыре стандартных двухэтажных «парикмахерских». Туда переселилась дирекция, ютившаяся до того в здании ИПМ⁶⁰, и часть лабораторий. Кроме того, создали производственную базу, но не в Москве, а во Фрунзе. Там на территории бывшей кроватной фабрики развернулось ОКБ ИКИ⁶¹, специализированное, главным образом, на электронике. Расстояние не было большим препятствием — авиабилеты были тогда дешёвыми.

В 1967 году Шкловский, Курт, Кардашев и Слыш⁶² перешли в ИКИ, образовав там отдел астрофизики. Я медлил, не хотел расставаться с наземной астрономией, но ввязался в реальный космический проект, предложил прибор для установки на искусственный спутник Марса, запуск которого —

⁵⁹ Петров Георгий Иванович (18 мая 1912 – 13 мая 1987) — советский учёный-механик, специалист в области гидроаэромеханики и газовой динамики, вместе с С.П. Королёвым и М.В. Келдышем стоявший у истоков космонавтики. Академик АН СССР (с 1958; член-корреспондент с 1953), доктор технических наук (1950), лауреат Сталинской премии первой степени (1949) и Государственной премии СССР (1979). Герой Социалистического Труда (1961).

⁶⁰ ИПМ — Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша Российской академии наук, образован в 1933 году.

⁶¹ ОКБ ИКИ — Особое конструкторское бюро Института космических исследований АН СССР (ОКБ ИКИ АН СССР), — основанное в столице Киргизской ССР в 1967 году, филиал ИКИ, занимавшийся приборостроением для космической отрасли и просуществовавший до 2008 года.

⁶² Слыш Вячеслав Иванович (19 ноября 1935 – 22 сентября 2008) — российский учёный-астрофизик, член-корреспондент РАН (с 1997). Специалист в области экспериментальной и теоретической астрофизики.

на «Протоне»⁶³ — планировался на 1969 год. Это был хитроумный фотометр (ИБ — измеритель влажности) для дистанционных измерений содержания H_2O в атмосфере Марса. Ю.К. Ходарев встретил предложение очень доброжелательно, моментально предложил ЦКБ УП⁶⁴ АН СССР для разработки и изготовления оптико-механического блока, ОКБ ИКИ — для электронного блока. Лабораторный макет, а также исходная техническая документация делались в ГАИШ. Я взял для этой работы новых сотрудников, с которыми быстро сдружился и дружен до сих пор, хотя видимся всё реже и реже. Это А.Э. Наджип, А.А. Либерман и Н.А. Парфентьев. Я тоже вкалывал вовсю: разработал две платы, сидел с паяльником, писал документацию и т.д. Но главной моей обязанностью было убедиться, что лабораторный макет работоспособен и действительно может дистанционно измерять содержание водяного пара на луче зрения. Всё было сделано в срок, хотя начали всего лишь за два года до запуска.



В. Г. Курт, В. И. Мороз, Н. С. Кардашёв рассказывают о семинаре ИКИ

Именно в проекте MAPC-69 в полную силу развернулась в ИКИ работа комплексников. Е.М. Васильев, В.И. Субботин и их сотрудники прошли потом вместе с нами через многие планетные проекты. Иногда возникали трения, но в целом их работа была очень нужной и эффективной.

Исследования планет и малых тел Солнечной системы формально были одним из главных научных направлений ИКИ со времени его основания. Однако в первые годы работы были рассредоточены по разным

⁶³ «Протон» (УР-500, «Протон-К», «Протон-М») — ракета-носитель (РН) тяжёлого класса, предназначенная для выведения автоматических космических аппаратов на орбиту Земли и далее в космическое пространство.

⁶⁴ ЦКБ УП — Центральное конструкторское бюро уникального приборостроения Академии наук.

подразделениям. Г.И. Петров несколько раз предлагал мне объединить их в едином планетном отделе, но я отказывался, так как привык работать только с небольшой группой. Кроме того, я знал о претензиях на руководство планетным направлением в ИКИ таких «китов» как академики А.П. Виноградов и К.Я. Кондратьев⁶⁵, и мне совершенно не хотелось вдруг оказаться под кем-либо из них.

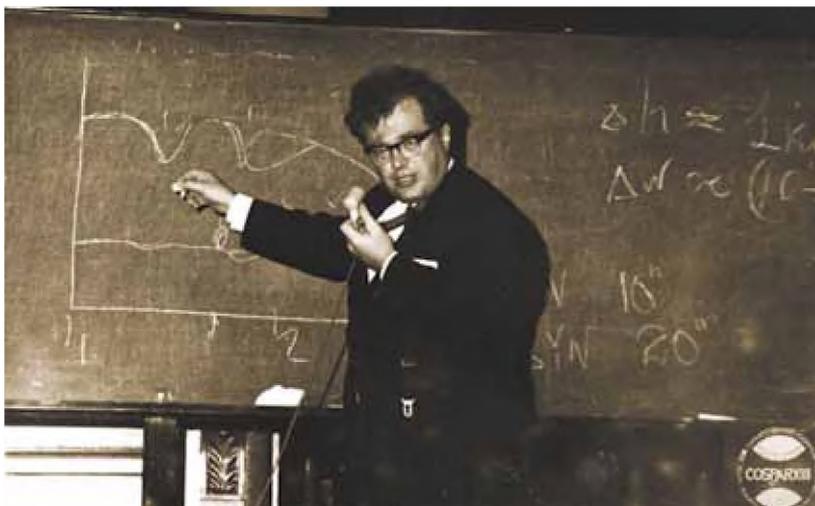
В 1969 году я начал работать в отделе астрофизики ИКИ завлабом на полставки, а моя основная позиция по-прежнему оставалась в ГАИШ. После неудачи с проектом МАРС-69 надо было немедленно начинать работу над следующей программой. Я не стал переводить свою гаишевскую группу в ИКИ, поскольку здесь и сам ограничился совместительством. Вместо этого моя лаборатория в ИКИ формировалась из новых сотрудников. Леонид Васильевич Ксанфомалити пришёл из Института источников тока, а до того он долгое время работал в Абастуманской обсерватории. Андрей Михайлович Касаткин руководил в ИКИ сектором, т.е. примерно дюжиной инженеров. Особенно выделялись среди них Б.Н. Кунашев и Г.Н. Красовский. Мы решили для проекта МАРС-71 сделать фотометрический комплекс (ФКМ), состоящий из нескольких приборов: радиометр теплового диапазона, фотометр на полосы CO₂ и другой на видимую область спектра.

Леонид Васильевич Ксанфомалити — выпускник Ленинградского Политехнического института. По профессиональной подготовке — электронщик. В Абастумани разрабатывал поляриметры для наблюдений Луны, наблюдал с ними и постепенно втянулся в планетную астрономию. Впоследствии, уже в ИКИ, сделал несколько интересных работ в области исследований планет, защитил докторскую диссертацию, написал две книги — обзорную [Ксанфомалити, 1985] и научно-популярную [Ксанфомалити, 1997]. Леонид Васильевич — разносторонний, инициативный научный работник. Вначале мы действовали с ним в тесном контакте, но довольно быстро стало ясно, что Л.В. — человек с трудным характером, и следует, по возможности, не ставить себя и свою работу в зависимость от колебаний его настроения.

Андрей Михайлович Касаткин принадлежал к числу старых энтузиастов-самоучек, игравших в советской науке немалую роль ещё с довоенных времён. Он был хорошим конструктором-приборостроителем, до ИКИ занимался исследованиями на метеорологических ракетах в Институтах прикладной геофизики (ИПГ) и физики атмосферы (ИФА). Несмотря на отсутствие систематического образования, А.М. многое знал, умел и понимал. Это был приятный и лёгкий в общении человек. Он предполагал, что в ИКИ будет заниматься аппаратурным комплексом для исследования природных ресурсов Земли, но сложилось так, что Марс оказался более реальной целью, чем наша планета, и я легко «соблазнил» его этой перспективой.

⁶⁵ Кондратьев Кирилл Яковлевич (14 июня 1920 – 1 мая 2006) — российский геофизик, академик АН СССР (1984) и РАН (1991), Заслуженный деятель науки и техники РФ, советник РАН, почётный доктор наук университетов Афин, Будапешта и Лилля. Основные труды относятся к исследованиям в области физики атмосферы, спутниковой метеорологии, атмосферной оптики, актинометрии, проблемам глобальной экологии и глобальных изменений.

Сектор А.М. Касаткина стал частью моей лаборатории, которая, в свою очередь, была частью отдела астрофизики И.С. Шкловского (в ИКИ первоначально была трёхступенчатая структура). Очень нетривиальный и компактный космический ИК-радиометр, предложенный Касаткиным для Марса, Л. В. Ксанфомалити потом успешно реализовал и для Венеры.



В. Мороз делает доклад на симпозиуме КОСПАР в Ленинграде

Проект МАРС-71 завершился успешным запуском двух идентичных аппаратов — «Марс-2» и «Марс-3». Каждый из этих аппаратов состоял из спутника и посадочного модуля. В состав научного комплекса спутников снова вошёл дистанционный «водомер» (теперь уже ИВ-2). Он остался, по существу, под полной ответственностью А.Э. Наджиба. Кооперация (ГАИШ / ЦКБ УП / ОКБ ИКИ) сохранялась, и тут у меня забот не было. А вот найти изготовителя для ФКМ-71 оказалось очень трудно. Надо было привлечь одно из предприятий оптико-механической промышленности. Они были в подчинении Миноборонпрома, но это ведомство Марсом не интересовалось. Время шло, ничего не получалось.

Одно время ситуация казалась катастрофической. Я это так переживал, что свалился в депрессию и на 3 месяца отключился. Но Ксанфомалити и Касаткин, действовавшие в тот период очень дружно, справились и без меня. Это был хороший урок: надо доверять своим сотрудникам, не брать всё на себя. Удалось подключить ГИПО (Государственный институт прикладной оптики, Казань), часть электроники делалась в ОКБ ИКИ. К сожалению, искусственные спутники «Марс-2» и «Марс-3» работали на орбите лишь короткое время. «Марс-2» вышел на орбиту, в принципе, выгодную для измерений, но качество телеметрии было отвратительным — она не поддавалась расшифровке. Телеметрия КА «Марс-3» была вполне удовлетворительной, но орбита оказалась неудачной. Её период составлял около трёх недель. Сеансы измерений проводились только

в перигеуме, и таких «рабочих» перигеумов оказалось всего только семь. Главной задачей обоих спутников было получение изображений, но она не была выполнена. Первые два месяца после выхода на орбиту на Марсе бушевала глобальная пылевая буря, и прихоронили ТВ-кадры, лишённые каких-либо деталей. А потом закончился ресурс аппаратуры. Наши приборы работали хорошо: при каждом прохождении перигеума мы прописывали распределение температуры, содержание H_2O и яркость в нескольких длинах волн — от лимба до лимба. Мы были счастливы. Только много позднее я понял, сколь мизерным был этот «вклад» в марсианскую науку.

Ещё хуже вышло с посадочными модулями — спускаемыми аппаратами (СА). СА «Марс-2» разбился из-за неправильного угла входа в атмосферу. СА «Марс-3», по-видимому, при посадке не погиб, во всяком случае, он начал передавать ТВ-изображение! Но передача оборвалась, пришла только узкая полоска без всяких деталей. Я был в числе тех, кто с надеждой следил за печатающим устройством, на которое выводилась информация. Это был мой первый визит в ЦДКС — Центр дальней космической связи в Евпатории. Наша лаборатория не имела приборов на борту СА. Но там было много интересного — приборы для исследования состава поверхностного слоя, метеоконструкция и даже микромарсход. Хотя научные данные не были получены, эти посадочные аппараты заняли почётное место в истории космических исследований: СА «Марс-2» был первым земным объектом, попавшим на Марс, СА «Марс-3» первый совершил мягкую посадку.

Институт космических исследований сосредоточился тогда на марсианских проектах по двум причинам: 1) высокий научный приоритет исследований Марса и 2) стремление обрести собственную экологическую нишу в исследованиях планет космическими средствами. Объясню сначала второй пункт: научные программы миссий к Луне и Венере (вплоть до 1972 года) находились, в основном, под контролем ГЕОХИ, и было непонятно, как сюда можно вклиниться. В случае Марса это было проще.

Что же касается научных приоритетов, то Марс среди планет Солнечной системы представляет, как известно, особый интерес. По характеристикам поверхности, атмосферы и климата он ближе к Земле, чем все остальные планеты, включая её «сестру» Венеру. Возможно, что в далёком прошлом на Марсе были более плотная атмосфера, более тёплый климат, чем сейчас, и открытые водоёмы. Там могла зародиться жизнь.

Гипотеза о жизни на Марсе впервые была высказана ещё в XIX столетии для объяснения сезонных изменений тёмных областей на его поверхности. Позднее была предложена иная интерпретация. Однако попытка найти следы биосферы на этой планете остаётся одной из главных идей при разработке долговременных программ исследований Марса. Все понимают, что начинать надо с другого — больше узнать о самой планете. По поводу же будущих поисков жизни на Марсе Георгий Иванович Петров сказал очень хорошо: «Найти жизнь на Марсе, если она там есть, может быть, удастся. Но если её там нет, то доказать это будет невозможно!» Цитата, конечно, приблизительная.

ОКБ-1 в 1960–1965 годах сделало восемь попыток запустить космический аппарат к Марсу — все на носителе «Молния». Только четвёртый КА — «Марс-1» (1962) — прошёл вблизи планеты, но связь с ним была к этому времени потеряна. Две попытки сделала JPL⁶⁶ и одна из них увенчалась успехом (1964): «Маринер-4» прошёл около Марса и передал 22 его изображения. Марс выглядел на них очень похожим на Луну: много ударных кратеров, ничего другого в поле зрения тогда не попало.



Ежегодный микросимпозиум по сравнительной планетологии в ГЕОХИ (1986).
Стоят (слева направо): В. А. Краснопольский, Л. В. Ксанфомалити, В. Л. Барсуков, Дж. Хэд (Брауновский университет), Р. З. Сагдеев, А. Чикарро (ЕКА), А. Базилевский, В. Мороз. Сидят: К. Питерс, Э. Стофан (Университет Брауна — Brown University)

Потом за Марс взялся Г. Н. Бабакин. О том, что произошло в окнах 1969 и 1971 годов, уже говорилось. Следующее астрономическое окно было в 1973 году, и его пропускать не стали. Запустили четыре аппарата — два из них, КА «Марс-4» и «Марс-5», должны были стать искусственными спутниками планеты, два других, КА «Марс-6» и «Марс-7», — доставить СА. На аппаратах «Марс-4» и «Марс-5» мы поставили приборы, аналогичные прежним, и добавили ещё четыре: инфракрасный спектрофотометр ИКС, поляриметр ВПМ, спектрометр для измерений эмиссий верхней атмосферы и фотометр на озон. Спектрофотометр вели Н. А. Парфентьев и я, поляриметр — Л. В. Ксанфомалити, а два других — В. А. Краснопольский. Расширилась наша приборостроительная кооперация с промышленностью:

⁶⁶ JPL — Jet Propulsion Laboratory (*англ.*) — Лаборатория реактивного движения (ЛРД) — научно-исследовательский центр НАСА (Национальное управление по воздухоплаванию и исследованию космического пространства — *англ.* National Aeronautics and Space Administration — NASA).

спектрофотометр и поляриметр были заказаны Казанскому оптико-механическому заводу (КОМЗ). Поляриметр калибровали во Франции, в лаборатории А. Дольфюса — известного специалиста в области поляризметрических исследований планет и спутников.

В 1973 году был сформирован отдел физики планет ИКИ, и новые мои сотрудники поставили приборы на посадочные аппараты: масс-спектрометр (В.Г. Истомина) и метеоконкомплекс (В.М. Линкин). В те годы обилие заявленных экспериментов не соответствовало реальному обеспечению кадрами и оборудованием. Мы были слишком жадными, набирали больше бортовых экспериментов, чем могли выполнить на должном уровне. Ужасно давил недостаток времени. Например, ИСМ проектировался как прибор с клиновым интерференционным фильтром (КИФ), но его не сделали в срок, и КИФ пришлось заменить примитивным диском с набором дискретных фильтров. Не было надёжной базы для лабораторной калибровки бортовых оптических приборов. И я только немного позже понял, какой она в идеале должна быть.

В общем, была бурная деятельность, и завершилась она не очень-то весело. Орбитальный аппарат (ОА) «Марс-4» и СА «Марс-7» проскочили мимо планеты, ОА «Марс-5» вышел из строя после нескольких орбитальных сеансов измерений, СА «Марс-6» исправно передавал информацию во время спуска в атмосфере, но замолчал после посадки. Однако это были первые прямые измерения метеорологических параметров марсианской атмосферы. ТВ-изображения Марса на этот раз были получены вполне приличного качества. Только их было мало, около 200. «Маринер-9» получил примерно в 10 раз больше и двумя годами раньше. На КА «Марс-5» все наши приборы работали. Работал успешно плазменный комплекс. Первые статьи по всем полученным результатам были собраны в специальном тематическом номере журнала «Космические исследования» (1975. Т. 13. Вып. 1) — это произошло впервые в его истории; потом мы делали тематические номера по каждой советской планетной миссии (кроме ФОБОС) («Венера-9, -10» // Космические исследования. 1976. Т. 14. Вып. 5, 6; «Венера-11, -12» // Письма в Астрономический журнал. 1979. Т. 5. № 3; Космические исследования. 1979. Т. 17. № 5; «Венера-13, -14» // Космические исследования. 1983. Т. 21. Вып. 2; «Венера-15, -16» // Космические исследования. 1985. Т. 23. Вып. 5 и 6; «Vega-1» и «Vega-2», комета: Halley comet fly by Vega and Giotto (Encounters with Halley) // Nature. 1986. V. 321. P. 259–366; Венера и комета // Письма в Астрономический журнал. 1986. Т. 12. № 1 и 2; Космические исследования. 1987. Т. 25. Вып. 5 и 6; Аэростатные зонды на Венере // Science. 1986. V. 321).

Через несколько лет я написал книгу о Марсе [Мороз, 1978]. Вероятно, не следовало этого делать. Ведь из девяти наших марсианских стартов — с 1969 по 1973 год — только пять дали некоторые научные результаты. На фоне американских — увы, второстепенные. Почти все новые знания о Марсе, добытые к восьмидесятым годам, были получены в миссиях НАСА («Маринер-9» и «Викинг»), советский вклад оказался незначительным. Исключение составляют данные о взаимодействии планеты с солнечным ветром: такие исследования были только на советских КА «Марс-3» и «Марс-5».

Все эти наши «марсианские хроники» сейчас видятся почти как трагедия, тем более что их продолжение в 1990-х годах оказалось ещё более мрачным. Но осенью 1971 года мы были просто в восторге, глядя на информацию, которую наши приборы прислали с далёкой планеты. Были написаны статьи с анализом данных, сделаны доклады на XVIII сессии КОСПАР⁶⁷ (Болгария, Варна, 28 мая – 11 июня 1975 года). Что касается моей книги, то там было собрано всё главное, что было известно о Марсе к тому времени, включая результаты наземных наблюдений, «Маринера-9», наших миссий и первые результаты «Викинга-1» и «Викинга-2». В книге «Марс» Аризонской серии имеется статья [Snyder, Moroz, 1992], где кратко описаны вместе советские и американские миссии к этой планете с почти полной библиографией советских результатов. НАСА выпустило небольшую книгу сотрудника НПОЛ В.Г. Перминова [Perminov, 1999], посвящённую технической истории советских миссий МАРС-69, -71 и -73. Было бы интересно прочитать её когда-нибудь на русском языке.

После проекта МАРС-73 по инерции мы сделали комплекты приборов на спутники по проекту МАРС-75 — аналогичные комплектам для КА по проекту ВЕНЕРА-75. Нечаянно я залетел в кабинет директора (это был уже Р.З. Сагдеев), как раз в момент, когда он объяснял по телефону тогдашнему Главному конструктору НПОЛ С.С. Крюкову, что с Марсом пора остановиться. МАРС-75 не состоялся, и слава Богу. Промышленность теряла правильное видение собственных возможностей. Ярким свидетельством был тот факт, что КБ НПОЛ в последующие несколько лет работало над совсем неподъёмной задачей: доставкой образца марсианского вещества на Землю.

СНОВА ВЕНЕРА — И НАДОЛГО

Все «Венеры», вплоть до 8-й (1972), запускались на ракете-носителе «Молния». Было решено пропустить очередное окно запуска, создать совсем новый СА и запустить его на «Протоне». Где-то в начале 1970-х годов вызывает меня Георгий Иванович и с укоризной говорит: «Вам велел сделать строгое замечание М. В. Келдыш. Зачем вы дали НПОЛ обоснование научной программы искусственного спутника Венеры? Он считает, что Вы поступили неправильно».

А дело было так. Приехал ко мне сотрудник НПОЛ и рассказал, что они начинают работу над следующим поколением аппаратов для исследования Венеры: запуск на «Протоне», посадочный модуль отделяется от основного аппарата, который после этого не гибнет в атмосфере, как было раньше, а выходит на орбиту искусственного спутника. Спутник используется в качестве ретранслятора, что позволяет на два порядка увеличить объём информации, передаваемой с посадочного модуля.

⁶⁷ КОСПАР (*англ.* Committee on Space Research — COSPAR) — Комитет по космическим исследованиям при Международном совете научных союзов. Организован в 1958 году с целью проведения в международном масштабе научных космических исследований с использованием ракет и искусственных спутников Земли.

Естественно, что и на самом спутнике надо поставить научные приборы. Сделайте для нас — неофициально, от себя — справку: какие задачи, по вашему мнению, могли бы решаться на искусственном спутнике Венеры, каким может быть состав научной аппаратуры? Я написал пару страниц, отдал ему.

Чем Мстислав Всеволодович был недоволен? Вряд ли узнаем!

Работа над проектом развернулась, и он был блестяще реализован в 1975 году. Были запущены два космических аппарата — «Венера-9» и «Венера-10». За несколько дней до подхода к планете отделились посадочные аппараты, а сами они перешли на орбиту искусственных спутников планеты. На посадочных аппаратах были впервые получены панорамные изображения поверхности Венеры. «Мы не думали, что это возможно», — сказал тогда известный американский учёный И. Ресул. Искусственные спутники Венеры были тоже первыми в мире.

Г.И. Петров назначил меня — в то время ещё работавшего на полставки — научным руководителем этого проекта, думаю, по инициативе Ю.К. Ходарева и Е.М. Васильева. На самом деле мои права и обязанности как научного руководителя были ограниченными, они примерно соответствовали тому, что в НАСА и ЕКА называется “Project Scientist”, руководитель научной группы проекта, отвечающий за координацию и оптимизацию требований разных экспериментов (иногда почти несовместимых). В 1980-е годы, когда понадобились пробивная сила, влияние в академии и т.д., научными руководителями становились, как правило, академики и директора.

В 1973 году директором ИКИ стал Роальд Зиннурович Сагдеев, в то время самый молодой среди «полных» академиков. Почему именно он, не имевший до того никакого отношения к космосу? Насколько я понимаю, его воцарение в ИКИ было связано с тремя обстоятельствами: 1) ИКИ был подчинён ООФА — отделению общей физики и астрономии АН СССР, однако Г.И. Петров был членом другого отделения, и в ООФА на него смотрели как на чужака; 2) Г.И. Петров, будучи человеком уже сильно в годах, слишком передоверил полномочия Ю.К. Ходареву, а с ним «решать вопросы» стало трудно; я уже не помню, как и из-за чего разгорелся сыр-бор, но именно из отдела астрофизики в ООФА прошёл сигнал, что директора надо бы найти нового и помоложе; 3) в ООФА в это время хозяином был Лев Андреевич Арцимович⁶⁸, который Роальда очень ценил и хотел помочь ему в трудоустройстве. Дело в том, что Р.З. уехал из Новосибирского академгородка, где ранее работал, и был в поисках приличного руководящего поста — желательно, директора солидного московского института. Всё сошлось, и Сагдеев стал директором.

⁶⁸ Арцимович Лев Андреевич (1909–1973) — известный советский физик, академик АН СССР, Герой Социалистического Труда, непосредственный участник советского атомного проекта. Область интересов: физика высокотемпературной плазмы и управляемый термоядерный синтез.

Снова мне было сделано предложение возглавить отдел планетных исследований. На этот раз я согласился. Р.З. на очередном партхозактиве твёрдо сказал, что, по его мнению, Мороз и Ксанфомалити по логике вещей должны быть в отделе планет, а не астрофизики. Стало ясно, что дальнейшее «сопротивление» может быть опасным. Правда, соглашаясь, я поставил условия: тематика отдела должна быть ограничена физическими исследованиями атмосфер и поверхности планетных тел, я не буду руководить геологами, а также специалистами по ТВ-съёмке (надо сказать, что и те и другие были почему-то не в ладах между собой, и мне не улыбалось стать арбитром). При этом я не имел в виду, что их надо выгнать из института, пусть бы остались отдельными подразделениями. Новый директор хотел перемен и побыстрее. Немедленно после разговора со мной он позвонил А.П. Виноградову и договорился о переводе в ГЕОХИ лаборатории планетной геологии и картографии (К.П. Флоренского). Ушёл отдел, занимавшийся космической ТВ-съёмкой (Б.Н. Родионов). А это было тоже нужное в ИКИ направление. К счастью, оно потом возродилось в рамках другого подразделения — отдела оптико-физических исследований (Г.А. Аванесов⁶⁹).

По-видимому, какую-то роль в моём назначении сыграл Лёва Мухин⁷⁰. Я с ним сблизился на базе своего нового увлечения — автомобиль. Я только что купил свою первую «копейку». Прав ещё не было. Л.В. Ксанфомалити очень помог мне при покупке, тренировал меня несколько раз за городом. Но вскоре к моему автомобильному воспитанию подключился Мухин, заведующий лабораторией экзобиологии — было тогда в ИКИ и такое подразделение. Лёва очень любил гонять машину, был коммуникабелен, и мы подружились. Озабоченный дальнейшей судьбой лаборатории, Лёва решил, что для неё естественным местом был бы планетный отдел, и Мороз его вполне устраивал в качестве руководителя. Ясно, что Лёва меня рекомендовал. С Сагдеевым Лёва учился на одном курсе, и контакт легко возобновился. На самом деле альтернативных вариантов не было. Я не ушёл бы из отдела Шкловского под командование чужого для меня человека.

Но И.С. был недоволен моим уходом. «Это профессор с паяльником в руках» — так *Доктор* меня охарактеризовал Сагдееву. Не повлияло. А когда я дал согласие, то в отделе астрофизики *Доктор* объявил: «Вася скурвился!» Ему было свойственно такое — обругать заглазно, но в лицо упреков не повторять. Мы не поссорились. Я часто приходил к нему в конце рабочего дня поговорить о том, о сём и отвезти его домой.

Итак, отдел физики планет и малых тел Солнечной системы в 1974 году был сформирован. Я прошёл по конкурсу (как водится, формальному, без конкурентов) на должность заведующего и перешёл в ИКИ на основную

⁶⁹ Аванесов Генрих Аронович — доктор технических наук, профессор, лауреат Ленинской премии, заслуженный деятель науки Российской Федерации, автор множества публикаций по сугубо специальным научно-техническим вопросам.

⁷⁰ Мухин Лев Михайлович (1933–2009) — профессор, лауреат Государственной премии СССР, доктор физико-математических наук, член Нью-Йоркской академии наук, член Международной академии наук астронавтики.

работу, оставшись в МГУ, где проработал до того 18 лет, профессором по совместительству. В отдел вошли пять лабораторий:

- спектроскопии (В. И. Мороз),
- фотометрии и ИК-радиометрии (Л. В. Ксанфомалити),
- масс-спектрометрии (В. Г. Истомин),
- физико-химических исследований планет (Л. М. Мухин)
- планетной геологии (К. П. Флоренский⁷¹).

Первые три лаборатории были нацелены, в основном, на подготовку и проведение научных экспериментов на космических аппаратах. У Мухина интересы были шире, но включали и космический эксперимент. А интересы лаборатории Флоренского находились в области планетной геологии и картографии. Экспериментом они заниматься не хотели, соответствующих специалистов не имели. Не их это стихия.

Группа Л. В. Ксанфомалити входила как сектор в мою лабораторию в отделе астрофизики. Но при реорганизации я предложил её выделить в отдельную лабораторию. Всего в новый отдел вошло тогда около 70 сотрудников. Столько же, примерно, и сейчас. Одни ушли, другие пришли. Ушла в ГЕОХИ лаборатория Флоренского, но число лабораторий стало даже больше — их теперь семь.

Я очень жалел потом об уходе лаборатории Флоренского, хотя и понимал, что в ГЕОХИ они более на месте, чем в ИКИ. Кирилл Павлович — сын известного философа — сам был учёным широкого профиля, «естествопытателем», как любили говорить его сотрудники. Бывший фронтовик, в армии был политработником, как Ситник и Липский, о которых я уже писал.

Лаборатория Истомина имела большой опыт масс-спектрометрических исследований земной верхней атмосферы. За эти работы Вадим Глебович был удостоен Ленинской премии и получил степень доктора наук без защиты. Но это было ещё до прихода в ИКИ. Планетный же дебют вылился в конфуз — грубо завышенную оценку содержания аргона в атмосфере Марса: 35 % по объёму, что в 20 раз больше, чем было получено позднее на посадочных аппаратах «Викинг». Измерения проводились на СА «Марс-б» во время снижения в атмосфере. Собственно масс-спектры не получились, а содержание аргона оценивалось по служебным параметрам насоса. Не хочу вдаваться в подробности — кто интересуется, легко их найдёт. Неприятно, что и говорить. И очень больно было слышать потом, как Вадим — многократно и безнадежно — выступал с защитой своего ошибочного результата. В состав его лаборатории в 1970-е годы вошли не только масс-спектрометристы, а ещё две сильные группы: В. М. Линкина (экспериментальная планетная метеорология) и М. Н. Изаква (теоретическое моделирование динамики и фотохимии верхних атмосфер планет).

⁷¹ Флоренский Кирилл Павлович (27 декабря 1915 — 9 апреля 1982) — советский геохимик и планетолог, естествоиспытатель широкого профиля, руководитель отдела сравнительной планетологии ГЕОХИ, второй сын философа Павла Флоренского.

Лаборатория Мухина вела исследования по трём направлениям: разработка новой модели предбиологического синтеза, ранняя эволюция планетных атмосфер и создание газовых хроматографов для исследования состава планетных атмосфер. Л. М. Мухин предложил новую схему предбиологического синтеза, в которой в качестве источника энергии и химического исходного материала рассматривались извержения подводных вулканов. Он провёл серию лабораторных и полевых работ в подкрепление своей концепции и защитил их результаты в качестве докторской диссертации. Полевые исследования велись на Камчатке. В течение многих лет Лёва и его сотрудники ездили туда в экспедиции.

В те времена господствовала концепция А. И. Опарина⁷², согласно которой для предбиологического синтеза критически важным было присутствие УФ-излучения Солнца. Концепция Мухина расширила представления о диапазоне условий, при которых может возникнуть жизнь. Это стало особенно интересно после обнаружения покрытого льдом океана Европы — спутника Юпитера. Если там есть подводные вулканы, то могла возникнуть и жизнь. К сожалению, эта работа не получила известности за рубежом. Во всяком случае, западные авторы на неё не ссылаются, когда обсуждают возможность существования биосферы на Европе.

Позднее Мухин предложил новую тогда идею о роли парникового эффекта с участием CO_2 в ранней эволюции атмосфер Земли и Марса. Я «обсчитал» её количественно [Мороз, Мухин, 1978; Мухин, Мороз, 1977]. Позднее эта модель развивалась в США Джеймсом Кастингом (James F. Kasting) [Kasting, 1989] — без единой ссылки на нашу работу.

Мухин начал лабораторные исследования по лазерному моделированию процессов формирования планетной атмосферы при ударной дегазации. Эти работы и сейчас продолжает его ученик М. В. Герасимов.

Лёва написал три научно-популярные книги, выпущенные издательством «Молодая гвардия» в 1980–1987 годах [Мухин, 1980, 1983, 1987].

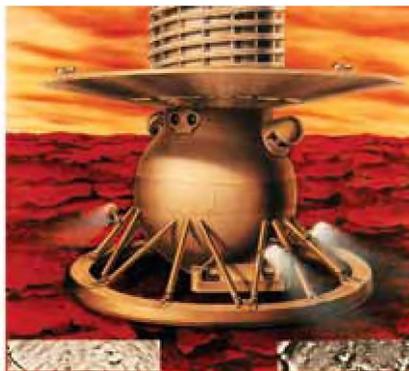
В конце 1980-х Лёву пригласил в Германию профессор Венке, и Лёва расстался с лабораторией навсегда. После «революции» 1991 года В. П. Лукин⁷³, который стал послом в США, пригласил его в Вашингтон советником по науке. Потом Мухин стал сотрудником Сагдеевского «Центра Восток-Запад» в Балтиморе. Вернувшись в Москву, Лёва стал заместителем директора ИЗМИРАН. Так сложилось...

⁷² Опарин Александр Иванович (1894–1980) — советский биолог и биохимик, создавший теорию возникновения жизни на Земле из абиотических компонентов; академик АН СССР (1946; член-корреспондент с 1939), Герой Социалистического Труда (1969).

⁷³ Лукин Владимир Петрович (род. 13 июля 1937) — российский политик и учёный историк-политолог. Доктор исторических наук, профессор. Имеет ранг Чрезвычайного и Полномочного Посла (1992), посол Российской Федерации в США (1992–1994), уполномоченный по правам человека в Российской Федерации (2004–2014).

Как уже говорилось, на фоне американских миссий к Марсу наши научные результаты выглядели слабовато. Настоящая наука началась для нас с исследований Венеры. Прежде чем перейти к ним, скажу несколько слов об изменениях в отделе в первые годы его существования. Сильное пополнение влилось тогда в мою лабораторию: кроме В. А. Краснопольского пришли Б. Е. Мошкин, А. П. Экономов и Ю. М. Головин из НИИТП, Н. А. Парфентьев, Л. В. Засова, Н. Ф. Санько, А. А. Крысько. Среди других сотрудников, пришедших тогда в отдел, отметим В. А. Бондарева (лаборатория Мухина) и Е. В. Петрову (лаборатория Ксанфомалити). Иногда с взаимного согласия руководителей были переходы из одной лаборатории в другую: В. И. Гнедых перешёл от Ксанфомалити ко мне, а Д. Ф. Ненароков — из группы Линкина к Мухину — заниматься газовой хроматографией.

Итак, КА «Венера-9» и «Венера-10», год 1975. О панорамах поверхности Венеры я уже говорил, но наш отдел к этому был не причастен. Работа проводилась под руководством А. С. Селиванова (НИИ КП⁷⁴). Серию уникальных экспериментов по исследованию полей и частиц в окрестностях планеты провели К. И. Грингауз и О. Л. Вайсберг (ИКИ). Они выявили основные особенности обтекания Венеры солнечным ветром и его взаимодействия с атмосферой. Оно сильно отличается от околоземной ситуации из-за отсутствия собственного магнитного поля.



КА «Венера-9 и «Венера-10» (1975)

Что же касается важнейших результатов, полученных тогда сотрудниками нашего отдела, то это:

- 1) спектр свечения ночного неба Венеры (спутники, В. А. Краснопольский и др.),
- 2) ИК-радиометрия Венеры (спутники, Л. В. Ксанфомалити),
- 3) вертикальный профиль интенсивности рассеянного солнечного излучения в атмосфере Венеры от 60 км до поверхности в нескольких

⁷⁴ НИИ КП — Научно-исследовательский институт космического приборостроения.

избранных длинах волн (посадочные аппараты, Б.Е. Мошкин, А.П. Экономов и др.); заметим, что этот третий эксперимент был начат ими до перехода в ИКИ, ещё в НИИТП, под руководством В.С. Авдученко и М.Я. Марова, а в ИКИ они уже занимались только обработкой данных.

Ещё один очень важный оптический эксперимент был проведён также под руководством М.Я. Марова, но другими исполнителями — его лабораторией в ИПМ — измерение вертикального профиля характеристик аэрозольного рассеяния. Оно показало, что у основного облачного покрова Венеры имеется резкая нижняя граница на высоте около 50 км, он состоит из трёх слоёв, и частицы имеют микронные размеры.

По результатам, полученным в нашем отделе на аппаратах «Венера-9 и -10», были защищены две докторские диссертации — Володей Краснопольским и Леонидом Ксанфомалити. Несколько слов стоит сказать об этих двух работах.

Были большие трудности с отождествлением Володиных спектров. И.С. сказал, что если сумеем их отождествить, то будет ему докторская степень, если нет, то не будет. Он ими очень заинтересовался и привлёк к работе по отождествлению Славу Слыша, известного радиоастронома, члена-корреспондента РАН. Слава нашёл вариант — серию линий O_2 , — который оказался потом правильным. Но Володя его отверг на том основании, что положение линий в расчётном спектре на 20 \AA расходилось с наблюдаемыми. Было и другое возражение — этих линий нет в спектре свечения ночного неба Земли. В результате, Слыш не опубликовал своего отождествления. Вместо этого он предложил ранее неизвестные переходы CO , а Краснопольский — CO_2 . Какой же был конфуз, когда Дж.М. Лоуренс с коллегами [Lawrence et al., 1977] доказали, что это всё-таки молекулярный кислород (!) (они их даже воспроизвели в лаборатории), и объяснили, почему их нет в земных условиях: линии Краснопольского возбуждаются только в том случае, если O_2 является малой примесью к CO_2 — как на Венере. После этого Володя представил и успешно защитил докторскую диссертацию, ключевым элементом («изюминкой») которой было открытие полос O_2 в свечении ночного неба Венеры (рис. 2).

Обидно, конечно, что проблема отождествления линий Краснопольского была решена за океаном, но открыл их всё-таки он. Когда мы впервые увидели эти линии на плохонькой графической распечатке в Евпатории, Л.В. Ксанфомалити отнёсся к ним довольно скептически — «Подумаешь, три прыща!» На самом же деле это был самый важный и действительно блестящий результат дистанционных измерений на орбитальных аппаратах «Венера-9» и «Венера-10».

Впоследствии Краснопольский постепенно стал уходить от экспериментальных работ к обобщающим, к интерпретации чужих экспериментов, моделям и т.п. Ему принадлежат две интересные монографии [Краснопольский, 1982, 1987]: «Фотохимия атмосфер Марса и Венеры» (1982 год, вышел также английский перевод в 1986 году [Krasnopolsky, 1985]) и «Физика свечения атмосфер планет и комет» (1987).

Л. В. Ксанфомалити после КА «Венера-9, -10» тоже сосредоточился на обработке своих результатов — инфракрасной радиометрии Венеры в тепловом диапазоне. Впервые такие измерения были проведены с орбитального аппарата. До того проводились наблюдения с Земли и дважды были получены сканы с пролётных аппаратов («Маринер-2» и «Маринер-10»). Новый наблюдательный материал стал существенным шагом вперёд. Но, как выяснилось через три года (по измерениям на КА «Пионер»), основной особенностью поля теплового излучения Венеры является его специфическая широтная структура. Между тем орбиты «Венеры-9 и -10» вследствие малого наклона не позволили её обнаружить. Но для своего времени докторская диссертация Ксанфомалити «Тепловая асимметрия Венеры» смотрелась нормально. Через несколько лет Леонид Васильевич опубликовал обзорную монографию «Планета Венера» [Ксанфомалити, 1985].

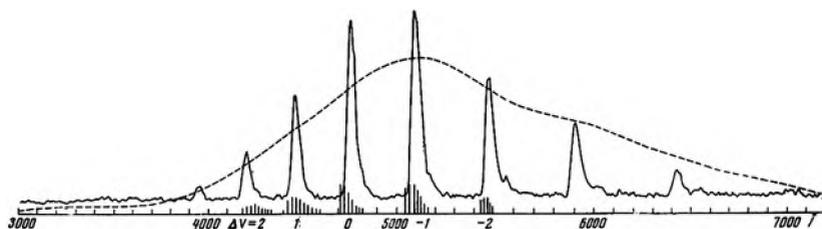


Рис. 2. Зарегистрированное В. А. Краснополяским свечение молекулярного кислорода, состоящее из серии линий O_2

Проект ВЕНЕРА-75 (КА «Венера-9, -10») был признан очень успешным, и наступил этап «раздачи слонов» — наград учёным и инженерам. Как рассказывали, главная награда по науке — Ленинская премия — предназначалась директору ИКИ. Но как раз перед этим Р.З. отказался подписать бумагу с осуждением диссидентской деятельности академика А. Д. Сахарова⁷⁵. Тогда С. С. Крюков⁷⁶ позвонил Сагдееву и предложил мою кандидатуру. Против неё возразил М. В. Келдыш («А что, Маров разве хуже?»). Остановились на кандидатуре Е. М. Васильева — руководителя комплексного отдела ИКИ, занимавшегося проектом. Мне дали орден — Трудового Красного Знамени. Многие другие учёные тоже были награждены.

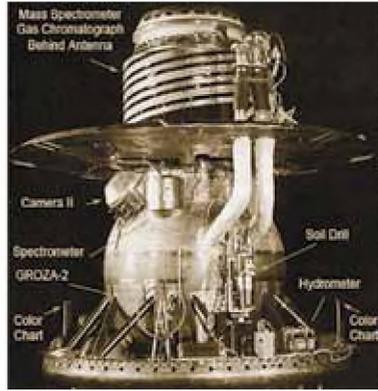
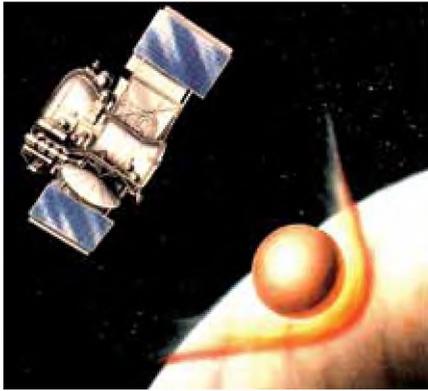
⁷⁵ Сахаров Андрей Дмитриевич (21 мая 1921, Москва – 14 декабря 1989, Москва) — советский физик, академик АН СССР, один из создателей первой советской водородной бомбы. Впоследствии — общественный деятель, диссидент и правозащитник; народный депутат СССР, автор проекта конституции Союза Советских Республик Европы и Азии. Лауреат Нобелевской премии мира за 1975 год.

⁷⁶ Крюков Сергей Сергеевич (10 августа 1918 – 1 августа 2005) — советский инженер, конструктор, работавший в космической программе СССР, проектировщик первой Межконтинентальной баллистической ракеты Р-7.

Я чувствовал себя не очень удобно. Имея отношение к замыслу и подготовке проекта ВЕНЕРА-75 в целом, я мог гордиться его результатами, но был совершенно не удовлетворён двумя собственными экспериментами. Это спектрометр ближнего ИК-диапазона на спутнике и фотометр на посадочном аппарате. В первом из них спектры были испорчены рассеянным светом, слишком сильным из-за просчёта в конструкции. Второй прибор измерял потоки излучения на трёх длинах волн (одна из них на полосу CO_2 около 8600 Å, вторая — на полосу H_2O около 8200 Å, третья — на участок непрерывного спектра). Целью было определение вертикального профиля водяного пара. Интерпретация этих данных не привела к уверенным результатам. Причина в том, что спектр солнечного излучения, проникающего в глубокие слои атмосферы Венеры, имеет сложную форму, изменяющуюся с высотой. Рассчитать её в то время было невозможно, и трёх фильтров для определения вертикального профиля водяного пара оказалось недостаточно.

Стало ясно, что нужен новый прибор на посадочном аппарате, способный обеспечить непрерывное сканирование спектра в широком диапазоне. Его удалось сконструировать и изготовить к следующей экспедиции — на КА «Венера-11, -12» (1978). Потом его усовершенствовали, а эксперимент повторили и расширили на КА «Венера-13, -14» (1982). На рис. 3 представлены примеры спектров, полученных на КА «Венера-11». Они перекрывают спектральный диапазон от 0,45 до 1,15 мкм. Прибор принимал излучение из области зенита. Видно, как сильно изменяется спектр по мере снижения посадочного аппарата от верхнего облачного слоя до поверхности планеты. Полосы поглощения CO_2 и H_2O становятся всё глубже и глубже, наклон непрерывного спектра всё круче и круче. Эти кривые показывают, что оптическая плотность облаков максимальна в их нижней части, как раз вблизи резкой границы, расположенной на высоте около 50 км. Это было видно и по данным «Венеры-9, -10». А вот газовые полосы поглощения в нижней атмосфере Венеры были измерены впервые. Это было непередаваемое ощущение, когда мы увидели их в Евпатории на первых телеметрических записях. Ощущение нашего звёздного часа.

Прибор имел необычный шифр библейского звучания — ИОАВ (рис. 4, 5), что расшифровывается, как Излучение и Облака в Атмосфере Венеры. Но ещё более необычной была его конструкция. Дело в том, что нам не разрешили сделать в стенке спускаемого аппарата (СА) окно для ввода излучения. Поэтому оптико-механический блок прибора был размещён в корпусе, который выдерживал высокие давления и температуры, а этот корпус был закреплён на внешней стенке СА. Его объём был примерно 0,5 л. Излучение подводилось световодами. Внутри корпуса находились маленький КИФ (клиновый круговой интерференционный фильтр), модулятор (диск с прорезями), мотор, который вращал КИФ и модулятор, приёмники излучения, линзы и тепловой аккумулятор — запас литиевой соли, плавящейся при температуре 38 °С. Электронный блок располагался внутри СА и соединялся с оптикомеханическим через герморазъёмы. Прибор ИОАВ изготовили во Фрунзенском ОКБ ИКИ, но техническая концепция оптико-механического блока была разработана и просчитана Б. Е. Мошкиным и А. П. Экономовым с использованием опыта, полученного



КА «Венера-11, -12» (1978), «Венера-13, -14» (1982)

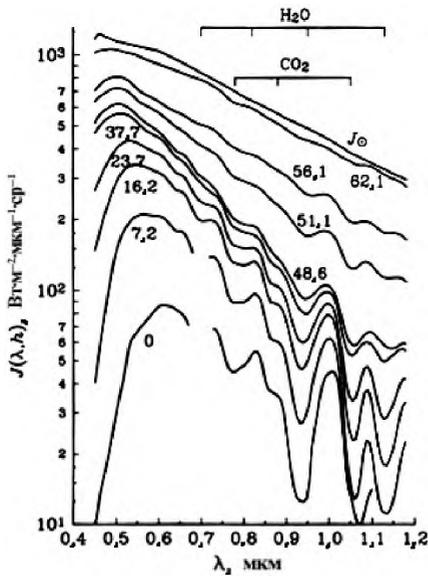


Рис. 3. Примеры спектров многократно рассеянного солнечного излучения в глубоких слоях атмосферы Венеры. Измерения проводились в 1978 году с борта посадочного аппарата «Венера-11» в интервале от 62 км до поверхности. Высота в километрах дана около кривых. Это многократно рассеянное солнечное излучение. Положения сильных полос H_2O и CO_2 отмечены в верхней части рисунка. Измерялась интенсивность излучения, идущего сверху. Она быстро уменьшается при прохождении через облачный слой до пересечения его нижней границы (~49 км). Здесь аппарат входит в более прозрачную часть атмосферы. Ниже 35 км ослабление снова возрастает — по причине газового рэлеевского рассеяния. По таким спектрам были определены полное содержание воды в атмосфере Венеры [Мороз и др., 1979; Moroz et al., 1980] и его вертикальный профиль [Игнатъев и др., 1997].

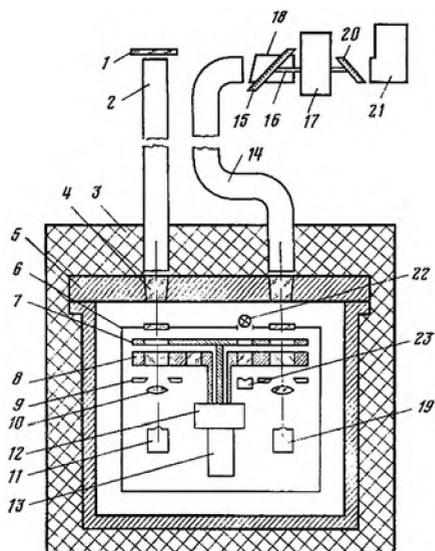


Рис. 4. Схема устройства прибора ИОАВ-2: 1 — молочное стекло; 2 — световод широкоугольного спектрометра; 3 — теплоизоляция; 4 — окно; 5 — герметичная капсула; 6 — оптико-электронный узел; 7 — обтюратор модулятора; 8 — КИФ; 9 — щель; 10 — линза; 11 и 19 — фотоприёмники спектрометров; 12 — редуктор двигателя; 13; 14 — световод узкоугольного спектрометра; 15 — сканирующее зеркало последнего; 16 — вал двигателя; 17; 18 — зеркало; 20 — сканирующее зеркало УФ-фотометра; 21; 22 — лампа; 23 — фотоприёмник опорного канала

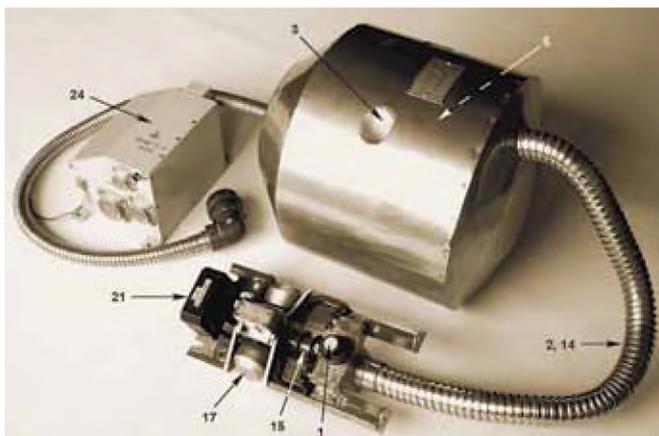


Рис. 5. Внешний вид прибора ИОАВ. Обозначения такие же, как на рис. 4, кроме поз. 24 — блок электроники. Световоды 2 и 14 помещены в металлорукав. Гермокапсула 5 не видна, так как находится внутри (под слоем теплоизоляции 3), и условно показана пунктирной стрелкой. Снаружи теплоизоляция 3 покрыта стальной фольгой

ими на «Венере-9, -10» и ещё раньше на «Венере-8». Они обладали уникальным ноу-хау в экзотической технике фотометрических исследований на венерианских СА.

Два Николая — Н.А. Парфентьев и Н.А. Санько — отвечали за разработку электронной схемы ИОАВ. Но ключевыми фигурами эксперимента ИОАВ как целого были Борис Мошкин и Алексей Экономов.

Истолкование полученных данных оказалось непростым делом, о нём пойдёт речь в следующем разделе. Перед этим стоит рассказать о нескольких других результатах.

Жёлтый цвет Венеры означает, что в её атмосфере происходит поглощение на коротких волнах. Альbedo планеты уменьшается на длинах волн короче, примерно, 5000 \AA — в синей, фиолетовой, УФ-частях спектра. Природа поглотителя остаётся предметом изучения и дискуссий в течение многих десятилетий. Загадочный «УФ-поглотитель» всё ещё не отождествлён. Интересная информация была получена при помощи сканирующего фотометра КА «Венера-14» [Экономов и др., 1983; Ekonomov et al., 1984]. Этот фотометр был одним из блоков прибора ИОАВ-2. Сканирование — по зенитному углу обеспечивало измерение потоков излучения, приходящего из нескольких различных направлений, включая зенит и надир. Фильтр выделял диапазон длин волн от 3200 до 3900 \AA .

Измерения проводились в интервале высот от 62 до 46 км. Впервые атмосферное УФ-поглощение наблюдалось изнутри. Оказалось, что 90% потока поглощается выше 60 км. Газ SO_2 поглощает УФ-излучение, но на этих высотах его слишком мало. Измерения показали, что выше 58 км природа поглотителя должна быть иной. Скорее всего — это какая-то примесь к веществу аэрозольных частиц. Ниже 55 км концентрация SO_2 становится, по-видимому, уже достаточно большой, чтобы создать наблюдаемое поглощение. В интервале $55\dots 58$ км поглощение практически отсутствовало. Этот эксперимент является единственным надёжным источником данных о вертикальном распределении УФ-поглотителя, а знать его очень важно для понимания динамики атмосферы Венеры, поскольку энергия поглощённой на этих высотах радиации может играть важную роль для поддержания суперротации.

На КА «Венера-11, -12, -13 и -14» важные новые результаты были получены не только нашей, но и другими тремя лабораториями планетного отдела:

1. Измерение изотопного состава инертных газов (масс-спектрометр — В.Г. Истомин, К.В. Гречнев, А.В. Кочнев и др.). Оказалось, что отношение изотопов $\text{Ar}^{36}/\text{Ar}^{40}$ на Венере близко к 1 , т.е. в 300 раз больше, чем на Земле. Эти изотопы имеют разное происхождение, Ar^{36} принадлежит к числу реликтовых (т.е. его содержание оставалось неизменным со времени образования атмосферы), в то время как Ar^{40} — продукт радиоактивного распада изотопа K^{40} в коре планеты. По данным КА «Венера-13 и -14» было найдено, что отношение изотопов неона тоже отличается от земного, хотя и в гораздо меньшей степени.

2. Измерение содержания CO и SO₂ под облачным слоем (газовый хроматограф — Л.М. Мухин с коллегами). Масс-спектрометр и газовый хроматограф отлично дополняли друг друга. Преимущество первого в том, что только с его помощью можно измерять изотопы, второго — что он может измерять некоторые молекулярные компоненты, практически не доступные масс-спектрометру. Примером является CO — эта молекула имеет такую же массу, как и N₂, и масс-спектрометр их различить не может.

Для Мухина газовый хроматограф «Венеры-11, -12» был первым опытом разработки космического прибора, но Лев с этим делом справился. Он создал работоспособную группу специалистов по газовой хроматографии в ИКИ (В.Б. Бондарев, Д.Ф. Ненароков) и нашёл хорошую внешнюю кооперацию. К сожалению, расшифровка данных газового хроматографа не всегда однозначна. Более сложный вариант прибора, установленный на «Венере-13, -14», формально расширил перечень идентифицированных соединений, но эти новые идентификации ещё нуждаются в проверке.

3. Обнаружение низкочастотного спорадического радиоизлучения в нижней атмосфере (Л.В. Ксанфомалити); возможный источник этого излучения — грозные разряды. Вначале Л.В. полагал, что они возникают в облаках, но впоследствии резко изменил точку зрения. Он выдвинул позднее гипотезу, что они связаны с активной вулканической деятельностью на Венере.

НАСА в 1978 году отправило миссию ПИОНЕР-ВЕНЕРА, состоявшую из спутника и четырёх атмосферных зондов. Сравнивая наши результаты с американскими, можно сказать, что наши были либо на том же уровне (масс-спектрометрия и газовая хроматография), либо вообще уникальными (оптическая спектроскопия и грозы).

Наши и американские исследования внесли значительный вклад в современную картину сложных процессов в атмосфере Венеры, включая сильный парниковый эффект, формирование многослойной аэрозольной среды, химические превращения, динамику и даже раннюю эволюцию. Детально были изучены верхняя атмосфера и область обтекания планеты солнечным ветром. Мы были приглашены участвовать в создании обзорной книги «Венера» (под редакцией Хантена и др.) из многотомной Аризонской серии, издаваемой в США. Экспериментальные результаты советских и американских миссий собраны в Международной модели атмосферы Венеры — VIRA, составленной под эгидой КОСПАР [Moroz et al., 1985].

Успехи ИКИ на «Венере-11, -12» сгладили впечатление о провале двух экспериментов, которые начальство считало наиболее важными, — это получение цветных панорам и анализ элементного состава грунта при помощи прибора РФС (рентгеновского флуоресцентного спектрометра). Анализ состава грунта провести было невозможно, потому что не сработало заборное устройство. А цветные панорамы не получились из-за того, что отказали механизмы, открывающие крышки камер. На КА «Венера-13 и -14» оба этих эксперимента были выполнены. Анализ состава грунта Венеры был поистине уникальной работой. На зондах миссии

ПИОНЕР-ВЕНЕРА никаких задач по исследованию поверхности и грунта Венеры не ставилось.

После «Венеры-11, -12» в ИКИ приехала делегация НАСА, в которой были ведущие американские учёные в области планетных исследований и участники миссии ПИОНЕР-ВЕНЕРА. Больше всего я разговаривал с Колином (Project Scientist) и Томаско — научный руководитель фотометрического эксперимента на спускаемом аппарате. Оказалось, что оба они имеют славянские корни — их предки были Колиневские (поляки) и Томашевские (словаки). С Томаско я потом работал при составлении VIRA.

Формальная позиция научного руководителя проекта на «Венере-11, -12» перешла к В.Г. Курту (ротация!), а что касается «Венеры-13, -14», то мы долгое время как-то об этом не думали. А когда вспомнили — сильно удивились: научным руководителем был записан зам. директора Вячеслав Михайлович Балебанов. Вообще среди членов дирекции наблюдалось некоторое томление вокруг этих вопросов. Сам Р.З. тут вроде бы ни на что не покушался, его время пришло позднее. Но замы — В.Г. Золотухин и В.М. Балебанов — имели виды. Одно время В.Г. Золотухин, математик по образованию, был курирующим замом нашего отдела. Когда после успеха «Венеры-11, -12» я написал статью об этом в одну из центральных газет, Р.З. сказал, что такие статьи должны подписывать официальные лица, имея в виду В.Г. Золотухина. Я, естественно, не согласился.

Такие эпизоды случались, но, в общем, отношения с дирекцией у меня были мирные. Единственное, за чем Р.З. строго следил, чтобы я не высывался по части выборов в Академию: не делал докладов на собраниях ООФА, не мелькал, по возможности, перед академиками. ИКИ выдвигал меня в членкоры ещё со времён Петрова, я набирал какое-то число голо-сов, но оставался безнадёжной «шансонеткой» — по терминологии Доктора. Сагдеев «толкал» Галеева⁷⁷ и расчищал ему дорогу, как мог.

ДЕТЕКТИВНАЯ ИСТОРИЯ О ВОДЕ НА ВЕНЕРЕ

В наших оптических спектрах была зашифрована информация о содержании воды в атмосфере Венеры — как о полном (в столбе единичного сечения), так и о высотном профиле. Попытки измерить содержание H_2O на разных высотах делались и ранее, начиная с «Венеры-4», но, как позднее стало ясно, они давали по каким-то причинам сильно завышенные величины. Проводили эти измерения при помощи химических датчиков. На «Венере-12» и большим зонде «Пионер» для той же цели использовались газовые хроматографы. И они тоже дали значения, на порядок большие, чем получалось из наших оптических спектров.

Расшифровка полученных спектров была нелёгким делом из-за их низкого разрешения. Полосы, представленные на рис. 3, состоят из сотен

⁷⁷ Галеев Альберт Абубакирович (род. 19 октября 1940, Уфа) — советский и российский физик. Академик РАН (с 1992 года). Почётный директор Института космических исследований РАН.

неразрешённых линий, на форму и интенсивность которых влияют температура, давление, многократное рассеяние, причём все эти факторы зависят от высоты. Современные базы спектральных данных тогда отсутствовали. Я использовал приближённые модели полос поглощения и опубликованные результаты лабораторных измерений, однако их было недостаточно, так как требовались высокие температуры и давления. Чтобы закрыть эту брешь, Н. А. Парфентьев и Н. Ф. Санько изготовили оптическую кювету, работавшую до 500 °С и 20 бар. Мы заполняли её водяным паром и измеряли спектр пропускания при помощи лабораторного спектрометра. Оказалось, что в этой небольшой (0,5 м) кювете было примерно столько же воды — около 1 г/см² — сколько во всей толще атмосферы Венеры!

Эту величину мы определили правильно, но, как позднее стало ясно, споткнулись на другом, а именно на вертикальном профиле содержания воды. Он получился несколько странным — относительное содержание уменьшалось с высотой. То же самое нашли американские исследователи Луиза и Эндрю Янг. Они провели в нашей лаборатории несколько месяцев и анализировали эти спектры совершенно независимо; им помогала Л. В. Засова, я подчёркнуто не вмешивался. Такое совпадение в выводах двух независимых групп казалось очень убедительным. Но позднее выяснилось, что все мы ошибались. Уже в 1990-х годах Н. И. Игнатъев (в то время мой аспирант, а сейчас блестящий самостоятельный учёный) взялся просчитать всю интерпретацию заново — с использованием современной базы спектральных данных, полинейного метода расчёта синтетических спектров и более строгого учёта многократного рассеяния. Вычислительные возможности тоже ушли далеко вперёд. Результат получился другой и физически более понятный: относительное содержание воды с высотой не меняется. Оно составляет около 30 % в интервале высот 0...50 км, и даже, возможно, несколько увеличивается с приближением к поверхности в нижнем слое толщиной 10 км. Коля проделал поистине титаническую, очень кропотливую работу. Публикация по ней [Игнатъев и др., 1997] получила премию МАИК — издательства РАН.

Луиза и Эндрю Янг приезжали к нам по программе обмена учёными двух академий — американской и нашей. Вернее, Луиза по обмену, а Эндрю, её муж, как член семьи. Но Эндрю Янг — не менее известный учёный, это ему принадлежит идея, что облака Венеры состоят из водного раствора серной кислоты. Эндрю рассказывал, что его отец был очень против этой поездки: «Вас сошлют в соляные копи». Они жили в маленьком номере академической гостиницы у метро Октябрьская и каждый день приезжали на работу в ИКИ, им дали рабочее место в одной из «парикмахерских». Дружеские отношения сохранились надолго, много раз потом я встречался с ними в США.

Почти 10 лет мы твёрдо верили в наш первоначальный (неправильный) профиль H₂O. Сомнения появились, когда во второй половине 1980-х годов в наземных наблюдениях Венеры произошёл неожиданный прорыв. Оказалось, что спектр ночной стороны Венеры в ближнем ИК-диапазоне содержит детали, которые объясняются «просачиванием» теплового излучения атмосферы и поверхности сквозь облачный слой в нескольких

окна прозрачности CO_2 . Стали получать спектры этих деталей с высоким разрешением — около 1 см^{-1} и лучше. Их интерпретация приводила к выводу, что содержание H_2O постоянно в интервале высот 10...40 км. Надо было искать причины расхождения с нашими выводами. Джеймс Поллак⁷⁸, который был ключевой фигурой в интерпретации данных наземных наблюдений, попросил дать ему наши спектры. Я знал его много лет и немедленно их передал. Но Джеймс умер, так и не успев ничего с ними сделать. Тогда я дал эту задачу Коле Игнатьеву, и он с ней блестяще справился. Вот такая с водой на Венере получилась сложная, многоплановая история.



Д. В. Титов, Н. И. Игнатьев и В. И. Мороз у пня столетнего дуба в перерыве между двумя заседаниями совместной конференции по физике планет АН СССР и АН УССР

Судьба воды на планете Венера — одна из её тайн. Почему её так мало? Надо сказать, что, несмотря на ничтожное количество, вода играет большую роль на этой планете. Она даёт большой вклад в парниковый эффект, участвует в химических реакциях, в образовании частиц облачного слоя. Дж. Поллак в одной из своих работ показал, что поверхность Венеры была бы на 150°C холодней, если бы в ней не было тех ничтожных следов воды, которые мы там обнаружили.

ВЗГЛЯД ЗА ОКЕАН: ЭЙМСКИЙ ЦЕНТР

Дж. Поллак начинал свою научную карьеру в 1960-х годах. Он опубликовал тогда несколько статей о парниковом эффекте на Венере в соавторстве с Карлом Саганом. Похоже, что Саган был «идейным вдохновителем»,

⁷⁸ Поллак Джеймс (англ. James B. Pollack, 9 июля 1938 – 13 июня 1994) — американский астрофизик, работавший в Исследовательском центре Эймса (NASA).

а расчёты делал Джим. Через некоторое время союз распался. Джим уехал в Калифорнию, где до конца своих дней работал в Эймском центре НАСА. Это очень большое и довольно таинственное учреждение. Его сотрудникам запрещается вести почтовую переписку с гражданами нашей страны. Слава богу, когда вошла в обиход электронная почта, на неё это не распространили. Надо сказать, что НАСА, как и наш Росавиакосмос, занимается не только космосом, но и авиацией. Гигантские ангары и аэродинамические трубы — первое, что видит посетитель. Я был там один единственный раз, в составе делегации. Нам надарили пачки книг и отписок статей. Мы наивно попросили послать всё это почтой, забыв про «режим». Никто ничего не получил.

Пустили нас, конечно, только в открытые лаборатории. Там есть и такие, причём очень сильные. Занимаются планетными исследованиями: наблюдениями с Земли и самолётов, моделями общей циркуляции планетных атмосфер и даже экзобиологией. В одной из них работает мой друг Дейл Крукшенк, о котором я уже писал. Наблюдать Дейл ездит на обсерватории с крупными телескопами и рекордной ИК-прозрачностью, больше всего на гавайскую обсерваторию Мауна Кеа.

В начале 1990-х годов мне пришлось много возиться с инженерной моделью атмосферы, необходимой для обеспечения полёта аэростата в атмосфере Марса. Я использовал для неё, в основном, расчёты, сделанные Бобом Хаберле⁷⁹, и несколько раз с ним встречался. Его область — это модели общей циркуляции и пограничного слоя атмосферы Марса. Боб — один из учеников Дж. Поллака — в последние годы пытается «пробить» в НАСА проект по созданию сети метеорологических малых станций на Марсе.

В Эймском центре большое развитие получила самолётная ИК-астрономия. Главная причина непрозрачности земной атмосферы в ИК-диапазоне — это водяной пар; он оставляет открытыми только небольшие участки длин волн, так называемые окна прозрачности. Но концентрация водяного пара быстро уменьшается с высотой. Стоит подняться на 10 км, и поглощение сильно уменьшается. В Эймском центре с 1960-х годов начали строить самолётные обсерватории, оборудованные астрономической ИК-аппаратурой. Самая большая из них (с телескопом диаметром 2 м на борту) — обсерватория имени Джерарда Койпера. Он был и здесь первопроходцем. К сожалению, мне не удалось её увидеть — она была на другой базе во время нашего визита. Сейчас она уже больше не летает. На смену ей готовится другая — с телескопом диаметром 3 м!

Джеймс Поллак занимался в Эймсе не только теорией. У него были статьи по измерениям ИК-спектров Венеры и Марса на самолётных обсерваториях. Это были спектры с относительно низким разрешением, и, по-видимому, не очень надёжно калиброванные. По статусу он был руководителем соответствующих экспериментальных групп, но сам эксперимент — это не его настоящая стихия. Вероятно, поэтому часть опубликованных результатов оказывалась недостоверной. Но Джеймс был

⁷⁹ Хаберле Роберт (*англ.* Robert Haberle), Исследовательский центр Эймса НАСА.

богом там, где требовались глубокие физические знания и головокружные вычисления.

В конце 1960-х и начале 1970-х Эймсовский центр был, как у нас говорят, головной организацией по первым космическим экспедициям к Юпитеру и Сатурну — КА «Пионер-10» и «Пионер-11». Все остальные американские планетные проекты вела другая организация — JPL. КА «Пионер» проработал 29 лет, и только недавно прекратилась его связь с Землёй — на расстоянии 82 а. е.

ФУРЬЕ-СПЕКТРОМЕТРИЯ

Я пытаюсь вспомнить, когда и где я прочитал впервые слово «фурье-спектрометрия». Если порыться в старых тетрадях, наверное, можно найти. Где-то в начале 1960-х. Я был сразу захвачен идеей этого замечательного метода: вместо последовательной регистрации спектральных элементов, как это делается в сканирующем спектрометре с призмой или решёткой, записывать интерферограмму, а остальную работу возложить на математику, получая спектр при помощи обратного преобразования Фурье. Если в спектре N элементов, то получается выигрыш в \sqrt{N} раз в отношении сигнал/шум. Это так называемый выигрыш Фелджетта. А, кроме того, входное отверстие интерферометра при том же спектральном разрешении значительно больше по площади, чем входная щель классического спектрометра, и в него проходит гораздо больший поток излучения, если, конечно, объект протяжённый, а не точечный. Это выигрыш Жакино. Именно благодаря этим преимуществам Пьер Конн и его сотрудники в середине 1960-х получили ИК-спектры Венеры и Марса с рекордным разрешением — до $0,01 \text{ см}^{-1}$. Их прибор был головокружно сложным. Я ни о чём подобном не мог и мечтать.

Тем не менее попытка сделать фурье-спектрометр для наблюдений с телескопом была и у меня. Это была совместная работа с Институтом кристаллографии. Там под руководством Бориса Николаевича Гречушникова и Геннадия Дмитриевича Шнырёва был изготовлен оптико-механический блок. Я отвечал за электронику и пробные наблюдения. Мы выбрали за основу предложенный Мерцем поляризационный фурье-спектрометр. Он не требовал большой механической точности, и оптика была как раз по профилю Института кристаллографии. Прибор изготовили, и мы втроем отправились в Крым наблюдать спектры Юпитера и его спутников. Наблюдения прошли успешно, статья была опубликована. Всё же результаты разочаровывали. Поляризационный интерферометр имеет серьёзные ограничения по разности хода, спектральное разрешение низкое, и поэтому выигрыш Фелджетта был невелик и съедался потерями в оптике.

Прибор потом долго пылился на полке в ГАИШ и был постепенно разобран на комплектующие. Остались отличные отношения с моими соавторами.

Когда начались космические дела, про фурье-спектрометрию мне жёстко напомнил IRIS — один из главных приборов «Маринера-9». Около 20 000 спектров Марса с разрешением $2,4 \text{ см}^{-1}$ в диапазоне

от 5 до 50 мкм — разве могли с этим сравниться наши марсианские данные?!⁸⁰ За несколько лет до этого начались аналогичные наблюдения планеты Земля со спутника. Большой интерес к таким измерениям был и у наших «спутниковых метеорологов» и они заказали фурье-спектрометр в ГДР, в Берлинском институте электроники Академии наук ГДР. На самом деле слово «заказали» — неверное. Оно подразумевает оплату. Но этого не было. Немецкие коллеги делали спутниковый фурье-спектрометр «в охотку», это была плановая работа АН ГДР. В ней, кроме Института электроники, участвовали и другие её учреждения — Институт оптики и Центр научного приборостроения. Руководил всей работой профессор Фолькер Кемпе⁸¹ — умница, широко образованный учёный, отличный организатор. Несколько образцов немецкого бортового фурье-спектрометра ушли в полёт на советских метеорологических спутниках.

Институт электроники АН ГДР, в сущности, целиком был ориентирован на сотрудничество с СССР в области космических исследований и по многим работам давно был тесно связан с ИКИ. Через некоторое время его даже переименовали в ИКИ АН ГДР. В 1975 году, когда на орбиту вышли первые искусственные спутники Венеры, Кемпе и его коллеги подумали, а не заинтересуются ли русские их прибором для будущих исследований этой планеты. В феврале 1976 года я первый раз поехал в Берлин для согласования исходных данных на будущий эксперимент. Со мной был сотрудник комплексного отдела Е. В. Ларионов. Мы побывали у самого рубежа соцлагеря — у Бранденбургских ворот. Центр Берлина угнетал нагромождением разрушенных зданий — сразу за Унтер ден Линден. Окраины не пострадали. Институт был частью большого комплекса научно-исследовательских институтов, расположенного у станции надземки Адлерсхоф. Стена, разделявшая Западный и Восточный Берлин, была здесь совсем рядом. Вечером за ней сияли огни издательского концерна Springer Verlag. Поездка была очень интересной, но мало эффективной по делу, так как мы не знали, каким будет космический аппарат и когда он будет запущен.

Через некоторое время перспективы стали как-то проясняться. Академик В. А. Котельников, директор ИРЭ⁸² и председатель «Интеркосмоса», «пробивал» свою миссию к Венере — спутник с радиолокатором бокового обзора. Олег Николаевич Ржиги (ныне член-корреспондент РАН), автор этого сложного эксперимента, пользовался безоговорочной поддержкой своего шефа. Их совершенно не интересовал фурье-спектрометр, но была надежда, что его могут, в принципе, взять на борт для попутного эксперимента. Решение о радарном спутнике затягивалось. Предполагалось, что радар будет делать в НИИ космического приборостроения (тогда этот институт назывался по-другому), но там откровенно уходили от этой задачи. В конечном счёте, нашли более смелую организацию, ОКБ

⁸⁰ См. статью В. Формизано (с. 175).

⁸¹ Кемпе Фолькер (род. 1938) — выпускник МЭИ 1973 года, профессор теории информации и управления в Берлинском институте электроники. Руководил экспериментом по фурье-спектроскопии в Институте электроники АН ГДР.

⁸² ИРЭ — Институт радиотехники и электроники им. В. А. Котельникова.

МЭИ⁸³, которым руководил Александр Фёдорович Богомолов, тогда ещё член-корреспондент. Поразительно, какую сильную фирму сумел он создать при учебном институте.

Мы встречались с немецкими коллегами то в Берлине, то в Москве, уточняя характеристики нашего будущего прибора и интерфейсов со спутником, но всё ещё не зная, каким и когда он будет. Я брал с собой в поездки комплексонов, специалистов из промышленности. Очень детально обсуждали вопросы теплозащиты, надёжности радиoliniи и т.д.

Однажды Фолькер пригласил нашу очередную делегацию — четыре или пять человек, точно не помню, в гости к себе домой. Мы, как это принято в Москве, полагали, что если нас пригласили на шесть, то прилично будет на часок опоздать, купить по дороге что-нибудь в подарок, букет для хозяйки и т.п. Когда мы, наконец, пришли, Фолькер стоял на лестничной клетке и смотрел напряжённо вниз, с совершенно больным лицом. Его жена потом рассказала, как он переживал, ожидая нас: или неправильно назвал час или, может быть, день, или с нами что-нибудь случилось? Весь вечер не мог успокоиться и даже сорвал свои чувства на супруге, когда та наливая пиво, чуть качнула бутылку. «Нельзя возмущать пиво!» — заметил Фолькер с резкостью, ну никак не соразмерной с масштабами происшествия.

Решение о реализации радарного проекта появилось в 1980 году. Владимир Геннадиевич Перминов — заместитель генерального конструктора НПОЛ — позвонил Сагдееву и сказал, что на борту имеется около 50 кг сверх массы, занятой радаром, и можно там установить другую научную аппаратуру, например, фурье-спектрометр. Мы попросили срочно приехать немецких коллег. Ф. Кемпе уже с ними не было, их возглавлял более молодой Дитер Эртель. Сроки были очень сжатые — запуск намечался на 1983 год. Тем не менее, после некоторых колебаний, они решились. И при этом ещё приняли решение совершенно переработать конструкцию: прежние приборы имели тяжёлый и громоздкий герметичный контейнер. Новый прибор (он шёл у них под шифром ФС-1/4) стал негерметичным. Была создана советская команда по этому эксперименту. В неё, кроме меня (научного руководителя с советской стороны), вошла группа Вячеслава Михайловича Линкина, получившая через некоторое время статус лаборатории. Он был моим заместителем и техническим руководителем. Некоторая специфика этой миссии была в том, что ИКИ (а точнее Е.М. Васильев со своим отделом) отказался заниматься её комплексным обеспечением. Поэтому все вопросы интерфейса с космическим аппаратом легли на научную команду, и решал их Вячеслав Михайлович, как и в последующих своих работах (в проектах ВЕГА, ФОБОС, МАРС-96).

Конструкция и лабораторные испытания ФС-1/4 были целиком на немецких коллегах. Надо сказать, что ФС-1/4 был первым в мире бортовым фурье-спектрометром, передающим на Землю не только интерферограммы, но и готовые спектры. Однако немало технических забот было и у

⁸³ ОКБ МЭИ — Особое конструкторское бюро Московского энергетического института.

нас. Дело в том, что иностранные специалисты не имели тогда доступа ни в НПОЛ, ни на Байконур. Поэтому за всю работу с прибором после его передачи в ИКИ отвечали мы: приёмо-сдаточные испытания при поставке на завод, испытания на заводе в составе комплекса НА и на орбите. Ну ещё, как это ни странно сейчас звучит, мы давали немцам некоторые электронные комплектующие.



КА «Венера-15» и «Венера-16» (1983)

На завод вместе с прибором и КИА к нему поставлялся комплект сопроводительной документации на русском языке. Для его составления инженеры Л. И. Хлюстова, С. П. Игнатов и А. Н. Липатов надолго выезжали в Берлин. Но, самое главное, был в нашей команде человек, который досконально вник во все тонкости работы с прибором, с увлечением ею занимался и полюбил его как родного. Даже ревновал к нему и старался, по возможности, никого близко к нему не подпускать, что на самом деле нехорошо и даже опасно. Это был инженер Игорь Аркадьевич Мацыгорин, единственный из нас, кто хорошо владел немецким. Хотя в принципе, это было не так уж важно, потому что все наши немецкие коллеги говорили по-русски, а некоторые очень хорошо — те, кто учился в СССР и/или был женат на русских женщинах. Но Игорь приобрёл кучу друзей в Германии благодаря знанию языка и общительности. Уже в постперестроечные годы он ушёл из ИКИ в московскую контору одной из немецких фирм, никак не связанных с космосом. Я бывал с Игорем и на заводе, и на полигоне, и в Евпатории. Но главным действующим лицом там был он.

Над подготовкой эксперимента мы проработали вместе с немецкими коллегами в общей сложности семь лет. Была очень благожелательная атмосфера, мы понимали друг друга с полуслова.

Фурье-спектрометр ФС-1/4 в двух несколько различных модификациях был установлен на космических аппаратах «Венера-15» и «Венера-16». 12 октября 1983 года пришли первые спектры с «Венеры-15» — отличного качества. Как это было замечательно! На «Венере-16» прибор сломался ещё до выхода на орбиту. Но это не так страшно, на то и дублирование миссий.

Что касается основной задачи — радарной съёмки северного полушария Венеры — она была выполнена безупречно. Любопытно вспомнить, что геологи из ГЕОХИ упорно сопротивлялись включению этой съёмки в программу. Это произошло против их желания. Но когда произошло, они поняли, какую «конфетку» получили в подарок. Шесть лет потом американские специалисты по планетной геологии смотрели на них снизу вверх, рукоплескали их докладам, анализировали материалы, соавторствовали и т.д. А главные победители — экспериментаторы, Олег Николаевич Ржига и Алексей Фёдорович Богомолов, — оставались в стороне. Прошло время, и ценность этого научного материала резко упала, когда в 1989 году вышел на орбиту «Магеллан» — американский радарный спутник Венеры. Съёмка покрыла почти всю планету и была гораздо более детальной. Обычное дело. История науки — это пирамида, сложенная из «костей» учёных.

В отличие от радарного эксперимента, результаты ИК-спектрометрии, проведённой на КА «Венера-15», остаются уникальными и по сей день. Примеры спектров представлены на рис. 6. Там видны спектральные детали, принадлежащие их газам (CO_2 , H_2O и SO_2), так и конденсированному веществу (H_2SO_4). Полосы H_2O и SO_2 наблюдались в этом диапазоне впервые. В таких спектрах зашифрована богатая и разнообразная информация о средней атмосфере Венеры (высота 60...90 км). Это — трёхмерные профили температуры, оптической плотности аэрозоля и ветра, широтные вариации H_2O и SO_2 вблизи верхней границы облаков, вертикальные профили SO_2 . Материал до сих пор кажется неисчерпаемым. Многие участвовали в анализе этих данных, опубликовано большое количество статей, но некоторые очень важные результаты приведены в работах [Ignatiev et al., 1999; Zasova et al., 1999].

Был интересный эпизод, когда выяснилось качественное противоречие между двумя работами о широтном распределении SO_2 в верхнем облачном слое Венеры. Ларри Эспозито⁸⁴, основываясь на данных УФ-спектрометра миссии ПИОНЕР ВЕНЕРА ОРБИТЕР, нашёл, что содержание SO_2 значительно больше на низких широтах, чем на высоких. А Людмила Вениаминовна Засова, основываясь на наших ИК-спектрах, получила обратную картину: содержание SO_2 больше на высоких широтах. Они встретились

⁸⁴ Ларри Эспозито (*англ.* Larry Esposito) — американский планетолог, профессор физики атмосферы и космоса Университета Колорадо в Боулдере (University of Colorado at Boulder), участник миссии «Кассини» к Сатурну.

в Потсдаме на конференции по Венере, организованной Академией наук ГДР. Ларри пригласил Люсю в Боулдер для совместного анализа, и там ему пришлось сдать. Совместная статья [Zasova et al., 1993] признаёт, что наш, а не его вывод был правильным.

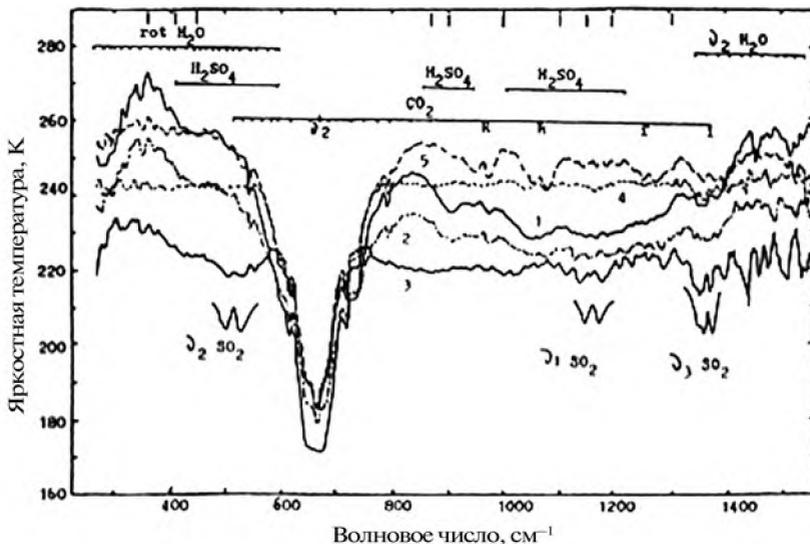


Рис. 6. Примеры спектров теплового излучения Венеры, уходящего в космическое пространство (измерения проводились в 1983 году при помощи фурье-спектрометра на борту «Венеры-15» — одного из советских искусственных спутников планеты): 1 — экваториальная область; 2 — средние широты: $30 < \varphi < 60^\circ \text{ N}$; 3 — холодный «воротник»: $60 < \varphi < 80^\circ \text{ N}$; 4 — полярная область: $\varphi > 85^\circ \text{ N}$; 5 — горячий «диполь»: $75 < \varphi < 85^\circ \text{ N}$ [Zasova et al., 1993]. По таким спектрам определялись на разных широтах вертикальные профили температуры, плотность аэрозольной среды, скорость ветра в средней атмосфере Венеры (~60...90 км), а также содержание H_2O и SO_2 в области верхнего облачного слоя

Первоначально в немецкую команду входили только специалисты по прибору. Позднее в неё вошли учёные с опытом дистанционных исследований земной атмосферы — Клаус Шефер, Дитер Шпенкух и другие. В течение нескольких лет над анализом данных работали параллельно две группы — немецкая и наша. Мы периодически встречались и писали совместные статьи. Потом договорились, что будем публиковаться независимо. Но после объединения Германии немецкие друзья, к сожалению, были вынуждены забыть о планете Венера. Вся система восточно-германской науки рухнула, и они давно уже занимаются другими вещами. А у нас ключевой фигурой в работах по интерпретации ИК-спектров Венеры стала Люся Засова. Она защитила кандидатскую диссертацию на эту тему, и давно пора ей защищать докторскую⁸⁵. Позднее к ней присоединились Коля Игнатъев и Игорь Хатунцев.

⁸⁵ Засова Л. В. Инфракрасная спектроскопия Венеры и Марса с космических аппаратов: Автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук. М.: ИКИ РАН, 2008. 40 с.

У эксперимента ФС-1/4 был важный предшественник: картирующий ИК-радиометр OIR на орбитальном аппарате «Пионер-Венера» [Taylor et al., 1980]. Он тоже работал всего 2 месяца. Уж не магическое ли это число для венерианских ИК-приборов? Однако и за два месяца были найдены принципиально важные особенности поля теплового излучения Венеры и горизонтальной структуры верхних облаков: тёплая экваториальная область, холодный «воротник» и горячий «диполь» на высоких широтах. Без этого многие данные ФС-1/4 было бы трудно понять. Наш эксперимент был следующим шагом — ведь это был уже спектрометр, а не радиометр с фильтрами. И орбита была более выгодной — почти полярная.

Дитер Эртель через некоторое время приехал в ИКИ на целый год, чтобы оторваться от текучки и написать докторскую диссертацию. Её изюминкой были космические фурье-спектрометры и, особенно ФС-1/4, — вопросы конструкции, испытаний, первые результаты, перспективы развития. Дитер очень хотел сохранить это направление в своём институте, и мы тоже на это твёрдо надеялись. Однако не получилось. Отдел Эртеля перешёл на другую тематику, и, когда нам потребовался фурье-спектрометр для Марса, пришлось начинать всё сначала. Вскоре после того как ГДР исчезла с карты Европы, институт был реорганизован, разделён надвое. Профессор Эртель вынужден был искать работу в другом месте и надолго уехал из Берлина. Почему не сохранили такого хорошего специалиста?

ПЕРВАЯ И ВТОРАЯ КОСМИЧЕСКАЯ СКОРОСТЬ. КОСПАР

В советские времена заграничные командировки, как известно, были очень непростым вопросом. Требовались положительная характеристика выездной комиссии парткома (независимо от членства в партии), утверждение её райкомом, медицинская справка. Как правило, сначала выпускали в одну из соцстран («первая космическая скорость»), и только потом можно было думать о поездке в капстрану («вторая космическая скорость»). Загранпаспорт сотрудники Академии наук получали в УВС⁸⁶ только накануне отъезда — утром лететь, паспорт — вечером перед вылетом. Но бывали случаи, когда людей заворачивали уже в аэропорту. Один из них был на моих глазах. В 1984 году в Австрию ехала большая делегация на КОСПАР. Её руководителем был Генрих Саркисович Балоян — сотрудник «Интеркосмоса», он многие годы возглавлял такие делегации, вероятно, персона «двойного подчинения». Очень опытный и уверенный в себе человек. И вот делегация проходит через паспортный контроль, один за другим, Генрих Саркисович среди последних. Его застопорили и сказали, что он не полетит. А все деньги для делегации — у него. Не знаю, подозревал ли Балоян о такой возможности. Так или иначе, не моргнув глазом, передал пакет с деньгами кому-то из делегатов, вернулся и ушёл.

У меня в тот раз тоже были проблемы, но совсем другого сорта: я опоздал на два дня и пропустил свой «приглашённый» доклад. В аэропорт пришёл

⁸⁶ УВС — Управление внешних сношений Академии наук СССР.

вместе со всеми, но мой маршрут был сложнее. Перед Веной надо было лететь на два дня в Париж вместе с Сагдеевым. Р.З. был приглашён одной из французских ТВ-компаний выступить с комментариями после показа американского кинофильма «Астероид», но и он не имел права ехать в одиночку. Кто-то должен был сопровождать, и Р.З. выбрал меня. В Париже я до этого уже бывал несколько раз, пропускать собственный доклад очень не хотелось, но отказаться не смог. На студию меня директор не взял. Фильм я смотрел, сидя в холле нашей маленькой гостиницы.



В. И. Мороз в Париже

А впервые я увидел Париж за семь лет до того — в 1977 году, проездом в Марсель, на очередную советско-французскую рабочую группу. Именно тогда я получил «вторую космическую скорость». Мой старый знакомый, Жак Бламон⁸⁷, встречал нашу делегацию в аэропорту, и, увидев меня, почти прослезился: “O, first time out of Soviet Paradise!” Ведь это была не первая попытка, и заграничные знакомые очень сочувствовали по поводу моих выездных мытарств. Известие «Мороз в Париже» понеслось тогда по всему миру. Мне было уже 46! А пару лет назад я легко отправил в Париж аспирантку первого года Аню Фёдорову. Не говоря уже о том, что обе мои дочери живут и работают за границей. Всё изменилось, кое в чём сильно к лучшему, но, к сожалению, далеко не во всём.

⁸⁷ Жак Бламон (*фр.* Jacques Blamont) — научный советник главы французского Национального центра космических исследований CNES (*фр.* Centre National d' Etudes Spatiales), член Французской академии наук, профессор Университета Пьера и Марии Кюри, участник исследований Марса и Венеры, автор идеи аэростатов в атмосфере Венеры.

Целый день у нас был в Париже перед перелётом в Марсель. Часов 14 водил меня по городу Вадим Нестеров, показал очень много. Самые яркие парижские впечатления я получил именно от этой первой экскурсии. И самые лучшие слайды привёз именно тогда. Потом в Марселе мы неделю провели на заседаниях. Работали и жили в отличном приморском отеле. Обедали все вместе в огромном зале, неспешно, часа по два. Помню две большие бочки: на одной было написано “Vin Rouge”, на другой “Vin Rose”. Доступ — свободный.



Василий Иванович навестил свою старшую дочь и её семью.
Визит в музей Fairfax House, Йорк, Англия

Несколько слов про КОСПАР. Эта международная организация была создана как форум учёных, работавших в области космических исследований. Было условлено, что президентом КОСПАР должен быть представитель третьей страны, а вице-президенты — один из США, другой из СССР. До 1980 года Генеральные ассамблеи КОСПАР собирались ежегодно, а потом раз в два года. Первоначально туда везли доклады с новыми результатами: есть результаты — давай, нет — жди следующего раза. Так, на ассамблее 1975 года (Болгария, Варна) я представлял некоторые результаты по нашим марсианским миссиям, в 1979 году (Индия, Бангалор) Истомин и я доложили результаты по «Венере-11, -12», в 1984 году (Австрия, Грац) я сделал обзор данных «Венеры-13, -14», в 1986 году (Франция, Тулуза) были представлены результаты ВЕГИ. Но постепенно значительное внимание стали уделять таким вещам как создание международных моделей атмосферы Земли и планет, проведение чисто научных сессий по отдельным направлениям, не связанных с текущими результатами, или посвящённых будущим миссиям и т.д. А главный удар по коспаровским традициям нанесло резкое сокращение научных космических ис-

следований в России. На смену России пришли другие страны — прежде всего европейские, но уход нашей страны из реальной космической науки является невосполнимой потерей.

ПАРИЖ — ВСЕГДА ПАРИЖ **или** **РОЖДЕНИЕ, ЖИЗНЬ И СМЕРТЬ ПРОЕКТА ЭОС**

30–35 лет назад железный занавес был ещё очень прочен и трудно прощаем. Однако была страна, которая смело пробила в нём серьёзную брешь, — это Франция. Де Голль⁸⁸ предложил Советскому Союзу сотрудничество по широкому фронту, включая космические исследования. Первопроходцем здесь был Жак Бламон. Я увидел его впервые в ГАИШ, кажется, в 1967 году, но ещё до «Венеры-4». Принимали его в кабинете Мартынова, кроме хозяина там были *Доктор*, Ходарев, Курт и я. Бламон сопровождал советник французского посольства по науке. Мы сидели вокруг большого стола, и Жак выдавал идею за идеей. *Доктор* время от времени энергично вскрикивал «Уй!» Он думал, что так произносится французское «Да!» Разошлись друг другом довольные. Я в этой беседе почти не участвовал, только чуть-чуть рассказал про свои ИК-спектры. Жак спросил, не может ли чем-нибудь помочь. Я читал перед этим статью о низкотемпературном французском болометре и попросил прозондировать возможность его получения. Так и завязались отношения. Болометра этого я не получил, но это неважно. Жак привлекал деловитостью, галльской живостью и мягким юмором. «В Москве — бояр, в Париже — мужик», — часто говорил он мне на ломаном русском. Он был тогда руководителем двух учреждений — Сервис Аэронами (Служба Аэронамии) и КНЕС (Национальный комитет по космическим исследованиям). Жак Бламон занимался, главным образом, верхней атмосферой Земли, но сделал выдающееся открытие в области кометной астрономии: обнаружил — при помощи УФ-фотометра на ракете, — что кометы окружены огромной (миллионы километров) водородной комой. Жак — генератор идей. Это очень ценная порода учёных. Он часто ездил в США, и там его очень привечали. В JPL у Жака свой маленький постоянный офис.

Миссия ВЕНЕРА-4 произвела на Бламона огромное впечатление. Он и ещё несколько французских коллег пришли к Келдышу. Бламон рассказал, как интересно было бы запустить аэростат в атмосферу Венеры, наблюдать за его движением, разместить в гондоле научные приборы и т.д. Предложил, в перспективе, начать работу над совместной миссией к Венере — наш запуск, французский аэростат. Идея запустить аэростат в атмосфере Венеры сама по себе не могла прийти в голову только уж очень ленивому. Её независимо предложили и детально прорабатывали в ИКИ. Но нет пророка в своём отечестве. У Келдыша она отложилась в голове,

⁸⁸ Шарль Андре Жозеф Мари де Голль (*фр.* Charles André Joseph Marie de Gaulle) (22 ноября 1890, Лилль – 9 ноября 1970, Коломбэ-ле-Дёз-Эглиз, деп. Верхняя Марна) — французский генерал, государственный деятель. Во время Второй мировой войны стал символом французского Сопротивления. Основатель и первый президент Пятой Республики (1959–1969).

по-видимому, как блестящее французское предложение. А идея совместного проекта очень хорошо выглядела с политической точки зрения.



Ж. Бламон и его французские коллеги обсуждают совместную советско-французскую миссию к Венере

Прошло целых семь лет, прежде чем началась реальная работа над ним. Миссию назвали ЭОС — по имени греческой богини утренней зари. Она должна была состоять из двух аэростатных зондов и двух искусственных спутников планеты. Планировалось привлечь сеть радиотелескопов для слежения за аэростатами с Земли методом сверхдлиннобазовой интерферометрии (VLBI). НПОЛ и Тулузский центр КНЕС приступили к фазе А (технические предложения). Началась также разработка предложений по совместным научным приборам. Мы познакомились со многими французскими учёными. По два раза в год туда и сюда ездили большие делегации по проекту ЭОС. Бламон уже не был директором КНЕС, но оставался душой проекта, будоража публику всё новыми идеями. Директором проекта с Советской стороны «Интеркосмос» назначил М.Я. Марова. Такой позиции в наших проектах раньше не было. Он же был руководителем научной группы, в неё входили все советские учёные, работавшие по проекту. Она была довольно большой, но меньше, чем техническая. Техническим руководителем был Роальд Саввович Кремнёв — заместитель генерального конструктора НПО им. С.А. Лавочкина. Сам же генеральный, Вячеслав Михайлович Ковтуненко⁸⁹, в проект

⁸⁹ Ковтуненко Вячеслав Михайлович (31 августа 1921 – 1995) — выдающийся учёный в области ракетно-космической техники и экспериментальной астрономии, член-корреспондент РАН (1984), член-корреспондент АН УССР (1972), Герой Социалистического Труда (1961), лауреат Ленинской премии (1960). Генеральный конструктор НПО им. С. А. Лавочкина, технический руководитель проекта «Венера — комета Галлея».

особо не вмешивался. Я был в составе подгруппы по инженерной модели атмосферы и также в другой — по научным приборам. Инженеры НПОЛ быстро выучили французский и без труда общались с коллегами на их родном языке. Учёные предпочитали английский. Но на уроки французского я похаживал. В пике совершенства мог даже грамотно отвечать в Париже на вопросы туристов, как куда пройти. Благодаря проекту ЭОС не только я, но многие другие побывали в первый раз во Франции, в том числе Лёва Мухин, Володя Краснопольский, Лёня Ксанфомалити, Алексей Экономов, Боря Мошкин.



Д. Крукшенк, М. Я. Маров, Г. С. Голицын, В. И. Мороз на совещании по проекту ЭОС

Моими прямыми партнёрами по научной группе были сотрудники Сервис Аэронами Жан-Лу Берто⁹⁰, ученик Бламона, но уже самостоятельный и хорошо известный учёный, и Бертран Меж, инженер-приборист. Наш эксперимент был предназначен для измерений спектра рассеянного излучения Солнца, что позволило бы определять содержание водяного пара на трассе движения аэростата. Иными словами, это было развитие того, что делалось в эксперименте ИОАВ на «Венерах». Но техническая реализация была совсем иная: старые элементы были заменены вогнутой дифракционной решёткой и многоэлементным приёмником «Ретикон». Эксперимент назывался ИСАВ — Инфракрасная Спектроскопия Атмосферы Венеры. Кроме того, я был соисследователем в одном из экспериментов на спутнике — это был спектрометр на дальний ИК-диапазон, который предложил Даниэль Готье из Медонской обсерватории. Володя Краснопольский и Дима Курт были заняты в других спектральных экспериментах на спутнике. Лёва Мухин был в подгруппе по газовому

⁹⁰ Берто Жан-Лу (*фр.* Jean-Loup Bertaux) — планетолог, метеоролог из французского Национального центра научных исследований CNRS.

хроматографу на аэростате, но через некоторое время этот эксперимент исключили из состава НА; причин не помню.

Работа кипела. Уже, примерно, наметили год запуска — 1984. Всё было готово к переходу к фазе рабочего проектирования. Но руководство КНЕС всё откладывало и откладывало окончательное решение. Неожиданно проект ЭОС рассыпался как карточный домик. Всё началось с невинного замечания Бламона о том, что вот, мол, в 1986 году приблизится к Земле комета Галлея, и хорошо бы её между делом понаблюдать с борта спутников «Эос» при помощи УФ-спектрометра. Дима Курт и Жан-Лу Берто были научными руководителями этого эксперимента. И тут пришло понимание, что, в принципе, можно сделать более радикальный шаг: не выводить космические аппараты на орбиту спутника, а пролететь мимо Венеры, и, пользуясь её гравитационным полем, выйти на траекторию полёта к комете. Аэростатные зонды при этом можно сбросить во время сближения с Венерой, а главной целью экспедиции станет комета. Встреча должна произойти в точке пересечения орбиты кометы с плоскостью эклиптики.

Кто это понял первый, я точно не знаю. Бламон и Курт оба претендуют на авторство. Тогда отделом небесной механики в ИКИ руководил Павел Ефимович Эльясберг,⁹¹ и Дима пошёл к нему посоветоваться. Павел Ефимович быстренько посчитал и подтвердил, что такая схема полёта возможна. Оба в полном восторге отправились к директору. Р.З., мне кажется, не является от природы генератором идей, но мастерски вылавливает их в окружающей среде и чётко выбирает самое перспективное. Реакция была почти мгновенной: закрыть этот чёртов ЭОС. «Это не мой проект, это проект Марова», — так, примерно, он говорил про ЭОС. Надо заменить его новым проектом и реализовать новую идею. Захотелось очень, но своей властью сделать это было невозможно. Нужны были влиятельные союзники. Они нашлись. Директор ГЕОХИ Валерий Леонидович Барсуков⁹² тоже косо смотрел на ЭОС. Ему было бы интересней иметь на Венере посадочный аппарат, а не аэростат. Посадочный аппарат можно было бы сбросить при новой схеме, если сделать аэростат поменьше и полегче, чем планировалось ранее. Отношения между Сагдеевым и Барсуковым были традиционно натянутыми, но тут они быстро договорились. Барсуков обещал поддержку.

⁹¹ Эльясберг Павел Ефимович (5 июня 1914 – 30 марта 1988) — полковник, доктор технических наук, профессор, один из теоретиков и практиков в области ракетно-космической техники. Ленинская премия (1957) за запуск первого спутника. Создатель теории движения ракет и искусственных спутников Земли и методов баллистического обеспечения управления полётом космических аппаратов. Заведующий отделом баллистики ИКИ АН СССР.

⁹² Барсуков Валерий Леонидович (14 марта 1928 – 22 июля 1992) — российский советский геолог-геохимик, академик РАН (1991; академик АН СССР 1987). Директор института геохимии и аналитической химии им. В.И. Вернадского. Область интересов: геохимия процессов рудообразования магматических и лунных пород. В его честь названа подводная гора Барсукова (Barsukov Seamount) на дне Атлантического океана.

Вторым мощным союзником стал академик Гурий Иванович Марчук⁹³, председатель ГКНТ⁹⁴, через некоторое время он стал президентом Академии наук. Надёжный выход на Марчука был обеспечен Г.А. Скуридиным, жена которого была секретаршей Гурия Ивановича. Был изобретён специально для данного случая новый механизм принятия решений — не привлекая ни МНТС по КИ, ни «Интеркомос», через престижный научный семинар Марчука. Одно из его заседаний было посвящено проекту ЭОС. Там было видимо-невидимо академиков. Я на нём сидел в качестве статиста, но сказал что-то резкое против затей Барсукова и его института, ещё не понимая задуманного. Именно на этом «форуме» было принято драматическое решение: рекомендовать работы по проекту ЭОС прекратить и заменить его другим — проектом ВЕГА (это — аббревиатура, полное название — *Венера-Галлей*, в обиходе оно практически не применялось). МНТС по КИ отнёсся к этой революции вяло. Келдыша уже не было в живых, а новому президенту АН СССР и председателю МНТС академику Александрову — физику-ядерщику — космос был, на самом деле, просто не интересен. Я не знаю, как реагировал председатель «Интеркосмоса» академик В.А. Котельников. Видимо, умыл руки и предоставил расхлёбывать кашу Сагдееву. Ведь надо было утрясать этот поворот дел с французами.

ПРОЕКТ ВЕГА

Поначалу я был просто убит. Я очень верил в ЭОС, считал этот проект естественным продолжением наших столь успешных венерианских миссий. Многие вокруг восприняли всё произошедшее как моё личное поражение. Несколько дней телефон в моей комнате угрожающе молчал. Первым позвонил Р.З. и сказал примерно так: «Вася, я забираю у тебя талон № 1. Ты должен научиться себя контролировать». В те времена у водителей в правах были три талона предупреждений. Лишение последнего талона означало лишение водительских прав. Я не отбивался, очень быстро понял, что новый проект на самом деле может оказаться гораздо интереснее старого. И Роальду я был нужен — причём куда более, чем раньше. Ведь с кометой многое было не ясно. Скорость встречи с ней огромна, около 75 км/с. Не погибнет ли космический аппарат под ударами пылевых частиц, заполняющих кому? Каковы их концентрация и размеры? Будет ли видно ядро кометы сквозь эту пыль? А если нет, стоит ли, вообще туда лететь? Нужна была «инженерная модель» кометы Галлея, предсказывающая условия, в которых окажется космический аппарат при встрече с ней.

⁹³ Марчук Гурий Иванович (8 июня 1925 — 24 марта 2013) — академик Российской академии наук, выдающийся специалист в области вычислительной математики, физики атмосферы, геофизики, президент Академии наук СССР (1986–1991). Почётный член Российской академии образования.

⁹⁴ ГКНТ СССР — Государственный комитет Совета Министров СССР по науке и технике — орган государственного управления СССР, проводивший государственную политику в сфере научно-технической деятельности.

Голова у меня тогда работала очень быстро, и в течение нескольких дней я предложил первый вариант такой модели. Раньше я никогда кометами не занимался. Было очень интересно влезать в совсем новую область, копаться в книгах и статьях, считать и думать. Получался прогноз, в общем, оптимистический: 1) кометная пыль для КА опасна, но, скорее всего, в данном конкретном случае не смертельна; 2) её оптическая толщина будет не очень большой, и ядро будет сквозь неё видно. Потом была создана солидная комиссия по инженерной модели под руководством А. А. Галеева, но ничего принципиально нового она по пылевой опасности не сказала. А прогноз видимости ядра вообще никто, кроме меня, в СССР не занимался. Леонид Маркович Шульман, кометчик-профессионал, относился к моей активности ревниво, но по делу ничего добавлять не стал. К сожалению, эта работа была опубликована только в виде препринта [Мороз, 1982]. Правильность прогнозов подтвердилась конечным успехом самой миссии.

Особый интерес к комете Галлея был связан с несколькими обстоятельствами: 1) это самая большая периодическая комета, 2) её орбита хорошо известна и организовать встречу космического аппарата с ней сравнительно просто, 3) следующий такой случай представится не скоро, так как её период 76 лет, 4) в предыдущем появлении кометы (1910) условия её наблюдения с Земли были отличные, а в 1986 году — очень плохие: она и Земля оказывались по разную сторону от Солнца при прохождении кометой перигелия. Поэтому были все основания направить в 1986 году космический аппарат к комете Галлея. Американцы не стали этого делать. Дело в том, что НАСА после «Викингов» и «Вояджеров» взяло таймаут в исследованиях Солнечной системы. Но Европейское космическое агентство приняло решение отправить к комете свой космический аппарат — «Джотто». Японцы тоже заинтересовались этой задачей и наметили целых две кометные миссии — СУИСЕИ и САКИГАКЕ. Это были первые миссии Европы и Японии по исследованию Солнечной системы. «Джотто» был небольшим аппаратом, а «Суисеи» и «Сакигаке» — совсем крошечными. Мы могли организовать значительно более мощную миссию.

Сагдееву надо было убедить не только своих собственных сотрудников, но и бывших французских партнёров по проекту ЭОС. Он хотел привлечь их к работе над ВЕГОЙ и, более того, найти учёных из других стран, которым это было бы тоже интересно. Ситуация оказалась благоприятной. Не все желающие попали на «Джотто», а из тех, которые попали, некоторые были рады задублировать свои эксперименты на ВЕГЕ. Р.З. ездил по всей Европе, приглашал, уговаривал, очаровывал. Это он умел в совершенстве.

Летом 1980 года в Париж поехала небольшая, человек восемь, делегация во главе с Сагдеевым. Я был с ним, чтобы представить и обсудить замечания по модели. Помню, что во время этой поездки меня мучил плечевой радикулит и приходилось в гостинице на ночь как-то по особому перекладывать постель, чтобы хоть ненадолго заснуть. Но днём я ухитрялся функционировать. Заседания проходили в старом здании КНЕС на Rue de l'Université. Сначала французы сидели с напряжёнными лицами. Жак Бламон меланхолично рисовал в блокноте загадочную голову античной

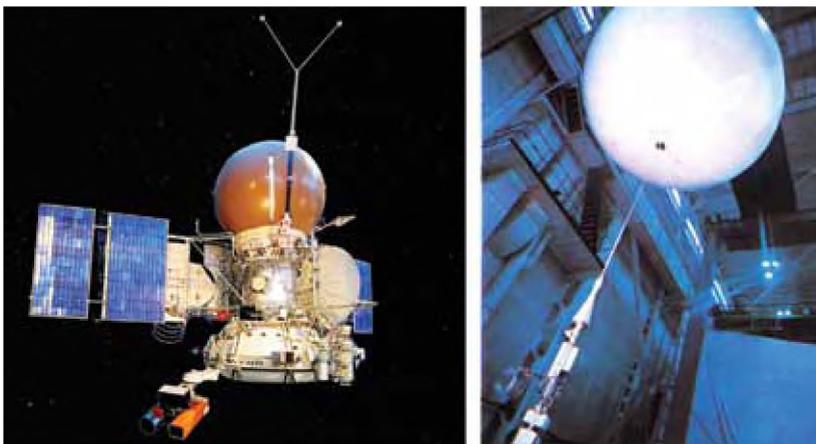
статуи. На постаменте было написано «Бабрак Кармаль» — только что совершился переворот в Кабуле, и тень этого события легла на отношение к нам по всему миру. Но вскоре лёд растаял. До чиновников КНЕС дошло, что крушение проекта ЭОС освобождает их от тягот технической и политической ответственности, а участие в экспериментах ВЕГИ — дело куда более простое. Что касается учёных, то многие из них, включая Бламона, увидели интересные новые возможности и согласились с новым поворотом событий. Были и горько разочарованные. Но в общем мы вернулись с победой, хотя ещё не все вопросы были решены.

Летом в Баку состоялось очередное совещание. Переговоры прошли нормально. Было подтверждено, что миссия будет состоять из трёх частей: посадочный аппарат, аэростатный зонд и кометный зонд. Французы будут участвовать в научных экспериментах на каждой из них, но техническую ответственность за все три элемента миссии несёт СССР. Вначале была надежда, что КНЕС оставит за собой аэростат, но они категорически отказались, хотя лично Бламон очень хотел. Однако решение принималось не им, а инженерами Тулузского Центра и руководством КНЕС. Они уже хлебнули лиха с проектом аэростата для ЭОСА. Тогда ИКИ и НПОЛ решились сделать аэростатный зонд сами, без помощи КНЕС. За физику аэростата и научную аппаратуру взялся Вячеслав Михайлович Линкин. Бламону было мучительно расставаться со своей мечтой, и он нашёл способ, как этого избежать: в результате его уговоров КНЕС согласился координировать наземные наблюдения аэростатов при помощи радиотелескопов. Это действительно важное дело, без которого аэростатная часть проекта ВЕГА была бы неосуществима. Но ни одного французского винтика в аэростатных зондах не было. Тем не менее, часто приходится читать и слышать, что аэростаты ВЕГИ были французскими. Мне неоднократно приходилось эту ложь разоблачать.

Осуществление подобного суперпроекта требовало огромной воли, настойчивости, способности к нестандартным решениям. Оно оказалось возможным только благодаря Р.З. Сагдееву, ставшему его научным руководителем. Комету Галлея мы в шутку называли иногда между собой кометой Сагдеева-Галеева. На старый аппарат, летавший раз за разом к Венере, ложились теперь тройная нагрузка, целый букет новых задач. Проект увлёк и весь институт, и наших коллег в НПОЛ. В.Л. Барсуков получил статус научного руководителя венерианского посадочного аппарата и был этим полностью удовлетворён. Научное руководство аэростатным зондом было за ИКИ, на него переключилась лаборатория В.М. Линкина. В июле 1985 года в атмосфере Венеры развернулись аэростатные зонды и успешно отработали положенные 48 ч, пройдя около 11 500 км по горизонтальной трассе на высоте 53...54 км. Их траектория отслеживалась сетью из 20 радиотелескопов, расположенных по всему земному шару. Впервые были измерены тонкие характеристики атмосферной суперротации. В.М. Линкин получил за эту работу Ленинскую премию, вскоре он защитил докторскую диссертацию.

Посадочные аппараты тоже сработали успешно и принесли ряд интересных находок. Особо отметим среди них обнаружение фосфора в частицах облачного слоя [Андрейчиков и др., 1977].

Космические аппараты «Вега-1» и «Вега-2», развернувшись около Венеры, направились к комете Галлея. Они были не одиночками, туда же двигались европейский «Джотто», японские «Суисеи» и «Сакигаке». Очередное прохождение кометы Галлея через перигелий оказалось мощным стимулом развёртывания международной кооперации в космической науке. Внутри самого проекта ВЕГА она выразилась в участии научных организаций и специалистов девяти стран в научных экспериментах. Но этим дело не ограничивалось. Космические аппараты «Вега-1» и «Вега-2» пролетали вблизи ядра раньше «Джотто», и можно было использовать их данные для корректировки траектории «Джотто». На деле это было не простой задачей, но она была решена. Таким образом, возник ещё один уровень сотрудничества — одна миссия помогает другой.



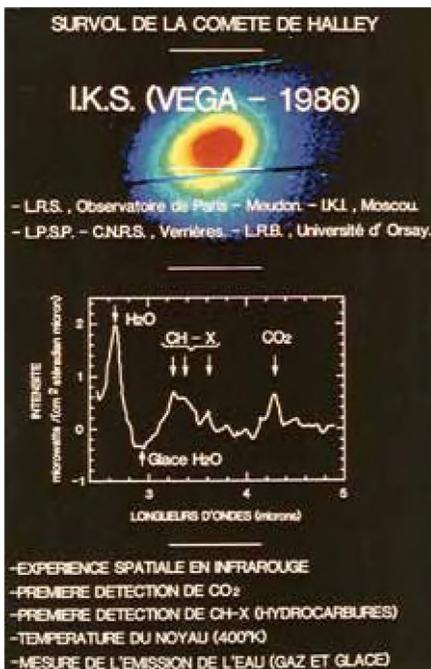
КА «Вега-1» и «Вега-2» (1984)

В годы работы над этими проектами была создана Консультативная группа космических агентств — Inter Agencies Consultative Group (IACG). В неё входили НАСА, ЕКА, ИКИ, ISAS⁹⁵. Формально ИКИ и японский институт ISAS не были космическими агентствами в своих странах, но фактически играли аналогичную роль. IACG собирается ежегодно и сейчас, но она никогда уже не была так востребована, как в годы подготовки кометных миссий. Хотя у НАСА не было специального аппарата для кометы Галлея, но некоторые исследования (эффекты взаимодействия с солнечным ветром на большом расстоянии от ядра) были проведены при помощи космического аппарата, который они называли «Кометари Эксплорер». Такого же типа измерения проводились на «Сакигаке». На «Суисеи» измерялось распределение яркости водородной комы в линии лайман-альфа — тоже на больших расстояниях от ядра. Самая интересная задача — получение изображения ядра кометы — решалась только в миссиях ДЖОТТО и ВЕГА. Ведь кометные ядра наблюдались до того только как точечные объекты — на больших расстояниях от Земли, когда комы ещё

⁹⁵ ISAS (*англ.* Institute of Space and Aeronautical Science) — Японский институт космонавтики и аэронавтики.

(или уже) нет. Что собой представляет кометное ядро? Монолит из льда и камня? Груда слабосвязанных обломков? Рой? Каков состав вещества? В общем, букет загадок...

Такая широкая международная кооперация в космических исследованиях была новым явлением не только для нашей страны, но и для всего мира. Удивительно, что этот прорыв произошёл именно в СССР. Он стал возможен, главным образом, благодаря энтузиазму и энергии Р.З. Сагдеева. Он разрушал барьеры, преодолевал сопротивление чиновников разных ведомств и разного уровня. Например, в те времена сотрудники ИКИ были обязаны сопровождать иностранных гостей при их перемещениях из одной комнаты в другую. Проход иностранцев в ИКИ разрешался только по заранее согласованному списку и в сопровождении. В день встречи ВЕГИ с кометой Сагдеев отменил эти правила. Он приказал открыть второй подъезд и оставить его без охраны. Все наши гости, советские и иностранные, проходили в ИКИ, не беспокоясь о списках и сопровождающих. Кстати, правила посещения иностранцами JPL в нынешнее время мало отличаются от тех, что были в ИКИ до проекта ВЕГА.



Результаты эксперимента ИКС проекта ВЕГА
(постер Мишеля Комба)

Мне никогда не забыть день 6 марта 1986 года. Сотни учёных и инженеров из всех стран-участниц собрались в ИКИ у мониторов, ожидая встречи КА «Вега-1» с кометой. За три часа перед пролётом началась передача

информации. Она шла в реальном времени — ведь аппарат мог погибнуть в любой момент. Каждый экспериментатор должен был следить за данными своего прибора, но все, кто мог, пришли в зал, куда выводились ТВ-изображения. И не зря. Изображение комы на глазах меняло форму, изображение ядра сначала увеличивалось в размерах, становилось более контрастным, поворачивалось на экране, потом удалялось и ослабевало. Впечатление было такое, словно мы его облетали на самолёте. Думаю, что это был звёздный час в жизни академика Сагдеева.

Для съёмки ядра была разработана и изготовлена поворотная платформа с автоматическим наведением на него. Платформу сделали в АН ЧССР, саму ТВ-систему — в АН ВНР с участием ИКИ. Генрих Аронович Аванесов провёл там год, передавая свой опыт создания космических ТВ-систем. В структуре проекта он формально считался заместителем Р.З. Сагдеева как научного руководителя ТВ-эксперимента, но фактически был ключевой фигурой. Наведение на ядро и удерживание его в поле зрения при огромной скорости пролёта — это была трудная, экзотическая задача. Р.З., конечно, совсем не был специалистом в этом деле, но старался вникать и держал Генриха под напряжением. Помню, как Р.З. удивился, узнав о существовании касегреновской схемы телескопа, позволяющей сделать длиннофокусную камеру с малыми геометрическими размерами.

На платформе, кроме камеры, стояли два спектральных прибора для исследования химического состава вещества внутренней комы: ИКС (инфракрасный спектрометр) и ТКС (трёхканальный спектрометр). Оба эксперимента были совместными с Францией. Научным руководителем ИКС с нашей стороны был я, ТКС — В. А. Краснопольский.

Главные результаты миссии ВЕГА таковы:• первые наблюдения кометного ядра как пространственно разрешённого объекта, определение его формы, размеров, альbedo, температуры, подтверждение модели Уиппла;

- первая идентификация родительских молекул в кометной атмосфере;
- открытие кометного органического вещества;
- первые прямые измерения концентрации кометных пылинок и их распределения по размерам;
- первые прямые оценки элементного состава кометных пылинок;
- определение структуры и ионного состава кометной плазмы на разных расстояниях от ядра;
- первые горизонтальные профили атмосферы Венеры — температура, скорость ветра, турбулентность, оптическая плотность, освещённость на траектории дрейфа аэростата;
- новые измерения вертикальной структуры облаков, измерения состава частиц, газа и пород на посадочных аппаратах (публикации по первым результатам были в «Космических исследованиях» (1987), Nature (1986), Science (1986)), а результаты всех кометных миссий и наземных наблюдений были представлены на большой конференции в Дармштадте (1986).

Несколько подробнее об эксперименте ИКС. В нём было занято много учёных и инженеров. Научное руководство осуществляли три Co-PI

(Co-Principal Investigators, соруководители): Мишель Комб (Медонская обсерватория), Франсуа Крифо (Институт космической астрофизики) и я. При помощи этого прибора были измерены спектр комы в диапазоне 2,5...12 мкм [Combes et al., 1988] и тепловое излучение ядра [Emerich et al., 1987]. Несколько интересных деталей было обнаружено в диапазоне 2,5...5 мкм (рис. 7). Они принадлежат так называемым родительским молекулам: H_2O , H_2CO , CO_2 , CO и какой-то нерасшифрованной смеси органических соединений. Самая сильная деталь — полоса излучения H_2O около 2,7 мкм. Водяной пар является самой обильной составляющей внутренней комы. За несколько месяцев до ИКС эта полоса наблюдалась с более высоким разрешением при помощи ИК-спектрометра самолётной Обсерватории им. Койпера. Все остальные детали ИКС увидел первым. Что касается полосы 3,4 мкм, то она соответствует связи CH , но не ясно, какому органическому соединению (или соединениям) можно её приписать. Нельзя даже ничего сказать о фазовом состоянии этого вещества — газ это или пыль. Позднее эта полоса наблюдалась и в спектре излучения некоторых других комет в наземных исследованиях. Формальдегид H_2CO тоже был найден впоследствии в других кометах. Нейтральные CO_2 и CO не видны в кометных спектрах, наблюдаемых с Земли, но хорошо видны полосы соответствующих ионов.

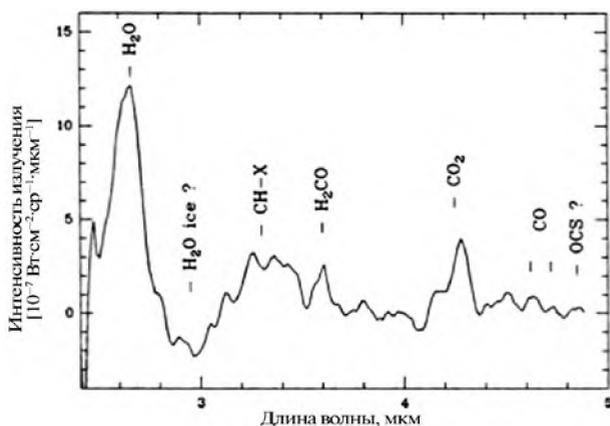


Рис. 7. Спектр излучения ядра кометы Галлея в интервале между 2,5 и 5 мкм, измеренный при помощи спектрометра ИКС на космическом аппарате «Вега-1». Это среднее из пяти индивидуальных спектров, полученных на расстоянии около 42 000 км от ядра. Угловой диаметр поля зрения составляет около 1° . Таким образом, измеренный спектр относится к самой внутренней части комы диаметром около 400 км [Combes et al., 1988]. В этих наблюдениях впервые были обнаружены кометные полосы нейтрального CO_2 , органики (CH), формальдегида (H_2CO). Количественная интерпретация позволила получить оценки потоков этих и других молекулярных компонент внутренней комы, в том числе самой обильной — H_2O

Прибор ИКС был разработан и изготовлен в Медонской обсерватории с участием Института космической астрофизики. Я не имел серьёзного влияния на его оптическую концепцию и у меня были опасения относительно её работоспособности.

Дело в том, что излучение кометы не модулировалось и измерялось как малый избыток над огромным инструментальным фоном. Опасения оправдались, но, к счастью, не полностью. Полезный сигнал всё-таки «вытянули» в результате сложной и мучительной процедуры обработки.

Состав внутренней комы должен, примерно, соответствовать содержанию летучих в ядре. Это означает, что оно состоит, в значительной части, из водного льда. Но радиометрическая часть эксперимента ИКС показала, что температура поверхности ядра достигает 400 К. Казалось бы, парадокс, необъяснимое противоречие! Но объяснение есть и оно состоит в том, что ядро кометы — это не просто большой кусок льда. Во-первых, лёд перемешан с тугоплавким материалом: мы наблюдаем его и в коме — как кометную пыль. Во-вторых, этот тугоплавкий материал образует на поверхности слой, проницаемый для газа, но имеющий очень малую отражательную способность (альбедо около 0,03). Этот слой нагревается до высокой температуры, когда комета приближается к Солнцу. Таким образом, совокупность данных, полученных ИКС, хорошо укладывается в концепцию кометного ядра, предложенную Фредом Уипплом: консолидированное тело, состоящее как из летучих, так и тугоплавких материалов с большим содержанием летучих. Но модель Уиппла была куда более схематичной, чем то, что мы увидели на самом деле.



Сотрудники ИКИ и Медонской обсерватории на прогулке по Версалю.
Слева направо: В. И. Мороз, И. Н. Глушнева⁹⁶, Н. И. Игнатьев, М. Комб

Институт космических исследований отвечал за испытания прибора в НПОЛ и на Байконуре, иностранцы туда не допускались. Этим занимались Н. Ф. Санько, А. В. Григорьев и Ю. В. Никольский. Все вместе мы занимались

⁹⁶ Глушнева Ирина Николаевна (5 октября 1934 – 5 декабря 2010) — ведущий научный сотрудник ГАИШ, доктор физико-математических наук.

потом обработкой, периодически общаясь с французами по факсу и телефону и изредка встречаясь. В общем, у нас сложились с ними очень хорошие отношения, получилась дружная международная команда. Замечу, что ИКС работал только на «Веге-1», на «Веге-2» молчал. Опять спасла двухпусковая схема миссии.



В. И. Мороз выступает на пресс-конференции по исследованиям Венеры

Моя лаборатория участвовала также в экспериментах на венерианских посадочных аппаратах. Как упоминалось в предыдущем разделе, для миссии ЭОС мы разрабатывали — вместе с Берто — ИК-спектрометр ИСАВ. Для ВЕГИ он совершенно не годился, так как её посадочный аппарат садился на ночную сторону. Это было необходимо по схеме гравитационного манёвра, обеспечивающего последующий полёт к комете. Но хитрый Жан-Лу Берто нашёл, как выйти из положения: 1) тот же спектрометр перестроить с ИК-диапазона на УФ, 2) установить перед прибором внешний источник и измерять спектр пропускания атмосферы на пути между источником и спектрометром. Он придумал этому методу громкое название «активная спектроскопия». Изменить рабочую область спектра пришлось по той причине, что на пути порядка метра (а больше трудно сделать) нельзя было ожидать заметного поглощения в ближнем ИК-диапазоне ни на каких высотах. А в УФ-области ситуация иная: на длинах волн короче 3000 Å заметное поглощение должно создаваться молекулами SO_2 уже на высотах ниже 50 км. Итак, мы переименовали «пороса в караса», перешли в УФ-диапазон. Но дальше надо было преодолеть ещё одну трудность: как установить ИСАВ-С (так теперь назывался наш спектрометр) на посадочном аппарате? На его внешней стенке, как это

делалось на «Венерах»? — Невозможно, слишком большие размеры, слишком нежный прибор. И тогда Алексей Павлович Экономов совершил подвиг: упросил НПОЛ впервые в истории сделать оптическое окно в герметичной стенке посадочного аппарата. Спектрометр поставили внутри, а источник с трубой — снаружи. Эту наружную часть спроектировали и изготовили во Фрунзе под Лёшиным присмотром.

На обоих спускаемых аппаратах были получены спектры отличного качества — на всей трассе спуска. Но мы увидели на них полосу поглощения не SO_2 , а чего-то совсем непонятного! Какая-то гадость осела на оптических элементах, находившихся в атмосфере. Прошло много лет, чтобы удалось на её фоне всё-таки выудить вождеденный SO_2 . Подробности рассказаны в нашей статье [Bertaux et al., 1996]. Был получен вертикальный профиль SO_2 , значительно более подробный, чем давали другие, более ранние, эксперименты. Но наш опыт должен послужить уроком на будущее: при подобных измерениях надо думать, как обезопасить их от засорения оптики.

На посадочных аппаратах был ещё один наш прибор — ИСАВ-А. Он измерял спектр распределения аэрозольных частиц по размерам. Борис Мошкин изобрёл для этого эксперимента интересную комбинацию собственно спектрометра частиц с нефелометром. Он был ключевой фигурой в реализации проекта. Ему помогали Алексей Григорьев и Виктор Гнедых. Прибор ИСАВ-А был изготовлен тоже во Фрунзе. Установлен он был в негерметичном отсеке посадочного аппарата, отключавшемся ниже 35 км. Результаты измерений [Гнедых и др., 1987] были довольно загадочными: не проявилась резкая нижняя граница облаков, которую обнаруживали на высоте 50 км аналогичные эксперименты в предыдущих миссиях. Не исключено, что причиной было временное увеличение оптической плотности подоблачной дымки.

В негерметичном отсеке были установлены и другие приборы для исследований венерианских облаков, в том числе состава частиц: масс-спектрометр Ю.А. Суркова, газовый хроматограф Л.М. Мухина и анализатор элементного состава Б.М. Андрейчикова. Борис Андрейчиков и его сотрудники получили просто интригующие результаты: оказалось, что в частицах нижнего — самого плотного — слоя облаков преобладает фосфор, а не сера, как ожидалось [Андрейчиков и др., 1987]! Борис начинал свою деятельность в ГЕОХИ, он разрабатывал там приборы для датчиков химического состава, работавшие на КА «Венера-4, -5, -6, -8». А позднее Лёва Мухин пригласил его в ИКИ и оставил вместо себя завлабом, когда уехал на Запад. В 1999 году мы Бориса похоронили, и сейчас «мухинской» лабораторией заведует Миша Герасимов — бывший (и единственный) Лёвин аспирант.

К сожалению, проект ВЕГА поставил последнюю точку в истории наших исследований Венеры. Думаю, что расставание с этой планетой было ошибкой: мы потеряли «экологическую нишу», одну из немногих областей, где были впереди многие годы, и не только в исследованиях планет, но и в фундаментальных космических исследованиях вообще (см. статьи Л.В. Засовой (с. 173, 186, 255) и О.И. Кораблёва (с. 217) в настоящей книге).

Во время работы над миссией ВЕГА появилось новое «юридическое лицо» — Научно-исследовательский Центр (НИЦ) им. Г.Н. Бабакина. Директором стал Роальд Саввич Кремнев. НИЦ не имел своего производства, конструкторской или испытательной базы. Такая виртуальная фирма была нужна просто потому, что НПОЛ как организации в те времена не разрешались контакты с иностранцами.

Очень важной идеей Кремнева был имитатор космического аппарата: полномасштабная копия, стоявшая в ИКИ и доступная нашим иностранным коллегам при испытаниях всех научных приборов и систем, к которым они имели отношение. Там были те же механические и электрические интерфейсы, такая же проводка и т.д. Отсутствовали только элементы КА, не существенные для работы с приборами, такие как антенны и часть солнечных панелей. Все эти испытания проводились на имитаторе, ошибки, если они были, устранялись, а потом уже полностью отлаженный комплекс НА доставлялся в НПОЛ. С этого момента доступ иностранцев к научной аппаратуре прекращался, с ней работали только их партнёры из ИКИ и сотрудники НПОЛ.

Мы не могли бы своими силами поставить столько интересных экспериментов, как это было в проекте ВЕГА. Не хватило бы ни средств, ни приборостроительной базы, ни собственной «рабочей силы». Прямые контакты с иностранными специалистами позволяли быть в курсе современных тенденций в развитии техники космического эксперимента на Западе. Но надо признать, что возможность делать приборы за рубежом приводила иногда и к отрицательным последствиям — ослабление собственной квалификации, подчинение чужим концепциям эксперимента.

Техническим руководителем совместных работ по проекту ВЕГА с французской стороны была Жозетт Ренаво из Тулузского центра КНЕС. Она сохранила эту роль и позднее — в проектах ФОБОС и МАРС-96. Благожелательная и добрая, она помогала всем, чем могла. Прощала, когда было за что. Работа с русскими захватила её, стала, видимо, важным куском жизни. Она умерла от рака в 2000 году, если не ошибаюсь. Рассказывали, что, уже никого не узнавая, она бредила воспоминаниями о России и прошлых проектах. Бедная Жозетт, спасибо тебе за всё. Мир праху твоему!

ПРОЕКТ ФОБОС

Международное сотрудничество стало ещё более широким в проекте ФОБОС. Работа над ним началась давно, раньше ВЕГИ, но была приторможена, так как не было возможности продвигать одновременно два таких сложных и дорогих проекта. Началась она с предложения В.Д. Давыдова, моего бывшего аспиранта и сотрудника, использовать естественный спутник Марса — Фобос — в качестве платформы для дистанционных исследований Марса. Но это была бы не очень хорошая платформа — расстояние до Марса большое, орбита находится в плоскости экватора, и поэтому для наблюдений с Фобоса были бы доступны только экваториальная область и средние широты. Интереснее сам Фобос, как наиболее доступный образец тела, подобного астероиду. Рассматривались разные

варианты. Вначале это была доставка вещества Фобоса на Землю, затем посадка на его поверхность с прямыми исследованиями на месте. В конечном счёте, пришли к пролёту над Фобосом на очень низкой высоте (50 м). Основной эксперимент для этой геометрии предложили Р.З. Сагдеев и Г.Г. Манагадзе: вещество поверхностного слоя испаряется лазерной пушкой, его состав измеряется при помощи масс-спектрометра. Позднее было решено также высадить на поверхность две малые станции. За одну из них отвечал Ю.А. Сурков (ГЕОХИ), за другую — В.М. Линкин.

Наш отдел отвечал за несколько приборов для дистанционных исследований Марса и Фобоса. В.А. Краснопольский вёл советско-французский эксперимент August (вместе с Ж. Бламоном — оптическое зондирование атмосферы Марса методом солнечного просвечивания). Л.В. Ксанфомалити вёл прибор КРФМ⁹⁷ для фотометрии и ИК-радиометрии Фобоса и Марса. Позднее Ж.-П. Бибринг⁹⁸ предложил картирующий спектрометр ИСМ на диапазон 0,8...3,2 мкм. Места для него уже не было, и тогда по совету Сагдеева его посадили «верхом» на КРФМ.

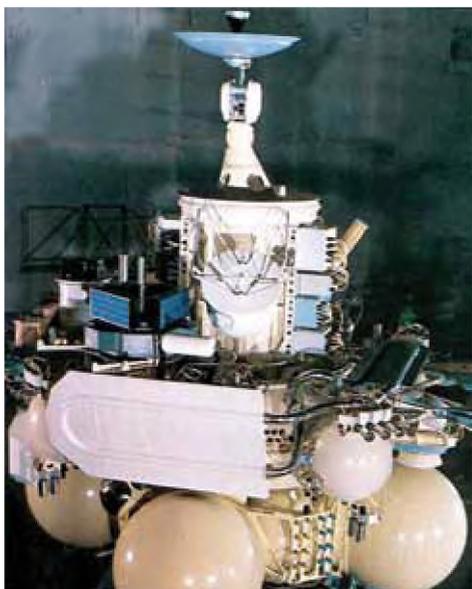
Космический аппарат для этой экспедиции разрабатывался под руководством генерального конструктора НПОЛ В.М. Ковтуненко. Это был совсем новый аппарат. Старая добрая «Венера» уже себя исчерпала, сменились подсистемы, конструкция и даже элементная база. КА «Фобос» должен был стать базовым аппаратом для исследований Солнечной системы на следующие 20 лет. Но жизнь распорядилась иначе.

В течение нескольких лет шла своего рода «подковёрная борьба» между ИКИ и ГЕОХИ за формальное лидерство в проекте. Но авторитет ИКИ и его директора был в то время непререкаем. Научным руководителем проекта ФОБОС стал Р.З. Сагдеев. Работа встречала большие технические трудности, связанные отчасти с новизной КА. Запуск был намечен на 1988 год, но, когда подошло время принимать решение, было ясно, что оно будет связано с риском. Тем не менее, КА «Фобос-1 и -2» ушли в намеченные даты. КА «Фобос-1» прекратил связь с Землёй в сентябре 1988 года из-за ошибочно поданной команды. КА «Фобос-2» благополучно достиг Марса в конце января 1989 года, вышел сначала на эллиптическую орбиту, потом перешёл на круговую, постепенно сближаясь с Фобосом, а в конце марта стал его искусственным спутником. В течение двух месяцев успешно проводились дистанционные исследования Марса и Фобоса, но оставалась наиболее амбициозная часть экспедиции: пролёт на минимальном расстоянии и высадка малой станции. Она была запланирована на конец марта – начало апреля. 27 марта собрали большое совещание в ЦУП, обговорили в последний раз все детали. И когда разошлись, уже в коридоре я услышал трагическую новость: связь потеряна.

⁹⁷ КРФМ — комбинированный радиометр-спектрофотометр.

⁹⁸ Бибринг Жан-Пьер (*фр.* Jean-Pierre Bibring) (род. 1948) — известный французский астрофизик и планетолог, профессор физики планет Лаборатории физики звёзд и планет Института космической физики, научный руководитель проекта OMEGA.

Экспедиция ФОБОС часто оценивается как неудачная. Но так ли это? Думаю, что нет. За два месяца работы было получено гораздо больше результатов, чем во всех других советских марсианских экспедициях. И дело не в объёме, а в качественном уровне. Был успешно проведён целый ряд новых экспериментов, какие на американских миссиях не ставились, — картирование Марса в тепловом диапазоне (эксперимент ТЕРМОСКАН, [Selivanov et al., 1989]), «минералогическое» картирование в ближнем ИК-диапазоне (ИСМ, [Vibring et al., 1989]), зондирование атмосферы методом солнечного просвечивания [Blamont et al., 1989], узкополосная фотометрия Марса и Фобоса (КРФМ, [Ksanfomality et al., 1989]).



КА «Фобос-2»

Много интересных измерений было сделано при помощи плазменных приборов.

Почему был потерян КА «Фобос-2»? Что тогда случилось? Первая реакция НПОЛ была одиозной: метеорит попал. В эту версию никто не поверил. Много позднее мне объяснили, что в бортовой ЭВМ космических аппаратов «Фобос» были, как оказалось, ненадёжные, подверженные старению радиокомпоненты. Кто-то в нашей электронной промышленности получил премию за некую рационализацию, удешевившую производство конденсаторов определённого типа, и «усовершенствованная» продукция попала на борт.

Я не был научным руководителем ни в одном из экспериментов миссии ФОБОС, однако участвовал в анализе результатов на правах соисследователя. Четыре перечисленных выше эксперимента дали новые сведения

о характеристиках аэрозольной среды в марсианской атмосфере — таких как оптическая толщина, размеры частиц, вертикальное распределение [Moroz, 1995; Rodin et al., 1997; Titov et al., 1997]. Были получены первые вертикальные профили H_2O [Rodin et al., 1997]. При помощи спектрометра ИСМ было получено около 40 000 спектров отражения в диапазоне 0,8...3,4 мкм. Их анализ дал уникальную информацию о локальных вариациях спектрального альbedo и полном содержании атмосферного водяного пара, а также по топографии ряда районов. Позднее пришла и минералогическая интерпретация.



Хьюстон, Лунно-планетная конференция. В. И.
у макета лунного модуля

Любопытные события развернулись вокруг спектра отражения Фобоса. До эксперимента КРФМ все были уверены (основываясь на наблюдениях с Земли — очень трудных), что он соответствует углистым хондритам. На это указывали малое альbedo и, якобы, «плоская» форма спектра, т.е. альbedo не зависит от длины волны. Л.В. Ксанфомалити, научный руководитель КРФМ, пригласил группу профессора Джеймса Хэда из университета Брауна (Провиденс, штат Род-Айленд США) принять участие

в интерпретации своих данных. Профессор поручил работу аспирантам и сотрудникам. Спектральная калибровка КРФМ оказалась ненадёжной, и они работали с данными исходя из предположения, что средний спектр Фобоса «плоский». А калибровку КРФМ «восстановили» так, чтобы заведомо получался плоский спектр. Публиковались статьи, делались доклады и т.д. и т.п.

Я с этой командой не общался и пытался разобраться в данных самостоятельно. При этом я хотел скомбинировать результаты КРФМ и ИСМ, чтобы построить единый спектр отражения Фобоса в широком диапазоне — 0,3...3 мкм. Из этого ничего не получалось. Хуже того, когда я применил «восстановленную» калибровку к наблюдениям Марса, а не Фобоса, то зависимость альбедо Марса от длины волны оказалась совершенно неправдоподобной. Между тем эта зависимость отлично известна из наземных наблюдений. Тогда я принял её, а не плоский (якобы) спектр Фобоса, за основу для восстановления калибровки КРФМ. То же самое было сделано и для данных ИСМ. Получилось, что спектр Фобоса имеет довольно сильный наклон. Стало ясно, что вещество поверхности Фобоса по своим оптическим свойствам не соответствует углистым хондритам.

Л.В. вначале очень сопротивлялся, но вынужден был согласиться. Я написал маленькую статью о комбинированном (ИСМ+КРФМ) спектре отражения Фобоса в диапазоне 0,3...3 мкм, деликатно поставил фамилию Бибринга первой в списке соавторов (по алфавиту). Однако сам доложил её на Лунно-планетной Хьюстонской конференции [Bibring et al., 1991]. Перед моим докладом был другой — хэдовского аспиранта Мерчи, основанный на гипотезе о плоском спектре Фобоса. Разразился скандал. Один из американцев справедливо заметил, что стыдно тратить большие деньги на космические эксперименты и потом привозить нечто непонятное. В принципе, он был прав, но всё-таки не стоит даже очень хромые данные сразу выкидывать в мусорную корзину. Надо их спасать, и, в данном случае мне кажется, что это удалось. Наша итоговая статья о спектре отражения Фобоса [Ksanfomality, Moroz, 1995] ждала публикации в журнале *Icarus* несколько лет. А Скотт Мерчи — самоуверенный американский парень — принял наш подход, но все его дальнейшие статьи шли без ссылок на наши работы. Наклонная форма спектра Фобоса была подтверждена американскими наблюдениями на HST⁹⁹ [Zellner, Wells, 1994].

ЭПОХА ПОЗДНЕГО «ЗАСТОЛЬЯ» И РАННЕЙ ПЕРЕСТРОЙКИ

В первой половине 1980-х годов в отдел пришли В.В. Кержанович, Б.М. Андрейчиков и Л.С. Марочник. В.В. Кержанович ещё в период своей работы в промышленности предложил метод определения скорости ветра в атмосфере Венеры по доплеровскому сдвигу радиосигнала, применял его для всех советских аппаратов и, будучи уже у нас, защитил на эту

⁹⁹ КХТ — Космический телескоп «Хаббл» (*англ.* Hubble Space Telescope — HST) — автоматическая обсерватория на орбите вокруг Земли, названная в честь Эдвина Хаббла. Телескоп «Хаббл» — совместный проект НАСА и Европейского космического агентства.

тему докторскую диссертацию. Б. М. Андрейчиков пришёл из ГЕОХИ, там он вёл эксперименты по измерению газового химического состава атмосферы Венеры (с использованием специально подобранных реакций) на аппаратах «Венера-4, -5, -6, -8», а в ИКИ занялся подготовкой к измерениям химического состава аэрозольных частиц. Л. С. Марочник, теоретик, ученик С. Б. Пикельнера, пришёл из Ростовского университета. Изменилась структура отдела, были сформированы две новые лаборатории: метеорологии планет — В. М. Линкина и спектроскопии верхних атмосфер планет — В. А. Краснопольского. Четыре сотрудника отдела (В. И. Мороз, В. В. Кержанович, Л. М. Мухин, В. А. Краснопольский) были удостоены званиями лауреатов Государственной премии СССР за результаты исследований Венеры, о Ленинской премии В. М. Линкина за ВЕГУ уже писалось.

В середине 1980-х годов отдел достиг пика в своём развитии. У нас в этот период было девять докторов наук и пять лауреатов при общей численности около 70 сотрудников. Было широкое международное признание. Оно нас, в каком-то смысле, и подрубило. Прошло несколько лет, и началась «утечка мозгов»: уехали работать за границу Л. М. Мухин, В. А. Краснопольский, В. В. Кержанович, Л. С. Марочник. Первые три были ключевыми фигурами в проекте MAPC-94/96, но их это не остановило.



Четыре лауреата Государственной премии СССР в конференц-зале ИКИ, 1985 год. Слева направо: В. А. Краснопольский, Л. М. Мухин, В. И. Мороз, В. В. Кержанович

Начался же процесс «утечки» с самого Роальда Зиннуровича Сагдеева. На весь мир прогремела его женитьба на Сьюзен Эйзенхауэр — внучке экс-президента США. Сам Роальд в своих мемуарах [Sagdeev, Eisenhower, 1994] пишет, что в его случае имела место, скорее, утечка сердца, а не мозгов. Свадьба отмечалась в Спасо-Хаузе — резиденции американского посла в Москве.

Сагдеев ушёл с поста директора ИКИ в 1988 году. Директором был избран Альберт Абубакирович Галеев, его ученик, незадолго до того избранный в членкоры. Совсем иной характер — тихий, доброжелательный, непробивной и т.д. Очень способный теоретик. Наверное, не надо было ему идти в директора. И особенно на третий срок, который Альберт не дотянул, подав в отставку по состоянию здоровья. Первые десять лет мне работать с ним было вполне комфортно, но рассчитывать на какую-то активную поддержку не приходилось с самого начала.

После отъезда Л.М. Мухина его лабораторию возглавил Б.М. Андрейчиков, В.А. Краснопольского заменил его ученик О.И. Кораблёв¹⁰⁰. В.Г. Истомина сменил В.А. Кочнев. Последние эксперименты этой группы посвящены исследованиям земной ионосферы.

В начале 1990-х в отдел пришла ещё одна лаборатория, работающая в области космической масс-спектрометрии (Е.Н. Евланов). Она участвовала ранее в разработке приборов для миссий ВЕГА и ФОБОС. Лаборатория В.М. Линкина, сформированная вначале под флагом планетной метеорологии, позднее формально расширила профиль, теперь её направление стало более широким: исследования тел Солнечной системы на малых космических аппаратах. Туда пришли В.М. Готлиб (радиофизические эксперименты) и Т.К. Бреус (модели ионосфер планет).

Ещё не ушли в полёт «Фобос-1 и -2», как начались обсуждения, что делать, что должно быть следующим шагом. Они велись с участием наших зарубежных коллег по проекту ФОБОС. Все настроились на суперпроект, нацеленный на исследования Марса: спутник, малые станции, марсоход, аэростаты, пенетраторы. Готовились к старту в 1994 году, но этот срок был перенесён. Научным руководителем проекта был вначале Р.З. Сагдеев, а после его ухода — А.А. Галеев, всеми работами по космическому аппарату формально руководил В.М. Ковтуненко, а на самом деле — его замы. Я был заместителем научного руководителя по ИКИ, В.М. Линкин руководил работами по малым станциям. У ГЕОХИ был свой отдельный, изолированный участок — пенетраторы. Кооперация по научной аппаратуре охватывала специалистов 20 стран.

Первый вариант состава научной аппаратуры (НА) был определён ещё при Сагдееве на большом международном совещании. Предложений было очень много, надо было их ранжировать по приоритетам. Мне удалось изобрести для решения этого деликатного вопроса некое подобие демократической процедуры, с которой все тогда согласились. Может быть, она ещё когда-нибудь пригодится, если только у нас снова появятся национальные планетные миссии. *Первый шаг:* доклады по всем предложениям на общем собрании их авторов с участием других учёных, имеющих отношение к тематике проекта. Все предложения имеются в письменной форме и доступны каждому для ознакомления. *Шаг второй:* всем участникам раздаётся анкета с полным списком предложений. Каждый

¹⁰⁰ Кораблёв Олег Игоревич — доктор физико-математических наук, заместитель директора и заведующий отделом физики планет ИКИ РАН.

расставляет по номерам свои приоритеты в модели состава научной аппаратуры.

Потом все анкеты собираются, статистически обрабатываются, и выводится среднее для каждого предложения. Естественно, что каждый автор ставит на первое место своё собственное предложение, но когда таких авторов много, это роли не играет. Конечно, не все авторы имеют одинаковую научную квалификацию, не все беспристрастны и т.д. Но это лучше, чем когда вся ответственность возлагается на одного человека — научного руководителя проекта. Результат голосования не является для него строго обязательным, но очень облегчает его положение, освобождая на 90 % от обид, претензий, скандалов и т.д.



Б. Е. Мошкин и В. И. Мороз в обсерватории Каподимонте, Неаполь (совещание по эксперименту ПФС)

Блестящие результаты, полученные фурье-спектрометром на «Венере-15», очень меня воодушевили, и я предложил аналогичный, но более сложный прибор ПФС для нового марсианского проекта. Он имел два канала: длинноволновый (ДВК) и коротковолновый (КВК); ДВК предназначен для измерения теплового излучения планеты (диапазон 6...45 мкм),

КВК — для измерения отражённого излучения (диапазон 1,2...5 мкм). Соответственно в приборе были два интерферометра. Одновременность измерения спектров теплового и отражённого — это новое качество в планетной спектроскопии. Все сотрудники моей лаборатории были привлечены к работе над подготовкой этого эксперимента, но было ясно, что нам одним не справиться. Самым естественным было бы вовлечь в эту затею ИКИ АН ГДР, но там отказались, да и ГДР вскоре исчезла с карты Европы. На каком-то этапе пытались заказать оптическую часть ПФС в ГОИ, а электронику — во Фрунзенском ОКБ ИКИ, но и это не получилось.



П. М. Нечаев, В. И. Гнедых, В. И. Мороз
во время совещания по эксперименту ПФС

Неожиданный ход нашёл Алексей Викторович Григорьев. Работая гидом на выставке в Италии (был тогда такой способ поощрения хороших сотрудников), он познакомился с итальянским планетологом профессором Витторио Формизано из Института физики межпланетного пространства (ИФСИ, *um. Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario — IFSI*) — маленького института, расположенного в окрестностях Фраскати, около Рима. Формизано раньше ставил небольшие космические эксперименты по исследованию околоземной плазмы, но ему, видимо, мечталось о более масштабных делах. Так что, когда Алик рассказал ему про ПФС, наши безуспешные поиски кооперации и т.д., Витторио вдруг загорелся и предложил себя и своих сотрудников в качестве потенциальных партнёров по этому эксперименту; более того, он обещал привлечь другие группы учёных в Италии. Он очень смелый человек. Отсутствие опыта, трудности вторжения в ранее чуждую область науки его совершенно не смущали. Вскоре Формизано приехал в ИКИ по своим плазменным делам, мы с ним встретились и договорились. Всерьёз и надолго. Было страшновато, но

другого выхода не было. ИФСИ взял на себя обязательства по интеграции и поставке прибора в целом. Мы давали приёмники излучения, сканер (система с подвижными плоскими зеркалами на входе, Б.Е. Мошкин), источник излучения для лабораторной калибровки (И.А. Мацыгорин и А.П. Экономов). Электроника делалась в ИФСИ, но программное обеспечение было наше (Д.В. Пацаев). Участвовало несколько итальянских университетов, в том числе знаменитый Падуанский (где когда-то читал лекции Галилео Галилей). В кооперацию вошли Варшавский центр космических исследований (блок питания), Медонская обсерватория (блок бортового фурье-преобразования), Институт астрофизики в Гранаде, и Берлинский Институт планетных исследований (часть бывшего ИКИ АН ГДР). Главным вкладом Берлина была светлая голова Хельмута Хирша — одного из немногих, кто пришёл в ПФС из старой команды, работавшей по прибору для Венеры. Хельмут предложил использовать в обоих каналах уголковые отражатели и заменить поступательное движение вращательным. Это было принято и определило окончательную оптическую схему ПФС.

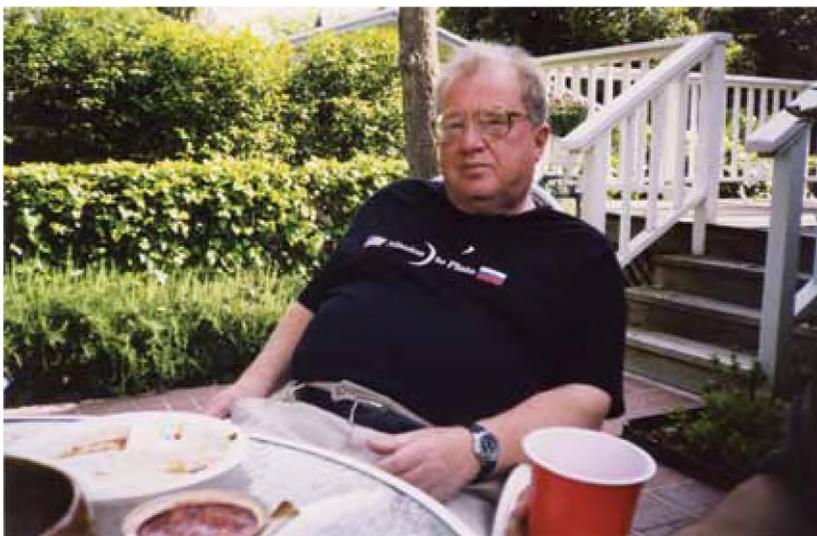
Мои сотрудники часто ездили в Италию, иногда на несколько месяцев. Своих специалистов у Витторио было мало, и российская команда была там действительно необходима. Все эти командировки оплачивались за счёт «принимающей стороны». И так было не только в случае ПФС, но и во всех совместных экспериментах. Наши западные коллеги понимали это как единственное возможное решение в тех условиях разорения и бедности, в которых оказалась российская космическая наука. НАСА в течение нескольких лет готовило свой космический аппарат похожего назначения: искусственный спутник планеты «Марс Обсервер» (МО). Посадочных средств там не было, но научная программа исследований с орбиты по ряду позиций имела преимущества по сравнению с нашей. В 1992 году «Марс Обсервер» был запущен, долетел до Марса, но прямо перед выходом на орбиту вдруг прекратил связь с Землёй. Такого с американскими аппаратами ещё никогда не случалось: были отдельные неудачные старты, да и то лишь в давние времена. Эта авария вызвала в США большой резонанс и повлекла изменения в американской стратегии планетных исследований; мы вернёмся к этому чуть ниже.

Работа над нашим проектом шла туго. После развала СССР изменилась система управления космической деятельностью. Исчезли ВПК и МОМ. В 1992 году было создано Российское космическое агентство (РКА), позднее ставшее авиационно-космическим (Росавиакосмос). РКА финансировало марсианский проект как приоритетный, но денег было недостаточно, и приходили они с опозданием.

По предложению В.М. Ковтуненко в том же 1992 году проект был упрощён, оставлены только спутник, малые станции и пенетраторы. Отказались от традиционной двухпусковой схемы. Средств всё равно было недостаточно. Разрушалась инфраструктура космической промышленности. Итог был трагическим. 17 ноября 1996 года космический аппарат «Марс-96» погиб вскоре после старта из-за аварии в системах разгонного блока. Удивляться не приходится: мы начали проект в одной стране, а завершили (если это можно так называть) совсем в другой.

ВМЕСТЕ К МАРСУ. ЕЩЁ ОДИН ВЗГЛЯД ЗА ОКЕАН

В проектах ВЕГА, ФОБОС, МАРС-96 мы кооперировались, за редкими исключениями, только с партнёрами из европейских стран. Отношения с НАСА поддерживались на уровне консультаций, обмена данными и перспективными планами и «участвующими учёными». Холодная война не допускала ничего более серьёзного. Но вот холодная война закончилась. Установились дружеские, доверительные отношения между Россией и США. Естественно было распространить их на вопросы освоения и исследования космоса. Было принято решение построить Международную орбитальную станцию с ключевым участием двух стран. Исследования Солнечной системы при помощи космических аппаратов тоже не остались в стороне от этих новых тенденций. В 1993 году Весли Хантресс, заместитель администратора НАСА по науке, приехал в Москву с революционным предложением: начать проработку трёх совместных космических проектов по исследованию Солнечной системы: ВМЕСТЕ К МАРСУ, ПЛАМЯ — СОЛНЕЧНЫЙ ЗОНД и ЛЁД (миссия к Плутону). Их поэтические названия не случайны. Вес Хантресс — учёный с литературным талантом, мастер слова. В Америке очень большое внимание придается умению ярко и убедительно пропагандировать науку на всех уровнях, чего нам очень не хватает.



В. И. Мороз во время очередной командировки в JPL
(на майке надпись «Миссия к Плутону»)

Предложения американцев первоначально следовали формуле «российская ракета + американский космический аппарат = совместная миссия». Мы её усложнили, предложив запускать одной ракетой американский спутник и российский посадочный модуль. Возражений не было.

Галеев назначил меня координатором рабочей группы ВМЕСТЕ К МАРСУ с российской стороны, и я тратил на это дело немало времени. С американской стороны координатором был Роджер Бурке, начальник отдела международных проектов JPL. Начались встречи — попеременно в ИКИ и JPL, телеконференции и т.д. То мы едем к ним, то они к нам, постоянный обмен электронной почтой. Линкин стал координатором рабочей группы по миссии к Плутону, но фактически «разрывался» между двумя планетами, так как был заинтересован не меньше и в марсианском посадочном аппарате.



В. И. Мороз и Ю. В. Никольский в Нью-Йорке на пути из Москвы в Пасадену

На самом деле в группе ВМЕСТЕ К МАРСУ наиболее важным партнёром с российской стороны был не ИКИ, а НПОЛ, и мы играли, в значительной степени, роль интерфейса между НПОЛ и JPL. Однажды Вячеслав Михайлович Ковтуненко пригласил Альберта Абубакировича Галеева и меня поговорить об этом не вполне нормальном положении и предложил меня «отправить в отставку», а координатором назначить Г. Н. Роговского, одного из своих заместителей. Но на деле ничего не изменилось. Гарри Николаевич просто ничего не стал делать, а я «пахал», как прежде. Вячеслава Михайловича я в живых больше никогда не видел: вскоре он умер. В последние годы его реальная роль в руководстве НПОЛ становилась всё более призрачной. Возраст брал своё, а расстаться вовремя с привычным положением не смог.

Больше всего американцев тогда привлекал могучий «Протон». Но это были абсолютно несбыточные надежды. В РКА нам быстро дали понять, что «Протон» завоевал отличный коммерческий спрос, что для научных

миссий он будет предоставляться только в исключительных случаях, а после МАРСА-96 для планетных миссий его в обозримом будущем точно не дадут — ни для национальных, ни для международных. Остался единственный выход: вместо «Протона» делать миссию на ракетах среднего класса — «Молния», «Союз» — то, на чём к Луне и планетам у нас летали в 1960-х годах. Это не было катастрофой, поскольку техника ушла вперёд, и сами американцы сейчас используют для полётов к Марсу ракеты среднего класса («Дельта»). Начали прорабатывать совместную миссию на российской ракете среднего класса, но энтузиазм американцев быстро сошел на нет. В принципе, такая миссия была осуществима, однако из-за общего развала в стране российская сторона не могла дать гарантии, что выполнит обязательства в срок. Кроме того, не было никакого опыта технического взаимодействия НПОЛ и JPL, и многие не верили, что его можно быстро наладить. Наконец, потеря «Марса-96» произвела очень тяжёлое впечатление и подорвала доверие к России.

Разговоры о совместной миссии были прекращены. Хантресс «ужал» концепцию ВМЕСТЕ К МАРСУ до минимума. Теперь это было включение нескольких российских научных экспериментов в американские миссии 1998 и 2001 годов или даже каких-то российских частей в американские научные приборы. Мы собрали предложения, приехала делегация НАСА, послушала и обсудила их с авторами. Через некоторое время они выбрали три предложения: 1) лидар для зондирования атмосферы снизу, с посадочного аппарата 1998 года (В.М. Линкин); 2) участие в американском инфракрасном радиометре (Pressure Modulated Infrared Radiometer, PMIRR) на спутнике (В.И. Мороз); 3) нейтронный спектрометр для спутника (И.Г. Митрофанов¹⁰¹). Через некоторое время В. Хантресс дал указание JPL заключить с ИКИ контракт для финансовой поддержки совместных работ, что и было сделано.

Несколько слов о миссиях 1998 и 2001 годов. После гибели КА «Марс-Обсервер» (МО) американцы решили отказаться от больших планетных космических аппаратов. Администратор НАСА Даниэль Голдин (Daniel S. Goldin) выдвинул новую организационную концепцию: “Faster, Better, Cheaper” (быстрее, лучше, дешевле). Каждая планетная миссия должна готовиться не более трёх лет, иметь чёткую структуру руководства и оставаться строго в рамках заданного бюджета. Он распределил научные эксперименты «Марс-Обсервер» на три орбитальных аппарата меньшего размера (и меньшей стоимости). Первый из них, Mars Global Surveyor («Глобальный инспектор (картограф) Марса»), был запущен в 1996 году, он имел на борту три прибора из состава МО: ТВ-камеру, лазерный альтиметр и магнитометр. Все они успешно выполнили свои задачи и существенно продвинули наше понимание планеты Марс. В том же году был запущен посадочный аппарат Mars Pathfinder («Марс-Пасфайндер»), с ним тоже всё прошло удачно.

¹⁰¹ Митрофанов Игорь Георгиевич (род. 1948) — известный российский учёный, доктор физико-математических наук, участник эксперимента Odyssey космического агентства НАСА. Заведующий лабораторией ИКИ РАН, лауреат национальной Премии «Россиянин года» за 2004 год.

Вообще НАСА решило использовать в своей новой марсианской программе каждое астрономическое окно (промежуток между ними, примерно, два года) для запуска двух аппаратов — одного посадочного и одного спутника, и завершить это наступление в 2005 году автоматической доставкой на Землю марсианского вещества. Очень амбициозная и рискованная программа. Когда я спрашивал, зачем такая спешка, ответ был простой: «Так решил мистер Голдин». После MGS оставалось ещё два эксперимента в наследство от МО: инфракрасный радиометр PMIRR (для исследований атмосферы и климата) и гамма-спектрометр (для минералогического картирования поверхности). Оба прибора большого размера, и для каждого было намечено запустить отдельный спутник, один в 1998 году, а другой — в 2001. Какой пропустить вперёд, решили не сразу, но, в конечном счёте, первым пошёл PMIRR. Соответственно, спутник 1998 года назвали Mars Climate Orbiter (MCO). То же окно было использовано для запуска посадочного аппарата Mars Polar Lander (MPL). В состав его научного комплекса включили лидар Линкина. А нейтронный спектрометр И. Г. Митрофанова ушёл на 2001 год как часть гамма-спектрометрического комплекса спутника, получившего имя Mars Odyssey.

Инфракрасный радиометр с модуляцией давлением (PMIRR) должен был измерять тепловое излучение над лимбом планеты в нескольких участках спектра внутри полос CO_2 и H_2O и минеральной пыли. Каждый из «газовых» каналов прибора анализировал излучение при помощи двух фильтров — интерференционного и газовой кюветы. Идея фильтрации при помощи газовой кюветы основана на том, что ширина и форма спектральной линии зависит от давления. Газовая кювета заполнена тем же газом, излучение которого измеряется, давление в ней модулируется некоторой (низкой) частотой. В результате принимаемое излучение модулируется с той же частотой, если оно создаётся именно этим газом и остаётся немодулированным во всех остальных случаях. Реализация этого метода доведена до тонкостей в лаборатории Фреда Тейлора (Оксфорд). Фред — англичанин, но много лет проработал в JPL, прежде чем получил позицию на родине. Научным руководителем (PI) эксперимента PMIRR был его друг, американец Дэниэл Мак-Клиз¹⁰². Я с Дэном встретился впервые в 1989 году, будучи в составе советской делегации, приглашённой посмотреть, как будет проходить пролёт «Вояджера-1» вблизи Нептуна. Тогда Дэн показывал мне технологический образец PMIRR и многое про него рассказывал, но я не мог предполагать, что скоро буду иметь к этому прибору более близкое отношение.

Прибор PMIRR-1 погиб вместе с МО в 1992 году, но вскоре было решено делать PMIRR-2 точно по его подобию для MCO. В этот период в НАСА стало модным сотрудничество с русскими, и Дэн написал мне любезное письмо с приглашением стать участником эксперимента. Он предлагал на выбор два варианта: соисследователь (Co-I), если я заинтересован только в получении и обработке данных, и соруководитель (joint-PI), если

¹⁰² Дэниэл Мак-Клиз (*англ.* Daniel McCleese) — главный научный сотрудник Лаборатории реактивного движения НАСА, руководитель инженерных и научных групп, PI в ряде проектов по изучению Марса, член международного сообщества по исследованию Солнечной системы.

ИКИ даст какие-то части для прибора. Я нагло выбрал второе, хотя было ясно, что, находясь за 15 000 км от Института, я не смогу на что-либо серьёзно влиять. Мои сотрудники, Ю. В. Никольский и А. В. Григорьев, заказали в Питере около сорока металлических зеркал с особым покрытием, различной формы и размеров. Изобретать нам что-либо запрещалось, кроме покрытий. Дэн не стал ничего изменять в конструкции прибора. Он прислал с оказией копии американских чертежей, которые, правда, пришлось всё переделать, потому что питерские рабочие их не понимали. Наш заказ на зеркала оплачивался за счёт средств, выделенных для «Марса-96», — с согласия РКА. Замечу, что Дэн, в некотором смысле, испытывал судьбу, передавая нам чертежи. Их правила и обычаи в этих вопросах — покруче наших. Потом пришлось ему давать не только чертежи, но и кое-какой инструмент, например, метчики для резьбовых отверстий, соответствующих американским стандартам.



В. И. Мороз и Д. Мак-Клиз в лаборатории Мак-Клиза

Качеством наших зеркал американцы остались довольны. Несколько моих сотрудников были приняты как соисследователи и активно включились в обработку данных, полученных во время калибровки, и в подготовку к обработке наблюдений Марса. Наиболее активны были Коля Игнатьев и Дима Титов. Я и сам не жалел на это времени. Мы приезжали в Пасадену несколько раз, работали там дней по десять. Оплачивались эти поездки вначале за счёт проекта, а позднее — за счёт контракта JPL-ИКИ. В JPL и в городе мы хорошо освоились, по JPL ходили свободно — в нарушение драконовских правил, требующих сопровождения. JPL занимает огромную территорию, около 15 000 сотрудников работает в свободно разбросанных по ней разнокалиберных зданиях, среди них немало русских. Есть бывшие сотрудники ИКИ, НПОЛ, ИЗМИРАН. Научный

отдел JPL — сравнительно небольшой, человек триста. Там сейчас работает мой бывший аспирант Женя Устинов. Дэн долгое время заведовал этим отделом.

Круг обязанностей Мак-Клиза быстро расширился, всё меньше времени оставалось на PMIRR. Практически всей работой по этому эксперименту заправлял его заместитель Тим Скофилд. С ним работало человек семь-восемь из научного и других отделов JPL. Интересен был национальный состав этой группы: в неё входили японец, этнические арабы — все, однако, граждане США. Признаков неравенства не ощущалось — деловые отношения определялись только профессиональными качествами. Для деловой карьеры гражданина США его национальность и цвет кожи не имеют значения.

Лаборатория JPL имеет всё необходимое для разработки, изготовления и испытаний космических аппаратов, и сделано там было их немало. Но во многих случаях НАСА привлекает промышленность. Так, например, MGS, MCO, MPL, *Odyssey* были разработаны, изготовлены и испытывались на заводе Локхид Мартин в Денвере. Я там не бывал, а сотрудники Линкина — неоднократно. Саша Липатов рассказывал, что многое там — порядки, люди, стиль работы — очень напоминает НПОЛ.

Настал день запуска MCO, 11 декабря 1998 года. Я был в это время в Кокос Бич (Флорида) в составе советской делегации, приехавшей на очередную встречу Российско-американской рабочей группы по научным исследованиям космоса. Там были как «бояре» — Боярчук, Галеев, Кардашев, так и «мужики» — Линкин, Митрофанов, я. Жили в отличном отеле на берегу океана. Полигон на мысе Канаверал¹⁰³ рядом, смотреть запуск поехали туда. Трибуны для зрителей устроены километрах в пяти от стартовой площадки. Небо было в облаках, но мы увидели, как «Дельта», с гулом, но не спеша, пошла вверх, оставляя за собой тонкий дымовой след. За два года до того я видел ночной старт — это был MGS — погода была ясная и впечатление более сильное.

Полигон Мыс Канаверал — американский аналог Байконура — производит сильнейшее впечатление. Огромный, циклопических размеров стартовый комплекс для шаттлов. Широченная и длиннющая посадочная площадка для них же. Множество стартовых площадок для ракет разного класса. Между прочим, я был неточен, когда писал, что в США военный и гражданский космос строго разделены. Полигон Мыс Канаверал, так же, как и Байконур, находится в ведении военных. Технология работы с космическими аппаратами на полигоне у них проще. Нет почти никаких дополнительных испытаний, всё, что с аппаратом надо сделать, делается на заводе до отправки на полигон.

¹⁰³ База ВВС США на мысе Канаверал (*англ.* Cape Canaveral Air Force Station — CCAFS) — военная база США, подразделение Космического командования ВВС США (Air Force Space Command), 45-я космическая эскадрилья (45th Space Wing). Штаб-квартира — авиабаза Патрик, Флорида (Patrick Air Force Base). Расположенная на мысе Канаверал в штате Флорида, база является главной стартовой площадкой Восточного ракетного полигона (Eastern Range) с четырьмя ныне активными стартовыми столами.

Сближение МСО с Марсом, торможение и вывод на орбиту были намечены на 23 сентября 1999 года. Вся команда PMIRR и немало других, многие с детьми, ждали в небольшом здании — Аудитории имени Кармана. Была глубокая ночь. Из наших приехали только Коля Игнатьев и я. Все смотрели на экран, где отображалась траектория МСО. Скорость МСО увеличивается — из-за притяжения Марса. Вот он прячется за диском планеты. Идут томительные минуты. Ждём его появления с другой стороны диска. Но его всё нет и нет... Все потихоньку покидают зал. Мы с Колей уходим последние. Понуро бредём к машине и молча едем в отель. Утром будит телефонный звонок — это Дэн: “It is absolutely clear that the spacecraft is lost” (Совершенно ясно, что корабль потерян). Крошечная навигационная ошибка привела к тому, что МСО зарылся в атмосферу и сгорел.



Василий Мороз, Лев Мухин и Лу Фридман¹⁰⁴ во время запуска КА Mars Climate Orbiter 11 декабря 1998 года, Флорида, Мыс Канаверал

Слава Линкин и его команда успешно справились с разработкой и изготовлением своего прибора для посадочного аппарата «Марс Полар Лэндер» (Mars Polar Lander, MPL). Это был маленький лидар, о котором уже говорилось. MPL, так же, как и МСО, успешно проделал путь от Земли до Марса, и ...тоже исчез! Посадка была намечена на 3 декабря 1999 года. Нужные для этого операции начались, но аппарат навеки замолчал. Впоследствии были выдвинуты правдоподобные рабочие гипотезы о причинах, но что случилось на самом деле, конечно, неизвестно. Я думаю, что хотя эти две катастрофы, МСО и MPL, имеют разную техническую природу, есть у них и общий корень — организационный: “Faster, better, cheaper” или «сильно быстро делали», как у нас говорят.

¹⁰⁴ Фридман Луис (англ. Louis Dill Friedman) (род. 1941) — соучредитель Планетарного общества США совместно с Карлом Саганом (Carl Sagan) и Брюсом Мурре-ем (Brus C. Murray), его исполнительный директор.

Эти две катастрофы вызвали в Америке большой резонанс. Была создана независимая авторитетная комиссия по расследованию их причин. Материалы её работы и выводы доступны всем желающим — через Интернет. У нас после гибели «Марса-96» тоже работала комиссия, но состоялась она, в основном, из представителей заинтересованных организаций, а выводы опубликованы не были. Ещё одно, более важное, отличие состоит в том, что в США программа исследований Марса космическими средствами была пересмотрена, а у нас попросту прекращена, если не считать мертворождённого проекта ФОБОС-Грунт¹⁰⁵.



Сотрудники отдела физики планет во время конференции в Варшаве. Слева направо: Н. И. Игнатъев, В. И. Мороз, Л. В. Засова, Д. В. Титов, Б. Е. Мошкин

НАСА отодвинуло свой проект по доставке на Землю марсианского вещества за 2010 год и отказалось от намерения посылать по два аппарата — один спутник, один посадочный модуль — каждые два года. Было решено чередовать запуски — одно окно использовать для спутника,

¹⁰⁵ «Фобос-Грунт» — российская автоматическая межпланетная станция (АМС), предназначалась для доставки образцов грунта со спутника Марса, Фобоса, на Землю, определения физико-химических характеристик грунта Фобоса, исследований происхождения спутников Марса, процессов взаимодействия его атмосферы и поверхности, взаимодействия малых тел Солнечной системы с солнечным ветром. Вместе с АМС «Фобос-Грунт» маршевая двигательная установка должна была доставить на орбиту Марса китайский микроспутник «Инхо-1». АМС была запущена 9 ноября 2011 года, однако в результате нештатной ситуации, когда не произошло расчётного срабатывания маршевой двигательной установки перелётного модуля, межпланетная станция не смогла покинуть окрестности Земли, оставшись на низкой околоземной орбите. 15 января 2012 года АМС сгорела в плотных слоях земной атмосферы.

следующее — для посадки, и т.д. В результате в миссии 2001 года спутник остался, а посадочный модуль перенесли на 2003 год. В 2001 году был запущен спутник с гамма-спектрометрическим комплексом, в состав которого входит нейтронный спектрометр ХЕНД И. Г. Митрофанова — последний осколок программы ВМЕСТЕ К МАРСУ, затеянной когда-то Хантрессом. Это единственный российский эксперимент по исследованию планеты Марс после проекта ФОБОС.

Хантресс из НАСА ушёл в 1998 году, на его месте теперь Эд Вайлер, известный астрофизик. Отношение к возможному сотрудничеству с Россией в будущих исследованиях Марса резко изменилось. Говорят, что Вайлер относится скептически к международному сотрудничеству со всеми странами, не только с Россией. Полагает, что НАСА это ничего не даёт, кроме лишних забот и сложностей. Однако недавно пресса сообщила, что Ю. Н. Коптев и О'Кифф (новый администратор НАСА) договорились разработать проект совместной миссии к Марсу. Очень хорошо, посмотрим, что из этого получится.

МАРС-ЭКСПРЕСС

Космос — рискованное поле деятельности. Иногда гибнут космические аппараты. Хуже того, гибнут люди. В моей лаборатории работает Дмитрий Викторович Пацаев — сын погибшего космонавта. Семеро ушли при катастрофе «Колумбии». По краю прошёл экипаж «Союза», возвратившийся с Международной космической станции. «Василий Иванович, ну что Вы так расстраиваетесь, ведь никто не умер», — сказала Люся Засова, когда увидела меня после катастрофы МСО. Это было очень правильно...

В прошлом неудачи с космическими автоматами переживались проще. Не вышло сегодня, получится завтра. Но в нынешние времена «завтра» может не состояться, особенно у нас, в России. У нового российского общества много трудных проблем. Будущее науки в их числе, но в перечне приоритетов оно занимает одно из последних мест. Научный бюджет Росавиакосмоса так мал, что американцам, например, его не хватило бы для создания одного серьёзного прибора, не то что для целой планетной миссии. Поэтому единственная реальная возможность продолжать экспериментальную работу в области планетных исследований — это участие в миссиях НАСА и ЕКА. Как это получалось в случае НАСА, я уже кое-что рассказал. Теперь несколько слов о Европейском космическом агентстве, ЕКА.

Жак Бламон после потери «Марса-96» сказал, что русские «убили» европейскую планетную науку. На самом деле «европейская планетная наука», как область космических исследований, возникла и развивалась благодаря нашим проектам ФОБОС и МАРС-96. Разгон был так силён, что потеря «Марса-96» не остановила европейских учёных. Они убедили ЕКА включить в программу собственную миссию к Марсу. Её назвали МАРС-ЭКСПРЕСС. Она состоит из спутника и посадочного модуля. В состав научной аппаратуры спутника входят, в основном, эксперименты,

«унаследованные» от «Марса-96». Естественно, были выбраны те приборы, в которых участие европейских учёных имело определяющий характер: камера высокого разрешения HRSC, спектрометры ПФС, ОМЕГА и СПИКАМ. Космический аппарат имеет массу 1230 кг, в несколько раз меньше, чем «Марс-96». В качестве носителя выбран российский «Союз-Фрегат» — но на коммерческой основе. Казалось бы, Россия могла бы дать его бесплатно и, таким образом, стать полноправной участницей проекта. Россия могла бы изготовить и посадочный модуль. Не произошло ни того, ни другого. Проявились силы и обстоятельства, которые помешали.



Русская команда по эксперименту ОМЕГА. Слева направо: В. Мороз, Л. Засова, Э. Рожавский, Д. Титов

Однако российские учёные являются соисследователями во всех научных экспериментах миссии. Это естественно, поскольку в прошлом — это совместные эксперименты МАРСА-96. В ИКИ разработаны и изготовлены части нескольких приборов. Я оказался во главе сразу двух российских научных групп — по планетному фурье-спектрометру ПФС (PI — В. Формизано) и по картирующему спектрометру ОМЕГА (PI — Ж.-П. Бибринг). Олег Корablёв руководит российской научной группой по прибору СПИКАМ (PI — Ж.-Лу Берто). Вместе с Аликом Григорьевым он сделал акустооптический ИК-спектрометр, входящий в СПИКАМ как один из блоков. Здесь использована оригинальная российская технология. Это не часто случается. Было очень трудно добиться от РКА и Совета РАН по космосу хоть какой-то финансовой поддержки для этих работ здесь в России. К счастью, были и другие источники. Например, ЕКА и европейские институты

оплачивали наши командировки по проекту. Интересно, как долго ещё мы будем вынуждены побираться? Стыдно.

Запуск состоялся 2 июня 2003 года. Пока всё идёт нормально...

ИЗ ПИСЕМ ДОЧКЕ

В. И. Мороз

В 1999 году, уже в зрелые годы, Василий Иванович переписывался со своей старшей дочкой Олей. Ему было очень плохо в эти годы из-за краха проекта МАРС-96 и гибели двух американских аппаратов — Mars Climate Orbiter и Mars Polar Lander — и Оля, чтобы отвлечь и утешить его, попросила его рассказать о своём детстве. В. И. посылал ей «мейлы» для внучки Нины («Снишки»), поэтому он писал таким простым языком. Здесь приводятся три письма, которые Нина получила и сумела сохранить.

15 марта 1999 года

Оленька, ты спрашивала о родителях.

Мои папа и мама родились на Украине. Папа, Иван Павлович Мороз (1882–1970), — в городе Лубны, мама, Хася Абрамовна Улицкая (1893–1952), — в Миргороде, упоминаемом у Гоголя и известном большой «лужей» на главной площади (может быть, это было просто мелкое озеро). У них почти не было образования (папа — два класса церковно-приходской школы, мама — то же самое, но еврейской школы), но по профессии они были наборщики, а когда набираешь, то, естественно, и читаешь. Папа позже работал в издательствах, был заведующим производством и очень ценил книгу просто как предмет своего любимого ремесла. А мама бросила работу, когда я родился, и была домашней хозяйкой.

Жить вместе они стали только около 1930 года, хотя папа знал и любил её до этого много лет. Но он был женат на другой, там у него были дети, и он долго не мог решиться.

Жили мы на улице Кузнецкий мост (уже в Москве), д. 3, кв. 25 в комнате 20 кв. м, которая получилась путём перегораживания комнаты побольше. Дом был построен в 1913 году и вся огромная квартира была спланирована в расчёте на одну семью: анфилада из трёх комнат — две большие, и между ними двери плюс ещё довольно большая комната, плюс комнатка для прислуги, плюс тёмная комната (чулан?), но в ней потом тоже жили, плюс огромная кухня с дровяной плитой. Никто эту плиту дровами не топил, на ней стояли керосинки и примусы. Кроме того, на кухне жила пожилая женщина Аннушка, у неё были иконки. Помню, уже года в 4 или 5 ей сказал, что бога нет, а если есть, то пусть скажет, где он живёт, на что она мне ласково сказала: «Он везде: в травке, листиках, птичках, синем небе».



Иван Павлович Мороз, отец В. И.



Хася Абрамовна Улицкая, мать В. И.

То ли в 1933-м, то ли в 1934-м году маму арестовали, а потом выслали из Москвы в деревню Бакалы (Башкирия). Я, конечно, ничего этого не помню, а также как мы жили с папой в это время за исключением поездки вместе с ним в эти самые Бакалы.

16 марта 1999 года

Вернувшись в Москву, мама уже не работала и занималась хозяйством и мной. Жили только на папину скромную зарплату. Да ещё папа из неё ухитрялся выкраивать деньги на книги. Для них был гигантский (как мне тогда казалось) шкаф, он закрывал собой двустворчатую дверь в стене, разделявшей нашу и соседнюю комнаты. Было это году в 1935-м, когда открыли первую линию метро — от Парка культуры до Сокольников.

Папа покупал разные книги: классиков («однотомники» — для экономии места), книги по истории, особенно по истории религии и научно-популярные. Они (особенно мама) читали мне очень много вслух, пока я сам не научился. А потом этот огромный шкаф с книгами стал моим лучшим другом. Когда папа принёс Малую советскую энциклопедию, я её открывал с любого места и читал про всё — про людей, зверей, страны, про всё!

До моего рождения у мамы была куча друзей-анархистов (не с бомбами, а вполне мирных). Анархисты — это разновидность социалистов, главное отличие которых состоит в том, что они видят общество будущего без государства. Союз свободных тружеников и всё. Нет прави-

тельства, «силовых структур» и т.п. Мама верила в это. Но кончилось это плохо, её арестовали и она отсидела два или три года в Соловках, а потом взяли ещё раз, и сослали в Бакалы, я об этом уже писал. И после этого неизбежно полная самоизоляция от всех друзей — такая вот была суровая жизнь.

26 апреля 1999 года

Оленька, большой был перерыв, попробую продолжить.

У нас никогда не было своей дачи, и проблема, где «пасти» меня летом, не имела стандартного решения. Для лета была Украина, а потом снимали комнату в ближнем Подмоскowie, каждый раз в другом месте: Крылатское (1937), Ухтомская (1938), Химки (1939).

Теперь это или внутри кольцевой дороги или сразу за ней. А тогда была глухомань: деревенские домики, леса, поля. В Крылатское, до которого на машине сейчас 15 минут (если нет пробок), можно было добраться только на речном трамвае, и дорога занимала часа два. Я помню необычайно крутую и длинную деревянную лестницу от пристани к деревне. А ещё помню, что по пути следования речного трамвая был какой-то аэродром на берегу, там стояли разные самолёты. Среди них были с чёрными крестами на крыльях — немецкие, как я понял много позже. Я был маленький, но уже знал, что наши самолёты — с красными звёздами. А когда стал приставать к маме насчёт этих крестов, она мне сказала, что, во-первых, она не знает, а, во-вторых, что туда нельзя смотреть.

У нас об этом говорить не любят, но не секрет, что в 30-х годах СССР на своей территории разрешил немцам разрабатывать и испытывать новые самолёты, пушки и т.п. — себе на голову. После Первой мировой войны Германии было запрещено делать такие штуки у себя. На этот запрет они, конечно, плюнули, но не сразу. Прошло несколько лет, и самолёты с чёрными крестами на крыльях забрасывали бомбами наши города.

29 апреля 1999 года

Оленька, ты спрашивала, сколько маме было лет, когда я родился. А было ей 38.

Сегодня расскажу о том, как я научился читать и как ходил в «немецкую группу».

Когда мы с мамой гуляли по улицам, она мне иногда объясняла буквы на вывесках. Дело подвигалось медленно, однако лет в шесть я мог по складам прочитать «гас-тро-ном». Тогда для детей печатали «книжки-малышки» большими буквами — сказки, детские стишки и т.д. Но я их не скоро освоил. Сначала получалось, что мне было проще выучить такую книжку наизусть, со слуха, после того как мне её несколько раз прочитают, чем

читать честно самому. Прошёл год, прежде чем это случилось. Уверенно читать я начал в семь лет.

В детский сад меня не отдали, вместо этого была «немецкая группа». Это был маленький (6–8 детей) частный детсад с неполным днём и, якобы, обучением немецкому (на самом деле на очень слабом уровне). Руководительницей была немка, дети её звали «Танте Карри», у неё был русский муж, мама, и двое больших (8–9-й класс) весёлых детей: мальчик Олег и девочка Руся, и большая квартира. Детей приводили часам к 9, еду приносили с собой: бутерброды или что-нибудь, что можно разогреть... Возможно, и по-немецки, знал много слов и простые фразы. Дети чувствовали себя почти как дома. Меня туда водила мама два года. Это было совсем близко, минут 5 хода, только пересечь Кузнецкий мост, пройти через проходной двор, пересечь крошечный переулок и — во двор дома, который находился между Большим Театром и Дмитровкой. Впрочем, эти географические подробности тебе мало что говорят, а Сниське и вовсе непонятны. Около 12 нас кормили и укладывали спать на диванах или составленных вместе стульях. Я довольно быстро выговорил себе разрешение не спать во время «мёртвого часа», а тихо смотреть книги. Больше всего мне нравились альбомы с фотографиями военных кораблей — немецких, времён до Первой мировой войны. Смутно помню, как Танте Карри говорила, что она из военно-морской семьи. На вопрос, как и когда она попала в нашу страну, Танте Карри отвечала очень туманно, да никто и не требовал подробностей. Потом, если погода была хорошая, выводили гулять в маленький садик, примыкавший к дому со стороны театра. Садика этого давно нет, а тогда был, и очень кстати. Из этого садика нас и забирали мамы.

Иногда все собирались вокруг пианино. Играла Руся, а мы пели. Почему-то часто пели «Сулико», любимую песню Сталина. Когда мне «Сулико» совсем осточертела, я сказал вслух, что мне эта песня не нравится, и тут же понял, что этого говорить не следовало. Все на меня посмотрели с большой укоризной, однако оргвыводов не последовало, а по тем крутым временам могло быть всякое.

В доме Танте Карри на все «опасные» разговоры был наложен запрет: дети и взрослые все строго соблюдали правило — «Ни слова о политике». Если что-то прорывалось (имя, событие), то дети (!) друг друга одёргивали. Это были годы 1937 и 1938, когда вчерашние герои и вожди сегодня объявлялись «врагами народа». Танте Карри сказала маме о мудром правиле «ни слова о политике» сразу, когда мы пришли с ней знакомиться.

30 апреля 1999 года

В мае 1939 года мама привела меня записываться в школу. Моя будущая учительница спросила меня: «Сколько будет трижды пять?» — Я ответил бодро, но неточно: «Двадцать пять!» — «Ну, ничего, ещё научишься!», — утешила меня учительница и записала в свой класс. И вот, 1 сентября мама отвела меня в школу. К концу же занятий за мной пришла.

Но через несколько дней она всё же решила отпускать меня одного без присмотра. Эта школа (№ 635) была во дворе между Петровкой и Дмитровкой, идти до неё было 20 минут, при этом надо было пересечь одну улицу (Столешников переулок). Иногда я ходил с мальчишкой, жившим в нашем доме (Кузнецкий мост, д. 3). Несколько лет назад я ходил смотреть на мою первую школу. Здание на месте, но в нём уже совсем не школа.

В школе после немецкой группы я чувствовал себя неуютно, но постепенно привык. Читать я уже умел хорошо, таблицу умножения выучил быстро. Единственное, с чем было трудно, — это чистописание: писать я, в принципе, умел, но буквы у меня были корявые.

БИБЛИОГРАФИЯ

Книги

- [Бакулин и др., 1966] *Бакулин П. И., Кононович Э. В., Мороз В. И.* Курс общей астрономии. М.: Наука, 1966 (6-е изд. — 1987). Переводы на фр., ит., исп. (изд-во «Мир»).
- [Кононович, Мороз, 2001] *Кононович Э. В., Мороз В. И.* Общий курс астрономии: Учебное пособие / Под ред. В. В. Иванова. 2-е изд., испр. М.: Едиториал УРСС, 2004. 544 с. (Классический университетский учебник)
- [Краснопольский, 1982] *Краснопольский В. А.* Фотохимия атмосфер Марса и Венеры. М.: Наука, 1982. 294 с. Дополненный перевод на англ.: *Krasnopol'sky V. A.* Photochemistry of the Atmospheres of Mars and Venus. Berlin-Heidelberg-N.Y.-Tokyo: Springer-Verlag, 1985. (Physics and Chemistry in Space, V. 13)
- [Краснопольский, 1987] *Краснопольский В. А.* Физика свечения атмосфер планет и комет. М.: Наука, Физматлит, 1987. 304 с.
- [Ксанфомалити, 1985] *Ксанфомалити Л. В.* Планета Венера. М.: Наука, Физматлит, 1985. 376 с.
- [Ксанфомалити, 1997] *Ксанфомалити Л. В.* Парад планет. М.: Наука, Физматлит, 1997. 256 с.
- [Марочник, 1985] *Марочник Л. С.* Свидание с кометой. М.: Наука, 1985. 208 с.
- [Мороз, 1967] *Мороз В. И.* Физика планет. М.: Наука, 1967. 409 с. (Пер. на англ. **Moroz V. I.** Physics of planets. NASA TT F-515, document N68-21802. 1968)
- [Мороз, 1978] *Мороз В. И.* Физика планеты Марс. М.: Наука, 1978. 351 с.
- [Мороз, Мухин, 1978] *Мороз В. М., Мухин Л. В.* О ранних этапах эволюции атмосферы и климата планет земной группы // Космич. исслед. 1978. Т. 15. С. 901.
- [Мухин, 1980] *Мухин Л. М.* Планеты и жизнь. М.: Молодая гвардия, 1980. 192 с.
- [Мухин, 1983] *Мухин Л. М.* В нашей галактике. М.: Молодая гвардия. 1983. 192 с.
- [Мухин, 1987] *Мухин Л. М.* Мир астрономии: Рассказы о Вселенной, звёздах и галактиках. М.: Молодая гвардия, 1987. 207 с.
- [Мухин, Мороз, 1977] *Мухин Л. В., Мороз В. И.* О ранних этапах эволюции атмосферы и климата планет земной группы // Письма в Астрон. журн. 1977. Т. 3. С. 78.
- [Черток, 1999] *Черток Б. Е.* Ракеты и люди. Лунная гонка. М.: Машиностроение, 1999.
- [Шкловский, 1956] *Шкловский И. С.* Космическое радиоизлучение. М.: Гостехиздат, 1956. 492 с.
- [Шкловский, 1962] *Шкловский И. С.* Вселенная, жизнь, разум / Под ред. Кардашева Н. С., Мороза В. И. 1-е изд., доп. М.: Наука, 1962. 320 с. (6-е изд. — 1987). Перевод с дополнениями К. Сарана: *Shklovsky I. S., Sagan C.* Intelligent Life in the Universe. Holden Day, Inc., San Francisco. 1966. 509 p.

- [Шкловский, 1991] *Шкловский И. С.* Эшелон. Невыдуманные рассказы. М.: Новости, 1991. 222 с.
- [Perminov, 1999] *Perminov V. G.* The difficult road to Mars. A brief history of Mars exploration in the Soviet Union. NASA NP-1999-251-HQ. Washington, DC: NASA History Division, Office of Policy and Plans, 1999. 79 p.
- [Sagdeev, Eisenhower, 1994] *Sagdeev R. Z., Eisenhower S.* The Making of a Soviet Scientist: My Adventures in Nuclear Fusion and Space from Stalin to Star Wars. New York, Chichester, Brisbane, Toronto Singapore: John Wiley and Sons Inc, 1994. 339 p.
- [Siddiqi, 2000] *Siddiqi A. A.* Challenge to Apollo: the Soviet Union and the space race, 1945–1974. NASA SP 2000-4408. 2000. 515 p.
- [Space Missions..., 1986] Space Missions to Halley's Comet / Eds. Reinhard R, Batrrick B. European Space Agency ESA SP-1066, ESA Pub Div, Moordwijk, Netherlands, 1986. 253 p.
- [Venus, 1983] Venus / Eds. Hunten D. M., Colin L., Donahue T. M., **Moroz V. I.** The University of Arizona Press, Tucson. 1983. 1143 p.

Статьи

- [Андрейчиков, 1987] *Андрейчиков Б. М.* Химический состав и структура облаков Венеры по результатам радиометрических экспериментов на спускаемых аппаратах АМС «Вега-1, -2» // Космические исследования. 1987. Т. 25. С. 737–743.
- [Андрейчиков и др., 1987] *Андрейчиков Б. М., Ахметшин И. К., Корчуганов Б. Н., Мухин Л. М., Огородников Б. И., Петрянов И. В., Скитович В. И.* Рентгенорадиометрический анализ аэрозоля облаков Венеры АМС «Вега-1, -2» // Космические исследования. 1987. Т. 25. С. 721–736.
- [Гнедых и др., 1987] *Гнедых В. И., Засова Л. В., Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П.* Вертикальная структура облаков в местах посадки аппаратов «Вега-1» и «Вега-2» // Космические исследования. 1987. Т. 25. С. 707–714.
- [Грингауз и др., 1960] *Грингауз К. И., Курт В. Г., Мороз В. И., Шкловский И. С.* Ионизованный газ и быстрые электроны в окрестности Земли и в межпланетном пространстве // Доклады АН СССР. 1960. Т. 132. С. 1062.
- [Игнатьев и др., 1997] *Игнатьев Н. И., Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Гнедых В. И., Григорьев А. В., Хатунцев А. В.* Водяной пар в нижней атмосфере Венеры: новый анализ оптических спектров, измеренных на спускаемых аппаратах // Космические исследования. 1997. Т. 35. С. 3–17, 1997.
- [Кардашев, Марочник, 1986] *Кардашев Н. С., Марочник Л. С.* Феномен Шкловского // Природа. 1986. Т. 6. С. 84–95.
- [Крупенио, 1974] *Крупенио Н. Н.* Плотность вещества верхнего покрова Марса по данным радиофизических измерений в трёхсантиметровом диапазоне: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-185. 20 с.
- [Михневич и др., 2003] *Михневич В. В., Иванов-Холодный Г. С., Кочнев В. А., Ершова В. А., Шульчишин Ю. А., Васюков С. В., Ростэ О. З.* Творческий путь В. Г. Истомина (1929–2000) в области космических исследований // Историко-астрономические исследования. 2003. Вып. 28. С. 325–337.
- [Мороз, 1963] *Мороз В. И.* Инфракрасные измерения Крабовидной туманности // Астрономический журн. 1963. Т. 40. С. 462–493.
- [Мороз, 1964] *Мороз В. И.* Инфракрасный спектр Марса (λ 1,1...4,1 мкм) // Астрономический журн. 1964. Т. 41. С. 350–360.
- [Мороз, 1965] *Мороз В. И.* Инфракрасная спектрофотометрия Луны и галилеевых спутников Юпитера // Астрономический журн. 1965. Т. 42. С. 1287–1297.
- [Мороз, 1996] *Мороз В. И.* Новелла о Докторе // *Шкловский И. С.* Разум, жизнь, Вселенная / Ред.-сост. Бреус Т. К. М.: Янус, 1996. С. 179–188.
- [Мороз, 1967] *Мороз В. И.* Полосы CO₂ и некоторые оптические свойства атмосферы Венеры // Астрономический журн. 1967. Т. 44. № 4. С. 816.

- [Мороз, 1982] Мороз В.И. Модель кометы Галлея как оптической цели: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1982. Пр-736.
- [Мороз, Харитонов, 1957] Мороз В.И., Харитонов А.В. Фотоэлектрическая фотометрия деталей поверхности Марса // *Астрономический журн.* 1957. Т. 34. С. 903–920.
- [Мороз и др., 1979] Мороз В.И., Парфентьев Н.А., Санько Н.Ф. Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-11» и «Венера-12». 2. Анализ спектральных данных «Венеры-12» методом сложения слоёв // *Космические исследования.* 1979. Т. 17. № 5. С. 727–742.
- [Мороз и др., 1983] Мороз В.И., Мошкин Б.Е., Экономов А.П., Григорьев А.В., Гнедых В.И., Головин Ю.М. Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-13» и «Венера-14». 2. Предварительные результаты анализа спектров в области полос поглощения H_2O // *Космические исследования.* 1983. Т. 21. Вып. 2. С. 246–253.
- [Экономов и др., 1983] Экономов А.П., Мошкин Б.Е., Мороз В.И., Головин Ю.М., Гнедых В.И., Григорьев А.В. Эксперимент по УФ-фотометрии на спускаемых аппаратах «Венера-13» и «Венера-14» // *Космические исследования.* 1983. Т. 21. Вып. 2. С. 254–268.
- [Bertaux et al., 1996] Bertaux J.-L., Widemann Th., Hauchecorne A., **Moroz V.I.**, Ekonomov A.P. Vega 1 and Vega 2 Entry Probes: an Investigation of Local UV Absorption (220...400 nm) in the Atmosphere of Venus (SO_2 , Aerosols, Cloud Structure) // *Journal of Geophysical Research.* 1996. V. 101. N. E5. P. 12 709–12 745.
- [Bibring et al., 1989] Bibring J.P., Combes M., Langevin Y., Soufflot A., Cara C., Drossart P., Encrenaz Th., Erard S., Forni O., Gondet B., Ksanfomality L., Lellouch E., Masson Ph., **Moroz V.**, Rocard F., Rosenqvist J., Sotin C. Results from the ISM Experiment // *Nature.* 1989. V. 341. P. 591–593.
- [Bibring et al., 1991] Bibring J.P., Langevin Y., **Moroz V.I.**, Ksanfomality L.V., Grigoriev A.V., Khatuntsev A.V., Nikolsky Yu.V., Zharkov A.V. Composite KRFM-ISM Spectrum of Phobos (0.315...3.1 μm) // 22nd Lunar and Planetary Science Conference. March 18–22, 1991, Houston, Texas. 1991. XXII. P. 99–100.
- [Blamont et al., 1989] Blamont J.E., Chassefière E., Goutail J.P., Mège B., Nunes-Pinharda M., Souchon G., Krasnopolsky V.A., Krysko A.A., **Moroz V.I.** Vertical profile of dust and ozone in the Martian atmosphere deduced from solar occultation measurements // *Nature.* 1989. V. 341. P. 600–603.
- [Combes et al., 1988] Combes M., **Moroz V.I.**, Crovisier J., Encrenaz T., Bibring J.P., Grigoriev A.V., Sanko N.F., Coron N., Gispert R., Bockelée-Morvan D., Nikolsky Yu.V., Lamarre J.M., Rocard F. The 2.5...12 μm Spectrum of comet Halley from the IKS-Vega experiment // *Icarus.* 1988. V. 76. P. 404–436.
- [Economov et al., 1984] Ekonomov A.P., **Moroz V.I.**, Moshkin B.E., Gnedych V.I., Golovin Yu.M., Grigoriev A.V. Scattered UV solar radiation within the clouds of Venus // *Nature.* 1984. V. 302. P. 345–347.
- [Emerich et al., 1987] Emerich C., Lamarre J.M., **Moroz V.I.**, Combes M., San'ko N.F., Nikolsky Yu.V., Gisper R., Coron N., Bibring J.-P., Encrenaz T., Crovisier J. Temperature and size of the nucleus of comet P/Halley deduced from IKS Vega 1 measurements // *Astronomy and Astrophysics.* 1987. V. 187. P. 839–842.
- [Harris, 1961] Harris D.L. Photometry and Colorimetry of Planets and Satellites. Chapter 8 // *Planets and Satellites* / Eds. Kuiper G.P., Middlehurst B.M. Chicago: The University of Chicago Press, 1961. P. 272–342. (Перевод на русский: Планеты и спутники: Пер. с англ. / Под ред. Дж.П. Койпера, Б. Миддлхерста. М.: Изд-во иностр. лит., 1963. 520 с.)
- [Ignatiev et al., 1999] Ignatiev N.I., **Moroz V.I.**, Zasova L.V., Khatuntsev I.V. Water vapour in the middle atmosphere of Venus: An improved treatment of the Venera 15 IR spectra // *Planetary and Space Science.* August–September 1999. V. 47. Iss. 8–9. P. 1061–1075.

- [Kasting, Toon, 1989] *Kasting J.F., Toon O.B.* Climate evolution on the terrestrial planets // *Origin and Evolution of Planetary and Satellite Atmospheres* / Eds. S. Atreya, J. B. Pollak. Tucson: Univ. of Arizona Press, 1989.
- [Ksanfomalny, Moroz, 1995] *Ksanfomalny L.V., Moroz V.I.* Spectral reflectivity of the Phobos regolith within the range 315...600 nm // *Icarus*. 1995. V. 18. P. 383–401.
- [Ksanfomalny et al., 1989] *Ksanfomalny L.V., Moroz V.I., Bibring J.P., Combes M., Soufflot A., Ganpantzerova O.F., Goroshkova N.V., Zharkov A.V., Nikitin G.E., Petrova E.V.* Spatial variations in thermal and albedo properties of the surface of Phobos // *Nature*. 1989. V. 341. P. 588–600.
- [Kuiper, 1947] *Kuiper G.P.* Infrared spectra of planets // *Astrophys. J.* 1947. V. 106. P. 252–257.
- [Kuiper, 1949] *Kuiper G.P.* Survey of planetary atmospheres // *Atmospheres of the Earth and planets* / Ed. Kuiper G. P. Chicago: The University of Chicago Press, 1949. P. 304–345. (Papers presented at the Fiftieth Anniversary Symposium of the Yerkes Observatory. September, 1947.)
- [Kuiper, 1957] *Kuiper G.P.* Infrared observations of planets and satellites // *Astronomical J.* 1957. V. 62. P. 245. (Abstracts of papers presented at the 98th AAS Meeting, Urbana, August 18–21 1957).
- [Kuiper et al., 1947] *Kuiper G.P., Wilson W., Cashman R.J.* An infrared stellar spectrometer // *Astrophys. J.* 1947. V. 106. P. 243–251.
- [Lawrence et al., 1977] *Lawrence G.M., Barth C.A., Argabright W.* Excitation of Venus Airglow // *Science*. 1977. V. 197. P. 573–574.
- [McCord et al., 1998] *McCord T.B., Hansen G., Fanale F.P., Carlson R.W., Matson D., Johnson T.V., Smythe W., Crowley J.K., Martin P.D., Ocampo A., Hibbits C.A., Granahan J.C., and the Galileo NIMS team* // 29th Lunar and Planetary Science Conference. March 16–20, 1998, Houston, Texas. P. 1560.
- [Moroz, 1971] *Moroz V.I.* Height of the Venus clouds layer varies from equator to pole // *Nature*. 1971. V. 230. C. 36–37.
- [Moroz, 1995] *Moroz V.I.* Experimental data on aerosols on Mars: Viking, Phobos and future missions // *Advances in Space Research*. 1995. V. 16. N. 6. P. 35–44.
- [Moroz, 2001] *Moroz V.I.* Spectra and spacecraft // *Planetary and Space Science*. February 2001. V. 49. Iss. 2. P. 173–190.
- [Moroz et al., 1980] *Moroz V.I., Golovin Yu.M., Ekonomov A.E., Moshkin B.E., Parfentyev N.A., Sanko N.F.* Spectrum of the Venus day sky // *Nature*. 1980. V. 284. P. 212–214.
- [Moroz et al., 1983] *Moroz V.I., Ekonomov A.P., Golovin Yu.M., Moshkin B.E., Sanko N.F.* Solar radiation scattered in the atmosphere of Venus. The Venera 11 and Venera 12 data // *Icarus*. 1983. V. 53. P. 509–537.
- [Moroz et al., 1985] *Moroz V.I., Ekonomov A.P., Moshkin B.E., Revercomb H.E., Sromovsky L.A., Schofield J.T., Spänkuch D., Taylor F.W., Tomasko M.G.* Solar and thermal radiation in the Venus atmosphere // *Advances in Space Research*. 1985. V. 5. Iss. 11. P. 197–232.
- [Moroz et al., 1993] *Moroz V.I., Petrova E.V., Ksanfomalny L.V.* Spectrophotometry of Mars in the KRFM experiment of the Phobos mission: some properties of the particles of atmospheric aerosols and the surface // *Planetary and Space Science*. August 1993. V. 41. Iss. 8. P. 569–585.
- [Moroz et al., 2002] *Moroz V.I., Huntress W.T., Shevaley I.L.* Planetary Missions of the 20th Century // *Cosmic Research*. 2002. V. 40. No. 5. P. 419–445 (Translated from *Kosmicheskie Issledovaniya*. 2002. V. 40. No. 5. P. 451–481: *Мороз В.И., Хант-рес Б.Т., Шевалев И.Л.* Планетные экспедиции XX века // *Космич. исслед.* 2002. T. 40. № 5. C. 451–481).
- [Pollack et al., 1993] *Pollack J.B., Dalton J.B., Grinspoon D., Wattson R.B., Friedman R., Crisp D., Allen D.A., Bézard B., de Bergh C., Giver L.P., Ma Q., Tipping R.* Near-infrared light from Venus' nightside: A spectroscopic analysis // *Icarus*. 1993. V. 103. P. 1–42.
- [Rodin et al., 1997] *Rodin A.V., Korabiev O.I., Moroz V.I.* Vertical distribution of water in the near-equatorial troposphere of Mars: Water vapor and clouds // *Icarus*. 1997. V. 125. P. 212–229.

- [Sagdeev et al., 1986] *Sagdeev R.Z., Blamont J., Galeev A.A., **Moroz V.I.**, Shapiro V.D., Shevchenko V.I., Szego K.* Vega spacecraft encounters with comet Halley // *Nature*. 1986. V. 321. P. 259–262.
- [Sagdeev, Zakharov, 1989] *Sagdeev R.Z., Zakharov A.V.* Brief history of the Phobos mission // *Nature*. 1989. V. 341. P. 518–618.
- [Selivanov et al., 1989] *Selivanov A.S., Naraeva M.K., Panfilov A.S., Gektin Yu.M., Kharlamov V.D., Romanov A.V., Fomin D.A., Mirroshnichenko Ya. Ya.* Thermal mapping of the surface of Mars // *Nature*. 1989. V. 341. P. 593–595.
- [Snyder, Moroz, 1992] *Snyder C.W., **Moroz V.I.*** Spacecraft exploration of Mars // *Mars / Eds. Kieffer H.H., Jakosky B.M., Snyder C.W., Matthews M.S.* Tucson, London: The University of Arizona Press, 1992. P. 71–119.
- [Taylor et al., 1980] *Taylor F.W., Beer R., Chanine N.T., Diner D.J., Elson L.S., Haskins R.D., McCleese D.J., Martonchik J.V., Reichley P.E., Bradley S.P., Delderfield J., Schofield J.T., Farmer C.B., Froidevaux L., Leung J., Coffey M.T., Gille J.T.* Structure and meteorology of the middle atmosphere of Venus: Infrared remote sensing from the Pioneer Orbiter // *J. Geophysical Research*. 1980. V. 85. N. 13A. P. 7963–8006.
- [Titov et al., 1997] *Titov D.V., **Moroz V.I.**, Gektin Yu.M.* Aerosol component of the Martian atmosphere and its variability from the results of infrared radiometry in the Termoscan/Phobos-2 experiment // *Planetary and Space Science*. June 1997. V. 45. Iss. 6. P. 637–651.
- [Young, 1973] *Young A.T.* Are the clouds of Venus sulphuric acid? // *Icarus*. 1973. V. 18. P. 564–582.
- [Young, 1984] *Young L.D.G., Young A.T., Zasova L.V.* A new interpretation of the Venera 11 spectra of Venus. I. The 0.94 μm water band // *Icarus*. 1984. V. 60. P. 138–151.
- [Zasova et al., 1993] *Zasova L.V., Esposito L.W., **Moroz V.I.**, Na C.Y.* SO₂ in the Middle Atmosphere of Venus: IR Measurements on Venera 15 and Comparison to UV data // *Icarus*. 1993. V. 105. P. 92–109.
- [Zasova et al., 1999] *Zasova L.V., Khatountsev I.V., **Moroz V.I.**, Ignatiev N.I.* Structure of the Venus Middle Atmosphere: Venera 15 IR Fourier Spectrometry Data Revisited // *Advances in Space Research*. 1999. V. 23. N. 9. P. 1559–1568.
- [Zellner, Wells, 1994] *Zellner B., Wells E.N.* Spectrophotometry of Martian satellites with the Hubble space telescope // *Abstracts 25th Lunar and Planetary Sciences Conf.* March 14–18, 1994. P. 1541.

ПОСЛЕДНЯЯ КОМАНДИРОВКА В. И. МОРОЗА

В последние годы В. И. страдал от тяжёлой болезни крови — миеломы, но старался ей не поддаваться. Март 2004 года он провёл в Италии и Франции, куда приезжал для анализа результатов эксперимента ПФС проекта МАРС-ЭКСПРЕСС. На следующих страницах показаны отдельные эпизоды этого визита. Снимки сделаны В. И. Морозом и А. В. Григорьевым.



В. И. и А. В. Григорьев вложили руки в «уста правды»



Василий Иванович у озера Альбано



В. И. с каменным псом у здания ИФСИ



Фраскати. Вид из окна гостиницы на город

Радость от успеха экспериментов свершила чудо: В. И. почувствовал себя почти здоровым и даже принял участие в праздновании 30-летнего юбилея отдела (см. фото на с. 292). Однако после возвращения в Москву болезнь вернулась с новой силой. 23 июня 2004 года В. И. скончался.

ПИСЬМА СОБОЛЕЗНОВАНИЯ

Мы потрясены грустными известиями о Василии Ивановиче. Он был одним из гигантов в исследованиях планет и к тому же человеком большого гуманизма. До последних недель он занимался исследованием результатов изучения Марса на КА «Марс-Экспресс», который ему посчастливилось увидеть работающим на орбите после тяжёлого удара, нанесённого крушением КА «Марс-96». Мои глубокие соболезнования близким и коллегам. Я собираюсь предложить, чтобы КОСПАР посвятил отдельную сессию Василию Ивановичу.

П. Дроссар, Парижская обсерватория, Франция

Было очень тяжело услышать эту грустную новость. Многие из нас имели возможность работать с Василием, который в последние 40 лет был одним из пионеров исследования космоса и планет. Наши лаборатории в этот период сотрудничали с Василием и ИКИ в программах ЕКА и в частности в эксперименте СПИКАМ на КА «Марс-Экспресс». Мы всё ясно видели, что он был специалистом высочайшего класса в области науки о планетных атмосферах и в дистанционных измерениях. Особенно высоко мы ценили его культуру, знания и ясность ума.

Э. Шассефьер, Служба аэронамики CNRS, Париж, Франция

С глубокой скорбью услышала я эту ужасную новость. Когда я виделась с Василием прошлым мартом в Орсе, не осознавала, насколько он болен. Я знакома с ним больше 40 лет, он был очень большим моим другом, и я бесконечно его уважала. Нам будет очень не хватать его у нас в Медоне. Передайте, пожалуйста, симпатии от всей медонской группы его близким и всем коллегам в ИКИ.

Т. Энкренац, Парижская обсерватория, Франция

Мне было так грустно услышать эту печальную и неожиданную весть. Василий был удивительным человеком, чей вклад в планетологию — один из величайших в нашем времени. Нам будет очень не хватать.

Ф. Тейлор, Оксфордский университет, Великобритания

Ужасно жаль и печально. Мы все потеряли надёжную опору и якорь.

Д. Титов

Я знаю, что русские коллеги испытывают великую боль, но помните, что Василий всегда будет в памяти тех, кто имел счастье быть с ним знакомым. Мне его будет очень не хватать. Соболезнования от меня лично и от всей группы в Лечче близким Василия, особенно Любе.

С. Фонти, Университет Саленто, Лечче, Испания

С глубочайшей печалью я должен сообщить, что скончался Василий Мороз. Мне будет очень не хватать его после шестнадцати лет интенсивного и полезного сотрудничества. Я благодарен ему за многое и прежде всего за то, что он дал нам возможность работать и щедро делился

с нами своим незаменимым опытом человека и учёного. Наши эксперименты потеряли твёрдую опору.

В. Формизано, ИФСИ, Фраскати, Италия

Мне было исключительно грустно услышать это ужасное известие. Я знала, что профессор Мороз очень болен, но не думала, что смерть наступит так скоро. Нам будет очень его не хватать. Он был для всех нас истинным учителем и примером.

Ангиолетта Корадина, Институт космической физики, Рим, Италия

Известие о кончине Василия Ивановича Мороза было серьёзным ударом для меня. Я знал его почти 40 лет и всегда чрезвычайно уважал его как учёного и человека.

А. Клиоре, JPL, NASA

Русская планетология и космические исследования потеряли одну из своих великих фигур.

В. Красносельских, LPCE, CNRS, Париж, Франция

Кончина профессора Мороза (Василия, как я имел честь его называть) — это очень тяжёлая потеря для всего сообщества исследователей Марса. То, как много он успел сделать за короткий (меньше полугода) период изучения марсианских данных, ясно показывает, как велико его влияние на качество и активность работы группы ПФС. Долгая дружба заставляет меня очень болезненно ощущать эту потерю.

А. Юриевич, Центр космических исследований, Варшава, Польша

Меня очень огорчила Ваша печальная неожиданная новость. Я имел честь знать профессора Мороза как выдающегося учёного. Более того, я всегда буду помнить, каким внимательным и дружелюбным хозяином он был, когда я приезжал в Москву. Нам всем будет очень его не хватать. Мои соболезнования его близким и коллегам в ИКИ.

Б. Саггин, Институт космической физики, Рим, Италия

Это трагическая новость. Василий был одним из выдающихся учёных и исследователей Солнечной системы и приятнейшим человеком, с которым я имел удовольствие работать. Мы с глубоким уважением относились к нему. Наши печаль и сочувствие его близким и нашим коллегам в ИКИ.

Л. Фридман, JPL, NASA, Планетарное общество США

Планетное общество с прискорбием узнало о смерти Василия Мороза. Василий был всемирно известен и пользовался уважением всего научного сообщества за его исследования атмосфер планет с помощью советских миссий к Венере и Марсу. Он был мудрым и доброжелательным человеком, сотрудничать с которым было очень приятно. Я с удовольствием работал с Василием над историей планетных миссий 20-го века, причём каждый из нас описывал конкуренцию программ обеих стран во времена холодной войны. Василий был истинным интернационалистом, но в то же время он гордился пионерскими достижениями своей страны

в космических исследованиях. Он был членом научной команды миссии МАРС-ЭКСПРЕСС и я уверен, что её членам, а также тем, кто хорошо его знал, будет очень его недоставать. Василий был великий человек, который в трудные времена служил своей науке. Во время моего первого визита в СССР в 1968 году, когда я посетил институт Штернберга, я сразу выделил его среди окружающих, а впоследствии он стал моим хорошим другом.

Брюс Мюррей, JPL, NASA, Planetary Society, USA

Очень опечален известием о кончине Василия Ивановича Мороза. Значительная часть моей научной карьеры в планетологии была связана с франко-советским сотрудничеством в исследованиях Венеры, Марса, кометы Галлея, а впоследствии с совместной работой в проекте МАРС-96 и его наследнике МАРС-ЭКСПРЕСС. Мы потеряли большого учёного, которому были присущи человечность и гуманизм. Мои соболезнования его близким и коллегам в ИКИ.

Ж.-Л. Берто, Служба аэронауки CNRS, Париж, Франция

Глубоко потрясена известием о кончине Василия. Он был выдающийся учёный и большой наш друг. Работать с ним было очень приятно не только из-за эффективности и строгости его подхода, но и благодаря его высоким человеческим качествам. Для всех, кто знал Василия, его смерть стала большой потерей. Нам его будет очень не хватать.

Г. Арнольд, Институт физики планет, Берлин, Германия

Очень опечален известием о кончине Василия. Он был большим учёным в области планетологии и имел множество контактов с французскими учёными по проектам ВЕГА, ФОБОС, МАРС-96, МАРС-ЭКСПРЕСС и ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС и был хорошим другом для многих учёных разных стран. Мы всегда будем его помнить.

Ф. Рокар, КНЕС, Париж, Франция

Очень печально было узнать о кончине Василия. Он был хорошим, добро-сердечным человеком, который любил людей, разделяющих его страсть к науке. Я восхищался им как учёным, а ещё больше — другом. Мне его будет очень не хватать. Мои соболезнования его близким.

Сушил Атрейя, Лаборатория планетных исследований Мичиганского университета

Очень огорчён этим неожиданным несчастьем. Я всегда очень чтил Василия. Мои соболезнования его близким.

Л. Эспозито, LASP, University of Colorado, USA

Я был ужасно огорчён известием о смерти Василия Мороза. Мои искренние соболезнования близким, друзьям и коллегам Василия.

Дж. Р. Гомес, Астрофизический институт Андалусии, Испания

Очень грустно было услышать эту печальную весть. Это очень грустный день.

Дж. Пиччиони, ИАС, Рим, Италия

Это действительно очень печальное известие и очень большая потеря для нашего научного сообщества. От имени всех сотрудников моего института я передаю наши глубокие симпатии близким Василия.

П. Симон, КНЕС, Париж, Франция

Василий Иванович был пионером в физических исследованиях объектов Солнечной системы и его вклад в изучение планет космическими аппаратами крайне важен для успеха программы освоения космоса. Мы помним и чтим вклад Василия Ивановича как в науку, так и в обучение новых поколений исследователей планет.

Д. Крукшенк, Эймсский центр НАСА, США

Конец 1990-х был для нас плохим временем. Я сам был руководителем проекта в семи последовательных миссиях к Марсу, которые окончились неудачно. Василий стоял в этой буре как скала. Я восхищался его энергией и отвагой в преодолении многих препятствий. Это восхищение, разделяемое всеми его друзьями и знакомыми, постоянно росло в последние годы, когда его здравый смысл и понимание ситуации в России помогли нам находить правильные решения.

Ж. Бламон, КНЕС, Париж, Франция

В начале моей самостоятельной жизни в науке мой путь определили всего несколько человек и, в первую очередь, Василий Иванович Мороз. Это было невероятное везение, что в юности именно с таким замечательным человеком и настоящим учёным (тогда ещё совсем молодым) столкнула меня жизнь

О. Г. Таранова, ГАИШ, Москва, Россия

Во всех сложных, противоречивых случаях Василий Иванович сохранял удивительную человечность и находил решение, которое признавали правильным все, потому что за суетой текучки он видел главную цель — получить новые надёжные научные данные. Он был для меня образцом. Его необыкновенная человеческая порядочность и мудрость, глубокая научная эрудиция и тонкое понимание эксперимента всегда были для меня путеводной звездой.

А. В. Григорьев, ИКИ РАН

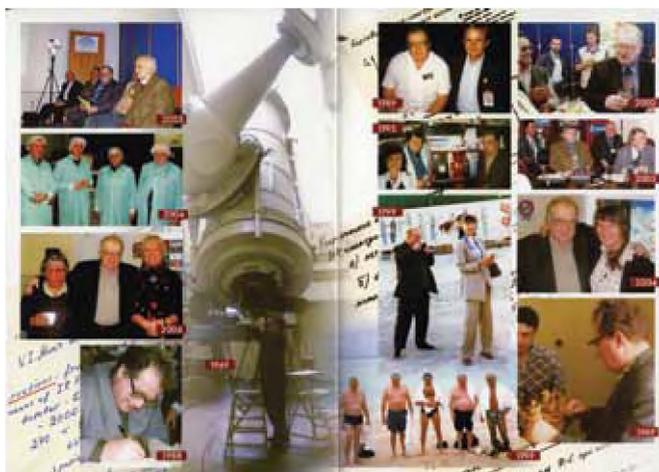
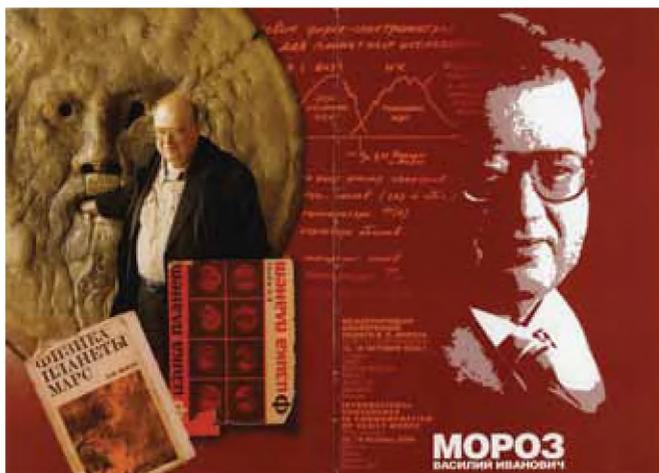
Василий Иванович настолько глубоко вникал в физику явлений, которые исследовал, что ему не требовались ни заумные термины, ни длинные формулы, точно так же, как для настоящей любви не нужны высокопарные слова.

А. Родин, ИКИ РАН

ПОСЛЕСЛОВИЕ К СТАТЬЕ В. И. МОРОЗА

**Программа и проспект Конференции памяти В. И. Мороза.
Снимки выступлений Ж.-П. Бибринга,
Д. Крукшенка, Ж. Бламона, М. Комба**

В 2006 году в ИКИ состоялась Международная конференция по планетным исследованиям, посвящённая 75-летней годовщине со дня рождения В.И. Мороза. Ниже приведены её программа (на английском языке) и снимки выступлений четырёх зарубежных коллег В.И., много работавших с ним в разные годы: Ж.-П. Бибринга, Д. Крукшенка, Ж. Бламона, М. Комба.



PROGRAMME

16 October 2006

Conference on Planetary Studies devoted to 75-anniversary of V.I. Moroz
Conference hall

10:00	Opening L.M. Zelenyi D. Le Quéau	
10:10–10:40	P. Drossart	From Venera to Venus Express: the legacy from V.I. Moroz
10:40–11:10	J.L. Bertaux	Revisiting Vega 1 and 2 atmospheric vertical profiles of SO ₂ in the light of recent Venus measurements: volcanoes, or atmospheric dynamics?
11:10–11:40	D. Titov	First results of Venus Express
11:40	Coffee break	
12:00–12:30	L. Ksanfomaliti	Electrical discharges in Venus' atmosphere. Where do they occur?
12:30–13:00	G. Arnold	From Venus to Mars — aspects of the scientific and technical Russian-German cooperation in planetary Interferometry
13:00–13:30	J.-P. Bibring	From IKS/VEGA to OMEGA/Mars Express: 20 years of exemplary cooperation
13:30	Lunch	
15:00–15:30	M. Combes	Results obtained in cooperation with Vasily Moroz from IKS on-board VEGA and ISM on-board PHOBOS
15:30–16:00	S. Fonti	Water related minerals: has Mars Express changed our perspective?
16:00	Coffee break	
16:20–16:40	A. Cherepashuk	V.I. Moroz and Sternberg Astronomical Institute
16:40–17:00	J. Blamont	Friendly remembrances of Vassily Ivanovitch Moroz
17:00–17:30	D. Cruikshank	V.I. Moroz and the Icy Satellites of the Outer Planets
17:30	Open exchange	Recollections about Vassily Ivanovich
19:00	Informal part	

19 October 2006

Morning session "Planetary Studies and Future Missions"
devoted to 75-anniversary of V.I. Moroz
Representation center

Chairman A. Zakharov

10:00–10:20	A.T. Basilevsky, G. Neukum, S. Werner, S. van Gassel, A. Dumke and the HRSC Team	The geology of Olympus Mons flanks: analysis of HRSC and MOC images
10:20–10:40	L.V. Zasova	Venus and Mars IR spectrometry

10:40–11:00	A. A. Fedorova, O. Korablev, J. L. Bertaux, F. Montmessin, A. Rodin, D. Belyaev, A. Reberac	Mars-Express solar occultation measurements
11:00–11:20	A. Vasilyev, B. Mayorov, L. Zasova, J.-P. Bibring, A Fedorova	“SCATRD” code for calculation of mul- tiple scattering solar radiation in the spherical atmosphere. First application to Omega MEX limb aerosol profiles
11:20	Coffee break	
11:40–12:00	A. V. Rodin, Y. V. Skorov, U. Keller	Capillary condensation of nitrogen on the tholin aerosol in Titan’s troposphere
12:00–12:20	I. Melnikova, K. Shilov, B. Mayorov	Determination of spectral optical parameters of the Venus atmosphere from observational data of automatic interplanetary stations “Venera-13, -14”
12:20–12:40	A. P. Ekonomov	Venera-D project
12:40–14:00	Lunch	

19 October 2006

Afternoon session “Planetary Studies and Future Missions”
devoted to 75-anniversary of V. I. Moroz
Representation center

Chairman O. Korablev

14:00–14:20	A. V. Zakahrov	Phobos sample return mission
14:20–14:40	M. V. Gerasimov	Gas analytical package for Phobos sample return mission
14:40–15:00	I. I. Vinogradov, G. Durry	Multichannel Diode Laser Spectrometer of the GCMS Instrument for the Phobos Sample Return Mission
15:00–15:20	A. V. Grigoriev	Fourier-spectrometer AOST for Phobos sample return mission
15:20–15:40	I. I. Vinogradov	High resolution echelle spectrometer with sequential selection of orders for atmo- spheric studies
15:40–16:00	V. M. Linkin	Mars Meteorological network

19 October 2006

Plenary meeting
Conference hall

Chairman L. Zelenyi

17:00–17:30	H. Reme	The CESR-IKI-IZMIRAN Cooperation
17:30–18:00	M. Marov	TBD
18:00–18:30	40 ans d’archives audiovisuelles sur l’espace: film demonstration	
18:30–19:00	Closing ceremony	
19:00	Informal part	



Ж.-П. Бибринг



Д. Крукшенк



Ж. Бламон



М. Комб

ВСПОМИНАЯ ВАСИЛИЯ

***М. Комб, профессор планетологии
Медонской обсерватории, Франция***

Василий сыграл большую роль в моей научной жизни.

Я узнал о нём в самый первый год (1963–1964) моей работы в Медоне (Парижская обсерватория), где я изучал потемнение диска Юпитера к краю в видимой области спектра и определял на основании этих наблюдений среднюю молекулярную массу его атмосферы (а затем и отношение H_2/He). Я встретился с Василием впервые на XIII сессии Генеральной Ассамблеи Международного астрономического союза в Праге (Чехословакия) в августе 1967 года.



Василий Иванович Мороз

Он был одним из ярчайших планетологов мира, и я передал ему предварительный автореферат моей диссертации, написанный по-французски. На следующий же день, хотя он и не владел французским, он дал мне очень глубокий отзыв, оказавшийся исключительно полезным для моей последующей работы. Потом он рассказал мне о своей книге «Физика планет», недавно опубликованной в России и переведённой на английский в 1968 году¹. Она стала основной книгой в нашей «группе планетных исследований», которую мы создали в Медоне.

1967 год был годом миссии ВЕНЕРА-4 и Василий был активным её участником.

¹ **Мороз В. И.** Физика планет. М.: Наука, 1967. 496 с. (Пер. на англ. **Moroz V. I.** Physics of planets. NASA TT F-515, document N68-21802. 1968).

Когда в процессе советско-французского сотрудничества обсуждалась очередная планетная миссия, Жак Бламон вместе с другими французскими коллегами предложил проект по доставке на Венеру французских аэростатов с помощью советской ракеты (миссия ЭОС). Специалисты ИКИ выдвинули новую идею: при запуске на Венеру в 1984 году не вывести космический аппарат (КА) на орбиту спутника, а, пользуясь её гравитационным полем, направить КА к комете Галлея, которая в 1986 году должна была появиться в окрестности Солнца. Европейское космическое агентство в это время планировало запустить к комете аппарат «Джотто». Директор ИКИ Роальд Сагдеев в 1980 году решил заменить миссию ЭОС миссией ВЕГА (ВЕНера ГАллей) и добился сильной поддержки Франции (КНЕС).

Мы с Василием обсудили предстоящий эксперимент и решили, что для исследования кометы лучше всего подойдут спектральные измерения в близкой инфракрасной области. Однако в то время в таком космическом проекте было невозможно использовать линейки либо матрицы детекторов и на их основе создать классический дифракционный спектрометр. Вторая трудность состояла в том, что время между принятием решения и запуском было очень коротким, так что не было уверенности, что направляющая платформа сможет успеть к сроку. Тогда я предложил КНЕС поддержать вариант трёхканального инфракрасного прибора:

- один фотометрический канал, в котором изображение кометы проецируется на вращающуюся решётку, что приводит к модуляции сигнала в зависимости от размера ядра, причём измерения проводятся через два широкополосных фильтра (9...14 и 7...10 мкм), а отношение сигналов позволяет оценить температуру ядра;
- два спектроскопических канала, обеспечивающих спектроскопию с разрешающей силой около 40 благодаря использованию двух клиновых интерференционных фильтров (КИФ) в двух областях (2,5...5 и 6...12 мкм), установленных на вращающемся диске.

Василий был одним из PI инфракрасного спектрометра (ИКС). У нас образовалась тесная команда из сотрудников ИКИ, Парижской обсерватории, лаборатории физики звёзд и планет CNRS и Университета Южного Парижа.

Эксперимент оказался очень успешным. Его главные результаты таковы:

- первое отождествление родительских молекул H_2O , H_2CO , CO , CO_2 в кометной атмосфере;
- первое обнаружение органики — CH-X ;
- оценка скорости образования H_2O и CO_2 ;
- первые измерения неожиданно высокой температуры ядра, которые приводили к мысли об очень низком альбедо поверхности.

И, возможно, самое важное: я никогда не забуду, как счастлив и полон энтузиазма был Василий, когда в ИКИ пришли первые данные, из которых стало ясно, что прибор работает, и данные можно будет интерпретировать.

Я вспоминаю Василия не только по поводу прибора ИКС (инфракрасный спектрометр, 2,5...12 мкм) в миссии ВЕГА, но и по прибору ИСМ (картирующий спектрометр) в миссии ФОБОС или ОМЕГА (картирующий спектрометр, 0,4...5,2 мкм) в проекте МАРС-96.

Я помню, как он был возмущён словами о неудаче миссии ФОБОС. Он утверждал, что миссия была успешна, и был прав. Например, прибор ИСМ, созданный несколькими французскими лабораториями и ИКИ, получил 40 000 спектров Марса и 1000 спектров Фобоса. Их анализ позволил определить коэффициент гидратации на больших участках марсианской поверхности, в частности, вокруг потухшего вулкана Павонис (Pavonis Mons) или в Долине Маринера (Valles Marineris). Это позволило скорректировать прямые измерения высоты поверхности с хорошим пространственным разрешением с помощью измерения вертикального поглощения CO_2 и определить содержание H_2O в атмосфере на разных широтах.

Очень амбициозный проект МАРС-96 кончился несчастьем, но не полным, потому что его запасные приборы (ЗИП), и особенно ЗИП прибора ОМЕГА, были использованы на аппарате Европейского космического агентства «Марс-Экспресс», который был очень успешным. Василий был лидером русской команды, участвующей в эксперименте ОМЕГА. Первые результаты, особенно отождествление круглогодично существующего водного льда в южной полярной шапке Марса, были опубликованы в 2004 году незадолго до кончины Василия².

И теперь, «что делать?» — как он говорил, я буду снова и снова перелистывать страницы прекрасного альбома фотографий, собранных за несколько недель пребывания в Парижской обсерватории, который он мне подарил, назвав его со свойственным ему юмором: «Париж, вид с небес».

IN REMEMBRANCE OF VASILY

***M. Combes, Observatoire de Paris 61, avenue de L'Observatoire,
75014 Paris, France***

Vasily has played a prominent part in my scientific activities.

I heard about him during my first year (1963/64) in Paris-Meudon Observatory where I was working on Jupiter, its limb-darkening in the visible spectral range and the mean molecular mass of the atmosphere we could infer from these observations (and then the H_2/He ratio). I met him for the first time at the XIII General Assembly of the International Astronomical Union in Prague (Czechoslovakia) in August 1967.

² *Bibring J.P., Langevin Y., Poulet F., Gendrin A., Gondet B., Berthé M., Soufflot A., Drossart P., Combes M., Bellucci G., Moroz V., Mangold N. Perennial water ice identified in the south polar cap of Mars // Nature. 2004. V. 428. P. 627–630.*

He was one of the brightest planetologists in the world. So I gave him quite apprehensively my thesis (1966) in French. And the day after, although he did not speak French, he discussed the paper in depth, very usefully for my future observations. Furthermore, he spoke to me of its book, "Physics of the Planets", just published in Russian (translated in English in 1968) which will become a basic book for the "Planets Group" we formed (1969–1970) at Meudon (Paris Observatory).

1967 was also the year of Venera 4. Vasily was strongly involved in this mission. A new mission was under discussion and J. Blamont and some French colleagues supported the project of a Soviet-French cooperation, with the goal of delivering balloons in the Venus atmosphere. A new idea was suggested by a scientist from IKI: For a launch to Venus in 1984, it should be possible to use the Venus gravitational field to put a Venus spacecraft on a fly-by trajectory of Comet Halley which will arrive in the vicinity of the Sun in 1986 (the European Space Agency had yet decided the launch of the mission Giotto to Halley). Roald Sagdeev, Director of IKI, decided in 1980 that the Soviet mission VEGA to "VENus" and "GAlley" will replace the 1984 Venus mission (EOS) and obtained a strong involvement of France (CNES).

From our discussions, Vasily and myself agreed that the near infrared spectral range was of major interest for comets studies. But at that time it was impossible to use infrared linear multi-detectors nor detectors-arrays for such a space-mission and then to build a classical grating spectrometer. Another difficulty was that the development time between decision and launch was so short that it was not certain that a pointing platform can be ready on-time. So I proposed to CNES to support a proposal of a three channels infrared instrument:

— An "imaging channel" where the image of the comet is formed on a moving grid with an angular period of one second of degree in two directions roughly parallel and perpendicular to the plane of the comet orbit, providing a modulation of the signal depending on the size of the nucleus in two directions, the measurement being made in two broad bands filters (9...14 and 7...10 microns) the ratio of which giving an estimate of the nucleus temperature;

— Two spectroscopic channels achieving spectroscopy at a resolution of 40 by using two Circular Variable Filters (CVF) on two tracks (2.5-5 and 6-12 microns) of a rotating wheel.

Vasili was one of the PIs of the IKS instrument. We formed a very closely integrated team with people from IKI, Paris Observatory, LPSP (CNRS), LRB (Univ. Paris-Sud). The experiment was very successful: first detection of parent molecules H_2CO , CO , CO_2 , first detection of organics $CH-X$, production rate of H_2O and CO_2 , first measurement of the unexpected high temperature of the nucleus implying a very low albedo of the surface. May be, the most important: I'll never forget how Vasili was happy, enthusiastic, when the first data arrived at IKI showing clearly they will be fully workable.

I don't have memories of Vasili during IKS only, but also during the ISM/Phobos mission or the OMEGA/Mars 96 mission.

I remember Vasili, very angry, saying that the Phobos mission was not a failure as it is claimed too often. He was right. For example, the ISM experiment (Infrared-Spectral-Mapper) built by several french laboratories and IKI recorded about 40 000 spectra of Mars and 1000 of Phobos. Their analysis provide the variations of the hydration coefficient of large parts of the martian soils in particular around Pavonis Mons or in Valles Marineris. They allow to measure directly the altitude of the surface with a good spatial resolution by the vertical absorption of CO_2 and to define the atmospheric H_2O content at various latitudes.

The very ambitious Mars-96 was a disaster but not completely since most of its spare instruments will be part of the payload of the European Space Agency mission, Mars-Express, in particular the infrared spectroscopic mapper OMEGA which was entirely successful. Vasili was the leader of the Russian team associated with OMEGA. First results were published in 2004, especially the identification of perennial water ice in the south polar cap of Mars. Just before Vasily passed away.

And now, "what to do?", as he said. I'll turn over again and again the pages of the beautiful book of photos he offered me, during a several weeks stay in Paris Observatory, with the humour this space-scientist knew so well: "Paris as seen from Heaven".

ПОСВЯЩЕНИЕ ВАСИЛИЮ

Т. Энкренац, Парижская обсерватория, филиал в Медоне

Я впервые услышала о Василии Морозе в 1969 году, когда была аспиранткой в Годдардовском институте космических исследований в Нью-Йорке. Я увидела его книгу «Физика планет», опубликованную впервые в 1967 году и переведённую на английский язык в 1968 году. Эта книга сразу стала моей Библией и до сих пор хранится среди моих самых любимых книг. В ней есть всё, что должен знать планетолог, а точнее, планетный спектроскопист, и я до сих пор пользуюсь ею как справочником.



Василий Иванович и Тереза (Группа OMEGA)

Не могу точно вспомнить, когда я впервые встретила с Василием, но наше тесное сотрудничество началось в проекте ВЕГА. Миссия ВЕГА была посвящена сначала изучению Венеры, а потом встрече с кометой Галлея в марте 1986 года во время пересечения кометой эклиптики. Василий Иванович пригласил учёных из нескольких французских лабораторий для совместной работы с прибором ИКС (инфракрасный спектрометр). Прибор должен был быть установлен на борт обоих космических аппаратов (КА) — «Вега-1» и «Вега-2».

Василий был особенно терпелив и внимателен по отношению к молодым учёным. Неделя в Москве в марте 1986 года во время встречи с кометой принесла мне одно из самых ярких впечатлений в моей профессиональной жизни и это было главным образом благодаря доброте и мягкости Василия. Я помню маленькую деталь, типичную для него. Тогда в Москве

было очень холодно, а у меня не было головного убора, и в день первой встречи с кометой (кажется, 6 марта) он предложил мне шапку, потому что боялся, что я простужусь. Я была этим очень тронута — ему надо было подумать о стольких вещах в этот день! На втором КА наш эксперимент потерпел неудачу, но на первом он принёс успех, и мы провели очень напряжённую неделю, обрабатывая в реальном времени данные КА «Вега-1». В результате были обнаружены родительские молекулы кометы и органика. Это явилось одним из ключевых результатов очень успешной миссии ВЕГА.



Мишель Комб, Василий Мороз и Бриджит Гонде (Группа OMEGA)

Наше сотрудничество продолжалось в проекте ФОБОС, имеющем целью изучение Марса и его спутника Фобоса. Несмотря на неудачу в исследованиях Фобоса, спектрометр ISM, созданный также в процессе сотрудничества ИКИ и французских лабораторий, принёс большой успех. Я несколько раз приезжала в Москву к Василию, в частности, во время первого приёма данных с Марса. Мы вместе пережили момент великого подъёма, когда смогли получить высоту марсианской поверхности, просто измеряя глубину по поглощению, создаваемому двуокисью углерода при пересечении кратера потухшего вулкана Павонис (Pavonis Mons). Позже спектрометр ISM дал новые результаты относительно распределения малых составляющих, CO и H₂O, вблизи вулканов.

Каждый мой приезд в Москву Василий бывал по отношению ко мне очень заботлив и внимателен. Он знал, что я не говорю по-русски, и, показывая мне Кремль и другие достопримечательности Москвы, старался сам всюду сопровождать меня.

Позже, в 1990-е годы, Василий вместе с супругой посетил нашу лабораторию в Медоне. Как-то в воскресенье нам удалось погулять по Версалю (см. с. 120) и посмотреть спектакль знаменитого мима Марселя Марсо. Василию и Ирине очень понравился этот визит.



Серджио Фонти, Людмила Засова и В. И. Мороз отмечают в Лечче завершение испытаний прибора ПФС

Потеря КА «Марс-96» была ужасным несчастьем как для него и всей российской команды, так и для всех нас, но через несколько лет сотрудничество началось снова в рамках Европейского космического агентства с миссией МАРС-ЭКСПРЕСС. На КА «Марс-Экспресс» были установлены два прибора с КА «Марс-96», по которым мы успешно сотрудничали, — картирующий спектрометр ОМЕГА и планетный фурье-спектрометр ПФС. Эти два прибора прекрасно работали, и мы встречались для совместного анализа результатов во Франции и в Италии. Когда КА «Марс-Экспресс» начал в 2004 году наблюдения поверхности Марса в экваториальной области, температура в Москве была около нуля. Я помню слова Василия о том, что Марс в это время теплее, чем Москва.

В 2004 году Василий был выдвинут на премию КОСПАР. Это была вполне заслуженная премия за его выдающийся вклад в науку о космосе и за его глубокую вовлеченность в международное сотрудничество. К несчастью, он скончался за несколько недель до ассамблеи КОСПАР, на которой два симпозиума были посвящены его памяти. Неожиданная и преждевременная смерть Василия была ужасным шоком для его друзей и коллег. Он был не только блестящим учёным, но и удивительным другом. Прошло почти десять лет, но мы не перестаём думать о нём.

A TRIBUTE TO VASILY

Th. Encrenaz, LESIA¹, Observatoire de Paris, France

I first heard about Vasily when I was a graduate student at the Goddard Institute for Space Studies in New York, in 1969. I did not meet him personally at that time, but I discovered his book «Physics of Planets», first published in 1967 and translated in English in 1968. This book soon became sort of a Bible for me, and I still have it among my favored books. It contains anything a planetologist, and more precisely a planetology spectroscopist has to know, and I still use as a reference today (see photo, p. 168).

I cannot remember exactly when we met for the first time, but we started a close collaboration when the VEGA project arose. The VEGA mission was devoted to a study of Venus first, and then an encounter of comet Halley at the time of its passage across the Ecliptic, in March 1986. Vasily invited scientists of a few French laboratories to work with him on an infrared spectrometer (IKS, Infra Krasnoye Spektrometer) to be installed aboard each the two Vega spacecraft, Vega 1 and Vega 2. Vasily was especially patient and friendly with young scientists as I was. The week in Moscow, in March 1986, at the time of the encounter, was among the highest experiences I had in my professional career, and it was due, for a good part, to Vasily's kindness and availability. I remember a small detail which was typical of him. It was freezing in Moscow at that time, and I had no hat. The day of the first encounter (March 6 if I remember well), he offered me a chapka, because he was really afraid I would get sick. I was extremely moved by that. He had so many important things to think of that very day! Our experiment failed at the second encounter (March 9 I believe) but we spent an extremely exciting week reducing in real time the data of Vega 1. This work led to the first detection of several parent molecules and organics, one of the key results of the highly successful Vega mission.

Our collaboration continued with the Phobos project, devoted to the exploration of Mars and its satellite Phobos. In spite of the failure of the Phobos exploration, the ISM spectrometer, built again in collaboration between IKI and French laboratories, was a success. I visited Vasily in Moscow in a couple of occasions, in particular at the time of the first data acquisition on Mars. We lived together a great moment of excitement when we were able to track the altitude of the Martian surface, just by measuring the depth of the carbon dioxide absorption, across the crater or Pavonis Mons. Later ISM brought new results about the distribution of minor species, CO and H₂O, around the volcanoes. Each time I came to Moscow, Vasily was extremely careful with me; he showed me the Kremlin and other beauties of the town — he knew that I did not speak Russian and he managed to have me accompanied everywhere.

Later, in the 1990s, he visited our laboratory in Meudon (called DESPA at that time). One Sunday, we managed to visit Versailles and to attend a show by Marcel Marceau, the famous mime who happened to be this very day in the town where I lived. Vasily and Irina were very happy about the visit and enjoyed the mime very much (see photo, p. 120).

The loss of Mars 96 was a terrible deception, both for him, for the whole Russian group and for us. But a few years later, cooperation started again within the European Space Agency with the Mars Express Mission (see photo, p. 170). The OMEGA imaging spectrometer and the Planetary Fourier Spectrometer, two instruments from Mars 96 on which we had a strong collaboration, were embarked again on Mars Express. The two instruments were very successful and we met at several occasions, in France and in Ita-

¹ Laboratoire d'études spatiales et d'instrumentation en astrophysique.

ly. When Mars Express started observing the surface of Mars at the Equator, early 2004, the temperature was above zero. I remember Vasily mentioning that Mars was warmer than Moscow at that time....

In 2004, Vasily was nominated for the Space Science Award of COSPAR. This was a well deserved award for his outstanding contribution to space science, but also for his deep involvement for international cooperation. Unfortunately, he passed away a few weeks before the COSPAR Assembly, where two symposia were dedicated to his memory. Vasily's unexpected and premature death was a terrible shock for his friends and colleagues. He was not only a very bright scientist, but also a wonderful friend, very modest and always available. Nearly ten years have passed, but we do not forget him.

Thérèse Encrenaz
LESIA, Observatoire de Paris

ПФС: ПЕРВЫЙ ДЕСАНТ В ОКБ ИКИ В ГОРОДЕ ФРУНЗЕ

Л. В. Засова, доктор физико-математических наук, ИКИ РАН

В 1987 году стало известно, что планируется российская миссия к Марсу, МАРС-92. Василий Иванович был впечатлён результатами спектрометра-интерферометра IRIS Американской миссии «Маринер-9» (1971–1972), прибора, который получил 20 000 спектров Марса от экватора до северного полюса в тепловой области спектра 5...40 мкм ($250...2000\text{ см}^{-1}$) с разрешением 2 см^{-1} . Достигнув Марса в разгар пылевой бури, он позволил наблюдать её в процессе затухания до конца. Вдохновлял также успех эксперимента ФС 1/4 — фурье-спектрометр на борту «Венеры-15» в 1983 году. Прототипом этого прибора послужил фурье-спектрометр, который изготавливался в ИКИ ГДР и использовался для изучения земной атмосферы. Адаптировать прибор для изучения Венеры предложил Василий Иванович, им же были сформулированы научные задачи, а прибор был изготовлен в ИКИ ГДР. Это также прибор для тепловой области спектра, но с худшим разрешением — $4...6\text{ см}^{-1}$. Для Венеры это разрешение было достаточным, так как основная задача — восстановление температурного профиля в атмосфере по полосе CO_2 15 мкм, которая в спектре Венеры при большом содержании CO_2 — достаточно широкая по сравнению с полосой в спектре Марса. (На «Венере-16» также был установлен ФС 1/4, но он имел светоделитель KBr с более узким спектральным интервалом, менее оптимизированным для изучения облаков Венеры. Приоритетным был эксперимент по радарному картированию поверхности Венеры. Оно производилось на обоих аппаратах, но исключительно для радарного картирования была выбрана «Венера-16», что стало большой удачей для нас.) Таким образом, будучи большим энтузиастом фурье-спектрометрии, Василий Иванович с большим восторгом отнёсся к идее фурье-спектрометра для миссии к Марсу.

Перестройка была в разгаре, но ОКБ ИКИ во Фрунзе ещё существовало и работало. Учитывая успешный опыт изготовления приборов для венерианских миссий, казалось, что даже такой сложный прибор как фурье-спектрометр может быть в ОКБ изготовлен. Во главе с Василием Ивановичем в первую неделю сентября 1987 года во Фрунзе высадились «первый десант» для обсуждения изготовления фурье-спектрометра для проекта МАРС-92 в ОКБ ИКИ. В то время, после проекта ВЕГА, в ИКИ уже существовала международная кооперация, но решено было начать с ОКБ ИКИ. Кроме Василия Ивановича, «в десант» входили Людмила Засова (большее других работала с данными ФС 1/4), Виктор Гнедых, Борис Мошкин (имевшие большой опыт в разработке приборов, работавших на аппаратах «Венера-ВЕГА» и давших важнейшие результаты).

Нужно было придумать название для прибора. Мы верили, что к Марсу полетит первый в серии приборов для исследования планет Солнечной системы, и эксперименту было дано обобщённое имя — планетный фурье-спектрометр, ПФС. Таким образом, сложная история ПФС началась с первого совещания в ОКБ ИКИ в сентябре 1987 года.

Несмотря на то, что в стране начинался развал, не хотелось в плохое верить. У нас был великий энтузиазм, мы помнили прошлые успехи, только что работал потрясающий проект ВЕГА. Во время заседаний в ОКБ непрерывно происходил мозговой штурм, на ходу придумывались различные опции для прибора. До сих пор использовались в планетных исследованиях фурье-спектрометры для тепловой области спектра 5...50 мкм, но Василий Иванович предложил включить второй коротковолновый канал 1...5 мкм, который значительно расширял возможности прибора. Нами было решено использовать двухкоординатный сканер. В принципе любой фурье-спектрометр для тепловой области должен иметь сканер, так как, кроме наблюдения планеты, необходимо наводить прибор для калибровки на два калибровочных источника: на внутреннее чёрное тело и открытый космос. Однако двухкоординатный сканер позволял существенно расширить и круг научных задач, например, наводить прибор на выбранный интересный участок планеты, заниматься мониторингом этого участка, а также, осуществляя измерения под разными углами, определять фазовую функцию аэрозольных частиц и фазовую функцию поверхности. В настоящее время эксперименты на «Марс- и Венера-Экспресс» используют эту моду наблюдений, поворачивая космический аппарат, она называется EPF (Exploration of Phase Function), но тогда это было впервые, и мы собирались это делать с помощью собственного двухкоординатного сканера. Всё было новое, мы формулировали научные задачи для нового прибора с беспрецедентно широкими возможностями.

Постепенно наш оптимизм по поводу изготовления прибора в России заканчивался. Перестройка ускорялась, страна двигалась по направлению к краху. В это время Алексей Григорьев познакомил Василия Ивановича с Витторио Формизано, который работал в ИКИ с Сергеем Савиным. Витторио с энтузиазмом отнёсся к идее изготовить прибор в Италии, таким образом, советско-российским остался только двухкоординатный сканер (подробнее в статье Формизано, см. с. 175).

А МАРС-92 превратился в МАРС-94, потом в МАРС-96, который, в свою очередь, оказался «за бургом».

ПЛАНЕТНЫЙ ФУРЬЕ-СПЕКТРОМЕТР ПФС И ВАСИЛИЙ МОРОЗ

***В. Формизано, профессор Института физики
межпланетной среды (ИФСИ), Италия***

В тридцатилетнюю годовщину запуска Первого спутника (1987) я приехал в Москву на совещание по эксперименту ОПЕРА проекта ИНТЕРБОЛ¹ и попросил Сергея Савина, ответственного за этот эксперимент, познакомиться меня с руководителем отдела физики планет ИКИ Василием Морозом, я давно мечтал об исследовании Марса.

Приехав в 1973 году в США, в Университет Калифорнии, Лос-Анджелес (UCLA), чтобы обсудить с профессором С. Кеннелом конференцию во Фраскати, я попал в JPL². Там, посещая одну лабораторию за другой, я увидел «шар» диаметром 1 м, к которому люди приклеивали изображения, полученные «Маринером-9»: это был глобус Марса, но с первыми полученными изображениями его поверхности, т.е. так выглядела планета в реальности. Я был так потрясён, что эти изображения Марса до сих пор стоят у меня перед глазами. Через несколько лет, в 1981 году, меня пригласили в ЕКА, в ESTEC (European Space Research and Technology Centre, Нордвик, Голландия) для анализа возможности первой миссии к Марсу («Кеплер»). Я узнал тогда трудности организации планетной миссии с несколькими экспериментами на борту и противоречивыми требованиями каждого эксперимента. Немецкие участники предлагали чисто атмосферную миссию, поэтому в список аппаратуры не была включена камера, и не стоит удивляться, что после двух лет обсуждений проект не был принят — нельзя было согласиться на первую европейскую миссию к другой планете без оптической камеры. В результате этих дискуссий мой интерес к атмосфере Марса сильно возрос.

Шёл 1987 год, и люди мечтали присоединиться к готовящимся в СССР миссиям к Марсу. Шли разговоры о двойной миссии в 1992 году, потом — в 1994 году, далее — в 1996 году. Было ясно, что СССР готовит ответ на впечатляющие миссии НАСА «Викинг». В каждой двойной миссии предусматривалось множество экспериментов: пенетраторы, метеостанции, марсоходы и аэростаты. Многие европейские учёные сотрудничали с советскими исследователями в очень сложных экспериментах.

В тот вечер, в ИКИ, мы обсуждали Марс вчетвером: В. Мороз, С. Савин, А. Григорьев и я. Василий после общего обсуждения предложил свою идею о спектрометре высокого разрешения для исследования атмосферы Марса, который стал впоследствии называться планетным фурье-спектрометром (ПФС). Я чувствовал себя начинающим студентом перед лицом Мастера, но, узнавая постепенно о марсианской атмосфере, которую он знал досконально, я стал думать об исследованиях Марса и о том,

¹ ИНТЕРБОЛ — международный многоспутниковый проект по изучению солнечно-земных связей.

² JPL — Jet Propulsion Laboratory (лаборатория ракетного движения).

какие итальянские группы обладают достаточным опытом и могут помочь в конструировании и изготовлении этого прибора. В последующие два года было множество встреч, в которых определялись основные черты эксперимента.

В моём институте ИФСИ (IFSI — Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario), однако, обстановка не была благоприятной. Мне приходилось преодолевать противодействие многих и, особенно, директора. Из-за нашего намерения сотрудничать с СССР все бюрократы относились к нам с предубеждением и враждебностью. У меня уже был опыт с прибором ОПЕРА в проекте ИНТЕРБОЛ. Получить для него экспортную лицензию было нелегко, а ПФС должен был стать гораздо более важным, сложным и технологически продвинутым. Вскоре мне пришлось отказаться от прибора ОПЕРА: по решению итальянского космического агентства я мог рассчитывать на финансирование только одного эксперимента, так что прибором ОПЕРА стал заниматься мой коллега Е. Амата.

В течение двух лет (с 1988 по 1989 год) была определена международная кооперация по эксперименту ПФС, которая включала Польшу, Германию, Францию, Испанию и позднее США (профессор С. Атрейя). В те же годы мы выбрали итальянские группы, способные участвовать в создании этого прибора: за механику отвечала группа профессора Ф. Ангрилли из Падуанского университета, за оптику — Серджионти из университета в Лече с участием Хельмута Хирша из Берлинского института планетных исследований. Сотрудники ИФСИ и ИАС в Риме отвечали за эксперимент в целом (см. с. 132). Вначале прибор мыслился как стандартный интерферометр Майкельсона, и мы думали о перемещении зеркала строго параллельно самому себе и специальном способе поддерживать эту параллельность. В двух документах ИФСИ от марта и ноября 1990 года описан прибор, который сильно отличался во многих главных чертах от того, который был изготовлен впоследствии. В нём оставалось плоское зеркало, перемещаемое посредством пьезокристалла и удерживаемое двумя «пружинами», как показано на рисунке (см. с. 181). В 1990 году был создан и испытан прототип согласно этой схеме, который совершенно не удовлетворил нас, и позже мы заменили его схемой двойного маятника с уголковыми отражателями. Сравнение этих двух версий показывает безусловное преимущество системы с двойным маятником — она надёжнее и проще. В ИФСИ был создан прототип нового прибора. Один его оптический элемент (светоделитель) был гигроскопичным и требовал специальной защиты, поэтому для него был создан герметичный контейнер. Он автоматически опустошался в вакууме, заполнялся азотом и запирался при восстановлении окружающего давления. Это было важно, так как во влажной атмосфере влага могла осесть на светоделителе длинноволнового канала и влиять на качество оптики.

Наши коллеги из Германии и России прошли через настоящий шторм — они были свидетелями падения Берлинской стены и развала Советского Союза с последующим экономическим кризисом. Мы многое узнали при общении с нашими русскими коллегами в конце 1980-х и начале 1990-х годов. Я никогда не говорил с Василием о политике, гораздо интереснее были люди, а для каждого из нас самым интересным был Марс.

Кризис в постсоветской России помешал созданию двойных миссий к Марсу в 1992, 1994 и даже 1996 годах, оставалась надежда только на одиночный КА в 1996 году. Василий и его группа играли в эксперименте очень важную роль, они отвечали за связь с заводом-изготовителем, моя группа никогда напрямую с заводом не работала. Мы оба играли роль научных соруководителей проекта (CoPIs). Кроме того, группа Василия отвечала за сканирующую систему: устройство с двумя степенями свободы, которое позволяло производить измерения в любом направлении, — а также блок управления сканером (см. рисунок на с. 182). Масса прибора ПФС для КА «Марс-96» составляла 42 кг. Узким местом проекта было ограничение в скорости передачи информации — она была слишком мала для такого большого объёма данных эксперимента, по этой причине мы планировали применять быстрое преобразование Фурье (БПФ) для получения из измеренной интерферограммы спектра на борту, что помогло бы сократить объём передаваемой информации: спектр содержит в 2 раза меньше точек, чем интерферограмма, кроме того, можно передавать отдельные участки спектра. Возможность применения БПФ сохранилась и в проекте МАРС-ЭКСПРЕСС (см. рисунок на с. 183).

Василий Мороз, благодаря большому опыту, играл решающую роль, когда пришло время подготовки программ для анализа научных данных эксперимента ПФС. Мы же в то время опыта не имели совсем. Однако эксперимент был нами подготовлен в срок, и в 1995 году прибор был поставлен для установки на борт КА. Научные задачи формулировались обеими группами и были опубликованы в двух отчётах ИФСИ, 1990 год. Мы намеревались не только повторить (и даже превзойти) эксперимент IRIS (InfraRed Interferometer Spektrometer) на КА «Маринер-9», но и добавили канал в ближнем ИК-диапазоне $1,2 \dots 5 \text{ мкм}$ ($2000 \dots 8000 \text{ см}^{-1}$) с разрешением $1 \dots 2 \text{ см}^{-1}$.

Планетный фурье-спектрометр имел целью изучение поверхности и атмосферы Марса. Исследования атмосферы предполагали получение 3-D-полей температуры и давления по профилю полосы CO_2 ($\lambda = 15 \text{ мкм}$), глобальное картирование полей термического ветра, изучение содержания и пространственных и временных вариаций H_2O и CO , фазовой функции, распределения по размерам аэрозолей и их химического состава. Исследования поверхности включали изучение термодинамических свойств грунта, минералогического состава поверхности, осадков на поверхности и альтиметрию. Это была амбициозная программа, прибор был изготовлен вовремя, и мы были готовы к обработке и интерпретации результатов. К сожалению, миссия потерпела неудачу, КА не суждено было покинуть Землю, чтобы отправиться к Марсу. Я испытал безмерное разочарование (думаю, что отчаяние Василия было ещё сильнее): тяжёлая работа, которая не привела ни к какому результату.

Многие научные институты, вложившие в изготовление приборов для экспериментов значительные усилия и технологии, оказывали сильное давление на ЕКА, чтобы восстановить то, что было потеряно. На встрече Международной рабочей группы по исследованию Марса во Флориде в декабре 1996 года (были только официальные представители национальных космических агентств), где я также присутствовал, было рекомендовано ЕКА

организовать в короткие сроки восстановление миссии для трёх наиболее важных экспериментов, потерянных на КА «Марс-96»:

- стереокамера высокого разрешения HRSC (Г. Нойкум, Германия);
- эксперимент ОМЕГА (визуальный и инфракрасный картирующий спектрометр) (Ж.-П. Бибринг, Париж);
- эксперимент ПФС (планетный фурье-спектрометр) (В. Формизано, Рим).

В 1998 году ЕКА было принято решение о миссии к Марсу, был утверждён список научной аппаратуры. Новый проект был назван МАРС-ЭКСПРЕСС, на создание приборов отводилось всего четыре года (в случае МАРС-96 — восемь лет), поставка аппаратуры предполагалась в 2002 году, запуск КА в 2003 году (срок был очень необычным для ЕКА: между поставкой аппаратуры и запуском космического аппарата в ЕКА обычно проходило гораздо больше времени, поэтому миссию и назвали МАРС-ЭКСПРЕСС). Задача своевременной поставки приборов лежала скорее на наших плечах, чем на плечах группы Василия, но наш десятилетний опыт создания приборов обеспечивал нам уверенность в своих силах. Прибор ПФС на КА «Марс-96» и ПФС на КА «Марс-Экспресс» отличались: нам нужно было уменьшить массу прибора (до 10 кг) и представить документацию (всего 150 документов). Когда я думаю о ПФС на КА «Марс-96», всё время спрашиваю себя: неужели Василий сам писал всю эту гору документов или в России документация была проще?

Легче было добиться уменьшения массы: система ориентации была сильно упрощена (одна степень свободы вместо двух) и превратилась в простое вращающееся зеркало, которое изготовили в Польше.

Учитывая «бюрократический подход», я решил не дожидаться, когда прибор ПФС на КА «Марс-Экспресс» достигнет Марса, а заняться изучением данных, полученных в эксперименте IRIS на КА «Маринер-9», чтобы набраться опыта для работы с ПФС. К нашему удивлению, мы обнаружили, что при обработке данных IRIS не учитывался инструментальный эффект, так что мы обнаружили его, учли и получили новый результат. Когда профессор Хенел, руководитель эксперимента IRIS, приехал в Европу, мы пригласили его сделать доклад в Падуе и обсудили с ним роль инструментального эффекта, состоявшего в появлении ghost'a, в результате отражения от входного окна. Это спектр с удвоенным волновым числом и интенсивностью 2...3 %, который накладывается на наблюдаемый спектр, так что полоса 15 мкм (700 см^{-1}) в ghost-спектре соответствует 1400 см^{-1} . Мы опубликовали шесть статей, посвящённых исправлению спектров IRIS.

Однако в ИФСИ проблемы с ПФС не окончились. Из-за ситуации в России я предпочитал приглашать наших русских коллег в ИФСИ для совместной работы. Обстановка в ИФСИ была более благоприятна, чем в ИКИ, к тому же жизнь в Италии была для них легче с экономической точки зрения. Однако я всё ещё храню письмо председателю Учёного совета ИФСИ, в котором он напоминает мне, что я не должен этого делать, особенно когда приглашённые сотрудники являются не научными, а техническими

специалистами (специалистами по электронике или по обработке данных). Я никогда не говорил об этом письме Василию, но он прекрасно понимал положение дел (что было видно по его отдельным словам).

Запуск КА «Марс-Экспресс» состоялся 2 июня 2003 года. Мы убедились, что ПФС в околоземном пространстве работает нормально и регистрирует излучение внутренних калибровочных ламп и внешнюю среду. И Василий, и я были счастливы узнать, что всё идёт благополучно. Когда КА достиг Марса, я провёл всю рождественскую ночь в Дармштадтском центре управления, чтобы получить прямую информацию о состоянии прибора. Однако лучшие мои минуты были 10 января 2004 года, когда КА «Марс-Экспресс» был уже на околomarсианской орбите, и ПФС был включён и произвёл первые измерения. Да, у нас были проблемы с микровибрациями на борту, которые были вызваны системами КА. Позже нам удалось уменьшить их влияние на спектры.

Мы были счастливы, когда Василий отождествил полосы воды на длине волны $\lambda = 1,4$ мкм, он радостно сообщил, что полоса эта ему хорошо известна. Мы испытали также большой подъём, когда смогли быстро отождествить льды H_2O и CO_2 на южной полярной шапке. Позже, в марте 2004 года, Василий приехал в Рим, и мы начали анализировать данные и готовить статью, чтобы продемонстрировать научному сообществу результаты ПФС. Мне он показался здоровым и полным жизни. Я говорю это сегодня, оглядываясь в прошлое, но кто же мог тогда предвидеть его близкую смерть 23 июня 2004 года? Я не знаю, чувствовал ли он неладное в марте, и не знаю, от чего он умер. Мы очень грустим о нём, потому что данные, которые мы получали (уже больше 10 лет), он стремился получить для всех нас и не только для своего института. Много лет русские коллеги приезжали в Рим для анализа данных ПФС, полученных нами за эти годы, но их вождя и руководителя, профессора Мороза, не было с нами, и всем нам очень его не хватает.

К февралю 2014 года ПФС проработал в окрестности Марса больше 10 лет. Было получено около двух миллионов спектров, опубликовано больше 70 статей. Я надеюсь, что ПФС будет работать ещё долго — столько, сколько будет работать КА «Марс-Экспресс». Эти данные могут обеспечить множество исследований на долгие годы, но, к несчастью, Василия уже не будет с нами.

PFS AND VASSILY MOROZ

V. Formisano, professor IFSI, Italy

It was the 30th anniversary of the Sputnik, and I was in Moscow, thanks to my involvement in the experiment OPERA for the Interball mission, when I asked Sergei Savine to arrange a meeting with Professor Vassily Moroz, which he did.

I had a dream: to go to Mars to study the planet.

Two events had deeply signed my soul. In 1973 I was in USA at the University of California Los Angeles, to organize with C.Kennel a conference in Frascati, when we went to Jet Propulsion Laboratory. In the visit, while passing from one Lab to another, I saw a "ball" one meter in diameter, on which people were gluing pictures from Mariner 9: It was Mars in small scale, but were the first images of the planet that were obtained, so that was how the real planet was looking like. I was very much impressed and the image of Mars was deeply memorised in my mind.

Years later, in 1981, I was working in ESA at ESTEC (Noordwijk, Holland) when I was appointed to run a feasibility study for a possible first mission to Mars. The study was named "Kepler" and I was the study scientist of the mission. I learned there what really means to organise a planetary mission, with several experiments on board, and many opposite requirements from them. The German proposer of the mission wanted a pure atmospheric mission, therefore no camera was in the payload, and obviously, after two years of study the mission was not approved because you cannot have the first European mission to another planet without an imaging camera.

Although the mission was not approved, the feasibility study had one important result: my interest for the atmosphere of Mars had increased very much, I had to go to Mars and study it. These were my drives when I asked S. Savine to introduce me to the head of the Planetology Group in IKI (Moscow). It was 1987, and people were dreaming about the several mission to Mars that USSR was planning. They were speaking of a double mission in 1992, another double in 1994 and another in 1996. Clearly was going to be the Soviet reaction to the impressive Vicking NASA missions. On each double mission the number of experiments were very large, with Penetrators, Meteo Stations, rovers, even Balloons were dreamed about. Furthermore many Europeans were collaborating with USSR scientists to produce very advanced experiments. So that afternoon we seated in IKI 4 of us discussing of Mars: Moroz V., myself, Savine S. and A. Grigoriev.

Vassily, after some general comments exposed his idea of a rather high spectral resolution spectrometer to study Mars atmosphere, which later was going to be called Planetary Fourier Spectrometer. I felt like a small student in front of the Master, but, while learning about the Martian atmosphere that he had already studied in many different ways, I started thinking at the Italian groups with good experience that could help in designing and producing the experiment. The following two years were spent in a number of meetings and in defining the basics of the experiment.

Back in my Institute, however, things were not easy: I had to deal with opposition of several people, specially the director of IFSI, and as we were to collaborate with USSR obviously all the bureaucratic administration of the State was suspicious and hostile. I had already had the experience of OPERA for Interball: to obtain the export license for the experiment had not been easy, and PFS was going to be much more important and complex and technologically advanced. Soon I was forced to give up to the OPERA experiment, which passed to my colleague E.Amata, in order to be able to make a proposal to ASI the Italian Space Agency, for PFS funding, it was told to me explicitly that I could not be the PI of two experiments.

The two years 1988 and 1989 were very important, in Italy for the definition of the groups participating to the team (Prof. F. Angrilli from University of Padova with his group, for the mechanics of the experiment, Prof. S. Fonti from Lecce's University, who together with H. Hirsh from Berlin was going to define and take care of the optical elements, and many people from IFSI and from IAS in Rome), for the definition of the experiment itself, which for a while was thought to be a real Michelson, so that we started producing ideas for moving a mirror really parallel to itself by holding it in a special

way (see figure 1). But our colleagues in Germany and in Russia were going through a major storm with the fall of the “Berlin wall” and the collapse of the Soviet Union, with the consequential economical crisis.

It was a real life experience to interact with our Russian colleagues in the years 1988–1993. I saw the “oppression” before and the “freedom” after. It was corruption at any level before, with the dominance of the black market, and it was fight for any small thing both before and later on. I had the opportunity to visit some of them (including Vassily) at their home, and I was really impressed by the disaggregating results of communism starting just out of the home door. I never discussed politics with Vassily, the human being was more interesting, and all of us were particularly interested at Mars.



Figure 1. Scheme of the aluminium membrane to hold the moving mirror for a Michelson concept PFS (1990). Not implemented later.

In the years 1988 and 1989 the international PFS team was defined, including Poland, Germany, France, Spain and later S. Atreya from USA. At the same time the expertise of various groups were defined and the real definition of the experiment started. Two IFSI documents in March and in November 1990, however, describe an experiment rather different in many basic aspects from what was later implemented. The moving mirror is still a plane mirror pushed by a piezoceramic actuator and held by two “springs” like the one shown in figure 1. All this will be later changed completely into a rotating double pendulum, but in 1990 a prototype was constructed and tested according to this scheme. Clearly the prototype did not convince us, as later we changed it to a double pendulum structure with corner cubes as reflecting mirrors. Looking today at the design of the old mechanism to move a plane mirror, the double pendulum structure results in much simpler device. But already in 1990 many basic elements, like the driving laser diodes, the detectors (Russian) and the electronics were not only well defined, but already built as prototype and tested. Another crucial element was well identified and tested: a gas tight box. One optical element (the beam splitter for the Long Wavelength Channel) was hygroscopic, therefore should be somehow protected. We defined a gas tight box containing the interferometers for the two channels which automatically was emptied under vacuum, and automatically was filled with nitrogen and closed when returning at ambient pressure. All this was essential because atmospheric moisture would have condensed on the LWC beam splitter and destroyed its optical properties.

The crisis in USSR following 1989 soon clarified that there could not be a 1992, 1994 and 1996 double spacecraft mission to Mars, but that only one spacecraft in 1994, later moved to 1996 was possible. The role of Vassily for PFS was essential because he and his group took care of the interface with the organization producing the spacecraft and assembling it with the experiments. I never had to interact directly with them, and actually we played both of us the P.I role. But Vassily Moroz and his people also were in charge of the pointing device: a two degrees of freedom (see figure 2) device which could point in any direction, plus the controlling box for it. PFS for Mars 96 mission had more than 42 Kg allocated. The bottleneck of the mission was the data rate, certainly too low for the many experiments on board, for this reason we included a Fast Fourier Transform in the electronics. The possibility has been kept in the ESA Mars Express experiment, but it has never been used (see figure 3).

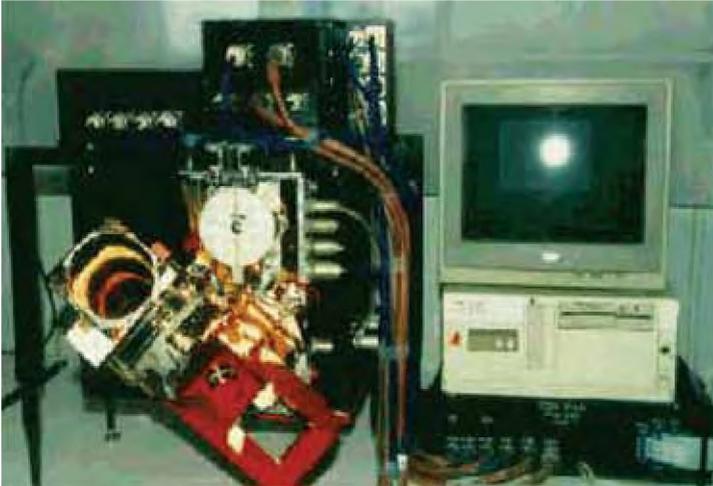


Figure 2. Functionality test of PFS for Mars 96 in Frascati, 1994. The scanner had two degrees of freedom (two rotation axis). Cables and connectors were Russian provided. The boxes were: Module O, Power supply, Digital electronics, Pointing device, Controller of Pointing device. Visible are also: GSE interface (black) and controlling computer.

Vassily Moroz played a crucial role when the time came for the preparation of the scientific software for data analysis. He had experience, we had none. But everything was ready in time, and in 1995 we delivered the experiment to be integrated on the spacecraft. The scientific objectives were defined by both of us, and are well described already in the two notes of IFSI 1990. Not only we aimed to repeat (and possibly to overcome) the experience of IRIS on Mariner 9, but we also added a channel covering 1.2 to 5 microns with a resolution extremely high for space activity: $1 \dots 2 \text{ cm}^{-1}$, and it is well known that the closer you go to 1 micron, the more difficult is to maintain the parallelism of the moving mirror necessary to take a meaningful measurement.

The Planetary Fourier Spectrometer was designed to make specialized studies of the surface and atmosphere. Atmospheric studies included monitoring of the 3D temperature and pressure fields by using the 15 microns CO_2 band profile, global mapping of winds were to be computed from the temperature fields, variations of water and carbon monoxide in space and time, phase function, size distribution, and chemical composition of aerosols. Surface studies included temperature and thermo physical properties of soils, mineralogical composition of the surface, surface condensates, and

altimetry. It was an ambitious objectives program, but we were in time with the hardware and with the software.

Unfortunately was useless: the mission failed and the spacecraft never left the Earth to go to Mars. Enormous was my frustration (and I thought also the Vassily one) for the hard work done and for the zero result obtained.



Figure 3. PFS for Mars Express integrated on the spacecraft: visible are Module P (Power Supply), Module E (digital electronics), Module S (the rotating mirror), Module O (Interferometer with proximity electronics) is inside the spacecraft structure.

The reaction in Europe was big. Many Scientific Institutes had done big technological efforts to build the experiments, and the pressure on ESA in order to recover what had been lost became great. It was at one particular meeting that the solution became clear and it was adopted. It was the International Mars Exploration Working Group meeting held in Florida in December 1996 and I was also present at the meeting where only National Space Agencies were officially participating: it was recommended that ESA organize in short time a recovery mission around the 3 most important experiments lost with Mars 96: 1) the High Resolution Stereo Camera (from G. Neukum, Germany), 2) the OMEGA experiment (visible and Infrared mapping spectrometer by J.P. Bibring, Paris) and 3) the Planetary Fourier Spectrometer (PFS, V. Formisano, Rome). ESA did it, and in 1998 the mission was presented and the payload was selected. The mission was Mars Express and PFS was part of the payload. For Mars 96 we had 8 years to develop and build the experiment, but for the ESA mission to Mars we had only 4 years. Delivery of the experiment was due in 2002, launching in June 2003. That was very unusual for ESA, the time to implement and launch a mission usually was much longer, that is why it was called Mars Express. Obviously the task of delivering in time the experiment was now much more on my shoulders and much less on Vassily's ones. But we have had 10 years of experience on preparing the experiment, so we went sure of ourselves.

There were two major differences between PFS for Mars 96 and PFS for Mars Express: we had to reduce the weight by as much as possible (minimum 10 kg), and documentation. For each model to be delivered to ESA, a number of documents were required,

and the models were: Structural Model, Engineering Model, Qualification Model, Flight Model, Spare Model.

Structural Model: 5 documents.
Engineering Model 7 documents
Qualification Model: 46 documents
Flight Model: 46 documents
Spare model: 46 documents

In total 150 documents: almost a full time job for several years! The documents were supposed to testify the performance of the experiment, all the tests done (vibration, thermo vacuum, functionality, EMC etc.) and the calibration tests. This was going to be my main task for implementing PFS. When I thought of PFS for Mars 96, I always asked myself: Had Vassily wrote so much documentation, or the documentation in Russia was absent? The mass decrease was more easily achieved: the pointing device was simplified very much (from 2 to 1 degree of freedom) and became simply a rotating mirror produced in Poland.

To react to the “bureaucratic approach” I decided that we could not wait for PFS to reach Mars, so we were able to obtain IRIS Mariner 9 data and started to study them, also to get experience with the problems we could later find with PFS. Surprisingly we discovered that an instrumental effect had been neglected and we could correct for it and generate new data. As prof. Hanel, the PI of the experiment, came to Europe, we invited him to give a talk in Padova, and we discussed with him the relevance of the instrumental effect, which was a spurious reflection from the entrance window contaminating the spectrum with double spectral resolution. The data generated (corrected) produced 6 new publications and avoided us to repeat the same error.

The problems for PFS in IFSI, however, were not over. Because of the situation in Russia, I preferred to invite our Russian colleagues to come to IFSI to help us to produce the new experiment, the atmosphere in IFSI was better and more productive than in IKI. Also life was better for them from economical point of view, but I still keep the letter of the president of the Scientific Council of IFSI in which he was reminding me that I should not do that specially when the invited persons were not scientists, but “technicians” (hardware or software expert for me). I never mentioned these aspects to Vassily, but he understood quite well certain things (as he expressed occasionally in some comments).

The launch of Mars express went well on June 2, 2003. We verified that PFS in space (near Earth) was indeed working well, looking at internal calibration lamps, and at deep space. Both Vassily and I were very happy that all was going well. The night of Christmas 2003, when Mars Express reached Mars, I spent the all night watching the Darmstadt Control Center to have a direct information on how things were going. The best moments, however, I had on January 10, 2004, when with Mars Express now in orbit around Mars, PFS was switched on and took the first measurements. Yes we had some problems with the micro vibrations present on board and caused by the reaction wheels of the spacecraft. Later we reduced substantially their effects on the spectra by using the redundancies present in the experiment. But our satisfaction increased when Vassily could look at the water lines at 1.4 microns and told us that he could identify the lines that he new very well. We were also much exited because we could very quickly identify water and carbon dioxide ices at the south polar cap.

Later in March Vassily came to Rome, and we started studying the data in order to prepare a paper to impress the scientific community with the beautiful PFS results. To me he looked excited, alive and normal. I say this today looking backward, but certainly nobody could imagine that in June he was going to die. I do not know if he had any

problem in March, as I do not know why he died on 23 June 2004. Certainly we missed him a lot because the data we collected (now for ten long years) he was looking forward to receive and to study in his Institute. For several years still Russian colleagues came to Rome to do research with PFS data, but the major drive, Prof. Vassily Moroz, was not present, and we all missed him a lot.

Today, February 2014, PFS has been operating around the Planet Mars for more than 10 years. Almost 2 million spectra (both channels LWC and SWC) have been collected, the mission is still going on and more than 70 scientific publications have been obtained, among which the discovery of methane in the atmosphere of Mars. On my opinion PFS can go on for several more years working nicely observing the Planet Mars, certainly until the mission will be on. The data, with the enormous spectral coverage and advanced spectral resolution, are certainly a set of information that, with the size of almost 2 000 000 spectra (IRIS had only 22 000 spectra) is going to be essential for many study to come for many years, but unfortunately Vassily Moroz will not join us in this experience.

ИЗ ИСТОРИИ МИССИИ ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС

Л. В. Засова, доктор физико-математических наук, ИКИ РАН

Мало кто знает, что миссия ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС своим рождением обязана Витторио Формизано. В 1998 году началась работа над изготовлением планетного фурье-спектрометра для миссии ЕКА МАРС-ЭКСПРЕСС. Параллельно Витторио решил работать также над алгоритмами обработки и интерпретации будущих данных ПФС. Для этого он пригласил российских учёных, сотрудников лаборатории Василия Ивановича Мороза¹, для совместной работы с итальянскими коллегами в качестве профессор-визитеров. Это было очень тяжёлое время для русской науки, да и для всей России. Многие институты Российской Академии наук были не в состоянии платить зарплату своим сотрудникам, а некоторые вообще закрывались, так как не имели денег заплатить за электричество.

Мой первый визит в ИФСИ начался осенью 1998 года для работы с Витторио и другими коллегами для разработки алгоритмов для анализа будущих данных ПФС МАРС-ЭКСПРЕСС. Этот инструмент, так же как и ПФС МАРС-96, должен был иметь два спектральных канала: длинноволновый, LWC (5...45 мкм), регистрирующий тепловое излучение планеты, и коротковолновый, SWC (1,2...5 мкм), измеряющий отражённое солнечное излучение.

Следует упомянуть, что в 80-х годах прошлого века появилось новое направление в дистанционном изучении Венеры — наблюдение ночной стороны в ближней ИК-области спектра в окнах между полосами поглощения CO₂. Несмотря на то, что при высоком давлении в атмосфере Венеры эта область спектра плотно перекрыта полосами поглощения CO₂, между полосами существуют окна прозрачности при 1,0; 1,1; 1,18; 1,27; 1,74; 2,35 мкм. В области короче 2,35 мкм облака Венеры являются практически чисто рассеивающими, таким образом, тепловое излучение горячей нижней атмосферы и поверхности, многократно рассеянное в облаках, выходит наружу. Поэтому спектр ночной стороны Венеры представляет собой набор пиков, соответствующих спектральным интервалам окон прозрачности.

Я рассказала Витторио, каким мощным инструментом был бы ПФС для изучения Венеры, мы бы изучали Венеру от 0 до 100 км, при этом мезосферу (55...100 км) и верхний облачный слой — на дневной и ночной стороне, а на ночной стороне мы смогли бы также заглянуть под облака: на тропосферу и средний и нижний облачные слои и даже поверхность (около 1 км). Витторио, будучи человеком увлекающимся, загорелся

¹ Василий Иванович благодарил Витторио за поддержку учёных его лаборатории. Начиная с 1998 года в ИФСИ в различные периоды времени в качестве профессор-визитёров работали Людмила Засова, Николай Игнатъев, Игорь Хатунцев, Алексей Экономов, Борис Мошкин, Богдан Майоров, Виктор Гнедых. В то безнадёжное время это помогло сохранить нашу лабораторию, никто из сотрудников не покинул ИКИ.

идеей изучения Венеры, особенно наблюдениями под облачным слоем с оптической толщиной 30 и глубиной 20 км.

Действительно, в то время никакой планируемой миссии к Венере не было видно даже на горизонте. Всеобщее увлечение Марсом даже мысль о полёте к Венере делало странной. Тем не менее, я была свидетелем, как Витторио начал увлечённо агитировать по телефону Марчелло Коррадини (в то время директора Планетного Департамента ЕКА), рассказывая, как интересно, как важно и сколько науки дала бы миссия ЕКА к Венере. В то время я работала в ИФСИ по 2 раза в году по 3 месяца каждый. Эти разговоры по телефону с Коррадини я слышала достаточно часто, но когда я спрашивала про результат, Витторио отвечал, что Марчелло очень заинтересован миссией ЕКА к Венере, но пока не видит возможности.

Наконец, ЕКА начало думать о повторении миссии МАРС-ЭКСПРЕСС, которая была очень успешной. В начале 2000 года в ЭСТЕКЕ состоялось совещание по обсуждению предложений новой миссии. И Марчелло Кардини «настоятельно» попросил Витторио представить проект к Венере!!! И Витторио представил «Иштар — миссия к Венере». Так как основная идея была — повторение миссии МАРС-ЭКСПРЕСС, то и относительно экспериментов была та же политика — использование ЗИПов экспериментов МАРС-ЭКСПРЕСС, которые удивительно хорошо удовлетворяли научные задачи для Венеры. Естественно, что научные задачи и комплекс научной аппаратуры «Иштар» практически совпали с принятой позже ВЕНЕРОЙ-ЭКСПРЕСС.

Витторио сделал также доклад на 33-й сессии КОСПАР в Варшаве в 2000 году на подсекции, где Дмитрий Титов был одним из организаторов. Он активно включился в процесс написания предложений к ЕКА по миссии к Венере. Учёные Европы и России участвовали в продвижении проекта. Мы писали письма директору ЕКА о том, как важно изучать Венеру, и как комплекс научной аппаратуры на «Марс-Экспресс» хорошо удовлетворяет научным задачам исследования Венеры. Мы организовывали письма поддержки от авторитетных персон. Поддержка со стороны Василия Ивановича была очень, очень важной.

Миссия ЕКА ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС была принята. Я могу повторить, что почва для этой успешной и очень продуктивной миссии была «вспахана» Витторио Формизано.

НЕСКОЛЬКО ВОСПОМИНАНИЙ О ВАСИЛИИ МОРОЗЕ

Ф. Тейлор, профессор кафедры физики атмосферы, океана и планет Оксфордского университета¹



Дэн Мак-Клиз, В. И. Мороз и Ф. Тейлор во время запуска КА Mars Climate Orbiter. Калифорния, мыс Канаверал, 1998 год

Приведённая фотография связана с запуском КА Mars Climate Orbiter в 1998 году с мыса Канаверал. На снимке — Дэн Мак-Клиз, Фред Тейлор и Василий Мороз. Дэн Мак-Клиз² из JPL был руководителем эксперимента PMIRR (Pressure Modulator Infrared Radiometer — инфракрасный радиометр с модуляцией давлением), который должен быть установлен на космический аппарат (КА) Mars Climate Orbiter. Институт Василия и моя группа в Оксфорде поставляли некоторые элементы для этого радиометра. К сожалению, КА не вышел на орбиту, вступил в марсианскую атмосферу слишком низко и был разрушен. В результате мы не смогли получить никаких данных.

¹ Область интересов — атмосфера Марса и Венеры, радиация и климат. (*Taylor F. W. The Scientific Exploration of Venus. Cambridge University Press, 2014. 362 p. Vardavas I., Taylor F. Radiation and Climate: Atmospheric energy budget from satellite remote sensing. 2nd ed. Oxford University Press, 2011. 512 p. Taylor F. W. Planetary Atmospheres. Oxford University Press, 2010. 280 p. Taylor F. W. The Scientific Exploration of Mars. Cambridge University Press, 2009. 362 p. Coustenis A., Taylor F. W. Titan: Exploring an Earthlike World. 2nd ed. World Scientific, 2008. Series on Atmospheric, Oceanic and Planetary Physics: V. 4. 412 p. Taylor F. W. Elementary Climate Physics. Oxford University Press, 2005. 232 p. Lopez-Puertas M., Taylor F. W., Lopez Puertas M. Non-local thermodynamic equilibrium. World Scientific Publishing Company, 2002.*)

² Дэн Мак-Клиз (Dan McCleave) — сотрудник лаборатории ракетных двигателей JPL (Jet Propulsion Laboratory), PI эксперимента PMIRR на КА Mars Climate Orbiter.

Позднее Василий приезжал ко мне в Оксфорд на несколько дней, и мы обсуждали, главным образом, Венеру. Мы знали друг друга с 1970 года, со времени КА Pioneer-Venus и «Венера». Тогда мы провели множество отличных дискуссий. Вопрос, по которому мы никак не могли найти согласие и который до сих пор ещё не разрешён до конца, касался количества и распределения водяного пара над облаками Венеры.

Моё самое грустное воспоминание о Василии относится к конференции по планетным системам Европейского планетного общества, которая происходила в 1997 году во Франции. Организаторы устроили роскошный банкет в одном из дивных замков Луары. На банкете мы пили шампанское и шумно веселились, предлагая множество тостов за планетную науку и её творцов. Я ненадолго вышел из зала и заблудился в глубинах замка. В конце длинного гулкого коридора я увидел одинокую фигуру. Человек стоял совсем один и смотрел сквозь маленькое окно. Это был Василий. Я спросил, почему он не среди пирующих, разве он не рад этому банкету? «Совсем нет», — ответил он, и было видно, что у него очень тяжело на душе. Однако на следующий день во время сессии он был бодр и энергичен, как всегда, и активно участвовал в научной дискуссии. Я думаю, что этот маленький эпизод много говорит о том, что было самым важным и интересным для Василия.

SOME REMEMBRANCES OF VASILY MOROZ

F. W. Taylor, professor, University of Oxford, UK

The attached picture shows Vasily at the launch of Mars Climate Orbiter in 1998 at Cape Canaveral. His institute in Russia had supplied some of the components for the Pressure Modulator Infrared Radiometer (PMIRR) on this spacecraft, and so had my group in Oxford. IN the picture with Vasily and me is Dan McCleese of JPL, who was the Principal Investigator for PMIRR. Unfortunately the spacecraft crashed on arrival at Mars, instead of going into orbit, so we did not get any data from this collaboration.

Later, Vasily visited me in Oxford for a few days and we discussed mainly Venus, having known each other since the days of Pioneer Venus and Venera in the 1970s. We had many good discussions over the years; one thing we never agreed about was the amount and distribution of water vapour above the clouds on Venus, something that is still not very well settled.

My most enduring memory of Vasily was when we were both attending a conference on 'Planetary Systems' at the 'Rencontres de Blois' in France in 1997. The organisers had laid on a splendid banquet in one of the wonderful chateaux that are found in the Loire Valley. Towards the end of the evening we had drunk a lot of champagne and were very noisy, drinking toasts to planetary science and so on. I had to step out for a natural break and ended up getting lost in the depths of the castle; at the end of one long echoing corridor I found a figure standing all alone, looking out of a small window. It was Vasily. I asked him why he was not at the table, was he not enjoying the banquet? 'Not at all', he said, looking really depressed. The next day at the session he was his usual cheerful self, enjoying the science. I think this small episode represents a lot about what was most important and interesting to Vasily.

РАБОТЫ В. И. МОРОЗА ПО ИЗУЧЕНИЮ ЛЕДЯНОГО СОСТАВА СПУТНИКОВ ВНЕШНИХ ПЛАНЕТ

Д. П. Крукшенк, профессор Эймского центра НАСА¹

Я рад предоставленной мне возможности немного рассказать о моей работе с Василием Ивановичем и высказать свои соображения о его вкладе в изучение планет. Мы все согласны с тем, что он был пионером в физических исследованиях объектов Солнечной системы и что его вклад в изучение планет космическими аппаратами был крайне важен для успеха программы освоения космоса в данной стране. Он также внёс существенный вклад в подготовку межпланетных полётов, осуществляемых совместно с Францией, США и другими странами.

Я бы хотел отметить ранние работы Василия Ивановича с использованием телескопов для астрономических наблюдений планет. Я узнал о его работах по инфракрасной спектроскопии планетарных объектов после самых первых его публикаций в «Астрономическом журнале», в частности, о его наблюдениях спутников Юпитера, а также спектров Юпитера и Сатурна в ближней инфракрасной области. Эти работы вышли из печати, когда я был аспирантом в Аризоне под руководством Дж. П. Койпера, и они приковали моё внимание, поскольку я производил аналогичные наблюдения при помощи инфракрасных детекторов. Мы обменялись по почте несколькими оттисками статей, и он прислал мне свою книгу «Физика планет».

В 1968 году я защитил диссертационную работу и получил возможность находиться в СССР в течение 10 месяцев в рамках программы обмена специалистами между академиями наук США и СССР. Это дало мне возможность заняться исследованиями вместе с Василием Ивановичем в Государственном астрономическом институте имени П. К. Штернберга при МГУ (ГАИШ МГУ). Я прибыл в Москву с женой и двумя маленькими детьми в сентябре 1968 года во время очень напряжённой международной обстановки. Василий Иванович и другие сотрудники в ГАИШ были удивлены тем, что американцу удалось приехать в СССР, особенно в такое трудное время. При первой встрече директор ГАИШ спросил меня: «Почему вы приехали в СССР? Неужели вы не могли найти работу в Америке?» Я пытался убедить его, что глубоко заинтересован в инфракрасных наблюдениях Василия Ивановича и что мне также очень интересны русский язык и культурные традиции. Не знаю, удовлетворился ли он моими объяснениями, но он пошёл мне навстречу и был приветлив по отношению ко мне во время моего пребывания в ГАИШ.

¹ Исследовательский центр Эймса (*англ.* Ames Research Center, ARC) — отделение правительственного агентства НАСА, расположенное на территории аэропорта Мофлет-Филда, недалеко от Маунтин-Вью (Калифорния). Основано 20 декабря 1939 года как вторая лаборатория National Advisory Committee for Aeronautics (NACA) и ставшее частью НАСА в 1958 году. Центр назван в честь профессора физики Джозефа Эймса, сооснователя и председателя (1919–1939) комитета НАСА.

Во всяком случае, мои десять месяцев с Морозом, его помощниками и учениками вылились в пожизненную дружбу, в том числе с некоторыми людьми из его окружения, а также в ряд интересных работ по результатам наблюдений. Кроме того, я могу сказать, что для молодого человека из сельской местности в глубине Соединённых Штатов десять месяцев жизни в Москве и Крыму стали незабываемой школой в самом положительном смысле.

Василий Иванович включил меня в некоторые из его исследований по инфракрасным наблюдениям Марса, Юпитера и спутника Юпитера Ганимеда на Южной станции ГАИШ в Крыму при помощи телескопа Шайна. Мой вклад в эти работы был очень невелик, но я многому научился у Василия Ивановича по физике атмосфер других планет.

В плане личных контактов Василий Иванович несколько раз приглашал всю мою семью к себе домой и мы стали друзьями с Ириной Николаевной (вторая жена В.И.), тоже астрономом, и с его детьми. Мне особенно приятно, что спустя почти 40 лет я имею удовольствие работать по совместным научным проектам вместе с его дочерью Любой, которая была ещё очень маленьким ребёнком, когда мы впервые встретились.

ЛЕДЯНЫЕ ПОКРОВЫ СПУТНИКОВ ВНЕШНИХ ПЛАНЕТ

Мороз был первым советским астрономом, успешно применившим инфракрасное детектирование в спектроскопических целях. В 1965 году он опубликовал первые спектры четырёх главных спутников Юпитера в ближнем инфракрасном диапазоне. Джерард Койпер, будучи пионером инфракрасной астрономии в Соединённых Штатах, также наблюдал эти спутники, но не опубликовал своих спектров. Он доложил свои результаты на конференции Американского Астрономического Общества, по материалам которой в 1954 году были опубликованы лишь краткие тезисы доклада. Таким образом, Мороз оказался первым, кто опубликовал эти спектры. Койпер и Мороз оба пришли к одинаковым выводам из своих данных. В то время как спектры Европы и Ганимеда имели отчётливые характерные полосы воды в состоянии льда, у спутника Ио их точно не было, а спектральные характеристики Каллисто оказались неотчётливыми.

Ранние наблюдения Койпера и Мороза были выполнены в аналоговом режиме при низком спектральном разрешении. Имея лишь аналоговые данные низкой дисперсии, было трудно внести точные поправки на влияние атмосферы Земли и на спектральные характеристики солнечного излучения. Поэтому индивидуальные полосы поглощения льда не могли быть чётко выделены. Однако несовершенство ранних результатов не помешало ни Морозу, ни Койперу прийти к правильным выводам.

Эти первые наблюдения положили начало нашему пониманию важности многих различных типов льдов как существенного компонента планетарных тел (предположение о существенной роли льда в составе комет уже было высказано несколькими годами ранее).

Я был настолько вдохновлён этими первоначальными работами Койпера и Мороза, что обнаружение и изучение льдов планетных тел в Солнечной системе были в числе моих главных научных интересов в течение последующих многих лет.



В. И. Мороз у телескопа (фото Д. П. Крукшенка)

Диапазон ближнего инфракрасного излучения от 1 до 2,5 мкм, впервые исследованный Морозом и Койпером, продолжает оставаться наиболее важной областью спектра для обнаружения и изучения льдов планетных тел в Солнечной системе. Современные инфракрасные спектрометры являются в несколько тысяч раз более чувствительными по сравнению с ранними приборами, и мы теперь можем использовать телескопы до 10 м в диаметре. Эти новые возможности предоставляют нам средства получения инфракрасных спектров высокого качества даже от планетарных тел 15-й звёздной величины, что в один миллион раз слабее свечения спутников Юпитера. Очевидно, что это открывает дверь в мир планетарных тел, многие из которых ещё не были открыты, когда Мороз и Койпер начинали свои работы в 1950-х и 1960-х годах.

Более того, инфракрасные спектрометры устанавливаются теперь на межпланетных космических аппаратах, расширяя таким образом наши возможности по детектированию и изучению распределения льдов на многих объектах. Василий Иванович и его коллеги сыграли ведущую роль в разработке и применении таких спектрометров на космических аппаратах для полётов на Венеру и Марс.

За последние 40 лет мы обнаружили воду в виде льда на многих спутниках Сатурна, на пяти крупных спутниках Юпитера, некоторых спутниках Нептуна, на поверхности ядер комет и на многих телах за пределами орбиты Плутона, включая ряд тел из Пояса Койпера.

Очевидным также стало значение льдов различного химического состава. Например, мы обнаружили замёрзшую двуокись серы (SO_2) на Ио — спутнике Юпитера, который в настоящее время демонстрирует интенсивную вулканическую активность. Некоторая часть из этой SO_2 выбрасывается с Ио и достигает поверхности других спутников Юпитера.

В системе спутников Сатурна и Урана мы обнаружили льды, состоящие из смеси замёрзшей двуокиси углерода (CO_2) и замёрзшей воды. Но в случае спутников Сатурна молекула CO_2 оказалась «связанной» некоторым образом с другими компонентами поверхности, вызывая небольшой сдвиг длины волны поглощения. Загадка этого сложного физико-химического эффекта до сих пор не решена.

Было показано, что поверхность Тритона, самого большого спутника Нептуна, является чрезвычайно интересной — там обнаружено шесть химически различных видов льда. При температуре 38 К поверхность Тритона состоит из сложной смеси замёрзшего азота (N_2), замёрзшего метана (CH_4), замёрзших двуокиси (CO_2) и моноокиси (CO) углерода, а также воды (H_2O) в виде льда. Кроме этого, этан (C_2H_6), который образуется в разреженной атмосфере этого спутника за счёт фотохимии, затем в виде осадков выпадает на поверхность, где он присутствует в виде очень тонкого слоя. Тритон геологически активен. Там имеются гейзеры, выбрасывающие пыль и газ в атмосферу, и наблюдается сложный цикл смен времён года, вызывающий быстрый обмен азота между поверхностью спутника и его атмосферой. Такой интенсивный круговорот приводит к очень изменчивой поверхности в геологическом плане, которая практически не успевает хранить на себе кратеры от ударов метеоритами.

Планета Плутон имеет поверхность, весьма похожую на поверхность Тритона, хотя там не обнаружено двуокиси углерода. Кроме того, на поверхности Харона, крупнейшего спутника Плутона, имеется смесь замёрзшей воды с некой формой аммиака. Автоматическая станция New Horizons («Новые горизонты»), которая должна пролететь вблизи Плутона в июле 2015 года, предоставит нам намного больше детальной информации о природе и распределении льдов на поверхности этой планеты.

За пределами орбиты Плутона все тела, которые в настоящее время продолжают открывать в Поясе Койпера, представляют собой широкое разнообразие по составу поверхности. Некоторые свидетельствуют о наличии

на них обычного льда из воды, в то время как на других имеются льды из замёрзших метана и этана, а некоторые не имеют вообще никаких видов льда.

Мы сейчас понимаем, что льды являются важным индикатором прошлой и настоящей геологической активности планетарных тел, а также состава материалов, из которых они образовались. Это вызывает интерес к продолжению исследований при помощи как наземных и орбитальных телескопов, так и межпланетных станций.

Существует множество интересных, интригующих и захватывающих научных загадок по поводу малых ледяных тел Солнечной системы. Василий Иванович сыграл важную роль в применении инфракрасной спектроскопии к объектам Солнечной системы и особенно к изучению спутников планет.

Мы помним и чтим вклад Василия Ивановича как в науку, так и в обучение новых поколений исследователей планет. И, конечно, мы помним его как коллегу и старшего друга.

ICY PLANETARY SATELLITES AND THE WORK OF V. I. MOROZ

***Dale P. Cruikshank, NASA Ames Research Center,
Moffett Field, California, USA***

I am happy to have this opportunity to make some remarks about my work with Vasili Ivanovich, and to comment on his contributions to one aspect of planetary science. We all agree that he was a pioneer in the physical studies of bodies in the Solar System, and that his contributions to the exploration of the planets by spacecraft were critically important to the success of the programs initiated in this country. He also contributed greatly to planetary missions conducted jointly with France, the US, and other countries.

I want to make a few remarks about Vasili Ivanovich's early work in the area of planetary astronomy conducted with astronomical telescopes. I became aware of his work in infrared spectroscopy of planetary objects from his earliest publications in the *Astronomichiski Zhurnal*, in particular his observations of the satellites of Jupiter and spectra of Jupiter and Saturn in the near infrared. This work was published while I was a student in Arizona, and it caught my attention because I was working with G. P. Kuiper to make similar observations with similar near-infrared detectors. We exchanged a few reprints by mail, and he sent me his book, *Physics of the Planets*.

In 1968, I finished my doctoral degree and had the opportunity to visit the USSR for 10 months under a program of exchange scientists through the U. S. National Academy of Sciences and the Academy of Sciences USSR. This gave me the opportunity to work with Vasili Ivanovich at the Shternberg Astronomical Institute at Moscow State University (GAISH). I arrived in Moscow with my wife and two very small children in September, 1968, at a time when international tensions were very high. Vasili Ivanovich and other scientists at GAISH were rather surprised that an American would come to the USSR, especially at such a difficult time. In my first meeting with the Director of GAISH

I was asked, "Why did you come to the USSR? Couldn't you find a job in America?" I tried to assure him that I was deeply interested in the infrared work of Vasili Ivanovich, and that I also had an interest in Russian language and culture. I don't know if he accepted my explanation, but he was helpful and kind to me during my visit to GAISH.

In any case, my ten months with Moroz, his associates and his students, resulted in several life-long friendships, including some with people in this audience, and also in some interesting observational studies. I can also say that for a young man from the farming country in the center of the US, ten months of life in Moscow and the Crimea was a life-changing experience, in a very positive sense.

Vasili Ivanovich included me in some of his infrared observational work on Mars and Jupiter, and on Jupiter's satellite Ganymede at the Southern Station of GAISH in the Crimea and with the Shajn telescope. I contributed very little to this work, but I learned much about planetary atmospheric physics from Vasili Ivanovich (see photo, p. 192).

On a personal level, Vasili Ivanovich invited my family to his home several times, and we became friends with his astronomer wife Irinia Nikolaevna, and his children. I am especially happy that nearly 40 years later, I have the pleasure to work on scientific projects with his daughter, Lyuba, who was a very small child when we first met.

ICY SATELLITES

Moroz was the first Soviet astronomer to use near-infrared detectors successfully for spectroscopy, and in 1965 he published the first spectra of the four Galilean satellites of Jupiter in the near-infrared. Gerard Kuiper, who was the pioneer in near-infrared astronomy in the US, also observed these satellites, but did not publish the spectra. Instead, he presented the results at a meeting of the American Astronomical Society and in a brief abstract in 1954. Thus, Moroz was the first to publish the spectra. Both Kuiper and Moroz reached the same conclusions about their data. Satellites Europa and Ganymede show spectral characteristics of water ice, while Io does not. The spectrum of Callisto showed no clear spectral characteristics.

The early observations of Kuiper and Moroz were obtained at low spectral resolution and in an analog mode. With analog data of low dispersion, it was difficult to make accurate corrections for the effects of the Earth's atmosphere and for the color of the illuminating sunlight, and the individual water ice absorption bands were not clearly distinguished. However, even with the limitations of these early data, Moroz and Kuiper both reached the correct conclusions.

These first observations were the beginning of our understanding of the importance of ices of many kinds as a major component of planetary bodies, although role of ice in comets had been proposed a few years earlier.

I was inspired by this early work of Kuiper and Moroz, and for many years one of my principal scientific interests has been the discovery and study of ices in the Solar System.

The near-infrared spectral region from 1 to 2.5 micrometers, first studied by Moroz and Kuiper, remains the most important wavelength region for the discovery and study of ices in the Solar System. The infrared spectrometers are now more sensitive than the early instruments by a factor of several thousand, and we can now use telescopes of 10 meters size. These new capabilities give us the possibility to obtain infrared spectra of high quality of planetary bodies 15 stellar magnitudes, or one million times fainter than Jupiter's satellites. Clearly, this opens the door to many planetary bodies, many

of which had not been discovered when Moroz and Kuiper did their work in the 1950s and 1960s.

In addition, near-infrared spectrometers are now used on planetary spacecraft, thus extending our ability to detect and study the distribution of ices on many objects. Vasili Ivanovich and his colleagues played a leading role in the design and use of such spectrometers for spacecraft for missions to Venus and Mars.

Over the last 40 years, we have found water ice on the many of the satellites of Saturn, the five large satellites of Uranus, some of Neptune's satellites, the surfaces of the nuclei of comets, and on small bodies beyond Pluto, including several bodies in the Kuiper Belt.

The importance of ices of different chemical composition has also become clear. For example, we have found sulfur dioxide (SO_2) ice on Io, the satellite of Jupiter showing volcanic activity at the present time. Some of this SO_2 is ejected from Io and it reaches the surfaces of other satellites of Jupiter.

In the Saturn and Uranus satellite systems, we find carbon dioxide (CO_2) in addition to water ice, although in the case of the satellites of Saturn, this molecule appears to be "complexed" in some way with other components of the surface, causing the wavelength to be slightly shifted. The mystery of this complex physical and chemical situation has not yet been solved.

The surface of Triton, Neptune's largest satellite, has proven to be very interesting, with six different ices identified. At temperature 38 K, the surface of Triton consists of a complex mixture of ices of nitrogen (N_2), methane (CH_4), carbon monoxide (CO), carbon dioxide (CO_2), and water. In addition, ethane (C_2H_6) formed by photochemistry in the thin atmosphere of the satellite, precipitates to the surface where it occurs in a very thin layer. Triton is geologically active, with geysers that inject dust and gas into the atmosphere, and it has a complex seasonal cycle causing an exchange of nitrogen between the surface and the atmosphere. This frequent exchange results in a geologically very young surface with nearly no craters of impact origin.

The planet Pluto has a surface very similar to that of Triton, although no carbon dioxide has been detected. The New Horizons mission to Pluto, which will fly past the planet in July, 2015, will give us many more details about the nature and distribution of the ices on the planet's surface. In addition, Pluto's largest satellite, Charon, has a surface with water ice and some form of ammonia.

Beyond Pluto, the bodies that are currently being discovered in the Kuiper Belt exhibit a wide variety of surface compositions. Some of them show water ice, while others have methane and ethane, and others show no ice of any kind. We recognize that ices are an important indicator of the past and present geological activity of planetary bodies, as well as the composition of the materials from which they originated. As such, they invite continued research with telescopes on Earth and in space, and with spacecraft.

There are many interesting, intriguing, and exciting scientific mysteries among the small, icy bodies of the Solar System. Vasili Ivanovich played an important role in the application of infrared spectroscopy to Solar System bodies, and specifically to the study of planetary satellites. We remember and honor the contributions of Vasili Ivanovich to science, and to the teaching of a new generation of planetary scientists. And of course we remember him as a friend.

ДРУЖЕСКИЕ ВОСПОМИНАНИЯ О ВАСИЛИИ ИВАНОВИЧЕ МОРОЗЕ

***Ж. Бламон, профессор Национального центра
космических исследований (Франция)***

В 1966 году группа французских учёных была послана в Москву нашим правительством, желавшим удостовериться, что мы действительно хотим заниматься космическими исследованиями вместе с советскими учёными, Советский Союз казался нам тогда самым экзотическим и противоречивым местом на земле. С одной стороны, страна совершила целую цепь поразительных прорывов — от Первого спутника до удивительных миссий к Луне, Венере и Марсу, которые, хотя не всегда были успешными, но, безусловно, прокладывали путь и постоянно совершенствовались. С другой стороны, покров полной секретности относительно реальных фактов и возмутительное отсутствие коммуникаций в сообществе, занятом исследованиями Солнечной системы и внешней Вселенной, были несовместимы с общими принципами нормальных исследований в науке. Это противоречие было проклятием для всех советских учёных, с которыми мы работали, и, конечно, для Василия Ивановича. Как и всем нам, ему выпал шанс участвовать в величайшей интеллектуальной авантюре столетия. Подумаем о пройденном нами пути: когда был запущен Первый спутник, Василий стоял на крыше института Штернберга с маленькой зрительной трубкой длиной 30 см, чтобы что-то узнать о его траектории. После этих примитивных действий он стал одним из тех немногих, кто, по его словам, «владеют искусством создавать космические приборы». По взгляду издали, это кажется огромным преимуществом. Надо сказать, что жизнь В.И. изобиловала трудностями, огорчениями и разочарованиями. По его собственным словам, «в сталинские времена волны террора захлестнули множество семей, включая моих родителей и многих родственников». Из-за этого в студенческие годы его перевели из престижного физико-технического института, куда он так стремился, на астрономическое отделение университета, а там ему не удалось заняться радиоастрономией. Его долго не выпускали за границу и только в 1967 году, когда ему уже исполнилось 36 лет, ему разрешили поездку в Прагу на Генеральную Ассамблею геофизического союза, где он смог встретиться с зарубежными коллегами. Несмотря на его научные достижения, его лидерство и его репутацию, он не был избран в члены Академии наук, чего, безусловно, заслуживал.

Однако огорчения были связаны не только с политической ситуацией, но и с космосом. До 1967 года В.И. был избавлен от разочарований, приносимых первыми миссиями к Марсу и Венере, потому что предпочитал продолжать исследования путём наземных измерений этих планет и получал замечательные результаты. Позднее он очень страдал из-за неудачных миссий к Марсу в 1969 и 1971 годах и особенно 1973 году. К счастью, программа ВЕНЕРА принесла ему непрерывный поток успехов, начиная от КА «Венера-7» в 1970 году до КА «Венера-15» в 1983 году. Крупные неудачи и очень ограниченные успехи были судьбой нашего поколения первопроходцев.

Я не могу точно вспомнить, когда я встретился с Василием в первый раз: по-видимому, это было в 1967 году, когда я посетил ГАИШ, чтобы побеседовать с его другом Димой Куртом и их шефом И.С. Шкловским. Когда я пытался убедить Шкловского заняться поисками эмиссии Лайман-альфа, обусловленной атомарным водородом, он ответил мне анекдотом: *«Наполеон прибывает в город, но его не приветствуют пушечным залпом. Он вызывает коменданта: „Генерал, почему Вы не приветствовали меня?“ — „Ваше величество, залп был невозможен по четырнадцати причинам. Во-первых, не было пороха...“ — „Остановитесь, генерал. Этого достаточно“.* В атмосфере Марса нет водорода». Как вы знаете, Шкловский ошибался, и Чарли Барт обнаружил атомарный водород в геокороне Марса.

Наше настоящее знакомство с Василием, насколько я помню, произошло в Тбилиси в сентябре 1972 года во время ежегодного советско-французского совещания, когда ему пришлось сказать мне, что, хотя прибор, который я поставил для КА «Венера-7», был в совершенном порядке, он выдал всего четыре бита информации вследствие сбоя телеметрии при посадке корабля. Это было для нас обоих плохим стартом. Однако ситуация быстро улучшилась: на том же совещании М. Маров объявил, что Президиум Академии одобрил идею венерианского аэростата, последовав предложению, которое я сделал президенту Келдышу в ноябре 1967 года. Мы все с энтузиазмом начали работать над реализацией этого проекта. Я написал серьёзную книгу о венерианских аэростатах, но не о них речь. Совместная работа с Василием Морозом в этом беспокойном и рискованном предприятии, которое трансформировалось позднее в миссию ВЕГА, привела к глубокой дружбе между нами. В 1977 году Василий впервые посетил Францию, и я имел удовольствие принимать его в своём доме в Париже. Как-то мы пили вино у камина рядом с прелестной картиной «Осень» кисти Джузеппе Арчимбольдо, придворного художника императора Рудольфа II, и когда Василий спросил меня о моей жизненной философии, я сказал: «Я парижский буржуа» (*"I am bourgeois de Paris"*) со средневековыми взглядами на буржуа, как на того, кто предан гражданским свободам и выступает против власти принцев, и Василий дал мне прекрасный ответ: «А я московский пролетарий» (*"And me, I am a proletaire de Moscou"*). На самом деле мы не были ни буржуа, ни пролетариями, но учёными, имеющими привилегию посвятить свои силы и жизнь самому выдающемуся событию в истории человечества, с использованием средств налогоплательщиков.

Я всегда считал, что русские и французы имеют много общего: их объединяет любовь к литературе, связь которой с наукой вроде бы не очень ясна. Размышляя о том, чем порадовать московских друзей, я понял, что Василий любит новую поэзию и что, хотя книги русских поэтов начала XX века не запрещены, но давно не переиздавались, и поэтому в Советском Союзе их нет. Я не знал, где найти эти редкие книги, пока во время миссии «Пионер-Венера» в 1979 году не познакомился с милой Ольгой Жорж-Пико, внучкой французского дипломата, который в конце первой мировой войны разработал знаменитое соглашение Сайкса-Пико, обеспечившее Великобритании мандат над Палестиной, а Франции — над Ливаном и Сирией. Ольга была замужем за замечательным человеком,

князем Никитой Лобановым-Ростовским, чей предок плавал с Петром Великим на Переяславском озере. Никита сказал мне, что в издательском доме в Мюнхене продаются книги Анны Ахматовой и Осипа Мандельштама. Я без труда получил их и обрадовал Василия и других московских друзей. Я также смог угодить его жене Ирине, которая собирала книги Агаты Кристи и дала мне список недостающих у неё экземпляров. Это уже было лёгкой задачей.

Василий был гуманист в стиле XIX века. Он отвергал мои представления о том, что техника выше человека. Мы спорили о будущем множество раз, и я помню, как он поспорил со мной в столовой ИКИ, утверждая, что машина никак не сможет победить человека в шахматном чемпионате. Через несколько лет стало ясно, что он проиграл, когда компьютер IBM Blue победил Каспарова.



На снимке (слева направо) — разные исследователи Венеры: Слава Линкин (ИКИ), Дэйв Крипс (JPL), Ал Сейф (Ames Research Center, NASA, ARC), Василий Мороз (ИКИ), Борис Раджент (ARC) и Мари-Лиза Шанин (Service d'Aeronomie, SA, Париж)

Середина 1980-х годов была счастливейшим временем для Василия — временем успеха КА «Венера-15» и «Вега», в которые он внёс немалый вклад. Я хочу привести снимок, который мне недавно дала Мари-Лиза Шанин (Marie-Lisa Chanin). Он был сделан в моём загородном доме в 1986 году во время Генеральной Ассамблеи КОСПАР, которая проходила в Тулузе после завершения проекта ВЕГА.

Это долгое запоздалое совещание между американскими, советскими и французскими учёными выглядит теперь как обычная дружеская встреча, но всего за четыре года до того, как был сделан этот снимок, я пригласил в свой дом представителей ИКИ и NASA для подписания протокола

об организации сети VLBI (Европейская РСДБ-сеть, *англ.* European VLBI Network, EVN) для наблюдения за венерианскими аэростатами. (Василия не было при этом). Все они отказались его подписать, и я был единственный, кто это сделал. Однако огромная работа, выполненная Рояльдом Сагдеевым для того, чтобы сделать миссию ВЕГА интернациональной, позволила всем и, в частности, сотрудникам ИКИ, присоединиться к программе планетных исследований NASA.

К сожалению, после фатальной ошибки Академии, решившей отказаться от Венеры в пользу Марса, советская планетная программа покатила под гору сначала с КА «Фобос», а потом с КА «Марс-96».

Василий очень тяжело переживал эту катастрофу, которая означала конец предыдущей блестящей серии миссий. Французская ежедневная газета Liberation опубликовала в 1997 году интервью с ним, назвав его «сломленным человеком»: *«Целый месяц я не мог прийти в себя, месяц назад я не мог бы говорить с Вами»*. Я совершенно не согласен с газетой. Василий был достаточно сильным человеком и не мог позволить сломить себя. Он доблестно сражался за возможность участвовать в марсианском климатологическом спутнике NASA и на следующих марсианских посадочных аппаратах JPL, но все они потерпели неудачу, и NASA сделало недружественный жест, разорвав контракты с ИКИ. Предупреждённый Василием, я сумел убедить CNES помочь ему, преодолев разнообразные бюрократические препоны, воздвигаемые с обеих сторон.

Конец 1990-х был для нас плохим временем. Я сам участвовал в качестве основного исследователя в семи последовательных миссиях к Марсу, которые кончились неудачно. Василий стоял в этой буре как скала. Я уже говорил, что восхищаюсь его энергией и отвагой в преодолении многих препятствий. Это восхищение, разделяемое всеми его друзьями, сотрудниками и знакомыми, постоянно росло в последние годы, когда его здравый смысл и понимание ситуации в России явились для всех нас прекрасным примером.

Мне очень жаль, что наше сочувствие не в силах создать новые возможности для наших русских коллег, и я хотел бы просить всех учёных, занимающихся исследованием планет, в ответ на помощь, которую наши советские коллеги предоставляли международному сообществу, вернуть долг и помочь им участвовать в исследованиях Вселенной. Мы горды, что совместный эксперимент ОМЕГА на борту КА «Марс-Экспресс», прямого наследника КА «Марс-96», принёс Василию радость работать в его последние дни с самыми лучшими данными, полученными за все годы космических экспериментов.

FRIENDLY REMEMBRANCES OF VASSILI IVANOVICH MOROZ

J. Blamont, Centre National d'Études Spatiales (CNES)

When in 1966 we, French scientists sent to Moscow by our government, maybe to look as if we were really trying to work together in space research, the Soviet Union appeared to us as the most exotic, the most contradictory place in the world. On one hand, the country had performed a chain of admirable breakthroughs, from Spoutnik I to daring missions to the Moon, Venus and Mars, not always successful but obviously clearing the path and progressing all the time. On the other hand, a veil of total secrecy on the real facts, and an outrageous lack of communication between the community engaged in the exploration of the solar system and the outside universe, were incompatible with the overall principles of sound research in science and technology. This contradiction was the curse imposed to all the soviet scientists we worked with, and specially to Vassili Ivanovich. He was, as we were all of us, given the chance to participate and contribute, at a top level, to the greatest intellectual adventure of the century. Think of the road we travelled on: when Spoutnik I was launched, Vassili stood on the roof of the Sternberg Institute with a miserable telescope of 30 cm focal length, in order to gather some data on the trajectory. From these primitive premises he became one of the few men in history to, as he says "invent the art of developing space instruments". Seen from a distant point of view, what a privilege! But in reality, a life of frustration. in his own words "The waves of terror struck many families, including my parents and most of my relatives during Stalin's time".

He encountered himself, because of his family, hardship during his University years. He had to wait to the summer of 1967 (being 36 years old) to be authorized to travel abroad, for the IAU general Assembly in Prag, and meet foreign colleagues. Notwithstanding his scientific achievements, his leadership and his reputation, he was never accepted in the Academy of Sciences where he obviously y belonged. But frustration did not come only from the political circumstances, the failures of the difficult space ventures he was involved in hit him very hard. Spared of the disappointments caused by the first missions to Mars and Venus up to

1967 because he had preferred to continue his excellent ground based observations of these planets, he suffered of the poor performances of the Mars missions in 1969 and 1971, and specially of the 1973 disaster. Fortunately the Venera program provided him with a continuous stream of successes from Venera 7 in 1970 to 15 in 1983.

Major failures and limited successes, this has been the fate of our generation of pioneers. I do not remember if I met Vassili the first time I visited the Sternberg Institute, in 1967, to encounter his boss, Iosif Samuilovich Shklovsky, and his friend Dyma Kurt, but it must not have happened since Vassili did not speak English at this period of his existence. I do not have a nice recollection of that meeting. When I tried to convince Shlovsky to observe the possible Lyman alpha emission of atomic hydrogen in the atmosphere of Mars, he answered me by the following anecdote: "*Napoleon arrives in a city, and he is not saluted by canon fire. He summons the governor: General, why did you not salute me? Your Majesty, I have fourteen reasons; the first is the lack of ammunition. Stop, General, this is enough. There is no hydrogen in the atmosphere of Mars*". Shklovsky was wrong as you know and Charlie Barth discovered the Mars geocorona.

My first encounter with Vassili *must* have happened in Tbilissi, during our yearly Soviet-French meeting in September 1972, when he had to tell me that an instrument I had provided for Venera 7, even if it had been in perfect order, had produced only four bits of data, because of panicky management of the telemetry signal during entry. It looked like a bad start between the two of us. However things improved rapidly: at this

meeting, our friend Micha Marov announced to us that the Academy Committees had approved the idea of a Venus aerostat, following a proposal I had made to President Keldych in November 1967, and we all started to work with enthusiasm towards the realisation of the project. I have written a disenchanting book on the Venus balloons, and it is not the subject of my talk tonight. The subject is Vassily Moroz. The work in common on this bumpy venture which transformed itself in the Yega missions led to a deep friendship between us. It gave Vassili his first opportunity to visit France in 1977, and I had the pleasure to invite him many times to my house in Paris later on. Once we were sharing drinks before the fire place in front of a beautiful painting I possessed at that time, the *Autumn* by Arcimboldo, official artist to Emperor Rudolph the Second, and as Vassily was asking a few questions about my philosophy in life, I said "I am a *bourgeois de Paris*" with the medieval acception of bourgeois as somebody attached to the civic liberties against the power of the Prince, and Vassili gave the amusing answer "And me, I am a *proletaire de Moscou*". As a matter of fact, we were neither *bourgeois* nor *proletaire*, but scientists, both privileged in our own way since authorized to devote our forces and our lives to the *most* extraordinary happening in the history of mankind, with the help of the tax payer.

I always maintained that there is a strange link between the Russians and the French, their *common* love of literature, whose relationship with science is rather ambiguous. Always wondering how to please my friends in Moscow, I discovered that Vassili was an amateur of modern poetry, but that the works of the Russian poets of the 20th century, though not forbidden, were not republished and therefore not available in the Soviet Union. I did not know where to find these rare books up to the Pioneer Venus NASA mission in 1979. Having to spend two months at Ames Research Center, during my spare time in San Francisco I met a nice woman called Olga Georges-Picot, the granddaughter of the ambassador who, at the end of the first World War, had negotiated the famous Sykes-Picot agreement which gave mandate over Palestine to the United Kingdom and over Lebanon and Syria to France. She had married a delightful gentleman, Prince Nikita Lobanov-Rostovsky, whose ancestor had navigated with the tsar Peter the Great on the lake of Periaslav. Nikita told me that a publishing house in Munich was selling reprints of Alma Akhmatova and Ossip Mandelstam, which I obtained easily and gave to a surprised Vassili and to other friends in Moscow. I was also able to please his dear wife Irina who collects the works of Agatha Christie and gave me a list of the missing titles in her property. That was an easy task.

Vassili was a humanist of the 19th century style; he rejected my views of technology taking over mankind. We argued many times about the future and I remember a lunch at IKI's cafeteria where he maintained against me that no machine could ever win the chess world championship; he was proven wrong a few years later when IBM Blue beat Kasparov.

The middle 1980 years were the happiest of Vassili's career, with the success of Venera 15 and of Vega, in which his contribution was essential. Let me show you a picture which was given to me recently by Marie-Lise Chanin. It was shot in my country home during the COSPAR General Assembly of 1986, which took place in Toulouse after the Halley encounter (see photo, p. 199).

You can recognize some of the explorers of Venus, from left to right Slava Linkin (IKI), Dave Crisp (JPL), Al Seif (ARC), Vassili, Boris Ragent (ARC) and Marie-Lise Chanin (SA). This long overdue encounter between American, Soviet and French scientists, looks today as a normal friendly gathering, but only four years before that picture was taken, when I invited in my home representatives of IKI and NASA (Vassili was not present but some of them are on that picture), in order to write a protocol on the organisation of the VLBI network devoted to the observation of the Venus balloons, all refused to sign and I was the only one to use a pen. But the great work performed by Roal Sagdeev to

internationalize the mission provided the possibility for all, and particularly the IKI scientists, to enter into the NASA program of planetary exploration.

Unfortunately after the major mistake of the Academy to abandon Venus for Mars, the soviet planetary program went downhill, first with Phobos, then with Mars 96. Vassili took very hard this last failure, which marked for a long time the end of the once glorious soviet series of missions. An interview of him published in the French daily newspaper, Liberation in 1997 presents him as "a broken man". *"For one month, he says, I could not go back to the surface: last month I could not have talked to you"*. I would beg to disagree. Vassili was strong enough not to let himself be broken. He struggled valiantly to take part in NASA's Mars Climatology Observer and the following Mars JPL landers. But they all failed, and NASA had the inelegant gesture of cancelling Vassili's contracts. Alerted by him, I was then able to convince CNES to help him, notwithstanding the roadblocks created by bureaucrats on both sides.

The end of the 1990's was a bad time for us old timers. I was myself involved as a PI in seven successive Mars missions which failed. Vassili stood in the tempest like a rock. My admiration for his energy, his courage among the traverses I have mentioned, this admiration shared by all his friends, coworkers and acquaintances, has grown constantly in the last years, when his realism and his understanding of the evolution of the Russian scene provided precious advice to all. I am sorry that our feelings did not suffice to generate new opportunities for our Russian colleagues, and I would request all scientists engaged in planetary exploration to return the services provided to the international community by our soviet friends, led by the Sagdaev and the Moroz, and help them to return to the noble task of exploring the universe, with a generosity responding to their attitude during the 1960 to 1980 years. We are proud that the joint experiment OMEGA, placed on board Mars Express, a direct son of Mars 96, gave Vassili the joy of working in his last days with the best data he had access to in all his life.

О РОЛИ ЛИЧНОСТИ В ИСТОРИИ

**И. Г. Митрофанов, доктор физико-математических наук,
ИКИ РАН**

Таланты являются всюду и всегда, где и когда существуют общественные условия, благоприятные для их развития
Г. В. Плеханов

ЗАВЕРШЕНИЕ СОВЕТСКОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ЭПОПЕИ

Поздно ночью 16 ноября 1996 года состоялся старт аппарата «Марс-96» на ракетоносителе «Протон», который мы все, участники этого проекта, наблюдали с балкона Центра управления полётами в Королёве. На огромном экране было видно, как светящаяся точка, отображающая космический аппарат, начала медленно подниматься вдоль намеченной трассы околоземной орбиты, чтобы в скором времени перейти на траекторию полёта к Марсу. Внизу в зале за дисплеями сидели участники группы управления, каждый из которых внимательно следил за своей системой космического комплекса. Нас предупредили, что вход туда нам категорически запрещён. Точка двигалась, всё шло штатно, и голос комментатора торжественно объявлял прохождение команд. Помню, что последней объявленной командой было штатное раскрытие механизма выноса моего прибора ПГС, после чего космический аппарат покинул пределы радиовидимости наземных станций слежения. На балкон вынесли фужеры с шампанским, и в пресс-центре началась пресс-конференция. Академическое начальство сообщило, что Россия вышла на передовые позиции в исследованиях дальнего космоса, запустив к Марсу самый тяжёлый и наиболее совершенный космический аппарат. Василий Иванович Мороз также сидел за столом пресс-конференции, но не проронил ни слова.

Когда общение академиков с прессой закончилось, всё как-то вдруг стало неорганизованно и сумбурно. Сотрудники ЦУП явно перестали нами интересоваться, а все начальники куда-то пропали. Прошло около полутора часа, вполне достаточных для того, чтобы аппарат вышел из радиотени, но нас никто никуда не звал. Сильное впечатление на меня произвело то, что все двери в коридоре внезапно закрылись. Мы поднялись по лестнице обратно на свой балкон и увидели внизу практически пустой зал. Всего несколько сотрудников ЦУП оставались за дисплеями, и в кресле рядом с одним из них я увидел ссутулившегося Мороза. Я спустился вниз, и, проигнорировав запреты, вошёл в зал. Подойдя к Василию Ивановичу, я присел на корточки и спросил:

— Что происходит?

— Они наблюдают блок Д на околоземной орбите, — ответил Мороз. — Разгонный блок Д должен был разогнать аппарат до второй космической скорости и перевести его на орбиту перелёта к Марсу, после чего

отстыковаться и продолжить свой путь в межпланетное пространство. Раз блок Д остался на околоземной орбите, то и наш замечательный аппарат также никуда от Земли не улетел и скоро сгорит в атмосфере.

— Это конец? — спросил я.

— Да, это конец, — мрачно ответил Мороз.

Так я стал свидетелем завершения грандиозной космической эпопеи Советского Союза — ведь разработка аппарата «Марс-96» началась ещё до распада СССР. Как стало известно из воспоминаний сотрудника С. П. Королёва В. Е. Бугрова, ещё в 1960-е годы одной из своих важнейших задач Сергей Павлович считал разработку космического корабля для пилотируемой экспедиции на Марс. Всего через три года после запуска Первого искусственного спутника Земли, 10 октября 1960 года, Королёвым была предпринята первая попытка отправить космический аппарат на Марс. В то время советские люди ощущали себя дерзновенными покорителями космоса, освоение «далёких планет» представлялось им главной целью космических свершений. При этом их современники в других странах также мечтали о космических путешествиях. Я думаю, что бурное развитие космонавтики в 1960-е годы прошлого века нельзя объяснить целиком «космической гонкой» двух сверхдержав — не менее важной причиной этого технологического прорыва было присутствие в сознании людей «космоса как предчувствия» (эмоционально точная формулировка в названии фильма Алексея Учителя). Откуда пришло это предчувствие? И почему оно ушло?

ЕСТЬ ЛИ ЖИЗНЬ НА МАРСЕ?

Повышенный интерес людей к Марсу возник в конце XIX века, когда во всём мире стал очень популярным вопрос о жизни на «красной планете». Вероятно, это связано с тем, что в 1877 году на основе данных астрономических наблюдений с использованием большого оптического телескопа итальянский астроном Джованни Вирджинио Скиапарелли высказал предположение о том, что поверхность Марса пересекают искусственные каналы. Американский астроном-любитель Персиваль Лоуэлл довёл дело до подлинной сенсации. Он сравнил изображения Марса, полученные в два последовательных периода его противостояния 1909 и 1911 годов, и обнаружил, что очертания каналов на Марсе заметно изменились. Лоуэлл объяснил это изменение активным строительством, причём исходя из объёма выполненных работ он пришёл к выводу, что марсианская цивилизация по уровню технического развития существенно превосходит американскую (в это время шло строительство Панамского канала). Ведущая газета США «The New York Times» в воскресном выпуске 27 августа 1911 года опубликовала большую статью об этом сенсационном открытии Лоуэлла под заголовком «Марсиане построили два огромных канала в течение двух лет». Очевидно, что после таких публикаций вопрос о жизни на Марсе вызвал огромный общественный интерес. Его, безусловно, также поддерживало чтение романа Герберта Уэллса «Война миров».

Я думаю, что возникший в то время интерес к Марсу, безусловно, должен был сказаться на мировоззрении современной молодёжи. Придуманная А.Н. Толстым для повести «Аэлита» история от том, как по объявлению о наборе в марсианскую экспедицию к инженеру Лосю приходит красноармеец Гусев, очень переключается с реальной историей создания С.П. Королёвым, М.К. Тихонравовым и Ф.А. Цандером своих первых ракет в подвале дома на Садово-Спасской. Мне кажется очень вероятным, что стремление С.П. Королёва осуществить полёт на Марс зародилось в юности, когда миф о марсианах был частью общественного сознания. Похожие марсианские мотивы также определяли юношеские устремления будущих создателей ракет и в Германии, и в США. В мемуарной литературе описан случай ареста Вернера фон Брауна сотрудниками гестапо за то, что вместо разработки новой военной ракеты он отвлекался на работы по созданию марсианского проекта. Этот факт подтверждается тем, что, оказавшись в США, фон Браун уже в 1946 году приступил к разработке своего марсианского проекта Das Marsproject.

КОСМИЧЕСКАЯ РЕВОЛЮЦИЯ В АСТРОНОМИИ

Оптические телескопы на поверхности под толстой атмосферой Земли позволяют изучать планеты и звёзды только в относительно узком спектральном окне, и о том, как выглядит космос за его пределами, было неизвестно до середины прошлого века. Как писал Иосиф Самуилович Шкловский, революция XX века в астрономии произошла не только потому, что в годы войны были созданы новые детекторы электромагнитного излучения, но и вследствие того, что в 1957 году человечество вышло в космическое пространство. Возникшие за сравнительно короткое время новые области внеатмосферной астрономии открыли для наблюдений совершенно новый облик окружающей Вселенной — с доселе неизвестными пульсарами, квазарами, рентгеновскими и гамма-источниками. Исторический контекст открытий 1960-х годов прошлого века состоял в том, что к этому времени революция в физике уже завершилась, физики успешно создали атомную бомбу и с энтузиазмом подключились к выяснению природы вновь открытых астрономических объектов. В астрономии наступило революционное время «конкистадоров» — так его охарактеризовал Иосиф Самуилович, который сам был одним из выдающихся создателей новой астрономической картины мира. Я думаю, что бурная обстановка того времени в значительной степени объясняет те известные размолвки, которые, к сожалению, имели место между революционерами-первопроходцами.

В отличие от Шкловского, его ученик Василий Иванович Мороз был предельно осторожным человеком, совсем не склонным к участию в революционных перипетиях. Я с интересом узнал из воспоминаний Василия Ивановича, что в студенческие годы он отказался от участия в пионерских работах по созданию радиоастрономических телескопов, которыми руководил Иосиф Самуилович. Мороз объяснил свой отказ возможными затруднениями по режимной линии, но, мне кажется, что дело было не только в этом — вероятно, по складу своего характера Василий Иванович был более склонен к занятиям наблюдательной астрономией

в классическом смысле этого слова. Он выбрал для себя путь «землепашца» — добытчика новых знаний на основе традиционных астрономических наблюдений. Но для этих наблюдений был выбран новый инфракрасный (ИК) диапазон, который оказался доступным благодаря появлению новых детекторов инфракрасного излучения.

До 1972 года основные статьи Василия Ивановича были посвящены наземным наблюдениям астрономических объектов в ИК-диапазоне. Список исследованных им объектов был очень широк — звёзды, Крабовидная туманность, центр нашей Галактики, однако уже тогда планеты стали представлять основной интерес для Мороза. Загадка жизни на Марсе также, безусловно, интересовала Василия Ивановича. В одной из своих статей в 1964 году он опубликовал первые результаты наблюдений поверхности Марса в инфракрасном диапазоне — полученные данные свидетельствовали о том, что в состав грунта на поверхности Марса входит вода. В то время уже было ясно, что искусственных каналов на Марсе нет. Но факт наличия на поверхности «красной планеты» воды сохранял актуальность вопроса о «жизни на Марсе», хотя бы в её самых примитивных формах.

РЕВОЛЮЦИОННАЯ ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТЬ

Полёты в космос не приблизили нас к звёздам и галактикам — они всего лишь позволили увидеть по-новому эти объекты практически во всех спектральных диапазонах. Но в случае Луны и планет Солнечной системы дело обстояло иначе — у человечества появилась возможность направить к ним исследовательские космические аппараты. После того как первые космические аппараты долетели до Луны, Марса, Венеры и других планет, оказалось, что они представляют собой совершенно другие миры по сравнению с тем, какими они представлялись прежде. На месте классической планетной астрономии появилась новая наука — физика планет. В Институте космических исследований АН СССР был создан новый отдел физики планет, и директор Роальд Зиннурович Сагдеев предложил Василию Ивановичу его возглавить. Сложившаяся у Мороза репутация астронома-планетчика не допускала возможности отказать — так, по воле «революционной целесообразности», Василий Иванович оказался на самом передовом рубеже космической революции в астрономии.

Уже в 1972 году В. И. Мороз опубликовал первые работы о наблюдениях Марса с борта первой долетевшей до Марса советской автоматической станции «Марс-3». Были измерены значения температуры на поверхности, выполнены измерения содержания паров воды в атмосфере и впервые с близкого расстояния наблюдалась глобальная пылевая буря на «красной планете». В 1975 году по данным наблюдений с борта аппаратов «Марс-5» и «Марс-6» была исследована атмосфера планеты и было обнаружено присутствие в ней аргона (хотя оценка его концентрации примерно в 10 раз превышала современное значение, такие наблюдения, безусловно, имели большое значение для понимания природных процессов на Марсе). За Марсом последовала Венера. В 1975 году две

советские АМС — «Венера-9 и -10» — совершили успешные посадки на раскалённую поверхность этой планеты. С участием Мороза были впервые получены панорамные изображения поверхности Венеры и измерены параметры венерианской атмосферы вдоль траектории спуска. А в 1979 году Василий Иванович впервые взглянул на Солнце с поверхности другой планеты — с борта АМС «Венера-11 и -12» им был измерен спектр солнечного света, пробивающегося сквозь облака на поверхность Венеры.

ВЕНЕРА-ГАЛЛЕЙ В УСЛОВИЯХ СОВЕТСКОЙ КОМАНДНО-АДМИНИСТРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ

В революционный период космической эры исследования планет автоматическими аппаратами имели политическую мотивацию. Космическая гонка СССР и США не закончилась высадкой в 1969 году американских космонавтов на Луне — полёты автоматических космических станций к Марсу и Венере рассматривались советским руководством как демонстрация преимуществ социалистического строя. В политической мотивации межпланетных проектов, несомненно, присутствовал большой элемент удачи для зарождающейся физики планет — денег на космос не жалели. Однако плюсы политической мотивации космических исследований в значительной степени компенсировались минусами от политического администрирования науки.

Когда летом 2013 года многие учёные выступали против реформы Академии, «посягнувшей на свободу научных исследований», они почему-то не вспоминали о том, какой жёсткой была система управления наукой в советский период. Руководство научными исследованиями было основано на командно-административном распределении тематики между научными коллективами и целыми институтами. Я помню один из первых разговоров с Василем Ивановичем, в котором он объяснил мне, тогдашнему новобранцу ИКИ, как организованы исследования планет. Я предлагал эксперимент по спектроскопии гамма-лучей для космического проекта ФОБОС (об этом ниже), и Мороз разъяснил, что между ИКИ и ГЕОХИ им. В.И. Вернадского существует разделение ответственности в планетных исследованиях — ИКИ отвечает за изучение планетных атмосфер, а Институт Вернадского занимается изучением поверхностей планет. Изучением гамма-излучения планет занимается профессор Ю.А. Сурков из этого института, и я должен договориться с ним о своём возможном участии в таких исследованиях. Другим примером научного администрирования был перевод всей лунной тематики из ИКИ в Институт Вернадского — вероятно, в связи с полным отсутствием у Луны атмосферы.

Однако советская командно-административная система хорошо работала при выполнении трёх важных условий: при наличии политической поддержки, высокого профессионального уровня исполнителей и совпадения интересов всех основных участников. Эти условия удачным образом сложились при подготовке космического проекта ВЕНЕРА-ГАЛЛЕЙ — этого высочайшего достижения советской программы планетных исследований. В 1984–1986 годах две автоматические станции — «Вега-1» и «Вега-2» — успешно решили все три основные поставленные перед

проектом задачи — выполнили изучение атмосферы Венеры, провели исследования её поверхности и осуществили впечатляющие исследовательские пролёты через газопылевое облако вокруг ядра кометы Галлея. Проектом руководил директор ИКИ академик Рояльд Зиннурович Сагдеев, который организовал объединение усилий сотрудников Института по реализации проекта, тесное взаимодействие с создателями космических аппаратов в НПО им. С. А. Лавочкина и эффективные контакты с высшим руководством космической отрасли. Со своей стороны Василий Иванович обеспечил подготовку и проведение уникальных космических экспериментов, многие из которых по-прежнему определяют мировой уровень космической науки. Я думаю, что именно сплав организаторской эффективности Сагдеева и научной обстоятельности Мороза обеспечили выдающийся успех этого проекта.

ПАРЛЕ ВУ ФРАНСЕ?

Важной особенностью проекта ВЕНЕРА-ГАЛЛЕЙ была широкая международная кооперация. В начале 1980-х годов, в самый разгар «холодной войны», нашими основными партнёрами в научном космосе оказались французы. Они участвовали практически во всех проектах института, активно обсуждали планы будущих совместных миссий. «Я волнуюсь, услышав французскую речь...» Во время регулярных советско-французских совещаний институт наполнялся шармом французской речи и ароматом парижских бульваров — достаточно сказать, что в здании лабораторно-испытательного стенда с участием французских коллег был оборудован кофейный бар — вполне в стиле тулузских кофеен.

Но, конечно, самым значительным результатом этого сотрудничества было большое количество совместных научных статей, опубликованных в престижных иностранных журналах: Nature, Astronomy and Astrophysics, Icarus и др. Это сотрудничество, безусловно, способствовало продвижению наших космических достижений на международную научную арену. В 1980-е годы институт превратился в мировой центр космической науки, а институтские учёные приобрели международную репутацию. Причём интересно, что наших французских коллег совершенно не волновали проблемы преследования инакомыслящих в Советском Союзе.

ЧЕЛНОЧНАЯ ДИПЛОМАТИЯ

На волне впечатляющего успеха ВЕНЕРЫ-ГАЛЛЕЙ в 1984 году началась разработка космического аппарата «Фобос» нового поколения для будущего марсианского проекта. Этот проект должен был распространить достигнутый успех на Марс, совершить прорыв в исследованиях «красной планеты» и её спутника — Фобоса, открыть перспективу дальнейших исследований со стратегической задачей доставки на Землю марсианского грунта. В то время я был на 100 % астрофизиком, и при поддержке Иосифа Самуиловича добивался включения в состав проекта «Фобос» астрофизического прибора ВГС (всплесковый гамма-спектрометр) для регистрации на межпланетных расстояниях космических гамма-всплесков — такие

измерения позволяли по времени запаздывания сигнала от всплеска на нескольких космических аппаратах определить расположение его источника на небесной сфере. Именно тогда Мороз сообщил мне о негласном разделении между институтами планетной тематики, обещал поддержку, но за решением отправил к Роальду Зиннуровичу.

В то время добраться до Сагдеева было очень сложно. Ситуация усугублялась тем, что в состав научной аппаратуры проекта уже был включён французский прибор «Лилас», в эксперименте с которым участвовал Р.А. Сюняев — руководитель недавно созданного в ИКИ по инициативе Якова Борисовича Зельдовича отдела астрофизики высоких энергий. Сюняев очень жёстко контролировал свою тематическую территорию и не допускал проведения экспериментов по гамма-астрономии за пределами своего отдела. В итоге сложных переговоров, включавших продолжительный очный раунд Шкловского с Зельдовичем, Сагдеевым было найдено «соломоново решение» — прибор ВГС должен работать как на астрофизическую, так и на планетную тематику, используя сигнал с большого детектора ГС-14 Ю.А. Суркова, предназначенного для спектроскопии гамма-излучения Марса. Прибор ВГС будет записывать спектры гамма-излучения с этого детектора с высоким временным разрешением. Это обеспечит возможность регистрации гамма-излучения от Марса с высоким пространственным разрешением по сравнению с измерениями ГС-14.

Но при этом получалось, что ИКИ покушается на изучение поверхности планеты — тематику Института Вернадского. Поэтому изначально Ю.А. Сурков был категорически против. Однако к решению проблемы удалось подключить французов — они в то время играли заметную роль в формировании наших космических приоритетов. Французские коллеги оказались весьма заинтересованы в исследовании гамма-всплесков с использованием большого детектора Суркова. Они предложили изготовить прибор ВГС за свои деньги, и, что было особенно важно, были готовы проводить совместные работы по стыковкам ГС-14 и ВГС в Тулузе во Франции — а это было вполне интересно для Юрия Александровича и его сотрудников. Таким образом, методами уговоров, переговоров и челночной дипломатии Иосифу Самуиловичу удалось «втиснуть» гамма-спектрометр ВГС в состав проекта ФОБОС между двух тематических епархий Сюняева и Суркова.

...НЕ ДОЛЕТЕЛИ

Увлечённый работой над своим первым космическим проектом, я также с энтузиазмом относился к горбачёвской перестройке. После включения ВГС в состав аппаратуры проекта ФОБОС я стал достаточно тесно взаимодействовать с Василием Ивановичем. Было заметно, что он скептически относится к переменам и совсем не разделяет моего оптимизма в оценках их перспектив.

Хотя ФОБОС создавался спустя всего несколько лет после ВЕГИ, но в стране уже наступила другая эпоха. Распадающаяся командно-административная система по инерции обеспечивала реализацию космических

проектов, но в новой перестроечной реальности «яблони на Марсе» как-то становились никому не нужными. Также было заметно, что тандем Мороза и Сагдеева практически перестал функционировать — наш директор на волне перестройки стал активно участвовать в общественно-политической жизни страны и на международной арене.

После запуска аппаратов «Фобос-1» и «Фобос-2» в июле 1988 года их преследовали неудачи. На трассе перелёта Земля — Марс был потерян «Фобос-1» — вследствие недостаточной помехозащищённости бортовой системы управления его погубила грубая ошибка в адресе переданной с Земли команды. При этом я оказался без вины виноватым в этой аварии, так как переданная с ошибкой команда предназначалась для переключения режима именно моего прибора. Вообще говоря, без неё можно было обойтись. Помню, что Василий Иванович меня совсем не ругал — после моих объяснений он печальным голосом попросил, чтобы мы впредь максимально сократили свои запросы по управлению оставшимся аппаратом и «дали ему хоть как-то долететь до Фобоса». Я всё ещё находился под впечатлением «высшего пилотажа» ВЕГИ, и поэтому возражал Морозу в том духе, что космические аппараты отправляются к Марсу ради науки, а не для того чтобы публиковать сообщения ТАСС. Но Василий Иванович определённо знал о проекте гораздо больше меня, и, вероятно, поэтому не стал мне отвечать.

Второй аппарат проекта «Фобос-2» 29 января 1989 года благополучно добрался до Марса, выполнил четыре орбитальных сеанса исследований «красной планеты», но был потерян 27 марта, за несколько дней до выполнения своей основной задачи — осуществления «бреющего» пролёта над поверхностью спутника Марса с десантированием малых исследовательских станций на его поверхность. На этот раз никто не посылал на борт никаких команд — аппарат просто не вышел на связь после очередного сеанса измерений. Просто — не долетели...

ВМЕСТЕ К МАРСУ!

Многие помнят реформаторский лозунг 1990-х годов — «рынок всё раставит по своим местам!» Несовместимость рынка с освоением космоса стала очевидной спустя 25 лет. А тогда, в начале «лихих 90-х», мы начали работать над новым марсианским проектом. Вначале он назывался МАРС-94 (год запуска 1994) и потом превратился в МАРС-96 (год запуска 1996). Мороз стал научным руководителем этого проекта, и, глядя из сегодняшнего далёка, это его решение без преувеличения можно назвать выдающимся поступком. Мороз был учёным с мировым именем, в 1990 году ему ещё не было 60 лет. После десятилетия тесного научного сотрудничества с западными учёными в исследованиях планет его бы с радостью приняли не только в такой знакомой Франции, но и в ведущих научных центрах США. Сколько маститых советских учёных разменяли в то время свою международную известность на позицию профессора в западном университете? Мороз не просто остался в ИКИ вместе со своим отделом, но в тех сложнейших условиях взвалил на себя персональную ответственность за новый космический проект.

Я могу предположить, что в решении Василия Ивановича значительную роль сыграла перспектива сотрудничества с американцами. Дело в том, что в то время не только мы, но и многие американские коллеги предполагали, что разрушение «железного занавеса» открывает перед нашими двумя странами многообещающие перспективы сотрудничества. В 1993 году было принято решение о совместных полётах российских космонавтов и американских астронавтов на доставшуюся в наследство от СССР орбитальную станцию «Мир», начались российско-американские переговоры о создании совместной космической станции. 21 августа 1993 года НАСА потеряло свой марсианский космический аппарат «Марс Обсервер», который потерпел аварию за несколько дней до полёта к Марсу. Эта неудача, очень похожая на случившуюся четырьмя годами ранее потерю аппарата «Фобос-2», вероятно, способствовала тому, что в 1994 году космические агентства США и России приступили к реализации марсианского проекта «Вместе к Марсу!» На первом этапе этого проекта в 1998 году планировалось отправить на Марс российский и американский орбитальные аппараты на базе аппаратов «Марс-96» и «Марс Глобал Сервейор», российский марсоход, американский мини-ровер, а также французский аэростат. Мороз активно участвовал в координации этой программы с российской стороны, и это, безусловно, должно было придавать силы для решения нескончаемого потока проблем при разработке проекта МАРС-96 — ведь успех открывал впечатляющие перспективы освоения Марса уже в ближайшем десятилетии.

ГАММА-ЛУЧИ И НЕЙТРОНЫ

Несмотря на общую неудачу проекта ФОБОС, наш скромный прибор ВГС достаточно успешно отработал на втором аппарате — совместно с Ю.И. Сурковым и французскими коллегами мы впервые измерили спектр гамма-излучения от Марса и получили оценки содержания основных породообразующих элементов в веществе планеты. Поэтому Василий Иванович полностью поддержал моё предложение о разработке для проекта МАРС-96 большого охлаждаемого полупроводникового гамма-спектрометра ПГС на основе высокочистого германия для детального орбитального картографирования элементного состава Марса с борта аппарата «Марс-96». Этот прибор мы разрабатывали совместно с американскими учёными из Лос-Аламосской Национальной лаборатории. Вероятно, в 1990 году мы стали одними из первых российских учёных-физиков, посетивших эту кузницу американского атомного оружия.

В 1995 году Мороз проводил в ИКИ российско-американское совещание по проекту «Вместе к Марсу!» и пригласил меня подумать о новом научном эксперименте, который можно было бы провести в будущем совместно с американцами в рамках этой программы. Основой моего предложения была разработка более чувствительного прибора на базе разработок ПГС, который я также предложил дополнить детектором для регистрации нейтронов. Дело в том, что измерения потока нейтронов от поверхности Марса позволяют определить содержание воды в его грунте, а поиск воды на Марсе всегда рассматривался как одно из приоритетных направлений исследований этой планеты. Нейтронный спектрометр

Ю. А. Суркова был установлен на борту аппарата «Фобос-1», но этот аппарат до Марса не долетел. Мороз попросил меня оформить наши предложения в виде отдельной записки, которая была передана американцам во время моего выступления.

PRINCIPAL INVESTIGATOR

В годы становления нашего сотрудничества с НАСА мы впервые узнали американский термин «PI» — он означает Principal Investigator, или по-русски — Главный Исследователь. Можно сказать, что в американской программе космических исследований роль PI является ключевой. В рамках своего проекта PI обладает всей полнотой власти — научной, технической, финансовой, кадровой и организационной. Этой власти соответствует и полная мера ответственности за принятые решения и за конечный результат. Можно сказать, что в НАСА командно-административная система является основным механизмом реализации проводимых проектов, и корпус PI, безусловно, играет в этой системе ключевую роль.



В. И. Мороз около прибора PMIRR для космического аппарата Mars Climate Orbiter

Когда в 1990-е годы разрушалась прежняя командно-административная система управления советской космической отраслью, никто не озаботился тем, чтобы заменить её другой системой управления, направленной на достижение поставленных целей. В соответствии с регламентом НАСА, Мороз был PI проекта МАРС-96, и он также был российским PI создаваемого совместно с американцами прибора PMIRR для проекта НАСА Mars Climate Orbiter. Ни один эмигрировавший в США учёный не мог бы

рассчитывать на такое высокое положение в американской космической программе. Возможно, в том числе и поэтому Василий Иванович не захотел уезжать из России?

Сейчас много говорят и пишут о том, что наше сотрудничество с американцами в 90-е годы прошлого века было «игрой в одни ворота», когда наши партнёры перенимали наши достижения, ничего не передавая взамен. В нашем случае это было не так. Я помню, как где-то в 1994 или 1995 году в Лос-Аламосе мы первый раз стыковали американские детекторы с российской электроникой прибора ПГС, и откуда-то возникали шумы. После долгих манипуляций оказалось, что шумы пропадают, если все блоки разместить на полу и обернуть кабели фольгой. Наступила ночь, кто-то привёз пиццу и разложил её на столе, а два PI, российский и американский, ползали на коленях по полу вместе со своими сотрудниками и выясняли, откуда в прибор проникает шум. Зашёл охранник, с сомнением посмотрел на «этих умников» и неспешно удалился. Я не думаю, что в тот момент кто-то от кого-то что-нибудь перенимал. Примерно в это же время Мороз и его сотрудники работали над стыковками блоков ИК-спектрометра PMIRR для американского аппарата Mars Climate Orbiter в Лаборатории реактивного движения НАСА в Пасадене — там также совместные команды русских и американцев создавали новый прибор, прокладывая совместную дорогу к «красной планете»: недаром название совместного проекта звучало для нас, как лозунг «Вместе к Марсу!»

ЗВОНОК ИЗ ПАСАДЕНЫ

16 ноября 1996 года наш российско-американский прибор ПГС вместе со всем аппаратом «Марс-96» остался на околоземной орбите из-за аварии разгонного блока. На следующее утро после неудачного старта в институте было пустынно. Ещё несколько часов немногочисленные сотрудники обсуждали возможность сохранить аппарат на околоземной орбите — впрочем, зачем? — но вскоре пришло сообщение, что он сгорел в атмосфере. Ещё позавчера мы составляли программы измерений на первом этапе перелёта, а сегодня остались и без проекта, и, казалось, без будущего. Было очевидно, что теперь никакого «Вместе к Марсу!» не будет. Я собрал лабораторию и сказал своим ребятам, что не понимаю, каким теперь станет наше будущее, но попробую с этим разобраться в течение года. Впрочем, отнесусь с пониманием, если кто-то решит уйти — не дожидаясь. Один парень, наиболее прагматичный, вскоре уволился.

Спустя несколько месяцев разочарованные европейские участники проекта МАРС-96 сумели убедить руководство ЕКА доставить их приборы к Марсу в рамках специального европейского проекта, названного МАРС-ЭКСПРЕСС. Насколько мне известно, никаких официальных консультаций с нашим космическим агентством европейцы не проводили, и этот проект не следует рассматривать как реабилитацию научной программы российского проекта. Часть европейских экспериментов с российским участием проекта МАРС-96 была в составе полезной нагрузки европейского аппарата, и эти эксперименты были успешно проведены

на околомарсианской орбите спустя 8 лет, в 2004 году. Вопрос о включении нашего российско-американского прибора ПГС в состав МАРС-ЭКСПРЕССА со мной никто не обсуждал.

В середине ноября 1997 года, примерно через год после гибели «Марса-96», поздним вечером у меня дома раздался непрерывный телефонный звонок — так в то время звенел «международный»:

— Доктор Митрофанов, это Лаборатория реактивного движения, Пасадена. Вы сможете поговорить с профессором Морозом? — сказал по-английски женский секретарский голос. От неожиданности я присел на диван. Я знал, что Василий Иванович продолжает подготовку эксперимента PMIRR для аппарата Mars Climate Orbiter, но у нас с ним не было таких совместных дел, чтобы ему потребовалось звонить мне из Америки. Раздался далёкий голос Мороза:

— Игорь, помните, несколько лет назад Вы предложили американцам нейтронный детектор? Они рассматривают возможность поставить Ваш прибор на борт своего следующего марсианского аппарата. Вы готовы сделать такой прибор? — от неожиданности я молчал несколько секунд и ответил:

— Да, мы, безусловно, готовы!

Сейчас я понимаю, что это предложение случилось благодаря уже практически отменённой программе «Вместе к Марсу!», которая формально ещё существовала в связи с принятыми на американские аппараты приборами Мороза. Просто неторопливая американская бюрократия долго рассматривала наше предложение и в итоге приняла своё положительное решение. Так, благодаря высокой научной репутации Мороза, мы получили предложение вновь лететь к Марсу. Получилось, что мне удалось выполнить своё обещание — спустя ровно год после гибели «Марса-96» я сообщил своей лаборатории, что в 2001 году мы полетим к Марсу вместе с американцами. Наш новый прибор мы назвали ХЕНД (*англ.* High Energy Neutron Detector).

...И МЫ ТОЖЕ ОТКРЫЛИ ТАМ ВОДУ

Последняя декада прошлого века оказалась неудачной для всех марсианских проектов, как российских, так и американских, обсуждавшихся в рамках совместной программы «Вместе к Марсу!» В сентябре 1999 года из-за ошибки в физической размерности при оценке импульса торможения для перехода на околомарсианскую орбиту космический аппарат Mars Climate Orbiter с прибором В. И. Мороза PMIRR сгорел в атмосфере Марса. Спустя ещё два месяца потерпел аварию при посадке на Марс спускаемый аппарат проекта Mars Polar Lander.

Таким образом, оказалось, что единственным успешным результатом совместной программы «Вместе к Марсу!» стал небольшой российский прибор ХЕНД на борту аппарата НАСА «Марс Одиссей». Он улетел к Марсу

в апреле 2001 года и сейчас, в 2014 году, продолжает успешно работать на околомарсианской орбите.

Через полгода после нашего прибытия на околомарсианскую орбиту в мае 2002 года я пришёл в комнату к Морозу и сказал:

— Василий Иванович, а мы с ХЕНДом открыли воду на Марсе.

— Молодцы, я тоже в своё время открыл воду на Марсе.

— Да, Василий Иванович, но оказалось, что воды очень много. Мы видим её под поверхностью — там находится водяной лёд вечной мерзлоты.

— Ну что же, я Вас поздравляю!

ЭПИЛОГ

В ноябре 2011 года мы испытали горечь ещё одного поражения — трагически застрял на околоземной орбите и в итоге погиб наш марсианский аппарат «Фобос-Грунт» — вторая попытка России улететь к Марсу. Мороз этого уже не увидел, Василия Ивановича не стало в 2004 году.

После марсианской экспедиции «Фобоса-2» вот уже 25 лет наша страна не была в дальнем космосе, за пределами околоземной орбиты. Ушли в прошлое советские стимулы покорения космоса, «предчувствие космоса» померкло. Стало ясно, что механизмы рыночной экономики не приспособлены для освоения Луны и Марса, а другие механизмы не созданы.

Возвращаясь к эпиграфу этой статьи, зададимся вопросами — возникнут ли в нашей стране вновь общественные условия, благоприятные для освоения космоса? Явятся ли в нашей стране новые таланты с «предчувствием космоса» в душе? Надежды на это всё ещё сохраняются. Мы активно сотрудничаем с американцами и европейцами в планетных исследованиях, выполняя российские научные эксперименты на иностранных межпланетных аппаратах. Мы разрабатываем будущие планетные российские проекты, спорим, куда прежде следует полететь нашим космонавтам — на Луну? или может быть — сразу на Марс? И рассказываем студентам о том, как в 1971 году В.И. Мороз проводил свои пионерские исследования на борту первой долетевшей до «красной планеты» советской автоматической станции «Марс-3».

О СБЫВШЕМСЯ И НЕСБЫВШЕМСЯ: ОТДЕЛ ПЛАНЕТ 2004–2014

О. И. Корablёв, доктор физико-математических наук, ИКИ РАН

1. MARS EXPRESS

Василий Иванович закончил свои воспоминания проектом Mars Express. Я начну свои записки с того же проекта и продолжу их в том же «проектном» ключе. Для лаборатории В.И., для нашего отдела работа над приборами Mars Express в очень непростое время стала путём к выживанию, переходом к новому способу существования. К тому же, Марс — любимая планета В.И. Поэтому я расскажу о Mars Express подробнее. Проект оказался очень успешным. В январе 2014 года исполнилось 10 лет с начала научных наблюдений. Спутник успешно работает на орбите вокруг Марса, и ресурсы КА ещё не исчерпаны. Никогда раньше нам так не везло с Марсом.

Главные для нас приборы проекта — три спектрометра: фурье-спектрометр PFS, картирующий спектрометр OMEGA и спектрометр для атмосферных задач SPICAM. Помимо этих приборов на борту находятся немецкая стереокамера высокого разрешения HRSC, «камера Нойкума», та же самая, что стояла на борту «Марс-96» на платформе АРГУС, и низкочастотный радар MARSIS, изготовленный в Италии и США, заменивший аналогичный радар ИПЭ, стоявший на «Марс-96». Шведским экспериментом ASPERA, посвящённым анализу экзосферы Марса, руководит бывший сотрудник ИКИ, а сейчас лидер космической науки в Швеции, Стас Барабаш. Проводится также немецкий эксперимент по радиопросвечиванию, MaRS, который использует передатчик КА и наземные средства. Наши коллеги из ГЕОХИ А.Т. Базилевский и М.А. Иванов успешно сотрудничают в научной команде HRSC, выходят публикации очень высокого уровня. К сожалению, не очень сложилось взаимодействие с командой MARSIS: группе Н.А. Арманда удалось «вклиниться» лишь в исследования ионосферы Марса по этим данным. Впрочем, по главной цели эксперимента — зондированию грунта на километровую глубину для определения границы вечной мерзлоты — убедительных результатов так и не получено. Данные ASPERA интерпретировали несколько сотрудников ИКИ, но все они к моменту запуска уже работали либо во Франции, либо в Германии. Некоторое время они ещё числились в институте, улучшая нашу статистику публикаций, но затем были уволены. Сейчас к этому эксперименту в России имеет отношение только Александр Григорьев, защитивший PhD под руководством Стаса в Кируне и затем вернувшийся в плазменный отдел ИКИ.

Помимо приборов орбитера (общей массой 90 кг) КА нёс к Марсу посадочный аппарат Beagle-2. Можно с полным основанием назвать Beagle-2 малой станцией, как по массе (33 кг), так и по организации работ: за станцию отвечало не космическое агентство ESA, а PI в британском Открытом

университете, Колин Пилинджер. За малые станции «Марс-96» также отвечало не НПОЛ, а ИКИ в лице В.М. Линкина. Как известно, посадка Beagle-2 завершилась катастрофой, причём, в какой момент и по какой причине она произошла, — неизвестно. В конце 2003 года средства массовой информации дружно распространили этот негатив на весь проект, забыв об основной, орбитальной его части. Возможно, этот шок повлиял на то, что в целом по проекту не вышло ни одного специального выпуска ведущих журналов, каждый PI выживал в одиночку. А, может быть, дело в некоторой пассивности первого Project Scientist, Агустина Чикарро. На собраниях научной команды, когда между экспериментами делились ресурсами КА, ему приходилось очень трудно с такими персонажами как Герхард Нойкум (HRSC), Жан-Пьер Бибринг (OMEGA), Витторио Формизано (PFS). На фоне их жарких дискуссий даже сверхактивный Жан-Лу Берто (SPICAM) казался спокойным и конструктивным.

В России работа над приборами Mars Express началась в 1998–1999 годах. Первое и очень незначительное финансирование от недавно созданного Росавиакосмоса было получено лишь в 2000 году. В.И. распорядился потратить его на сканер прибора OMEGA. Остальные работы вначале велись на средства европейских партнёров, оказывавших нам после аварии «Марс-96» «братскую помощь». Постепенно, и во многом благодаря успеху эксперимента Игоря Митрофанова на КА Mars Odyssey, в агентстве появилось понимание, что малыми средствами достигаются очень хорошие результаты, и финансирование приборов для иностранных миссий стало приемлемым. К сожалению, это произошло уже ближе к запуску Mars Express.

Все три спектральных прибора, планировавшихся ещё в российском проекте MARC-96, созданы с существенным российским участием. Прибор OMEGA служит для минералогического картирования. SPICAM и PFS предназначены, в основном, для исследования атмосферы и климата планеты. Технически приборы OMEGA и PFS близки к своим предшественникам в проекте MARC-96. Массу нового SPICAM пришлось уменьшить почти на порядок, что потребовало применения при его создании совершенно новых подходов. Рассмотрим три спектрометра с нашим участием по порядку.

OMEGA

Прибор OMEGA (французская аббревиатура — обсерватория для минералов, льдов и активности) — французский, под руководством Ж.-П. Библинга. О предыстории прибора, непосредственно связанной с Василием Ивановичем, мне много рассказывал Жан-Пьер.

После успешного совместного эксперимента ИКС — инфракрасного спектрометра для исследования кометы Галлея в проекте ВЕГА — В.И. пригласил его делать первый картирующий ИК-спектрометр для исследования минералогии Марса в планируемом проекте ФОБОС. Задача ставилась новая и благородная: обнаружить на Марсе следы деятельности воды и гидратированные минералы. На влажное прошлое указывали

фотографии «Викингов»: сухие русла рек, долины, озёра... Результат ли это кратковременных событий или длительных эпох? Может быть, жидкой воды вообще не было, а долины — результат ледниковой эрозии? Такими вопросами задавались тогда геологи. Для исследования поверхности наиболее информативен диапазон отражённого солнечного излучения, соответствующий ближнему и среднему ИК-диапазону, 1...5 мкм. Он включает полосы основных породообразующих минералов и оптимален для поиска гидратированных минералов, глин, осадочных пород. По сравнению с тепловым ИК-диапазоном эти данные существенно легче поддаются интерпретации. По мере движения космического аппарата вдоль орбиты строится изображение поверхности, каждой точке которого соответствует спектр. Тонкая атмосфера Марса оставляет свободным для анализа практически весь спектральный диапазон за исключением нескольких участков, где преобладает атмосферное поглощение. С другой стороны, поверхность Марса почти повсеместно покрыта слоем тонкозернистой пыли однородного состава. Это несколько снижает потенциал дистанционных спектральных измерений.

Были сделаны первые прикидки и построен прибор ИСМ (инфракрасный спектрометр Марса) на диапазон 0,8...3,1 мкм, имеющий спектральное разрешение около 50 нм. Два космических аппарата, «Фобос-1» и «Фобос-2», были запущены с главной целью — приблизиться к Фобосу, исследовать его и высадить малые станции. Из-за проблем, которые выяснились много позднее, — подозревается дефектная серия радиоэлектронных компонентов — управление аппаратом «Фобос-1» было потеряно ещё на перелёте. «Фобос-2» вышел на орбиту Марса, проработал на орбите, близкой к орбите Фобоса, около 1,5 месяцев, но перед сближением с Фобосом с ним также была потеряна связь. Однако серия наблюдений экваториальных районов Марса с большого расстояния — высота орбиты Фобоса около 6000 км — состоялась. Удалось провести минералогическое картирование нескольких районов с пространственным разрешением примерно 20×30 км. Тогда были обнаружены лишь породообразующие минералы¹.

При подготовке проекта MARC-96 была поставлена задача расширить спектральный диапазон ИК-спектрометра, улучшить разрешение на поверхности так, чтобы получить глобальное минералогическое картирование Марса. Началась работа над совместным прибором. Параллельно в США шла работа над КА Cassini, в составе полезной нагрузки которого был картирующий ИК-спектрометр VIMS. По словам Бибринга, в какой-то момент в ИКИ приехала команда из США и предложила VIMS как основу эксперимента для КА «Марс-96». Можно себе представить перспективность такой кооперации: картирующий ИК-спектрометр, ключевой прибор для исследования свойств поверхности, был фаворитом всех будущих (в основном, американских!) планетных миссий. К тому же, компании США тогда были единственными производителями ИК-матриц (и до сих

¹ *Bibring J.-P., Combes M., Langevin Y., Soufflot A., Cara C., Drossart P., Encrenaz T., Erard S., Forni O., Gondet B., Ksanfomalft L., Lellouch E., Masson P., Moroz V., Rocard F., Rosenqvist J., Sotin C.* Results from the ISM experiment // *Nature*. 1989. V. 341. P. 591–593.

пор, безусловно, лидируют в этой области). Тогда-то Василий Иванович и сказал своё веское слово: «У нас уже есть ИК-спектрометр — с французскими коллегами. Если хотите, — можете присоединиться...» Некоторое время прибор даже назывался OMEGA-VIMS, но дальнейшего развития в проекте MARC-96 кооперация с США не получила. Зато этот эпизод определил всю дальнейшую карьеру Бибринга: помимо создания прибора OMEGA он вошёл в команды NIMS/Galileo, VIMS/Cassini, а в дальнейшем — стал ключевым участником европейских экспериментов VIRTIS/Rosetta, DAWN, SIMBIO-SYS/Bepi Colombo, MAJIS/JUICE.

Прибор OMEGA для проекта MARC-96 состоял из трёх каналов: два инфракрасных и один видимого диапазона. ИК-спектрометры были изготовлены во Франции, видимый канал — в Италии, а входной телескоп и сканер прибора — в ИКИ РАН. Акроним OMEGA, Observatoire pour la Minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité, предполагает, что помимо состава поверхности, минералогии прибор может распознавать воду, льды, гидратированные минералы, исследовать взаимодействие атмосферы и поверхности, циклы воды и углекислого газа, процессы формирования и развития коры планеты, образования и сохранения возможных обитаемых зон.

Для проекта EKA Mars Express был взят запасной прибор, уже сделанный для MARC-96. Был заменён лишь сканер прибора: российские ведущие В. А. Котцов из ИКИ и Э. И. Рожавский из СКБ ИКИ в Тарусе приняли решение его «осовременить». В связи с особенностями орбиты КА Mars Express разрешение прибора OMEGA на поверхности Марса меняется от 300 м до 5 км. При этом поле зрения прибора, соответствующее 1 пикселу, составляет 1,2 мрад, а сканирование поперёк вектора орбитальной скорости позволяет картировать на поверхности планеты полосу от 45 км (при наблюдениях из перигенетры) до 600 км. Каждой точке полученного таким образом изображения соответствует спектр в диапазоне 0,35...5,1 мкм.

С выходом Mars Express на орбиту вокруг Марса в начале 2004 года Василий Иванович с энтузиазмом «накинулся» на поступающие данные OMEGA и PFS. Цитирую почти дословно: «Первые наблюдения Южной полярной шапки Марса подтвердили, что постоянная шапка (в конце лета) состоит из углекислотного льда, и позволили впервые обнаружить в ней водяной лёд. Полярные шапки Марса состоят из двух частей — сезонной и постоянной. Сезонная часть — конденсат CO_2 — развивается осенью и зимой, а весной исчезает. Природа постоянных шапок, сохраняющихся вблизи полюсов даже летом, была раньше менее ясна. Постоянная Северная полярная шапка более тёплая. Она состоит из обычного водного льда. Исходя из низкой температуры постоянной части Южной шапки считалось, что она состоит из льда CO_2 , но до Mars Express прямых подтверждений этому не было. Их получили ИК-спектрометры спутника Mars Express».

На Южной полярной шапке в спектрах трёх экспериментов отождествлены полосы поглощения CO_2 -льда. Лёд CO_2 включает примеси льда H_2O и пыли, распределение которых неоднородно. Карты, построенные по данным OMEGA с разрешением 1...3 км, говорят о том, что участки во-

дяного льда находятся по краям крупных областей CO₂-льда. В сочетании с анализом контекстных снимков MGS можно сделать вывод, что толщина CO₂-льда не превышает нескольких метров. Этим исследованиям посвящена последняя прижизненная публикация В.И.²

Дальнейшие исследования постоянной Северной полярной шапки во второй половине лета подтвердили её состав — водяной лёд — и позволили проследить увеличение размера ледяных частиц со временем. Установлено, что загрязнение льда пылью незначительно: <<1 %.³

Впервые полное минералогическое картирование Марса (за исключением полярных районов) было проведено в тепловом ИК-диапазоне с разрешением 3 км прибором TES на КА MGS.⁴ Были определены распространённость основных пород, базальты, характерные для древних возвышенностей юга, и андезиты на более молодых северных равнинах. «Влажное» прошлое планеты было подтверждено локальным детектированием гематита, минерала, формирующегося в присутствии воды, или в геотермальных водах. Осадочные породы, карбонаты и глины, результат химического выветривания в присутствии воды, обнаружены не были, что позволило сделать выводы о том, что в истории Марса преобладал сухой холодный климат. Также не удалось обнаружить сульфаты, признаки вулканических процессов.

Более информативный спектральный диапазон и на порядок лучшее пространственное разрешение в эксперименте OMEGA позволили найти гораздо больше минералов и сделать ключевые выводы об истории климата Марса. Пороодообразующие силикаты с примесью железа обнаружены и картированы в обоих полушариях. По полосе 1,9 мкм отожествлены гидратированные минералы, филлосиликаты. Эти продукты выветривания в присутствии воды, сорт глин были обнаружены лишь на ограниченных участках, совпадающих с обнажениями древних кратеров. В то же время их не оказалось в окрестности кратеров, предположительно вскрывающих уровень вечной мерзлоты, а также в местностях со следами древних русел. Филлосиликатов не видно и на более молодых северных вулканических равнинах, а значит, выветривание в этот период истории планеты происходило без присутствия воды. Во многих местах, как правило, совпадающих со светлыми отложениями, обнаружены

² *Bibring J.-P., Langevin Y., Poulet F., Gendrin A., Gondet B., Berthe M., Soufflot A., Drossart P., Combes M., Bellucci G., Moroz V., Mangold N., Schmitt B., the Omega Team.* Perennial water ice identified in the south polar cap of Mars // *Nature*. 2004. V. 428. P. 627–630.

³ *Langevin Y., Poulet F., Bibring J.-P., Schmitt B., Douté S., Gondet B.* Summer evolution of the north polar cap of Mars as observed by OMEGA/Mars Express // *Science*. 2005. V. 307. N. 5751. P. 1581–1584. doi: 10.1126/science.1109438.

⁴ *Christensen P.R., Bandfield J.L., Hamilton V.E., Ruff S.W., Kieffer H.H., Titus T.N., Malin M.C., Morris R.V., Lane M.D., Clark R.L., Jakosky B.M., Mellon M.T., Pearl J.C., Conrath B.J., Smith M.D., Clancy R.T., Kuzmin R.O., Roush T., Mehall G.L., Gorelick N., Bender K., Murray K., Dason S., Greene E., Silverman S., Greenfield M.* Mars Global Surveyor Thermal Emission Spectrometer experiment: Investigation description and surface science results // *J. Geophysical Research*. 2001. V. 106. Iss. E10. P. 23 823–23 871. doi: 10.1029/2000JE001370.

гидратированные сульфаты. Карбонаты, поглотившие на Земле основной запас атмосферного CO_2 , в эксперименте обнаружены не были.

Совокупность новых данных, приобретённых в эксперименте OMEGA, с использованием новых хронологических оценок, полученных, в основном, с помощью камеры HRSC проекта Mars Express⁵, позволила сделать важные выводы об эволюции климата Марса. Так, две широко распространённые группы гидратированных минералов, филлосиликаты и сульфаты, образовались в существенно разные периоды: глины, при формировании которых требуется вода, — в ранний период ноахийского периода, а сульфаты, формирующиеся в кислой и, скорее всего, достаточно сухой среде, образовались позже — в период ~4–3,5 млрд лет назад.⁶ Таким образом, период «раннего тёплого Марса» мог закончиться существенно раньше, чем предполагает классическая хронология. В дальнейшем Марс оставался сухим, и активность на его поверхности была сильно ограничена, что позволило медленным процессам окисления и выветривания сформировать современный облик планеты.⁷

Загадка карбонатов на Марсе была решена позднее. Для их уверенной идентификации потребовалось ещё большее пространственное и спектральное разрешение прибора CRISM на KA Mars Reconnaissance Orbiter. Этот прибор, в самом деле, «разведывательного» класса, позволил обнаружить древние карбонаты, в которых, возможно, захоронена ранняя атмосфера Марса в очень ограниченных областях. Они наблюдаются, скорее всего, в обнажениях, на склонах долин и метеоритных кратеров.⁸

⁵ Neukum G., Basilevsky A. T., Kneissl T., Chapman M. G., van Gasselt S., Michael G., Jaumann R., Hoffmann H., Lanz J. K. The geologic evolution of Mars: Episodicity of resurfacing events and ages from cratering analysis of image data and correlation with radiometric ages of Martian meteorites // *Earth and Planetary Science Letters*. 2010. V. 294. P. 204–222.

⁶ Poulet F., Bibring J.-P., Mustard J. F., Gendrin A., Mangold N., Langevin Y., Arvidson R. E., Gondet B., Gomez C., Bertheacote M., Erard S., Forni O., Manaud N., Poulleau G., Soufflot A., Combes M., Drossart P., Encrenaz T., Fouchet T., Melchiorri R., Bellucci G., Altieri F., Formisano V., Fonti S., Capaccioni F., Cerroni P., Coradini A., Korablev O., Kottsov V., Ignatiev N., Titov D., Zasova L., Pinet P., Schmitt B., Sotin C., Hauber E., Hoffmann H., Jaumann R., Keller U., Forget F. Phyllosilicates on Mars and Implications for Early Martian Climate // *Nature*. 2005. V. 438. P. 623–627.

⁷ Bibring J.-P., Langevin Y., Mustard J. F., Poulet F., Arvidson R., Gendrin A., Gondet B., Mangold N., Pinet P., Forget F., Berthé M., Gomez C., Jouglet D., Soufflot A., Vincendon M., Combes M., Drossart P., Encrenaz Th., Fouchet Th., Merchiorri R., Bellucci G. C., Altieri F., Formisano V., Capaccioni F., Cerroni P., Coradini A., Fonti S., Korablev O., Kottsov V., Ignatiev N., **Moroz V.**, Titov D., Zasova L., Loiseau D., Pinet P., Douté S., Schmitt B., Sotin Ch., Hauber E., Hoffmann H., Jaumann R., Keller U., Arvidson R., Duxbury T., Forget F., Neukum G. Global Mineralogical and Aqueous Mars History Derived from OMEGA/Mars Express Data // *Science*. 2006. V. 312. N. 5772. P. 400–404.

⁸ Ehlmann B. L., Mustard J. F., Murchie S. L., Poulet F., Bishop J. L., Brown A. J., Calvin W. M., Clark R. N., Des Marais D. J., Milliken R. E., Roach L. H., Roush T. L., Swayze G. A., Wray J. J. Orbital identification of carbonate-bearing rocks on Mars // *Science*. 2008. V. 322. P. 1828–1832.

О предыстории фурье-спектрометра ПФС и его создании подробно рассказали Василий Иванович (см. с. 101) и А. Григорьев (см. с. 268). Что же удалось сделать при помощи этого прибора?

Главной задачей атмосферных измерений ПФС является термическое зондирование атмосферы в 15-мкм полосе CO_2 . Используя участки полосы, в которых оптическая толщина газа различна и излучение на соответствующих длинах волн приходит от различных слоёв атмосферы, можно, решая обратную задачу, восстановить вертикальный профиль температуры атмосферы. На этом принципе работают и метеорологические приборы на орбите Земли. Данные термического зондирования дают основу для понимания современного климата планеты и служат для настройки моделей общей циркуляции атмосферы. Впервые проведённые на КА *Mariner 9*, такие измерения проводились затем TES/MGS и прибором ПФС.⁹ С 2005 года термическое зондирование ведёт также лимбовый радиометр MCS/MRO. Таким образом, мониторинг климата Марса продолжается непрерывно с 1998 года, перекрывая период более семи марсианских лет.

Но наиболее ярким открытием ПФС стало обнаружение метана в атмосфере Марса. В отличие от водяного пара, содержание которого в земной атмосфере существенно снижается с высотой, облегчая ИК-наблюдения на высокогорных обсерваториях, метан в атмосфере Земли обилен и перемешан равномерно. Его наблюдения очень трудны, требуя высокого спектрального разрешения и одновременно максимального доплеровского сдвига для детектирования марсианских линий поглощения. Перспектива появления на околomarсианской орбите спектрометра PFS с разрешением $\sim 1,5 \text{ см}^{-1}$, в спектральный диапазон которого попадает фундаментальная полоса метана на 3,3 мкм, несомненно, подхлестнуло астрономические наблюдения и их анализ. Витторิโอ Формизано объявил об обнаружении метана на конференции Европейского геофизического союза весной 2004 года. Вскоре вышла статья с участием Коли Игнатьева.¹⁰ Но раньше была опубликована статья В. А. Краснопольского с коллегами с весьма провокационным названием¹¹ по данным наземного фурье-спектрографа с разрешающей силой $\sim 180\,000$. Наблюдения группы М. Муммы периодически, с 2003 года, докладывались на заседаниях Американского астрономического общества. Результаты

⁹ Напр., Засова Л. В., Формизано В., Мороз В. И., Бибринг Ж-П., Грасси Д., Игнатьев Н. И., Джуранна М., Беллучи Ж., Альтери Ф., Бленска М., Гнедых В. Н., Григорьев А. В., Леллюш Э., Маттана А., Матурнлли А., Мошкнн Б. Е., Никольский Ю. В., Пацаев Д. В., Пиччиони Ж., Ратай М., Саджин Б., Фонти С., Хатунцев И. В., Хирш Х., Экономов А. П. Результаты измерений планетного фурье-спектрометра на «Марс-Экспресс»: облака и пыль в конце южного лета. Сравнение с изображениями OMEGA // *Космические исследования*. 2006. Т. 44. № 4. С. 319–331.

¹⁰ Formisano V., Atreya S., Encrenaz Th., Ignatiev N., Giuranna M. Detection of Methane in the Atmosphere of Mars: Report // *Science*. 2004. V. 306. N. 5702. P. 1758–1761.

¹¹ Krasnopolsky V. A., Maillard J. P., Owen T. C. Detection of methane in the martian atmosphere: evidence for life? // *Icarus*. 2004. V. 172. P. 537–547. doi: 10.1016/j.icarus.2004.07.004.

пересматривались несколько раз, и окончательная статья опубликована лишь в 2009 году.¹²

В среднем, количество газа в атмосфере составило около 10 ppb (10^{-5} объёмных частей). Метан в атмосфере Марса распадается под действием УФ-излучения (в основном, солнечного $L\alpha$) и время его жизни около 300 лет. Для поддержания даже такого малого количества газа в атмосфере необходим постоянно действующий источник. Для пополнения метана возможны различные источники, вулканические, метеоритные или кометные, и биологические. Вулканическая гипотеза пока не подтверждается. Хотя на планете обнаружены геологические следы относительно недавней (миллионы лет) вулканической активности, современный остаточный вулканизм или геотермальная активность не обнаружены. ИК-картирующий радиометр THEMIS (KA Mars Odyssey), специально созданный для поиска «горячих точек», не нашёл ни одной. Также установлены очень низкие пределы на содержание в атмосфере другого вулканического газа — SO_2 . Метан кометного или метеоритного происхождения может дать только 2...4% необходимого потока. С другой стороны, для поддержания метана в атмосфере достаточно очень разреженных колоний микроорганизмов-метаногенов на поверхности или под поверхностью Марса. Рассматриваются и другие гипотезы, такие как выбросы ископаемого метана, образовавшегося ранее в истории Марса в результате магматических процессов, низкотемпературного синтеза.

Все наблюдения метана находятся на пределе детектирования. В спектрах ПФС рядом с наблюдаемой Q-ветвью фундаментальной полосы метана присутствуют сходные по величине особенности, не совпадающие с модельными спектрами. Другой проблемой этих наблюдений стала переменность метана: измеряемое ПФС количество газа постоянно меняется, а астрономическими методами метан был зарегистрирован лишь в 2003 году. В миссии Curiosity метан обнаружить пока не удалось: установлен лишь верхний предел <1 ppb. Сам факт детектирования часто ставится под сомнение. Действительно, фотохимическое время жизни метана, очень короткое на геологическом масштабе времени, достаточно для его полного перемешивания в атмосфере процессами циркуляции. Численные эксперименты с моделью общей циркуляции атмосферы не смогли объяснить переменность метана в рамках известных процессов атмосферной физики и химии. Обнаружение метана инициировало огромное количество гипотез о его происхождении, источниках и стоках. Значение этого открытия таково, что к 2010 году со всей серьёзностью встал вопрос о специальной орбитальной миссии, посвящённой малым атмосферным составляющим.

Эксперимент ПФС, наряду с ОМЕГА, — несомненный успех проекта Mars Express. Некоторые проблемы прибора — затянутые калибровки, влияние вибраций от КА на восстановление малых составляющих в коротковолновом канале, проблемы с нестабильным уровнем сигнала, влияющие на восстановление аэрозоля в длинноволновом канале, —

¹² Mumma M. J., Villanueva G. L., Novak R. E. et al. Strong release of methane on Mars in Northern summer 2003 // Science. 2009. V. 323. P. 1041–1045.

не сказались на общем масштабе и качестве измерений. И сейчас, как показывает практика, очень не просто повторить такой прибор. Василий Иванович мог бы гордиться своим детищем.

SPICAM

В отличие от флагманских спектрометров миссии, ПФС и ОМЕГА, СПИКАМ занимал поначалу скромное место. Более того, в конце 1996 года, когда на заседании научной группы по Солнечной системе ЕКА под председательством Ристо Пеллинена решали, какие приборы «Марс-96» можно поставить на Mars Express, места для затменного спектрометра SPICAM не нашлось. Это вполне понятно: на «Марс-96» два канала SPICAM, звёздный и солнечный, имели суммарно массу 46 кг, причём звёздный канал был установлен на специальной стабилизированной платформе ПАИС. Однако новый космический аппарат дал и новые возможности по наведению оптических приборов, и, после нескольких итераций с руководством проекта, прошло наше с Жан-Лу Берто предложение: новый прибор, состоящий из двух спектрометрических каналов и блока электроники общей массой 4,5 кг. Вначале прибор SPICAM (SPectroscopy for the Investigation of the Characteristics of the Atmosphere of Mars) даже назывался SPICAM-Light. Прибор представляет собой комбинацию двух спектрометров, УФ- и ИК-диапазона, предназначенных для зондирования атмосферы Марса путём наблюдения отражённого и рассеянного солнечного излучения в надир, на лимбе, а также исследования вертикальной структуры и профилей состава атмосферы в режиме звёздных и солнечных затмений.

Ультрафиолетовый канал построен на основе оптической схемы прибора ALICE на КА Rosetta и имеет всего две отражающие поверхности, зеркало коллиматора и дифракционную решётку. Спектральный диапазон сужен до 118...320 нм, оставлен лишь один из трёх спектральных каналов прибора на КА «Марс-96». В фокусе зеркала находится щель спектрометра, удаляемая при наблюдениях звёзд. Спектр формируется на матричном детекторе с усилителем изображения (использованы детекторы с «Марс-96»), вторая координата которого используется для грубого картирования.

В ИК-канале российского производства мы впервые применили акустооптический перестраиваемый фильтр (АОФ). ИК-спектрометр перекрывает диапазон 1...1,7 мкм при разрешающей силе $\lambda/\Delta\lambda \approx 1800$ и имеет массу менее 1 кг. Идею использования акустооптики в наших приборах принёс Алексей Григорьев, познакомившийся с Ю.К. Калининковым из ВНИИФТРИ. Это оказалось очень перспективным направлением, и наше сотрудничество с «ЮКК» продолжается по сей день. Акустооптические устройства очень долговечны, СПИКАМ-ИК работает на орбите вокруг Марса до сих пор без каких-либо изменений.

В целом прибор создан во Франции, ИКИ РАН поставил ИК-спектрометр, Бельгийский институт космической аэронавтики отвечал за конструкцию спектрометра. Руководитель эксперимента Ж.-Л. Берто (LATMOS).

Одним из интересных открытий, сделанных УФ-каналом SPICAM, стало обнаружение авроральных свечений на Марсе.¹³ Эти свечения, связанные с выпадением заряженных частиц в районах сгущения силовых линий остаточного магнитного поля Марса, по своей природе аналогичны полярным сияниям на Земле, но наблюдаются в умеренных широтах. В момент аврорального события обычный ультрафиолетовый спектр ночного неба Марса, в котором доминируют полосы NO, также впервые обнаруженные SPICAM¹⁴, меняется, и в нём появляются возбуждённые полосы CO. В инфракрасном диапазоне было открыто другое ночное свечение атмосферы Марса: O₂(a¹Δ_g) на 1,27 мкм, обнаруженное прибором OMEGA¹⁵ и исследованное прибором SPICAM.¹⁶ Ночные свечения NO и O₂ являются уникальными трэйсерами глобальной циркуляции верхних слоёв атмосферы.

Свечение O₂(a¹Δ_g) наблюдается и на дневной стороне планеты¹⁷ и используется для оценки содержания озона, ключевого индикатора фотохимии Марса, измеряемого SPICAM и непосредственно в УФ-диапазоне по полосе Хартли в районе 250 нм как в надир, так и в режиме затмений.¹⁸ Эти измерения проведены SPICAM впервые после проекта Mariner 9. Систематические и детальные измерения озона позволили глубже понять фотохимию атмосферы Марса, в том числе предположить вклад гетерогенных реакций на поверхности частиц аэрозоля в важнейшие фотохимические циклы Марса.¹⁹

¹³ Bertaux J.-L., Leblanc F., Witasse O., Quemerais E., Liliensten J., Stern S. A., Sandel B., Korablev O. Discovery of an aurora on Mars // *Nature*. 2005. V. 435. N. 7043. P. 790–794.

¹⁴ Bertaux J.-L., Leblanc F., Perrier S., Quemerais E., Korablev O., Dimarellis E., Reberac A., Forget F., Simon P. C., Stern S. A., Sandel B., the SPICAM team. Nightglow in the Upper Atmosphere of Mars and Implications for Atmospheric Transport // *Science*. 2005. V. 307. P. 566–569.

¹⁵ Bertaux J.-L., Gondet B., Lefèvre F., Bibring J.-P., Montmessin F. First detection of O₂ 1.27 μm nightglow emission at Mars with OMEGA/MEX and comparison with general circulation model predictions // *J. Geophysical Research*. E. 2012. V. 117. E00J04. doi: 10.1029/2011JE003890.

¹⁶ Fedorova A. A., Lefèvre F., Guslyakova S., Korablev O., Bertaux J.-L., Montmessin F., Reberac A., Gondet B. The O₂ nightglow in the martian atmosphere by SPICAM onboard of Mars-Express // *Icarus*. 2012. V. 219. Iss. 2. P. 596–608.

¹⁷ Fedorova A., Korablev O., Bertaux J.-L., Rodin A., Kiselev A., Perrier S. Mars water vapor abundance from SPICAM IR spectrometer: Seasonal and geographic distributions // *J. Geophysical Research*. E. 2006. V. 111. N. E9. E09S08. doi: 10.1029/2006JE002695.

¹⁸ Perrier S., Bertaux J.-L., Lefèvre F., Lebonnois S., Korablev O., Fedorova A., Montmessin F. Global distribution of total ozone on Mars from SPICAM/MEX UV measurements // *J. Geophysical Research*. E. 2006. V. 111. Iss. E9. E09S06. doi: 10.1029/2006JE002681; Lebonnois S., Quemerais E., Montmessin F., Lefèvre F., Perrier S., Bertaux J.-L., Forget F. Vertical distribution of ozone on Mars as measured by SPICAM/Mars Express using stellar occultations // *J. Geophysical Research*. E. 2006. V. 111. Iss. E9. E09S05. doi: 10.1029/2005JE002643.

¹⁹ Lefèvre F., Bertaux J.-L., Clancy R. T., Encrenaz T., Fast K., Forget F., Lebonnois S., Montmessin F., Perrier S. Heterogeneous chemistry in the atmosphere of Mars // *Nature*. 2008. V. 454. P. 971–975.

В воспоминаниях А.А. Гурштейна²⁰, обиженного на Р.З. Сагдеева, ИКИ, и отдел планет за изгнание вместе со всей геодезической тематикой (тяжёлые последствия этого мы ощущаем до сих пор), есть замечание, что Отдел планет В.И. Мороза следовало бы назвать отделом атмосфер планет, а точнее — отделом изучения водяного пара в атмосфере Марса. Что правда, то правда. Этим-то мы до сих пор и занимаемся... Исследование атмосферного водяного цикла является основной научной задачей ИК-канала SPICAM. Действительно, из основных резервуаров воды на планете, активно участвующих в гидрологическом цикле (вечная мерзлота, реголит, полярные шапки, атмосфера), количественно измерены лишь (ориентировочно) объём воды, заключённый в полярных шапках, и (гораздо более точно) атмосферная вода и процессы её переноса. Несмотря на малое количество водяного пара в разреженной атмосфере (1...50 осад. мкм) глобальный перенос воды и особенности полярных шапок определяются климатическими процессами, которые, в свою очередь, исследуются путём мониторинга атмосферного водяного пара. Процессы переноса меняются в зависимости от наклона оси и эксцентриситета Марса, определяя оледенения, образование ледников в низких широтах и т.д. SPICAM продолжил мониторинг атмосферного водяного пара, начатый в проектах Viking и MGS, с 2004 по 2013 год, и позволил, впервые после кратких измерений на КА «Фобос-2», детально исследовать вертикальное распределение атмосферной воды.²¹ В настоящее время SPICAM — единственный прибор, измеряющий вертикальное распределение водяного пара, так как соответствующий канал лимбового радиометра MCS на КА MRO не работоспособен.

Водяной пар на Mars Express измеряют не только SPICAM, но OMEGA и PFS, используя для этого различные диапазоны и полосы поглощения. Несколько месяцев 2004 года приборы Mars Express работали одновременно с TES/MGS, данные которого составляли основу климатологии Марса. Поначалу измеренные значения водяного пара отличались в разы. Мы провели анализ и сравнение измерений и методов, что привело

²⁰ Гурштейн А.А. Московский астроном на заре космического века: автобиографические заметки А.А. Гурштейна. М.: НЦССХ им. А.Н. Бакулева РАМН, 2012. 674 с.

²¹ Fedorova A., Korablev O., Bertaux J.-L., Rodin A., Kiselev A., Perrier S. Mars water vapor abundance from SPICAM IR spectrometer: Seasonal and geographic distributions // *J. Geophysical Research* E. 2006. V. 111. E09S08. doi: 10.1029/2006JE002695; Trokhimovskiy A., Fedorova A., Korablev O., Montmessin F., Bertaux J.-L., Rodin A., Smith M.D. Mars' water vapor mapping by the SPICAM IR spectrometer: Five Martian years of observations // *Icarus*. 2014. Submitted; Fedorova A., Korablev O., Bertaux J.-L., Rodin A. V., Montmessin F., Belyaev D. A., Reberac A. Solar infrared occultations by the SPICAM experiment on Mars-Express: Simultaneous observations of H₂O, CO₂ and aerosol vertical distribution // *Icarus*. 2009. V. 200. P. 96–117; Maltağlıati L., Montmessin F., Fedorova A., Korablev O., Forget F., Bertaux J.-L. Evidence of Water Vapor in Excess of Saturation in the Atmosphere of Mars // *Science*. 2011. V. 333. Iss. 6051. P. 1868–1871.

к коррекции данных Viking²² и TES/MGS²³, а также позволило согласовать между собой данные трёх различных экспериментов. Измерения водяного пара в атмосфере Марса по точности и полноте данных уже приближаются к уровню аналогичного мониторинга в земной атмосфере. Достойное развитие идей В.И. 1970-х годов, экспериментов ИВ-1 (измеритель влажности), ИВ-2.

В заключение отмечу ключевую роль Василия Ивановича в проекте MARS EXPRESS. Формирование модельного состава научной аппаратуры, лоббирование российских интересов с руководящими фигурами ЕКА (Р.М. Боне, М. Корадини), постоянная работа с руководством Росавиакосмоса и Совета по космосу РАН, убеждение их, как важно наше участие в иностранных проектах. После MAPC-96, действительно, быстрых перспектив у планетных проектов не было. Прошло 18 лет. Почти все научные результаты ИКИ в области планетных исследований (молчу про астрофизику...) получены за счёт участия в проектах других агентств.

2. VENUS EXPRESS

Вдохновлённое успехом быстрого создания относительно недорогого КА с большими возможностями, в 2000 году ЕКА объявило конкурс идей на повторное использование КА Mars Express. Ожидалось, что поступят предложения по дальнейшим исследованиям Марса, но фаворитом оказалась миссия к Венере.

Для исследования ближайшей соседки по земной группе было предложено использовать практически тот же набор приборов, за исключением радара (подробное картирование поверхности Венеры было проведено миссией Magellan). Также, вместо прибора OMEGA с КА Mars Express был предложен другой, более совершенный картирующий спектрометр, VIRTIS с КА Rosetta (единственная модель OMEGA в наличии предназначалась для Mars Express). На основе одного из каналов камеры HRSC была предложена простая обзорная камера VMC (Venus Monitoring Camera) в четырёх диапазонах длин волн. Приборы ASPERA, PFS и SPICAM вошли в состав аппаратуры без существенных изменений. В итоге был сформирован мощный комплекс приборов, предназначенный, в основном, для атмосферных исследований. Ключевую роль в подготовке предложения по этому проекту и в его дальнейшей реализации сыграл ученик В.И. Дмитрий Титов, работавший тогда в Институте Макса Планка по Солнечной системе в Германии (сейчас ESA ESTEC). Проект был принят ЕКА, и реальная работа по приборам началась в 2001 году.

Василий Иванович и его лаборатория были глубоко вовлечены в подготовку PFS, хотя в новом проекте прибор стал ещё более итальянским.

²² Fedorova A., Trokhimovsky A. Yu., Korablev O., Montmessin F. Viking observation of water vapor on Mars: revision from up-to-date spectroscopy and atmospheric models // Icarus. 2010. V. 208. P. 156–164.

²³ Smith M.D. Spacecraft observations of the Martian atmosphere // Annual Review of Earth and Planetary Sciences. 2008. V. 36. P. 191–219.

К сожалению, эксперимент обернулся полной катастрофой. В самом начале, на раннем этапе перелёта, выяснилось, что сканер прибора (польского производства) неподвижен. Усовершенствованный, по сравнению с Mars Express, прибор передавал роскошные интерферограммы калибровочного чёрного тела, но, увы, ничего больше. Попытки сдвинуть сканер увеличением тока моторов не дали результатов, он так и остался в промежуточном положении. Часть научных задач PFS выполняется гиперспектрометром ИК-диапазона VIRTIS (Visible and Infrared Thermal Imaging Spectrometer), в научную команду которого вошли Л.В. Засова, Н.И. Игнатьев, А.В. Родин.



Участники эксперимента VIRTIS П. Дроссар, Дж. Пиччиони, Л. Засова и В. Мороз

По пути на Венеру прибор SPICAM не только сменил название на SPICAV (V for Venus), но и претерпел более существенные изменения. Изначально планировалось лишь расширить диапазон SPICAV-IR в сторону коротких длин волн и увеличить чувствительность для наблюдения Венеры в окнах прозрачности на ночной стороне. Для этого пришлось впервые использовать двухдиапазонный акустооптический фильтр (АОПФ), что на практике обернулось целым рядом проблем. Большую роль в подготовке ИК-канала сыграл Александр Киселёв. Но, главное, в прибор был добавлен совершенно новый канал. Концепция спектрометра высокого разрешения на основе дифракционной решётки Эшелле и акустооптического фильтра для селекции порядков дифракции была нами предложена и продемонстрирована в 1999–2000 годах.²⁴ При спектральной разрешающей силе 20 000...25 000 масса таких приборов не превышает 3...5 кг. Заслуга в продвижении дополнительного прибора на борт Venus Express всецело принадлежит Ж.-Л. Берто. К двухканальному SPICAV был добавлен «второй этаж», едва ли не больше первого. Ни у России, ни у Франции не нашлось возможности финансировать прибор, возникший столь

²⁴ Korablev O.I., Bertaux J.-L., Vinogradov I.I. Compact high-resolution IR spectrometer for atmospheric studies // Proc. SPIE. 2002. V. 4818. P. 272–281.

неожиданно (конец 2001 года). Более гибкой оказалась финансовая политика космического офиса Бельгии. В результате спектрометр был создан в основном силами Бельгийского института космической аэронауки и бельгийской промышленностью.²⁵ Россия внесла свой вклад не только в идею спектрометра, но и поставила для него АОПФ. Прибор был создан за рекордно короткий срок (~1,5 лет) при очень скромном бюджете и поставлен на борт, несмотря на яростное сопротивление завода (ASTRIUM в Тулузе). Оба технических руководителя, из Франции и Бельгии, пережили нервные срывы. С нашей стороны прибором много занимался И.И. Виноградов. Несмотря на полученный «за идею» статус Co-PI, лично я, к сожалению, многое упустил в этот период: в ИКИ была назначена «молодая» дирекция, я оказался заместителем директора и слишком переключился на эту новую сферу деятельности.

В итоге комплекс SPICAV-SOIR (Spectroscopy for the Investigation of the Characteristics of the Atmosphere of Venus — Solar Occultation in the InfraRed) на борту КА Venus Express состоит из трёх спектрометров: ультрафиолетового (копия SPICAM UV), инфракрасного акустооптического (650...1700 нм) SPICAV IR и эшелле-спектрометра SOIR (диапазон 2,2...4,3 мкм, разрешающая сила ~20 000).

КА Venus Express представляет собой искусственный спутник Венеры на вытянутой орбите с приборами для исследований атмосферы, климата и окружающего пространства планеты. Он был выведен на межпланетную траекторию при помощи РН «Союз» с разгонным блоком «Фрегат» с космодрома Байконур в октябре 2005 года, вышел на орбиту вокруг Венеры в апреле 2006 года. КА позволяет проводить мониторинг планеты из апоцентра, а также надирные, лимбовые и затменные наблюдения вблизи перицентра. После восьми лет успешной работы в 2014 году проект вступил в завершающую фазу: почти закончилось топливо, расходуемое при разгрузке силовых гироскопов. Сейчас научные измерения временно прекращены, КА входит в фазу аэроторможения, чтобы под конец жизни провести измерения на более низкой орбите.

Научные итоги миссии VENUS EXPRESS подводить, скорее всего, ещё рано. Отмечу некоторые яркие результаты, полученные нашими сотрудниками.

По спектрам высокого разрешения SOIR, позволяющим различить отдельные линии поглощения малых составляющих, были получены вертикальные профили концентрации отношения D/H в водяном паре²⁶,

²⁵ *Nevejans D., Neefs E., van Ransbeeck E., Berkenbosch S., Clairquin R., De Vos L., Moelans W., Glorieux S., Baeke A., Korablev O., Vinogradov I., Kalinnikov Y., Bach B., Dubois J.-P., Villard E.* Compact high-resolution spaceborne echelle grating spectrometer with acousto-optical tunable filter based order sorting for the infrared domain from 2.2 to 4.3 μm // *Applied Optics*. 2006. V. 45. P. 5191–5206.

²⁶ *Fedorova A., Korablev O., Vandaele A.-C., Bertaux J.-L., Belyaev D., Mahieux A., Neefs E., Wilquet W.V., Drummond R., Montmessin F., Villard E.* HDO and H₂O vertical distributions and isotopic ratio in the Venus mesosphere by Solar Occultation at Infra-red spectrometer on board Venus Express // *J. Geophysical Research*. 2009. V. 113. E00B22. doi: 10.1029/2008JE003146.

и таких малых составляющих как HCl, HF, CO в мезосфере Венеры.²⁷ Получилось, что отношение D/H в мезосфере, обогащение в ~250 раз по сравнению с Землёй, существенно больше, чем компромиссное значение ~150 по данным разных экспериментов для нижней атмосферы. В связи со сложностями в калибровках SOIR, борьба с этими данными продолжается, и не исключено, что значения D/H будут пересмотрены. По данным SPICAV-SOIR удалось измерить содержание и оценить профиль SO₂ и SO над облаками Венеры. Содержание SO₂ над облаками, где этот газ быстро диссоциирует, зависит от фотохимических реакций и вертикального перемешивания, поставляющего SO₂ из нижних слоёв атмосферы. Длительная серия измерений SO₂ со спутника Pioneer Venus показала медленное уменьшение содержания газа с 0,5 до 0,01 ppm (вековые вариации). Что-то подобное наблюдается и в данных Venus Express. Спектры SOIR в диапазоне 4 мкм использовались для измерения вертикальных профилей SO₂ на высотах 65...75 км, а спектры SPICAV в УФ — для и SO и SO₂ на высотах 90...100 км.²⁸ Эти результаты вызвали много дискуссий и уже спровоцировали новые подходы к моделированию фотохимии планеты.

По данным VIRTIS было открыто свечение гидроксила.²⁹ Две полосы OH, в районах 1,5 и 2,7 мкм, в спектрах VIRTIS обнаружила Л.В. Засова. На Земле это свечение ночного неба известно как полосы Мейнела. Теоретически предсказано, что гидроксил, продукт диссоциации воды, должен играть ключевую роль в восстановлении CO₂ атмосферы Марса, разрушаемой на дневной стороне солнечным УФ, но наблюдениями установлен лишь верхний предел.³⁰ Содержание воды в атмосфере Венеры очень мало, и обнаружение гидроксила было неожиданным. Это ведёт к изменению представлений о химических процессах с участием H, OH и O₃, проходящих в атмосфере. Также, по данным VIRTIS, детально исследовано свечение молекулярного кислорода на длине волны 1,27 мкм на ночной стороне Венеры. Оно возникает в результате рекомбинации атомов кислорода, образующихся на дневной стороне при фотоллизе CO₂ и CO. Атомы заносятся на ночную сторону в результате глобальной циркуляции в верхней мезосфере и термосфере Венеры. Газ поднимается в подсолнечной точке, переносится через терминаторы на ночную сторону и опускается в антисолнечной точке. Наблюдения позволяют исследовать и вертикальные профили свечения на лимбе, и его распределение

²⁷ Vandaele A.-C., De Maziere M.D., Drummond R., Mahieux A., Neefs E., Wilquet V., Korablev O., Fedorova A., Belyaev D., Montmessin F., Bertaux J.-L. Composition of the Venus mesosphere measured by SOIR on board Venus Express // J. Geophysical Research. 2008. V. 113. E00B23. doi: 10.1029/2008JE003140.

²⁸ Belyaev D., Korablev O., Fedorova A., Bertaux J.-L., Vandaele A.-C., Montmessin F., Mahieux A., Wilquet V., Drummond R. First observations of SO₂ above Venus' clouds by means of Solar Occultation in the Infrared // J. Geophysical Research. 2008. V. 113. E00B25. doi: 10.1029/2008JE003143.

²⁹ Piccioni G., Drossart P., Zasova L., Migliorini A., Gérard J.-C., Mills F.P., Shakun A., Muñoz A.G., Ignatiev N., Grassi D., Cottini V., Taylor F.W., Erard S., and the VIRTIS-Venus Express Technical Team. First detection of hydroxyl in the atmosphere of Venus // Astronomy Astrophysics. 2008. V. 483. P. L29–L33. doi: 10.1051/0004-6361:200809761.

³⁰ Краснопольский В.А., Крысько А.А., Рогачёв В.Н. Ультрафиолетовая фотометрия Марса на спутнике «Марс-5» // Космические исследования. 1977. Т. 15. Вып. 2. С. 255–260.

в наدير. Эмиссия очень неоднородна, как в пространстве, так и во времени. Свечение образует гигантские облака сложной структуры, что говорит о сложном и переменном характере циркуляции на высотах 80...100 км.³¹ По данным VIRTIS-H (канал VIRTIS высокого спектрального разрешения) под руководством Н. Игнатьева проведены измерения содержания водяного пара и высоты верхней границы облаков. Использовались полосы H_2O и CO_2 , расположенные на длине волны ~2,5 мкм. На данный момент эти измерения наиболее качественные, по точности и покрытию.³²

По эксперименту VMC из наших сотрудников работали Д. Беляев (на этапе калибровок), Н. Игнатьев, И. Хатунцев, М. Пацаева. Особого внимания заслуживает фундаментальная работа по исследованию динамики атмосферы Венеры на основе анализа видимых движений облаков.³³ Это прямой метод наблюдения. Были обработаны данные более чем за 10 венерианских лет, многие десятки тысяч измерений — ручным методом, и сотен тысяч — автоматическим методом. Получено пространственное и временное поведение зональной и меридиональной скорости ветра на уровне видимой поверхности облаков. Составляющая скорости ветра вдоль экватора (зональная компонента) 85...110 м/с, что согласуется с измерениями другими методами. Исследованы долго- и короткопериодические осцилляции скорости ветра. Накопленный массив данных таит в себе ещё много нового. Например, обнаружен долговременный тренд зональной компоненты — тоже намёк на необъяснимые пока вековые изменения.

Проекты MARS EXPRESS и VENUS EXPRESS позволили ядру отдела Мороза, двум спектроскопическим лабораториям, пережить тяжёлые времена и сохранить высокую планку, как в приборостроении, так и в анализе получаемых данных. При всей теперешней политике открытости, когда через полгода все данные становятся (или теоретически должны становиться) общим достоянием, всё-таки иметь «свои» данные — ключевое преимущество в космических исследованиях. Опубликованы более 100 статей в рейтинговых журналах, по проектам защищены кандидатские диссертации Д. Беляева, Н. Евдокимовой, И. Хатунцева, А. Шакуна, и одна докторская — Л.В. Засовой. С этих наработок, с этой кооперации

³¹ Piccioni G, Drossart P, Zasova L, Migliorini A, Gérard J.-C., Mills F.P., Shakun A., Muñoz A. G., Ignatiev N., Grassi D., Cottini V, Taylor F. W., Erard S., the VIRTIS-Venus Express Technical Team. First detection of hydroxyl in the atmosphere of Venus // *Astronomy Astrophysics*. 2008. V. 483. P. L29–L33. doi: 10.1051/0004-6361:200809761; Шакун А. В., Засова Л. В., Пиччиони Дж., Дроссар П., Миглиорини А. Исследование свечения кислорода $O(^1D_2)$ на ночной стороне Венеры по надириным данным эксперимента VIRTIS-M миссии «Венера-Экспресс» // *Космические исследования*. 2010. Т. 48. № 3. С. 239–245.

³² Cottini et al., 2011; Cottini V, Ignatiev N.I., Piccioni G., Drossart P., Grassi D., Markiewicz W. J. Water vapor near the cloud tops of Venus from Venus Express/VIRTIS day-side data // *Icarus*. 2012. V. 217. P. 561–569; Cottini et al., *Subm*. 2014.

³³ Khatuntsev I. V., Patsaeva M. V., Titov D. V., Ignatieva N. I., Turina A. V., Limaye S. S., Markiewicz W. J., Almeida M., Roatsch T., Moissl R. Cloud level winds from the Venus Express Monitoring Camera imaging // *Icarus*. 2013. V. 226. P. 140–158.

стартовали и большинство новых проектов, по которым идут работы отдела сейчас. Но прежде — ещё одна невесёлая страница.

3. ФОБОС-ГРУНТ

О проекте ФОБОС-ГРУНТ написано много, и я ограничусь, в основном, своими впечатлениями как участник проекта и как заведующий отделом, в котором делались многие приборы. Заранее прошу прощения за возможные неточности.

Мои впечатления о проекте начинаются с конца 1990-х годов, когда Василий Иванович, как заместитель председателя Секции Солнечной системы Совета по космосу (председателем был А. А. Галеев), занимался составлением списка научных приборов. Запуск тогда планировался на 2004 год. Нашим отделом были представлены три основные группы экспериментов: обширный комплекс для проведения исследований на поверхности Фобоса В. М. Линкина, предложенный на основе долгоживущей автономной станции (ДАС) проекта ФОБОС-88, ряд приборов для анализа вещества и оптический спектрометр для исследования атмосферы Марса. Последний эксперимент, акустооптический спектрометр АОСТ предложил я, как развитие прибора SPICAM/Mars Express. В сфере наших научных интересов также находилась камера для мониторинга Марса, разрабатываемая в отделе Г. А. Аванесова. Приведу в качестве исторической иллюстрации список приборов КА «Фобос-Грунт» 1999 года (Технические предложения — ТП). В дальнейшем он многократно корректировался и к 2011 году принял вид, представленный в правой графе таблицы.³⁴ Эти два списка не являются исчерпывающими: за 11 лет некоторые приборы успели возникнуть и исчезнуть. Как только ни называли этот состав приборов. «Компот», «новогодняя ёлка» — далеко не самые обидные прозвища. Справедливости ради надо отметить позитивную динамику от «вот что мы могли бы сделать» к целевому комплексу научной аппаратуры. Но всё же... Такого количества приборов невозможно себе представить ни на одном иностранном межпланетном космическом аппарате. А ведь многие из них на самом деле — комплексы, объединяющие совершенно разные приборы.

Научные приборы Фобос-Грунт: планы и реальность

Прибор по списку ТП 1999 года	Масса, кг	Прибор на борту КА в 2011 году	Масса, кг
ТВС, Телевизионная система, ГЕОХИ РАН	1	ТСНН, Телевизионная система навигации и наблюдения, Г. А. Аванесов, ИКИ РАН	8,8*

³⁴ Зелёный и др., 2011; Зелёный Л. М., Захаров А. В., Полищук Г. М., Мартынов М. Б. Проект экспедиции к Фобосу // *Астрономический вестник*. 2010. Т. 44. № 1. С. 17; Фобос-Грунт: Проект космической экспедиции: Научное издание. В 2-х т. М.: ФГУП «НПО им. С. А. Лавочкина» Роскосмоса; ИКИ РАН, 2011.

Прибор по списку ТП 1999 года	Масса, кг	Прибор на борту КА в 2011 году	Масса, кг
ТДА, Термический дифференциальный анализатор вещества, М. В. Герасимов, ИКИ РАН	0,35	Газохроматографический комплекс ТДА, ХМС, МАЛ-1Ф, М. В. Герасимов, ИКИ РАН, Л. П. Москалева ГЕОХИ РАН, Франция, Германия, Китай	11,75
Хроматомасс-спектрометр, ГЕОХИ РАН	4,7		
МАЛ-1Ф, Масс-спектрометр, В. А. Кочнев, ИКИ РАН	2		
АОСТ, Акустооптический спектрометр, О. И. Кораблёв, ИКИ РАН	3	АОСТ, Фурье-спектрометр, О. И. Кораблёв, ИКИ РАН	4,1
ТОР-1, Фотометр для детектирования пылевого тора Фобоса, Б. Е. Мошкин, ИКИ РАН	1,6	–	
Реголит, спектрометр теплового диапазона, Л. В. Ксанфомалити, ИКИ РАН, Ю. М. Гектин, РНИИ КП РКА	5	ТИММ2, Эшелле-спектрометр для исследования атмосферы Марса, О. И. Кораблев, ИКИ РАН	2,83
ДПР, Длинноволновый радар, Д. Я. Штерн, ИРЭ РАН	7	ДПР, Длинноволновый радар, Н. А. Арманд, ИРЭ РАН	7
Измеритель характеристик обратного рассеяния Марса в радиодиапазоне, О. Н. Ржигина, ИРЭ РАН, А. С. Селиванов, РНИИ КП РКА	5	–	
МАНАГА-Ф, Ионно-нейтральный масс-спектрометр, Г. Г. Манагадзе, ИКИ РАН	2,2	Без изменений	2,2
ЛАЗМА, Лазерный масс-спектрометр, Г. Г. Манагадзе, ИКИ РАН	2	Без изменений	2,6
РФХФ, Рука-манипулятор с приборами, В. М. Линкин, ИКИ РАН	3,5	Манипулятор-ГЗУ, устройство Chotik, О. Е. Козлов, ИКИ РАН, Польша	3,5
ПАНКАМ, Панорамная ТВ-камера, А. П. Экономов, ИКИ РАН	0,5	СТЗ, Система технического зрения: стереокамера, камера манипулятора, микроскоп, О. Е. Козлов, В. А. Котцов, ИКИ РАН, А. В. Бондаренко, ООО «Растр технологджи», Франция, Россия	1,6
		Микроскоп-спектрометр MICROMEGA, Ж.-П. Бибринг, Франция, В. А. Котцов, ИКИ РАН (после переноса проекта на 2011 год, часть СТЗ)	4,08
АПРС, Альфа-протонный рентгеновский спектрометр, В. М. Линкин, ИКИ РАН, Германия	0,3	МИМОС II, Мёссбауэровский спектрометр, Д. С. Родионов, ИКИ РАН, Германия (часть автономного комплекса, АК)	0,55
ГСФ, Сейсмометр, В. М. Линкин, ИКИ РАН	0,5	ГРАС-Ф Сейсмогравиметр, А. Б. Манукин, ИФЗ РАН (часть АК)	0,3

Прибор по списку ТП 1999 года	Масса, кг	Прибор на борту КА в 2011 году	Масса, кг
САИФ-3, Сейсмоакустический датчик, ГЕОХИ РАН	1	СЕЙСМО, О.Б. Хаврошкин, ИФЗ РАН (часть АК)	0,955
УСО, Стабильный генератор для доплеровских измерений, В. М. Линкин, ИКИ РАН	0,5	УСО1, Небесная механика, совместный эксперимент с китайским спутником, А. С. Косов, В. М. Готлиб, Т.К. Бреус, ИКИ РАН (часть АК)	0,65
Либрация, солнечный датчик для измерения координат Солнца, В. М. Линкин, ИКИ РАН	0,4	Либрация, солнечный датчик для измерения координат Солнца, В. М. Линкин, А. В. Липатов, ИКИ РАН (часть АК)	0,5
		СУАК, Система управления автономного комплекса, А. В. Липатов, ИКИ РАН	1,5
Луч, голографическая камера с возвратом носителя на Землю, Л. В. Ксанфомалити, ИКИ РАН, И. Н. Компанец, ФИАН	5	БИОФОБОС/АНАБИОЗ, Межпланетное путешествие бактерий, О. И. Орлов, ИМБП РАН, Планетное общество, США	0,021
ПИЛС, Плазменно-волновой прибор (?), ИКИ РАН	2,75	ФПМС, Плазменно-волновой прибор, А. А. Скальский, О. Л. Вайсберг, ИКИ РАН, С. Барабаш, Швеция	4,95
ЭРОС, Плазменный прибор М. И. Веригин, ИКИ РАН	3,5		
КДА-1, Комплекс диагностики атмосферы вокруг КА, Е. Н. Евланов, ИКИ РАН	2,4	–	
КДА-2, Комплекс диагностики плазмы вокруг КА, В. В. Афонин, ИКИ РАН	2,6	–	
Фотон-Ф, Гамма-спектрометр, ГЕОХИ РАН	6	ФОГС, Гамма-спектрометр, Л. П. Москалева, ГЕОХИ РАН	4,5
НЕЙТРОН-Ф, Нейтронный детектор, ГЕОХИ РАН	0,4	НС ХЕНД, Нейтронный и гамма-спектрометр, И. Г. Митрофанов, ИКИ РАН, Р. Шульц, ЕКА	3,8
		ЛЮЛИН-Ф, Радиационный мониторинг, В. М. Петров, ИМБП РАН, Болгария	0,5
ТЕРМОФОБ-07, Температура и теплофизические свойства грунта, ГЕОХИ РАН	0,25	ТЕРМОФОБ, Прямые исследования теплофизических свойств грунта, М. Я. Маров, ГЕОХИ РАН	0,3
ВПМС, Анализатор космической пыли, ГЕОХИ РАН	12	МЕТЕОР-Ф, Детектор космической пыли, В. В. Высочкин, ГЕОХИ РАН	3
СИОК НП, Система информационного обеспечения, И. Д. Скобкин, ИКИ РАН	5	СИОК, Г. А. Аванесов, ИКИ РАН	2,5
Всего 28 приборов и устройств	80,5	Всего 24 прибора и устройства	64,5

* ТССН считалась служебной системой и её масса не входила в КНА.

Очень незначительное финансирование, и вообще, «вязкое» начало, определило не слишком серьёзное отношение многих наших экспериментаторов к проекту, который развивался как-то без нас, в основном усилиями НПОЛ, а также ИПМ, ГЕОХИ. Как-то без нас возник и китайский субспутник, в результате была полностью изменена схема вывода КА, отказались от использования разгонного блока «Фрегат», как готового изделия и т.д. Эти решения, на мой взгляд, и лежат в корне катастрофы 2011 года.

Отношение В.И. к проекту эволюционировало: от энтузиазма в 1999 году до рекомендации «держаться от этого подальше» в конце жизни. Я не слушался. Мы получили множество проблем и с финансированием, и с комплексом научной аппаратуры (КНА): перегруженный, эклектический состав, неудобный и медленный интерфейс данных и пр. Первое серьёзное финансирование КНА, да и, по-моему, всего проекта, поступило в 2007 году. Запуск планировался в 2009. И начался аврал.

В 2004 (в разгар «метановой лихорадки») А. Григорьев уговорил меня отказаться от первоначальной концепции АОСТ (спектрометр УФ и ближнего ИК с возможностью солнечных затмений) в пользу малогабаритного фурье-спектрометра. Действительно, мониторинг суточных и других циклов атмосферы Марса в тепловом диапазоне с орбиты Фобоса был бы отличным дополнением аналогичных измерений на MGS и Mars Express. Предполагалось, что аппарат сядет на сторону Фобоса, обращённую к Марсу, и оптические приборы смогут по три раза в сутки сканировать экваториальные области планеты. Главное, в приборе предусматривалась возможность для наблюдения затмений, в частности для измерений метана на 3,3 кмк. Первоначальная концепция АОСТ этот спектральный диапазон не включала. Позже по техническим причинам место посадки было перенесено на внешнюю сторону Фобоса, и возможность работы по Марсу была ограничена несколькими месяцами до посадки. Тогда акцент прибора совсем переместился на солнечные затмения. От камеры мониторинга Марса отказались вообще.

Создание нового, полностью отличающегося от ПФС, фурье-спектрометра в условиях очень сильного ограничения по массе представляло большой вызов. Небольшое увеличение ресурса по массе выторговали за счёт отказа от фотометра TOP-1. Но этого было недостаточно. А.В. Григорьев предпринял героические усилия. Его подход состоял, да и состоит, в том, что все подсистемы прибора разрабатываются и изготавливаются в лоне лаборатории, дабы иметь возможность оперативно вносить необходимые изменения в конструкцию. Нельзя сказать, что я полностью разделяю эту убежденность. Такой лаборатории необходим полный набор инженеров и техников всех профилей. Собрать и поддерживать этот коллектив непросто, учитывая необходимый уровень квалификации и нерегулярное финансирование, присущее космическим проектам. Подбор специалистов, начатый в то время, всё ещё продолжается. Опытные ведущие по оптомеханике (Б.Е. Мошкин) и матобеспечению (Д. Пацаев) в лаборатории были, но с электроникой и процессорами дело обстояло значительно хуже. Два долгих года ушло на отработку процессора LEON, от которого в итоге пришлось отказаться. На ис-

питания измерительной схемы прибора и отладку его матобеспечения оставалось очень мало времени, завершить работы удалось лишь перед запуском в 2011 году. Главным итогом создания АОСТ остаётся сплочённая группа научных работников и инженеров и полученный ими опыт, что позволяет нам сейчас предлагать и строить новые фурье-спектрометры.

В проекте ФОБОС-ГРУНТ Италия претендовала на поставку ещё двух приборов. Один из них, ТИММ, для исследования тепловой инерции поверхности Фобоса, заменил предложенный Л.В. Ксанфомалити прибор «Реголит». Коллеги из РНИИ КП (теперь РКС) отказались от участия в нём по причине загруженности и, как мне кажется, технических трудностей реализации в России подобного прибора. Свои услуги предложили итальянцы (прибор ТИММ). Кооперацию для другого прибора, детектора низкоскоростной пыли для исследования пылевого тора Фобоса, А.В. Захаров искал несколько лет и нашёл также в Италии. Но дальше слов дело не пошло. Макеты приборов делались в ИКИ, но финансирование лётных образцов постоянно откладывалось. В последний момент Л.М. Зелёный получил твёрдые гарантии финансирования от Дж. Биньями, тогда директора Итальянского космического агентства ASI. Но тут в Италии сменилось правительство, и известный своими левыми взглядами Биньями был уволен кабинетом Берлускони. В итоге незадолго до планируемой даты старта в 2009 году оба итальянских прибора были исключены из состава аппаратуры. После переноса проекта на 2011 год А.В. Захаров и сотрудник нашего отдела Г.Г. Дольников приложили большие усилия для создания детектора пыли, прибора ДИАМОНД в России. Но довести его до установки на борт не удалось.

Вдохновлённые, или, скорее, уязвлённые результатами конкурса на научную аппаратуру спутника TGO проекта ExoMars (см. далее), Франк Монмессан из французской лаборатории LATMOS и я приняли решение использовать оставшуюся от ТИММ массу и поставить на борт ещё один прибор для детектирования метана на Марсе. Подтолкнули к этому и нешуточные трудности, с которыми в тот момент сталкивались разработчики АОСТ. Был использован принцип SOIR, спектрометра, в котором высокое спектральное разрешение получается в комбинации эшелле-спектрометра и акустооптического фильтра. Франция купила дорогие ИК-матрицы, а мы сделали всё остальное. НПОЛ пошло нам навстречу — хотя имя осталось прежним, место ТИММ на борту было уже занято, да и смотреть прибор должен был совсем в другую сторону. Для упрощения формальностей ТИММ-2 объявили французским, там же провели его испытания. Из-за ограничений по срокам пришлось максимально упростить прибор, использовать только готовые покупные детали, сферическую оптику. В спешке сожгли одну из матриц... Но в итоге прибор, один из дифракционных порядков которого был настроен на полосу метана в диапазоне 3,3 мкм, был собран, проверен, и летом 2011 года поставлен на борт КА. От момента принятия решения прошло 13 месяцев. Главный вклад в эту работу внёс А.Ю. Трохимовский.

После переноса запуска с 2009 на 2011 год КНА был дополнен ещё одним прибором. Ж.-П. Бибринг со свойственной ему настойчивостью уговорил

всех включить в состав системы технического зрения ещё один микроскоп, ИК-микроскоп-спектрометр. Ещё в середине 2000-х, отталкиваясь от аналогичного прибора на КА «Розетта», он предложил использовать для освещения образца монохроматическое ИК-излучение, полученное при помощи акустооптического фильтра. Мы взялись разрабатывать этот фильтр, причём французы, имея в виду будущие проекты, заложили очень широкий диапазон температур. Устройство должно было выдерживать температуру жидкого азота, а работать — при -150 °С. Фильтр широкого спектрального диапазона, да ещё с такими требованиями, не получился. Отдельные экземпляры работали, но добиться устойчивого результата не удалось. В итоге на «Фобос-Грунт» был установлен фильтр английского производства (безо всяких требований к температурному режиму), а маленький прибор Бибринга раздулся до здоровенной коробки массой больше четырёх килограммов. Каким-то образом О.Е. Козлов умудрился пристроить её в основание манипулятора и спрятать в общей массе манипуляторного комплекса. Прибор MICROMEGA неожиданно повлёк негативные последствия. Дело в том, что красноречивый Бибринг успел убедить КНЕС в важности проекта ФОБОС-ГРУНТ и получить для прибора заметное финансирование. После 2011 года эта реклама бумерангом ударила по всем инициативам французских коллег, желавшим работать с Россией.

За комплекс из нескольких небольших приборов, предназначенный для длительной работы на поверхности Фобоса, так называемый автономный комплекс, отвечала лаборатория В.М. Линкина. Автономность заключалась в использовании собственного блока электроники СУАК, который интегрировал многие функции измерительных каналов, за счёт чего эти каналы получались значительно проще и легче. Концепция автономности отрабатывалась группой В.М. Линкина начиная с проекта ФОБОС-88: долгоживущая автономная станция (ДАС), затем — малые станции проекта МАРС-96. В эпоху перестройки В.М. Линкин вёл, в кооперации с НПОЛ, ещё два проекта, в которых ИКИ, в его лице, фактически отвечал за разработку малых космических аппаратов. Это проекты СОЛНЕЧНЫЙ ПАРУС, разрабатывавшийся по заказу Планетного общества, а затем — проект METNET по заказу Финского метеорологического института. Проект Солнечный парус предусматривал вывод на низкую околоземную орбиту малого космического аппарата и демонстрацию развёртывания солнечного паруса. В сотрудничестве с инженерами СКБ ИКИ в Тарусе проект был трижды доведён до запуска. Два раза были проблемы с военной ракетой «Волна», один — отказ отделения КА. Проект METNET, разработка сети малых посадочных станций для развёртывания на поверхности Марса метеосети, развивался ещё менее успешно: вначале дружной кооперации ИКИ-ФМИ-НПОЛ возникли непонимание, обиды, фактически разработанный в ИКИ и СКБ ИКИ прототип малой станции был забыт. Была попытка установить две станции MetNet на КА Фобос, но к запуску 2009 года станции оказались не готовы. К 2011 о них уже не вспоминали. Опыт, полученный СКБ в проектах Линкина, очень пригодился им при создании спутника «Чибис».

Вначале в автономный комплекс Линкина на «Фобос-Грунт» входила и рука-манипулятор, на которой были расположены некоторые из приборов.

Главной задачей этого манипулятора было загружать грунт в приборы для анализа. НПОЛ разрабатывало собственный манипулятор, исключительно для доставки грунта в возвратную капсулу. Очень поздно, кажется в 2008, функции манипуляторов были объединены, ответственным за его разработку стал О.Е. Козлов, сотрудник НПОЛ, пришедший в ИКИ в лабораторию Линкина, сейчас — руководитель собственной группы в отделе Б.С. Новикова.

За время подготовки проекта часть приборов автономного комплекса переместилась в другие системы, часть — поменялась. Панорамную камеру (ПАНКАМ) заменила система технического зрения (СТЗ) манипулятора. Функции ПАНКАМ были возложены на камеру на манипуляторе, созданную ООО «Растр Технолоджи», малым предприятием под руководством А.В. Бондаренко, теперь подразделение ИКИ. Блок электроники СТЗ был также сделан этой фирмой. Для создания стереопары были использованы запасные камеры, оставшиеся от проекта РОЗЕТТА, поставленные Ж.-П. Бибрингом. В создании СТЗ большую роль сыграли О.Е. Козлов и В.А. Котцов.

С уходом на пенсию Р. Ридера, автора альфа-протонного рентгеновского спектрометра прибора АПРС или APXS, и с уходом из жизни Б.М. Андрейчикова, отвечавшего за сопровождение эксперимента в ИКИ, В.М. Линкин принял решение исключить прибор из состава комплекса. Остался другой немецкий прибор с радиоактивным источником, мессбауэровский спектрометр. Ключевой фигурой по этому эксперименту стал Д.С. Родионов, защитивший диссертацию по мессбауэровским спектрометрам в проекте Mars Exploration Rovers. Идея этого эксперимента российская (Е.Н. Евланов и его коллеги с физфака МГУ), а реализация — немецкая (институт Макса Планка в Майнце). На самом деле, в эксперименте на Роверах есть и материальный российский вклад (источники радиации, калибровки), но прибор не получил официального статуса проекта Роскосмоса, как приборы Mars Express, и остался в тени.

Сильно изменился облик прибора для анализа грунта Фобоса. После смерти Ю.А. Суркова ГЕОХИ не смог справиться со сложным хромато-масс-спектрометром. Ответственность за комплекс смело взял на себя М.В. Герасимов, ученик Л.М. Мухина. Его скромный прибор ТДА превратился в сложный механизм, состоящий из системы пробоподготовки, сделанной в сотрудничестве с Гонконгским университетом, нескольких пиролизических ячеек и других узлов. Газовый хроматограф для анализа газа, полученного в результате пиролиза, был выполнен в сотрудничестве с LATMOS и с Германией (Институт Макса Планка в Линдау), с группами, ранее сделавшими хроматограф на Гюйгенс, спускаемый аппарат на Титан. «Мозги» и электронику прибора сделали А.В. Степанов и Д.Ю. Титов, связка, проверенная в проектах MARS EXPRESS и VENUS EXPRESS. Комплекс был дополнен лазерным спектрометром для анализа изотопов водяного пара и углекислого газа, который сделал И.И. Виногорадов в СКБ в Тарусе, в кооперации с университетом Реймса. А вот масс-спектрометр комплекса, МАЛ-1Ф, наоборот, перешёл из ИКИ под ответственность ГЕОХИ. Сам масс-спектрометр был сделан в Рязанском РТИ.

Чем закончился проект ФОБОС-ГРУНТ — всем известно. Главным его итогом для ИКИ стало, по-моему, сохранение многообразия экспериментальных групп. Ведь участие в чужих проектах принимают далеко не все. Это очень пригодилось позже, с приходом лунной программы.

4. ДРУГИЕ ПРОЕКТЫ

BEPI COLOMBO

Типичный долгострой европейского масштаба — проект ЕКА и JAXA к Меркурию Bepi Colombo — почти ровесник ФОБОС-ГРУНТ. Ещё на начальном его этапе в НАСА успели подготовить и запустить в 2004 году конкурентную миссию Messenger. С неоптимальной орбиты, формирование которой началось с редких пролётов, КА Messenger успел снять почти все сливки с амбициозных научных задач Bepi Colombo. Тем не менее, богатый состав научной аппаратуры двух спутников Меркурия и удобные орбиты обещают ещё многое.

Для меня знакомство с проектом состоялось на политическом уровне. В начале 2000-х годов Марчелло Корadini из ЕКА многократно приезжал в Россию с идеей кооперации на уровне проекта. России предлагалось сделать посадочный аппарат на Меркурий, чтобы дополнить исследования на двух спутниках — европейском и японском. В 2002–2003 мы даже серьёзно обсуждали приборы посадочного аппарата на Меркурий. Но руководство Совета по космосу РАН методично отвергало эти предложения, ссылаясь на отсутствие денег в Федеральной космической программе (ФКП). Позже, в рамках Секции Солнечной системы под председательством Л. М. Зелёного, мы пытались вернуться к этому рассмотрению. Но, казалось, время было упущено: старт проекта намечался на 2012.

К моменту объявления конкурса на участие в научной аппаратуре нас позвали в проект сразу две группы. Толчком послужила успешная работа прибора OMEGA/Mars Express с российским сканером. Подвижные части в приборах всегда вызывают недоверие (вспомним PFS/Venus Express) и желание перепоручить их кому-то имеющему реальный опыт. Для изготовления сканера нас пригласил руководитель УФ-спектрометра Э. Шассофьер (Служба аэронауки). Очень скоро поступило и второе приглашение — от руководителя японского прибора на основе интерферометра Фабри-Перо для регистрации натриевой короны Меркурия. Оба предложения выиграли, и мы оказались участниками оптических экспериментов сразу на двух спутниках Меркурия, европейском MPO, и японском MMO. За техническую сторону дела взялся отвечать В. И. Гнедых, за организационную — В. А. Котцов. Не могу сказать, что мне быстро удалось преодолеть идиосинкразию к безатмосферным небесным телам. Помогли советы Л. М. Зелёного. Сейчас я несколько не жалею о том, что мы ввязались в долгоиграющую историю с Меркурием. Проект идёт больше 10 лет, но они не прошли даром. Благодаря ему, при содействии Н. Ф. Санько, нам все эти годы удалось сохранить прямое финансирование Роскосмоса, в том числе по идущим проектам MARS EXPRESS и VENUS

EXPRESS. Мы существенно расширили кооперацию, в том числе в России. Основной подрядчик работ по нашим приборам Вері Colombo П.П. Моисеев (НПП «Астрон-Электроника») сейчас вовлечён в работы половины отделов института. Мы приобрели опыт прямой работы с ЕКА и опыт изготовления радиационно стойкой аппаратуры. Старт проекта намечен на 2016 год.

МКС И ГЕОФИЗИКА

Программа научных исследований на МКС составлялась в 1996 году. Началось всё со своего рода НИР, которая, по-моему, финансировалась, может быть, частично, за счёт НАСА. В те годы участие НАСА в МКС обеспечивало финансирование многих работ. От ИКИ в 256 (!) отобранных экспериментов попали несколько проектов, в том числе нечто подобное строчкам КДА-1 и КДА-2 в таблице предложений по ФОБОСУ. Из КДА-2 (Комплекс диагностики плазмы вокруг КА) потом выросла ОБСТАНОВКА, проводимая сейчас на МКС по руководством С.И. Климова. Но главным проектом секции А.А. Галеева стал ПЛАНЕТНЫЙ МОНИТОРИНГ: проект 40-см телескопа для мониторинга «переменных явлений на планетах Солнечной системы». Его предложил О.Ф. Прилуцкий, под впечатлением столкновения кометы Шумейкера-Леви с Юпитером в 1994, а научным руководителем стал В.И. Мороз. К 1998 году проект перешёл в фазу ОКР. Техническое руководство взял на себя В.И. Гнедых, и в какой-то момент, по просьбе Василия Ивановича, я стал научным руководителем. Масса телескопа получилась ~150 кг, а всего комплекса — 250 кг, обнаружилось много технических проблем. Вместе с массой выросла и цена. Нам предложили искать международную кооперацию, и я честно пытался это делать в Германии, Франции и Италии. Но желающих не находилось: как раз был объявлен конкурс ЕКА на научные эксперименты для европейского сегмента МКС. В результате проект постепенно затух, хотя и не был исключён из программы. С приходом в отдел А.В. Таврова проект небольшого телескопа возрождается. Предполагается, что такой телескоп можно будет использовать не только для наблюдений планет Солнечной системы, но и для испытания новой методики непосредственного наблюдения планет у других звёзд. Со временем мы надеемся перевести эксперимент на свободно летающий аппарат, запускаемый с использованием инфраструктуры МКС, подобно тому, как был запущен спутник «Чибис».

С МКС связан и наш первый опыт в исследованиях атмосферы Земли. Тут я нарушил традиции астрономической школы Василия Ивановича «не размениваться» на собственно геофизические исследования, не связанные с планетами. Но у меня перед глазами были примеры моего первого руководителя В.А. Краснопольского, с его геофизическим прошлым, моих французских и бельгийских коллег, с одинаковым интересом относящихся к атмосферам и Земли и планет. Я обратил внимание, что так же обстоят дела во многих успешных экспериментальных группах, даже в США при их сильнейшей внутренней конкуренции в науке. Ещё угнетало отсутствие у нас собственного проекта, за свои, российские деньги, что, конечно же, было связано с недостатком этих самых денег. После того как «наш» SOIR был сделан в Бельгии, я сообразил, что подобный

прибор в более «удобном» диапазоне ближнего ИК будет поменьше и, главное, подешевле. Такой прибор мог быть использован для измерения парниковых газов, углекислого газа и метана, в атмосфере Земли. Представлялось, что главная проблема точности измерений — достижение высокого спектрального разрешения, и для этого схема SOIR подходит идеально. Мы получили на проработку грант РФФИ, и параллельно предложили эксперимент на борт МКС. Чтобы всё было проще и быстрее, решили сделать портативный прибор, которым бы космонавты могли проводить измерения через иллюминаторы. Прибор РУСАЛКА (РУ отвечает за «ручной») был создан в СКБ в Тарусе под контролем И. И. Виноградова, завершающую часть работ и проведение эксперимента на МКС взял на себя А. Ю. Трохимовский. Несмотря на кажущуюся простоту, прибор создавался долго: первоначальная идея заменить акустооптический фильтр набором сменных интерференционных фильтров у Иманта не получилась: хорошие фильтры оказались дороговаты (сейчас смешно вспоминать), и пришлось возвращаться к акустооптике. Прибор был доставлен на борт в 2009 и измерения проводились почти три года. В «ручном» режиме удалось получить не так много данных, как хотелось бы, и совсем немного спектров, пригодных для интерпретации. Необходимо выбрасывать данные над морем, данные, испорченные облачностью. С маленькой РУСАЛКОЙ пришлось делать длинные экспозиции, и за это время в поле зрения часто попадали облака. К тому же, управление АОФ оказалось «с дефектом», что осложнило интерпретацию. Результаты РУСАЛКИ имели бы, тем не менее, большой методический интерес, если бы мы не возились так долго с подготовкой аппаратуры. Чуть раньше, чем РУСАЛКА, на орбиту был выведен японский спутник GOSAT с чудесным фурье-спектрометром (канадской фирмы ABB-Votem) на борту. Вся миссия посвящена парниковым газам. При неплохом, в итоге, качестве данных РУСАЛКИ о конкуренции с систематическим покрытием GOSAT говорить не приходится. Соответствующие выводы для себя мы сделали, и недавно начались работы по спектроскопическому комплексу ДРИАДА. В нём в полной мере учтены наработки и проблемы РУСАЛКИ. Прибор этот (тоже для МКС) уже не мал и не дешёв, но теперь мы уверены, что он сможет составить достойную конкуренцию GOSAT и проектам НАСА (OCO).

Другой проект, в котором мы обратились к исследованию родной планеты, — программа ГЕОФИЗИКА. Не знаю, насколько актуальны и перспективны исследования ионосферы Земли, в частности, реакция ионосферы на воздействие американских нагревных стендов — основная идея этой федеральной целевой программы. Нам досталось участвовать в создании приборов для решения двух частных задач: измерения полного содержания озона и наблюдений полярных сияний. Обе эти разработки для УФ-диапазона излучения. Прибор с незатейливым названием «Озонометр» делается под руководством Ю. Доброленского, в кооперации ИКИ-«Астрон-Электроника»-ИТМО. В основе озонометра — классическая схема роуландовского спектрометра. Авровизор — УФ-камеру для наблюдения полярных сияний из космоса под названием «Летичия» — курирует А. Кузьмин из бывшей лаборатории Ю. И. Гальперина, а за изготовление взялись А. Григорьев и Ю. Никольский. Но по мере нарастания неразберихи и задержек финансирования, свойственных проекту ГЕОФИЗИКА в целом, их терпение лопнуло, и пришлось передать разработ-

ку этой камеры безотказному «Астрон-Электроника». Сейчас ситуация с проектом неясна. Остаётся надеяться, что будет запущена хотя бы часть из пяти планируемых спутников.

ЛУНА

Проекты ЛУНА-ГЛОБ и ЛУНА-РЕСУРС стали главными национальными проектами в области планетных исследований сравнительно недавно. Их предыстория сложна и извилиста, немаловажную роль в ней сыграло загадочное соглашение с индийским космическим агентством. Наш отдел столкнулся с серией проектов, состоящих из двух посадочных аппаратов и одного орбитального, в 2010 году, когда научное руководство ими перешло в ИКИ и был объявлен конкурс на научную аппаратуру. Только что были опубликованы результаты спектрального картирования на индийском спутнике «Чандраян»³⁵, говорящие о возможной гидратации значительной части поверхности Луны. О том же свидетельствовали предварительные результаты эксперимента Игоря Митрофанова LEND на американском спутнике Lunar Reconnaissance Orbiter. Было принято решение сделать главный акцент программы на исследования летучих компонентов лунного реголита и планировать посадки в полярных областях.

Для приборов посадочных аппаратов пригодились заделы ФОБОС-ГРУНТ: наш отдел предложил хромато-масс-спектрометр (М.В. Герасимов), многозональную панорамную камеру (А.В. Липатов и А.П. Экономов), Г. Дольников стал ведущим по детектору пыли. Идею использовать ИК-спектрометр на поверхности для проверки данных Карле Питерс в окрестности места посадки предложил нам А.Т. Базилевский. Мы решили сделать прибор ЛИС на основе СПИКАМ-ИК, с расширенным спектральным диапазоном. За прибор отвечает Андрей Иванов. Соответствующие акустооптические фильтры мы уже пробовали при разработке MICROMEGA.

Орбитальный аппарат пришёл в ИКИ уже обременённым большим комплексом научной аппаратуры. Мы предложили использовать запасной прибор PNEBUS (УФ-спектрометр для проекта Veri Colombo) для исследования экзосферы Луны. Другой важный прибор — фурье-спектрометр, для картирования гидратации в «полосе Карле Питерс» и других исследований. Вначале как прототип планировался прибор АОСТ/Фобос-Грунт, теперь предполагается использовать новую разработку — один из каналов комплекса ACS/ЭкзоМарс (см. далее). Очень хотелось бы дополнить комплекс приборов фотометром на линию лайман-альфа для исследования водородной короны Земли. Мы несколько раз предлагали такой прибор с Владом Измоденовым, и сейчас, кажется, найдена хорошая кооперация. Но мешает неопределённость: работы по орбитальному лунному аппарату приостановлены, и его дальнейшая судьба не совсем ясна.

³⁵ *Pieters C. M., Goswami J. N., Clark R. N., Annadurai M., Boardman J., Buratti B., Combe J.-P., Dyar M. D., Green R., Head J. W., Hibbitts C., Hicks M., Isaacson P., Klima R., Kramer G., Kumar S., Livo E., Lundeen S., Malaret E., McCord T., Mustard J., Nettles J., Petro N., Runyon C., Staid M., Sunshine J., Taylor L. A., Tompkins S., Varanasi P.* Character and Spatial Distribution of OH/H₂O on the Surface of the Moon Seen by M3 on Chandrayaan-1 // *Science*. 2009. P. 568–572. doi: 10.1126/science.1178658.

Пока я не замечаю ни у себя, ни у наших сотрудников, за исключением, может быть, Михаила Герасимова, особой нежности к исследованиям Луны. Научную команду ЛИС, например, приходится собирать по разным организациям и разным странам. Но, как и в случае с ФОБОС-ГРУНТ, участие в проекте помогает поддерживать и развивать экспериментальные группы. Надеюсь, научный интерес всё же появится, ближе к выходу проектов на финишную прямую.

5. ЭКЗОМАРС

Проект ЭКЗОМАРС (EхоMars; под “ехо” подразумевается экзобиология, а в итоге звучит странновато) планировался ЕКА уже очень давно, как развитие американских Mars Exploration Rovers (2003). Хорошо помню, что идеи задач для небольшого марсохода ЕКА начало собирать в 2003 году. Мы тогда подали предложение по атмосферному лазерному спектрометру, которое, естественно, было отвергнуто на первом же этапе. Отличительной особенностью ровера Pasteur с самого начала была концепция бурового устройства для забора проб с глубины, на которую не проникает стерилизующее космическое излучение. Основные приборы предназначены для анализа вещества кернов, в их число вошли и два американских устройства чисто биологической направленности. Осознав положение, мы некоторое время воспринимали проект как аналог «Розетты». В 1990-е годы В.И. был очень обижен, что русских туда не позвали вообще. Но с ЭКЗОМАРС ситуация оказалась лучше, были приглашены несколько российских со-исследователей, планировалось даже наше участие в двух приборах. Один из них — миниатюрный фурье-спектрометр MIMA для наблюдений как атмосферы, так и поверхности — был предложен Л.В. Засовой и «начерно» спроектирован для итальянцев Б.Е. Мошкиным. Дж. Беллуччи получил от ЕКА целевое финансирование, и прототип прибора был сделан итальянской промышленностью. Засова заслужила статус Co-PI. Не правда ли, напоминает SOIR? К сожалению, MIMA не перенесла многочисленных сокращений, и не вошла в состав аппаратуры ни ровера, ни планировавшейся одно время неподвижной станции GER. О другом приборе — MICROMEGA — я уже рассказывал. На уровне агентств, на встречах ЕКА и Роскосмоса, несколько раз вставал вопрос об использовании «Протона» для запуска «ЭкзоМарса». Потом всякий раз выяснялось, что это — опция, запасной вариант, на чём и расставались. Всё же, в 2008 году было подписано межагентское соглашение о сотрудничестве в проектах ФОБОС-ГРУНТ (ЕКА обещало приём данных на свои станции) и ЭКЗОМАРС (Роскосмос обещал «Протон» как запасной вариант запуска и радиоизотопные источники тепла для марсохода).

Ситуация изменилась в 2009 году, когда усилиями директоров ЕКА Д. Саузвуда и М. Корadini проект был переформатирован из чисто европейского в совместный проект ЕКА и НАСА. При этом в проект был добавлен американский спутник Mars Science Orbiter, основной задачей которого были атмосферные исследования и поиск метана. Были запланированы два запуска (оба — американскими носителями) в 2016 году — атмосферный спутник Trace Gas Orbiter (TGO) и европейский «демонстратор посадки» (EDM), а в 2018 — сам марсоход. В 2016 году европейская про-

мышленность должна была сделать спутник, в 2018 — НАСА организовать посадку марсохода. Приборы марсохода были уже и так поделены между ЕКА и НАСА, осталось объявить конкурс на научную аппаратуру TGO. Основные задачи спутника — состав атмосферы и климат, и американские фавориты были известны заранее: фурье-спектрометр для солнечных затмений MATMOS (детектирование малых составляющих в солнечных затмениях) и лимбовый радиометр, аналог MCS/MRO (мониторинг климатических циклов). В ранней версии этого прибора (PMIRR) участвовал В.И. Мороз (см. его статью). Осталось предложить что-то дополнительное, например — картирование метана в надир. Мы начали работать над предложением в сложившейся кооперации Бельгия – Франция – Россия. Из Франции, помимо LATMOS, участвовала лаборатория LESIA из Медонской обсерватории. Я очень радовался, впервые Медон, с которым очень много связано у Василия Ивановича, сотрудничал с LATMOS (бывший Service d'Aeronomie), где работали все мои друзья. Ранее такого не случалось, по-моему, из-за кардинального различия политических взглядов у старшего поколения учёных. Мы предложили прибор из трёх спектральных каналов, один из них бельгийский, копия SOIR/Venus Express, должен был дублировать MATMOS в важном диапазоне, второй, французский — на основе скрещённой дисперсии — для картирования метана. Я предложил версию РУСАЛКИ как развитие SPICAM-IR/Mars Express. Но после месяца нервной работы произошёл раскол — бельгийский космический офис (BELSPO) настаивал на использовании двух почти одинаковых (и бельгийских) SOIRов, одного для затмений, а другого, охлаждаемого, для картирования метана в надир. Наш прибор явно стал предметом национальной гордости... Нам оставалась РУСАЛКА, французам — электронный блок. Такой вариант совершенно не устроил французов, и они приняли решение делать отдельное предложение. На следующий день бельгийский PI ненавязчиво предложил мне к ним присоединиться. Обидно, но мы вздохнули с облегчением: бельгийское лидерство отлично описывает реплика Вицина в «Кавказкой пленнице»: «волюнтаризм!..» Результаты конкурса нас сильно разочаровали: несмотря на явное техническое превосходство франко-российского прибора и формальный рейтинг, победил бельгийский NOMAD. Говорят, помогла беседа астронавта Дирка Фримута с астронавтом Чарльзом Болденом. Вот бы нам лоббировать, как эти маленькие страны!

А проект развивался дальше. Оказалось, что НАСА не устраивает посадка в 2018 году лишь европейского марсохода, и возник второй, американский марсоход (прообраз нынешнего 2020). Туда сразу переместились все американские приборы, ранее планировавшиеся для ровера Pasteur. Сразу возникли подозрения, что добром это не кончится. И действительно, осенью 2011 года после обнародования бюджетных проблем, связанных с задержками и перерасходом по телескопу Дж. Вебба, было объявлено о закрытии НАСА крупных международных проектов: ЭКЗОМАРСА и EJSM, совместной миссии с ЕКА по исследованию системы Юпитера.

Тут в ЕКА вспомнили о соглашении ФОБОС-ЭКЗОМАРС. Возник вопрос, не может ли Россия предоставить «Протон» для запуска «ЭкзоМарса» в 2016 году в обмен на глубокое участие в проекте. После аварии Фобоса, такой «консервативный» вариант очень понравился руководству Ро-

космоса, и мы получили команду подготовить предложения по российскому участию. Положение усложнялось тем, что НАСА отказалось дать носитель, но не отступалось от своих приборов. По результатам конкурса на борту TGO были четыре американских прибора плюс бельгийский NOMAD. Мы провели несколько заседаний Секции Совета по космосу, и сформировали список главных приоритетов:

- одна-две малые станции типа MetNet;
- спектроскопический прибор для исследования состава атмосферы и климата, (условно) дополняющий NOMAD, MATMOS и EMCS, на основе разработок для ФОБОС-ГРУНТ, в дальнейшем названный ACS;
- коллимированный нейтронный детектор для картирования гидратации грунта Марса, на основе прибора И.Г. Митрофанова LEND/LRO, в дальнейшем названный FRENД.

Решающая встреча в штаб-квартире ЕКА была назначена на декабрь 2011 года. Однако перед этим на совещании в Роскосмосе было принято, на первый взгляд, неожиданное решение: твёрдое «нет» малым станциям. Возобладал груз аварии Фобоса: главным критерием выбора стала минимизация рисков. В итоге в Париж мы поехали с двумя приборами, общей массой около 70 кг, приблизительно половиной полезной нагрузки TGO. В совещании принимала участие и представительная делегация НАСА. Фаворитом европейских партнёров были малые станции. Они и слышать ничего не хотели о «дублирующем» атмосферном приборе (думаю, не без влияния бельгийской делегации). Коллеги из НАСА, напротив, обстоятельно аргументировали, как удачно наш прибор дополняет все остальные приборы НАСА и ЕКА... В итоге, благодаря жёсткой позиции Роскосмоса (А.Е. Шилов дал нам карт-бланш, вёл переговоры Г.Г. Райкунов), были приняты наши условия: 50 % научной нагрузки TGO, два российских прибора. Я с облегчением поделился успехом с французскими друзьями, а Геннадий Геннадиевич закатил шикарный ужин...

Дальше представители НАСА стали исчезать с телеконференций, а под Рождество было объявлено об их полном, вместе со всеми приборами, уходе из проекта. Замечательно, что меньше чем через год возник марсоход-2020 (MSL-2020). Бюджетные трудности были не причём: НАСА просто не нужны международные проекты.

С уходом американцев встал вопрос и об изготовлении в России камер, широкоугольной камеры — для мониторинга, и узкоугольной — для поддержки миссии марсохода. Но желающих взять на себя такую ответственность не нашлось. В начале 2012, на встречах в ESTEC и в подмосковном Королёве, определился уровень участия России в демонстраторе EDM, ряд приборов и радиоизотопный источник энергии, продлевающий жизнь EDM и превращающий его в полноценную метеостанцию, а также в миссии 2018 года: совместная посадка, российская стационарная платформа с приборами, два российских прибора на европейском марсоходе. Вскоре В.А. Поповкин положительно решил вопрос и о втором «Протоне», для запуска 2018. Началась долгая работа по согласованию и техническим проработкам. К сожалению, не удалось сохранить российское участие в EDM, по неясным для нас причинам Роскосмос решил

полностью выйти из этой части проекта. Финансирование российских приборов (из страховых средств ФОБОС-ГРУНТ) началось уже в феврале 2013, а в марте было подписано межагентское соглашение.

Я убеждён, что ЭКЗОМАРС и подобные ему совместные проекты должны стать стратегической линией нашей планетной программы. Надеюсь, недавние изменения внешнеполитической ситуации не скажутся на проекте негативно. Сейчас работы по приборам ACS и ISEM (спектрометр на мачте марсохода) — основная активность спектроскопического «ядра» отдела. Они основаны на наших прошлых разработках и продолжают генеральную научную линию Василия Ивановича. Проект КНА для посадочной платформы по масштабам и по значению, для отдела и для всего ИКИ, приближается к проекту ФОБОС-ГРУНТ. Надеемся, там хватит места и метеостанции, и новому варианту спектрометра MIMA, и разработкам на основе лазерной спектроскопии. Но об этом пока рано говорить, слишком много изменений происходит прямо сейчас.

6. БУДУЩИЕ ПРОЕКТЫ

ВЕНЕРА-Д

Первая попытка спроектировать долгоживущую станцию на поверхности Венеры, если я не ошибаюсь, относится к 1980-м годам. Мне кажется, что идеологами проекта были В.И. Мороз и В.Н. Жарков. После успешных, но кратковременных посадок на поверхность Венеры хотелось исследовать длительные атмосферные циклы и внутреннее строение планеты (сейсмометрия). И то и другое требует времени, выживания приборов и передатчика при температуре 475 °С и давлении 92 атм. Охлаждение аппарата технически представимо, но потребовало бы гигантского по масштабам проекта, с атомным реактором в качестве источника энергии. Работа аппаратуры при высокой температуре тоже вроде бы возможна, но необходима разработка новых технологий (или восстановление старых, например радиоламп). Развитие технологий в наши дни несопоставимо с финансированием космических проектов. Научный космос — не двигатель, а потребитель технологий.

Я смутно припоминаю заседание Секции Совета по космосу, которое вёл В.И. и где ещё обсуждалась «Венера-Д» как долгоживущая станция. Но вскоре он сам сформулировал главную идею: новая посадка на Венеру после ВЕГА-1, -2 нужна, и её ценность в том, что можно использовать для измерений на спуске и на поверхности приборы нового поколения. Иными словами, нужно повторить посадку «традиционного» большого десантного аппарата со временем жизни на поверхности 1...2 часа, например, «Венера-13, -14», но с новыми приборами на борту. Такой проект был естественным дополнением к VENUS EXPRESS. Но наше научное сообщество не терпит простоты, и вскоре проект оброс дополнениями: захотелось сделать спутник, для продолжения исследований Venus Express, «флотилию» аэростатных зондов, дроп-зонды... Главной движущей силой проекта стала Л.В. Засова. В 2005 году при участии Н.Ф. Санько проект появился в ФКП 2006–2016, с ориентировочной датой старта

в 2016, и началась НИР. Идея собственно долгоживущей станции обсуждалась ещё некоторое время. А. П. Экономов предложил охлаждение станции с расхождением рабочего тела (воды). Теоретически, аппарат массой примерно 500 кг мог бы прожить до месяца. Анимация, в которой выходящий из аппарата пар ещё и вращал турбину, и вырабатывал электричество, имела неизменных успех на конференциях. Но такая тяжёлая долгоживущая станция фактически исключала главный десантный аппарат, и от идеи отказались. В 2008 году мы договорились с европейскими коллегами, и ВЕНЕРА-Д выступила совместно с конкурсным проектом «среднего класса» EVE (European Venus Explorer). Конкурс мы не выиграли. Обсуждается сотрудничество с Китаем, начались бы контакты с американскими партнёрами, но тут произошло присоединение Крыма. Сейчас по проекту продолжается НИР, дата запуска неясна. Современный облик проекта включает спутник Венеры на круговой орбите, субспутник для исследования диссипации атмосферы, посадочный аппарат и 100-килограммовую станцию со временем жизни около земных суток.

Предполагается, что в новой ФКП 2016–2025 начнётся перспективная ОКР общего назначения, в рамках которой будут конкурировать перспективные проекты, например, ВЕНЕРА-Д и проект в систему Юпитера (см. ниже). Результаты эскизных проектов можно будет сравнить, и дальше будет финансироваться проект с большей степенью технологической готовности. Хорошая идея, особенно если проработку отдать конкурирующим предприятиям. Но, увы, у нас только одно предприятие. Положение с Венерой осложняется тем, что испытательные установки в НПОЛ, имитирующие условия посадки (высокие температуры и давления) перестройку не пережили. Сохранились лишь здания. А жаль, исследования Венеры всегда нам удавались, технически проект, если оставить его главные элементы, вполне реализуем, после VENUS EXPRESS очень популярен в научном сообществе. Как бы в НАСА не взялись за дело раньше нас...

СИСТЕМА ЮПИТЕРА

Вовлечением в эту новую для России область Солнечной системы мы всецело обязаны Л. М. Зелёному. Началось всё с конкурсного предложения в ЕКА проекта «большого класса» под названием ЛАПЛАС. Вместе с М. Б. Мартыновым из НПОЛ они предложили дополнить европейский космический аппарат для дистанционных исследований Юпитера и Европы посадкой на поверхность Европы. Я не буду подробно пересказывать, чем Европа интересна с научной точки зрения: толщина льда неизвестна, под ним океан жидкой солёной воды, минеральное дно, возможность существования изолированной экосистемы, возможно, вода время от времени выходит на поверхность... Мы создали в России инициативную группу, в 2009 году провели в ИКИ специальную международную конференцию, на которую приехала масса народу, и начали НИР. Технические сложности проекта пугали, но казались разрешимыми. Европейский ЛАПЛАС выиграл конкурс, и был сформирован трёхсторонний международный проект EJSM (Europe Jupiter System Mission): европейский аппарат для исследования Юпитера и Ганимеда, американский спутник Европы и российский посадочный аппарат на Европу. Каждый из элементов за-

пуксался своим носителем, таким образом, казалось, обеспечивалась его устойчивость к возможным изменениям и задержкам у партнёров. В том же русле, в нашем проекте появился собственный спутник для ретрансляции данных посадочного аппарата.

Изменения не заставили себя ждать: в 2011 НАСА аннулировало своё участие в EJSM, как это произошло и с ЭКЗОМАРСОМ. Европейцы быстро переделали свою часть в автономный проект, сосредоточенный на исследованиях Ганимеда, Европе уделяется лишь два пролёта. Дело в том, что при каждом приближении к Юпитеру резко возрастает радиационная нагрузка на КА. По оценкам европейцев, во время двух сближений с Европой набирается такая же доза облучения, как за всю многолетнюю миссию. Это было понятно и нам: коллеги из НИИЯФ и ИПМ научились очень точно моделировать и интегрировать дозы, с учётом экранирования Европой и других деталей. Хотя из-за экранирования доза на поверхности (в зависимости от места) получается существенно меньше, посадка и ретрансляция данных с Европы всё же мало сопоставима с нашим уровнем развития радиоэлектроники. Эти соображения и «командный дух» повлекли переориентацию и у нас. В 2012 году, уже с несколько меньшим успехом, мы провели конференцию, посвящённую Ганимеду. Выяснилось, что Ганимед — тоже очень интересное небесное тело, правда, технически более сложное для посадки. Его поверхность мало изучена, но ясно, что она очень неровная. Необходимо детальное картирование, а его европейский JUICE обеспечит лишь в конце миссии, где-то к 2030 году. Можно не торопиться.

Открытие в самом конце 2013 года выбросов водяного пара на Европе телескопом Хаббла вновь переворачивает приоритеты. Не надо садиться на спутник и бурить лёд в эфемерной надежде обнаружить глубинный материал в случайном месте. Время от времени природа сама выбрасывает свежую воду на сотни километров. Попасть в такой выброс и провести контактные измерения — вопрос везения, и — времени жизни спутника. Развивается новый американский проект Clipper, предусматривающий несколько десятков пролётов Европы. И нам есть чем заняться в продолжение НИР.

Отдельный вопрос — участие в научных исследованиях JUICE. Сосредоточившись на своём посадочном, мы не уделили достаточно внимания конкурсу. В продолжение PHEBUS/Veri Colombo мы с французами подавали предложение на спектрометр жёсткого УФ-диапазона, но победил американский прибор. Было участие в ИК-спектрометре на принципе SOIR для солнечных затмений Юпитера. Прибор был предложен как дополнительный канал картирующего спектрометра MAJIS П. Дроссаром (LESIA). Мы предлагали этот метод ещё в 2009 году, но тогда Пьер, руководивший рабочей группой по атмосфере Юпитера, его почему-то не поддержал. Но и предложение LESIA было отвергнуто новым руководителем MAJIS И. Ланжевенном. В итоге в списке выбранных приборов не оказалось ни одного российского участия.

Но недавно к нам обратился за помощью PI микроволнового спектрометра SWI Пауль Хартог. Для прибора SWI необходимо создать приёмник

диапазона 1,2 ТГц, в научном отношении наиболее интересный канал прибора. За его изготовление отвечали коллеги из JPL, но НАСА это участие аннулировало. Знакомая история... Субмиллиметры — новый и очень перспективный диапазон в атмосферных исследованиях планет. Использование техники супергетеродинного приёма позволяет различить контур отдельных линий атмосферных газов и почти по каждой линии судить о профиле температуры, давления, содержания. Идеальный инструмент для детектирования выбросов воды на Европе. Приборы эти достаточно громоздки и очень дороги, их создание возможно лишь усилиями нескольких групп в разных странах. В планетных проектах пока известен лишь один пример — спектрометр MIRO/Rosetta. Претендовать на участие в таком приборе позволяют новые связи, сотрудничество, которое ведёт А.В. Родин с лабораторией Г.Н. Гольцмана из МГПИ.

БУМЕРАНГ

Планы по дальнейшему сотрудничеству с ЕКА формально закреплены в соглашении по ЭКЗОМАРСУ. Наиболее продвинулась проработка миссии по возврату грунта с Фобоса: для нас это — повтор программы ФОБОС-ГРУНТ. В качестве кандидата на совместный проект рассматривалась и сеть малых станций, но — как обычно — сетевая миссия проиграла. Сейчас идёт совместная проработка облика миссии, разделение ответственности. За основу сотрудничества взят принцип ЭКЗОМАРС в 2018 году. Предполагается, что в плане научных приборов проект станет существенно проще, чем ФОБОС-ГРУНТ, будет взят минимум приборов, используемых, в основном, для выбора и дистанционной оценки места посадки. Проект ещё не имеет официального названия, не слишком удачное БУМЕРАНГ взято от нашей НИР, в ЕКА было название Phootprint.

Думаю, совместные с ЕКА проекты, как возврат грунта с Фобоса, так и в рамках лунной программы, наиболее перспективны. В ЕКА проекты тоже часто затягиваются. Но, как показывает пример ФОБОС-ГРУНТ, лучше затянуть, чем недоиспытать.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ: ОТДЕЛ ФИЗИКИ ПЛАНЕТ

В этом году мы будем праздновать 40-летие отдела, созданного В.И. Морозом в ИКИ в 1974. За 10 лет отдел разросся почти в два раза. Управляться с таким коллективом было бы невозможно без заместителя, незаменимого Славы Жегулёва.

Наибольшее число людей работает в двух спектроскопических лабораториях. В «главной» лаборатории, оставшейся от В.И., фактически два центра — небольшая и очень опытная группа обработчиков под руководством Л.В. Засовой и мощная, самодостаточная экспериментальная группа А.В. Григорьева, занимающаяся разработкой фурье-спектрометров. Другая спектроскопическая лаборатория, в прошлом руководимая В.А. Краснопольским и когда-то специализировавшаяся на исследова-

ниях верхних атмосфер, теперь занимается всем на свете — акустооптическими приборами, Эшелле, обычными спектрометрами и даже лазерной спектроскопией. Её заведующим после В. А. Краснопольского был я, затем — И. И. Виноградов, пришедший к нам из МГУ. Имант привёл к нам двух-трёх выпускников кафедры колебаний физфака, за ними потянулись ещё несколько. Так сформировался нынешний «актив». Имант создал лазерный спектрометр для проекта ФОБОС-ГРУНТ, но собрать свою собственную группу для работ по любимой лазерной спектроскопии у него не получилось. Лабораторию только что возглавила А. А. Фёдорова, давно уже неформальный лидер, заботливо приглядывавшая за всеми сотрудниками. Ведущие по разработке спектрометров — А. Ю. Трохимовский, А. Ю. Иванов, Ю. С. Доброленский.

С темой Виноградова помог мегагрант: несколько лет назад В. А. Краснопольский вернулся в Россию руководителем лаборатории «Инфракрасной спектроскопии планетных атмосфер высокого разрешения» в МФТИ. Основные направления этой лаборатории — астрономические наблюдения, обработка данных космических экспериментов и создание новых приборов. Усилиями А. В. Родина в МФТИ действительно была собрана сильная экспериментальная группа сотрудников МФТИ, МГПИ, ИОФАН, ключевым сотрудником которой стал Иммануил. Сейчас лаборатория МФТИ является нашим важным союзником и позволяет думать об экспериментах на основе лазерной спектроскопии, оптического гетеродинного приёма, терагерцевой спектроскопии.

Как и при В. И., лабораторией химиков руководит М. В. Герасимов. Он перенял главное направление деятельности Л. М. Мухина — газовую хроматографию и продолжает свои эксперименты с мощным лазером, имитирующим метеоритные удары. В лабораторию пришли несколько молодых сотрудников, полным ходом идёт обновление экспериментальной базы. Фактически отдельную молодёжную группу, занимающуюся контактными датчиками пылевых частиц, собрал Г. Г. Дольников.

Из двух лабораторий, занимавшихся масс-спектрометрией, В. Г. Истомина и Е. Н. Евланова, осталась одна, которой руководит сейчас Д. С. Родионов. Главным методом его исследований является мёссбауэровская спектроскопия, а также другие физические методы контактных измерений. По многим вопросам он сближается с деятельностью лаборатории В. М. Линкина, которой сейчас руководит А. Н. Липатов. Лаборатории Родионова и Липатова сейчас — самые проблемные. Здесь ещё предстоят перемены. Многие годы в них практически не было притока молодых сотрудников, совсем не обновлялись экспериментальные установки. Когда-то блестящая лаборатория Линкина затухает. Даниил Родионов сейчас занят главным образом проектом ЭКЗОМАРС, но, я надеюсь, в скором будущем он сумеет уделить внимание и развитию лаборатории.

Более удачно прошло преобразование лаборатории Л. В. Ксанфомалити. Совпали увлечение Леонида Васильевича экзопланетами и приход к нам в отдел А. В. Таврова со своей сверхидеей: создание звёздного коронографа на основе «обнуляющего» интерферометра для прямых наблюдений внесолнечных планет. Тавров взял на себя «Планетный мониторинг»,

да и остальную активность, связанную с астрономией. Он успешно работает с аспирантами, набирает молодых сотрудников. Тема внесолнечных планет получает серьезное развитие и у нас. Только что Л. В. Ксанфомалити и А. В. Тавров провели в ИКИ очень интересный семинар. Оказывается, в России немало энтузиастов, увлечённых этой проблемой.

Казалось, направление масс-спектрометрии в отделе сохранить не удалось. Но по случаю реорганизации ИКИ к нам «отошла» дружественная лаборатория Г. Г. Манагадзе. Она называется «Активной диагностикой», но, по сути, речь идёт о масс-спектрометрии плазмы, получающейся в результате испарения вещества лазерным импульсом. Думаю, в более широком плане масс-спектрометрические задачи будем решать с помощью международной кооперации, благо, таковая имеется: Питер Вюрц из Бернского университета успешно сотрудничает и с Г. Г. Манагадзе и с М. В. Герасимовым.

Наконец, чего не было при В. И., в отделе появились «теоретики». На самом деле, моделированием атмосфер серьезно занимались и раньше, фотохимии — В. А. Краснопольский, динамики — М. Н. Изаков, А. В. Родин. Но отдельные подразделения появились недавно. Влад Измоденов, занимающийся гелиосферой, можно сказать, вернулся в ИКИ — его учитель В. Б. Баранов работал с Г. И. Петровым с самого начала. Сам Владимир Борисович возвращаться в ИКИ из Института проблем механики не захотел, но лучшего ученика — отпустил. Другая группа — сектор А. С. Петросяна занимается (в числе множества задач) моделированием мезомасштабной (среднемасштабной) динамики атмосфер. Нельзя сказать, что тематика обеих групп очень тесно связана с планетными исследованиями, но иметь в команде, на семинаре, грамотных профессионалов-теоретиков очень важно. А с Владом мы даже думаем об экспериментах (Лайман-альфа).

Тематика отдела 4 ИКИ АН СССР → отдела 53 ИКИ РАН

1974		2004		2014	
Лаборатория	Заведующий	Лаборатория	Заведующий	Лаборатория	Заведующий
ИК-спектро- скопии	В. И. Мороз	ИК-спектро- скопии	В. И. Мороз	Спектро- скопии планетных атмосфер	Л. В. Засова
Физико- химических исследований	Л. М. Мухин	Физико-хи- мических исследований	М. В. Гераси- мов	Прямых физико-хи- мических ис- следований планет	М. В. Гераси- мов
ИК- радиометрии и фотометрии	Л. В. Ксан- фомалити	Научных ис- следований на малых КА	В. М. Линкин	Автономных приборных комплексов	А. В. Липатов
Масс-спектро- метрии	В. Г. Истомирин	Масс- спектро- метрии	В. Кочнев	Межпланет- ной среды	В. Измоденов

1974		2004		2014		
Лаборатория	Заведующий	Лаборатория	Заведующий	Лаборатория	Заведующий	
Планетной геологии	К.П. Флоренский	Фотометрии и ИК-радиометрии	Л.В. Ксанфомалити	Планетной астрономии	А.В. Тавров	
		Оптических исследований верхних атмосфер планет	О.И. Короблёв		Экспериментальной спектроскопии	А.А. Фёдорова
		Масс-спектрометрии плазмы и газов	Е.Н.Евланов		Физических исследований поверхности планет	Д.С. Родионов
				Активной диагностики	Г.Г. Мангадзе	
				Сектор динамики атмосфер и климата	А.С. Петросян	
				Группа обеспечения работ	В.С. Жегулёв	

Как показывает мировая практика, например, института Макса Планка в Германии, время жизни лабораторий, созданных сильными личностями (или для них), как правило ограничено. Близкая мне Служба аэронауки во Франции, созданная Ж. Бламоном, просуществовала ровно 50 лет, и — как отрезало — новое название, новое здание в новом месте, многие люди остались, но совершенно изменился дух. В других случаях изменения происходят не так заметно, но — происходят. Удалось ли нам пронести через неизбежные изменения дух отдела **В.И. Мороза**, его требовательность и демократизм, сочетание приборостроения, наблюдений, анализа? Не знаю, не мне судить. Хочется верить, что да.

*Bibring J.-P., Langevin Y., Poulet F., Gendrin A., Gondet B., Berthe M., Soufflot A., Drossart P., Combes M., Bellucci G., **Moroz V.**, Mangold N., Schmitt B., and t. Omega team Perennial water ice identified in the south polar cap of Mars // Nature. 2004. V. 428. P. 627–630.*

Fedorova A.A., Korablev O.I., Bertaux J.-L., Rodin A.V., Montmessin F., Belyaev D.A., Reberac A. Solar infrared occultation observations by SPICAM experiment on Mars-Express: Simultaneous measurements of the vertical distributions of H₂O, CO₂ and aerosol // Icarus. 2009. V. 200. P. 96–117.

Fedorova A., Korablev O., Perrier S., Bertaux J.-L., Lefevre F., Rodin A. Observation of O₂ 1.27 μm dayglow by SPICAM IR: Seasonal distribution by SPICAM experiment on Mars-Express // J. Geophysical Research: Planets. 2006. V. 111. E09S07.

Krasnopolsky V.A., Maillard J.P., Owen T.C. Detection of methane in the Martian atmosphere: evidence for life? // Icarus. 2004. V. 172. P. 537–547.

Lefevre F., Bertaux J.-L., Clancy R. T., Encrenaz T., Fast K., Forget F., Lebonnois S., Montmessin F., Perrier S. Heterogeneous chemistry in the atmosphere of Mars // Nature. 2008. V. 454. P. 971–975.

Perrier S., Bertaux J.-L., Lefèvre F., Lebonnois S., Korablev O., Fedorova A., Montmessin F.
Global distribution of total ozone on Mars from SPICAM/MEX UV measurements
// *J. Geophysical Research: Planets*. 2006. V. 111. E09S06.

*Trokhimovsky A., Fedorova A., Korablev O., Montmessin F., Bertaux J.-L., Rodin A.,
Smith M.D.* Mars' water vapor mapping by the SPICAM IR spectrometer: Five Mar-
tian years of observations // *Icarus*. 2014. Submitted.

ПРОЕКТ ВЕНЕРА-Д

Л. В. Засова, доктор физико-математических наук, ИКИ РАН

К сожалению, проект ВЕГА поставил последнюю точку в истории наших исследований Венеры. Думаю, что расставание с этой планетой было ошибкой: мы потеряли «экологическую нишу», одну из немногих областей, где были впереди многие годы, и не только в исследованиях планет, а в фундаментальных космических исследованиях вообще.

В. И. Мороз. Воспоминания

Проект ВЕНЕРА-Д был включён в Федеральную космическую программу (ФКП) России на 2006–2015 годы, после того как был предложен Василием Ивановичем Морозом при обсуждении на Совете РАН по космосу в 2003 году. Буква «Д» в названии проекта означала «долгоживущая».

НЕМНОГО ИСТОРИИ

В середине 1970-х годов после успешных посадок «Венер» и их активной работы на поверхности Венеры до двух часов начали думать о возможности изготовления станции с более длительным сроком существования. Основная задача, которая требовала длительного существования, — это регистрация сейсмических событий, мониторинг возможных погодных вариаций, грозовой активности. В Научно-производственном объединении им. С. А. Лавочкина (НПОЛ) и ИКИ прорабатывалась долгоживущая станция (ДС) со сроком активного существования на поверхности не менее пяти суток на основе концепции дьюара.

В 1980-х годах в СССР была доступна высокотемпературная электроника (500...1000 °С). С её использованием прорабатывалась долгоживущая станция уже с временем жизни более 30 сут¹. Работа над долгоживущей станцией была остановлена после начала проекта ВЕГА.

В 2005 году было принято решение о включении проекта ВЕНЕРА-Д в ФКП России на 2006–2015 годы. Изначально проект содержал только долгоживущую станцию, сроком существования не менее 30 сут. В программе было записано открытие НИР в 2007 году (так и произошло), ОКР — в 2010 (этого не случилось). До открытия НИР началась инициативная проработка долгоживущей станции в ИКИ при финансовой поддержке Института (грант «Перспектива»). Над концепцией долгоживущей станции работал Алексей Павлович Экономов. Выяснилось, что доступной в СССР высокотемпературной электроники в новой России уже не производилось. Отдельные керамические лампы, сохранившиеся со времён СССР в шкафах у некоторых энтузиастов, конечно, не могли рассматриваться в качестве элементной базы для ДС. При отсутствии высокотемпературной электроники, не видимой в то время у нас даже на горизонте, необходимо было решить задачу, как сохранить в течение длительного

¹ *Перминов В., Морозов Н. Проект долгоживущей венерианской станции // Новостки космонавтики. 2001. № 8.*

времени температуру, при которой может работать современная электроника. А.П. Экономовым была предложена оригинальная конструкция (в «народе» называемая «самовар»). При давлении 100 атм вода кипит при температуре 310 °С и имеет очень высокое значение теплоты испарения. При условии, что доступна необходимая электроника, работающая при $T = 300$ °С (что также было не очевидно), можно было довести время жизни станции до 30 сут. Как показывали расчёты, для этого необходимо иметь не менее 150 л воды. Можно было продолжать в этом направлении, увеличивая время жизни с использованием дополнительной термоизоляции. Оказалось, что это красивый, теоретически возможный, но трудно осуществимый проект. Таким образом, стало очевидным, что при отсутствии высокотемпературной электроники нельзя строить проект, доминантой которого является долгоживущая станция, хотя полностью отказываться от этого направления также было неразумно. ДС стала рассматриваться с пониманием, что это аппарат высокого риска, и она не может заменить посадочный аппарат с полноценной научной нагрузкой.

Посадочный аппарат является основным элементом миссии ВЕНЕРА-Д. После картирования Венеры «Магелланом» в начале 1990-х годов (с разрешением до 200 м на поверхности), а ранее, в 1980-х — «Венерой-15, -16» (до 900 м) возникла возможность аргументированно выбрать место посадки.

С 2006 года на орбите вокруг Венеры работала очень успешно миссия ЕКА ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС. Она получала потрясающие результаты. Несмотря на то, что основной принцип для прибора попасть в состав научной аппаратуры — быть ЗИПом соответствующего эксперимента на «Марс-Экспресс», приборы очень хорошо подходили и для исследования Венеры. К сожалению, не работал один из основных приборов — планетный фурье-спектрометр. При работе с данными «Венеры-Экспресс» стало понятно, какие ещё эксперименты должны быть включены в комплекс научных приборов орбитального аппарата (ОА) «Венеры-Д» и как модернизировать приборы, которые работали на «Венере-Экспресс».

Совершенно очевидно, что задачи происхождения и эволюции планеты, её атмосферы не могут быть решены только при наблюдении с орбиты. Необходимы прямые измерения в атмосфере и на поверхности. В прошлом в СССР было совершено 10 успешных посадок на поверхность, посадочные аппараты (ПА) выживали до двух часов. Таким образом, посадочный аппарат на основе советских аппаратов «Венера-ВЕГА» мог рассматриваться как надёжное средство доставки научной аппаратуры на поверхность для проекта ВЕНЕРА-Д. НПОЛ была дана справка о возможности изготовления ПА, справка приложена к отчёту 2011 года (<http://venera-d.cosmos.ru/uploads/media/Venera-D-2011.pdf>). (Отчёты по НИР по проекту ВЕНЕРА-Д начиная с 2009 года выкладываются на сайт <http://venera-d.cosmos.ru/>.)

Для испытаний ПА необходима камера высокого давления (КВД). Она, естественно, имелась на НПОЛ, но была благополучно уничтожена в постсоветские «лихие» годы. Однако здание сохранилось, поэтому на

этапе ОКР камера могла бы быть восстановлена, так как это не связано с капитальным строительством. Соответствующая справка НПОЛ о возможности восстановления КВД на средства ОКР также приложена к отчёту 2011 года. Таким образом, принципиальных препятствий для изготовления посадочного аппарата со временем жизни несколько часов на НПОЛ не было.

В советское время камера высокого давления для испытаний приборов и узлов, предназначенных для работы вне гермоконтейнера ПА «Венера-ВЕГА», была в Научно-исследовательском институте тепловых процессов (НИИТП) (Центр Келдыша). К настоящему времени она не сохранилась. Необходимость такой камеры очевидна. Мы попытались сделать всё, что возможно, в рамках НИР в этом направлении (ОКР виделся достаточно близко). Руководство ИКИ, Илья Владиленович Чулков, поддержал необходимость в ИКИ стенда для испытаний отдельных приборов и узлов, которые должны устанавливаться вне гермоконтейнера ПА и работать в условиях на поверхности Венеры. В рамках НИР можно было сделать «бумажную работу». Под руководством Бориса Евгеньевича Мошкина было разработано ТЗ на стенд. Была проведена большая работа по поиску производителя. С 15-ю фирмами проходили переговоры, поначалу они заинтересовывались, а потом оказывалось, что стенд сделать не могут. Задача была поставлена сложная, камера должна была работать до 150 атм. Она должна была имитировать условия спуска в атмосфере Венеры, т.е. в течение 0,5...1 ч температура должна подняться от комнатной до 500 °С и давление до 100 атм.

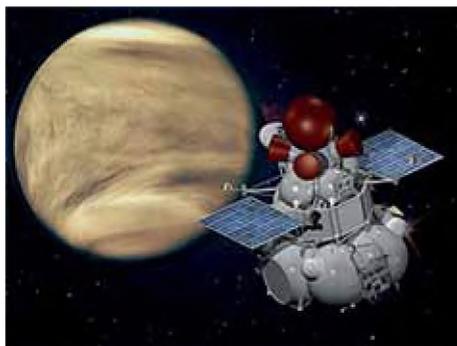
Наконец, Борису Евгеньевичу удалось найти производителя стенда, включающего КВД, — Швейцарская фирма (с её представительством в Москве — Данау Лаб). Было выдано техническое задание на изготовление стенда с внутренним объёмом КВД 50 л, согласованное с руководством ИКИ. Процесс приостановился из-за неопределённости с ФКП и ОКР.

ПРОЕКТ ВЕНЕРА-Д

На август 2014 года ФКП России на 2016–2025 годы ещё не была утверждена и ещё не потеряна надежда, что проект ВЕНЕРА-Д в окончательный вариант ФКП будет включён. Проект ВЕНЕРА-Д сейчас в стадии НИР, выполняется ИКИ с соисполнителями: ГЕОХИ, ИПМ, ФИРЭ, ИФЗ РАН, НПОЛ.

Эйфория с «колонизацией» Луны и Марса и добычей полезных ископаемых на Луне напоминает историю с ³He. Несколько лет назад необходимость освоения Луны связывалась с доставкой с Луны ³He как топлива для термоядерных реакторов. Очень много об этом говорилось, писалось, пока Роальд Зиннурович Сагдеев, в частности, в газете «Труд» не объяснил популярно, что ³He — это не топливо этого века, и мы пока ещё не научились решать более простую задачу — использовать тяжёлую воду, запасы которой в земных океанах огромны. Естественно, освоение Луны необходимо, но без фанатизма (в проекте программы планируются до четырёх экспедиций к Луне!).

Цель миссии ВЕНЕРА-Д — комплексное исследование атмосферы, поверхности и окружающей плазмы для понимания происхождения и климата Венеры, ответа на вопрос, почему эволюция двух «планет-близнецов» пошла столь различными путями, и не ждёт ли Землю судьба Венеры.



Проект ВЕНЕРА-Д включает орбитальный и посадочный аппараты, а также субспутник и долгоживущую станцию на поверхности. Впервые на орбите вокруг другой планеты будут работать два аппарата. Долгоживущая станция будет работать 24 ч на поверхности.

Ранее изучалась концепция проекта, состоящего из орбитального и посадочного аппаратов, двух баллонов, один из которых должен был дрейфовать в среднем облачном слое (как баллоны проекта ВЕГА), а второй — под облаками, а также нескольких дроп-зондов, сбрасываемых по пути следования второго баллона. Дроп-зонды, спускаясь в течение часа, измеряли бы параметры атмосферы. На НПОЛ изучался дрейфующий зонд, (ветролёт), который должен был плавать под облаками.

Была попытка привлечь КНЕС к изготовлению баллонов (или баллона), но кооперации не получилось из-за проблем с финансированием. После этого было предложено исключить атмосферные зонды, так как проект получался слишком сложным. Впоследствии были включены субспутник и долгоживущая станция.

По классификации НАСА проект «Венера-Д» относится к классу Флагманских миссий <http://vfm.jpl.nasa.gov>. Научные задачи во многом пересекаются с дорожной картой VEXAG исследования Венеры (аналитическая группа НАСА), а также с задачами (VCM) Венераанской Климатической Миссии, принятой НАСА на декаду 2013–2022, но пока не финансируемой из-за отсутствия средств.

В январе 2014 года НАСА было решено принять участие в проекте ВЕНЕРА-Д. Была создана Объединённая рабочая группа (The Venera-D IKI/Roscosmos — NASA Joint Science Definition Team) для определения возможной степени участия НАСА в проекте ВЕНЕРА-Д: элементы миссии, научные приборы. Рабочая группа должна была проанализировать

научные задачи Венеры-Д и решить, как НАСА может дополнить проект в соответствии с дорожной картой НАСА исследования Венеры. Отчёт для ИКИ/Роскосмоса и НАСА должен был быть представлен в середине 2015 года. К сожалению, работа группы была приостановлена в апреле 2014 года в рамках политических санкций.

ПОЧЕМУ ВЕНЕРА?

Венера и Земля — планеты-«близнецы». Близость Венеры к Земле, сходные размеры, плотность и количество энергии, получаемой от Солнца (Венера расположена ближе к Солнцу, но её облака отражают 77 % поступающей солнечной энергии), заслужили ей титул «близнеца Земли». На Венере нет смены времён года и отсутствуют океаны, переносящие тепло и вращательный момент. Всё это предполагает, что венерианская атмосфера устроена относительно просто. Тем не менее, оказалось, что она представляет собой очень сложную динамическую систему.

У Венеры, в отличие от нашей планеты, наблюдаются:

- углекислотная атмосфера $P_{surf} = 92$ атм и мощный парниковый эффект, нагревающий поверхность до 740 К (почти на 500 К);
- отсутствие воды (на пять порядков меньшее содержание по сравнению с Землёй), которая могла бы растворить углекислый газ или способствовать его отложению, например, в панцирных живых организмах, как это произошло на Земле;
- суперротация, планета и её атмосфера вращаются с разными скоростями: атмосфера на уровне верхнего облачного слоя вращается в 60 раз быстрее, чем поверхность;
- мощная вулканическая активность, формирующая молодую поверхность, обилие сернистых соединений в атмосфере, мощные сернокислотные облака (20 км толщиной);
- отсутствие магнитного поля и «сдувание» атмосферных составляющих солнечным ветром.

Всё это делает исследование Венеры чрезвычайно интересным и важным для понимания того, почему эта планета так отличается от нашей планеты, где есть и вода, и магнитный щит, охраняющий нас от потоков солнечного ветра, и, главное, есть многообразная жизнь.

ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ВЕНЕРЫ — ПОНЯТЬ:

- как возникла и эволюционировала Венера, и был ли на ней океан и примитивная жизнь в океане, куда делась вода, наверняка существовавшая на планете на ранних этапах эволюции, и почему атмосфера и поверхность Венеры так непохожи на земные;
- какие процессы сформировали и продолжают формировать планету, объяснить особенность внутреннего строения и внутренней динамики, причины вулканизма и тектонизма (80 % поверхности планеты было залито базальтовой лавой в течение последнего миллиарда лет);

- происхождение мощной углекислотной атмосферы и разобраться в протекающих в ней динамических и химических процессах: суперротации, гигантского парникового эффекта, взаимодействия с твёрдой поверхностью планеты;
- что Венера может сказать нам о судьбе земного климата: не приведёт ли глобальное потепление на Земле к испарению океана, освобождению парниковых газов, ускорению парникового эффекта и дальнейшему нагреву поверхности?

Что предлагается изучать в рамках проекта ВЕНЕРА-Д, чтобы ответить на поставленные вопросы:

- состав атмосферы, включая инертные газы и «летучие» и их изотопы;
- состав, строение, микрофизику и химию облаков;
- термическое строение, тепловой баланс и природу гигантского парникового эффекта;
- механизм суперротации, атмосферные волны и другие особенности динамики атмосферы;
- детали строения и химический состав наиболее древних из наблюдаемых на поверхности геологических образований (тессеры и родственные им структуры);
- элементный состав материала поверхности, включая радиоактивные изотопы; распределение железа по степеням окисления;
- поиск проявлений современной вулканической, электрической, сейсмической активности Венеры;
- строение экзосферы, ионосферы, магнитосферы, диссипация атмосферных составляющих.

СОСТАВ МИССИИ ВЕНЕРА-Д (КОНЦЕПЦИЯ 2014)

Посадочный аппарат является основным элементом миссии, поэтому опишем его подробнее. Последняя посадка была 30 лет назад («Вега-1, -2»), все 10 посадок на поверхность были советскими. Для установки на ПА были собраны предложения по приборам исходя из научных задач и необходимых измерений для их выполнения. Все приборы имеют высокий уровень TRL = 5–8 (Technical Readiness Level — уровень технической готовности). Это следующие приборы (рис. 1):

- активный гамма- и нейтронный спектрометр;
- газовый хроматограф-масс-спектрометр (ХМС-П);
- телескопический спектрометр;
- телевизионный комплекс: посадочная камера, панорамные камеры, камеры высокого разрешения;
- многоканальный диодно-лазерный спектрометр (ИСКРА-В);
- нефелометр, счётчик частиц (НЕФАС);
- комплексы волновых, РТW и оптических приборов;
- радиокomплекс;
- сейсмометр;
- устройство для забора грунта и атмосферных проб (ГЗУ);
- система информационного обеспечения (СИО).



Рис. 1. Предварительная компоновка научной аппаратуры (НПОЛ)

Прибор	спуск	1-й	2-й	3-й
	часы работы			
Гамма-спектрометр	■	■	■	■
ХМС-П, хроматограф	■	■	■	■
Миниатюризир. мессбауэр. спектрометр		■	■	
Телевизионный комплекс	■	■	■	■
МДЛС «ИСКРА-В»	■		■	■
Метеокомплекс	■	■	■	■
НЕФАС	■			
Сейсмометр С-ВД		■	■	■
(СИО-ПА) Система информационного обеспечения	■	■	■	■

Рис. 2. Предварительная циклограмма работы приборов на поверхности

Для того чтобы оценить возможность использования ПА типа «Венера-ВЕГА» и достаточное время работы на поверхности для выполнения основных научных задач всеми экспериментами, была создана предварительная циклограмма работы приборов (рис. 2) на спуске в атмосферу и на поверхности. Стало понятно, что за два-три часа работы ПА на поверхности можно произвести необходимые измерения. НПОЛ была выполнена предварительная компоновка научной аппаратуры на уровне чертежей на ПА типа «Венера-ВЕГА».

На посадочном аппарате будут произведены следующие измерения:

- химического состава атмосферы, включая изотопы летучих, инертные газы и их изотопы;
- химического, элементного состава поверхности, минералогии, отношения радиоактивных изотопов;
- железосодержащих минералов; определение возможного обнаружения признаков связанной воды;
- изучение состава, вертикального профиля и микрофизики облаков;
- метеорологические измерения, в том числе тепловых потоков;
- волновых процессов в атмосфере, гроз, сейсмического фона.

На ПА будет установлен самый современный комплекс научной аппаратуры. В качестве примера расскажем, как будет работать один из значимых приборов — «ИСКРА-В» (И.Виноградов, О. Кораблев). Он измеряет с большой точностью и высоким спектральным разрешением ($\lambda/\Delta\lambda = 10^7$) содержание «летучих и их изотопов» (рис. 3) SO_2 , CO , CO_2 , OCS , H_2O , D/H , $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$, $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, $^{16}\text{O}/^{17}\text{O}/^{18}\text{O}$, очень важных для понимания процессов происхождения и эволюции атмосферы, решения проблемы исчезновения воды и образования серосодержащих соединений.

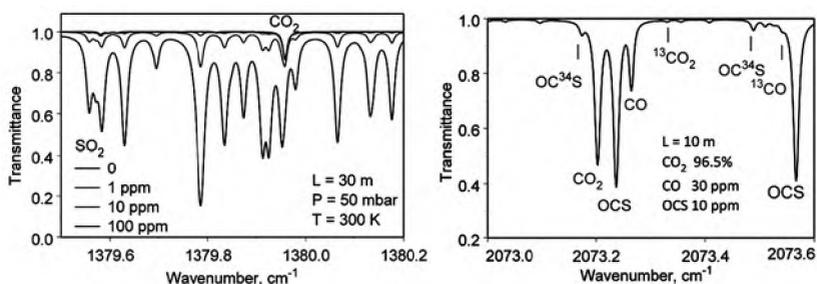


Рис. 3. Примеры спектральных диапазонов и расчётные детали спектра (Н. Игнатьев)

Для измерения со столь высоким спектральным разрешением важно обеспечить низкое давление (50 мбар), чтобы линии поглощения были узкими. Но приходится учитывать, что давление окружающего газа в нижней атмосфере очень высокое — до 100 бар. Поэтому плотный газ, забранный в кювету прибора, надо сделать очень разреженным, а после измерения удалить его из кюветы, чтобы забрать следующую порцию во

время спуска. Проблема ещё и в том, что линии излучения избранных изотопов очень слабые и их нелегко зарегистрировать. Современные оптические методы позволяют обеспечить длину оптического пути (до 2 км) в кювете, прежде чем свет попадёт в спектрометр. Подбираются несколько лазеров разных спектральных диапазонов в соответствии с длинами волн линий газов и изотопов для их измерений.

Выбор места посадки. Все советские аппараты совершали посадку в равнинной местности, «залитой» вулканическими базальтами. Место посадки «Венеры-Д» — тессерная местность — наиболее древние участки поверхности, где можно надеяться обнаружить следы древнего океана, возможно, и следы древней жизни. Выбор и анализ возможных мест посадки (рис. 4) производится сотрудниками ГЕОХИ РАН (А. Базилевский, М. Иванов). Детально изучаются тессеры по картам «Магеллана», сравниваются с земными аналогами. Поверхность тессер сильно изрезана структурами с крутыми склонами, поэтому существует риск потери ПА при посадке, хотя «Венера-9» успешно села на склон 30°.

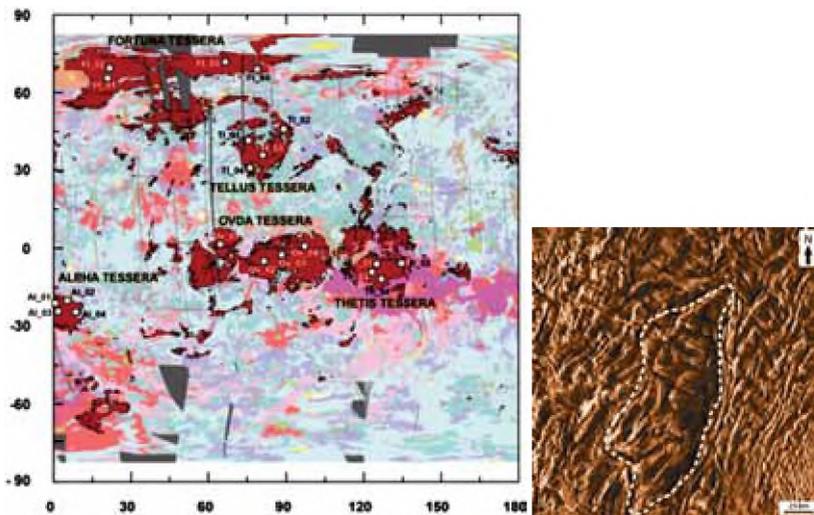


Рис. 4. Предполагаемое место посадки тессера Фортуна, на правом рисунке — рельеф (М. Иванов, ГЕОХИ РАН). По оси *x* — долгота, по оси *y* — широта

Так как тессеры занимают всего 8% поверхности, то прежде чем совершить безопасную посадку, необходимо ещё «попасть» на тессеру. Все предыдущие посадки осуществлялись следующим образом: при подлёте к Венере за двое суток спускаемый аппарат отделялся, по баллистической траектории двигался к Венере и совершал посадку в заданном районе. При этом в зависимости от окна старта могло оказаться, что тессера отсутствует или занимает малую часть участка поверхности, соответствующего эллипсу разброса. Таким образом, для посадки ПА «Венера-Д» в выбранный район планеты изучается возможность спуска посадочного аппарата с орбиты искусственного спутника Венеры (ИПМ РАН).

Долгоживущая станция на поверхности. Перед А.П. Экономовым была поставлена задача проработать ДС с временем жизни на поверхности 24 ч и массой около 100 кг. Рассчитанная концепция ДС приведена на рис. 5, технические характеристики даны ниже.

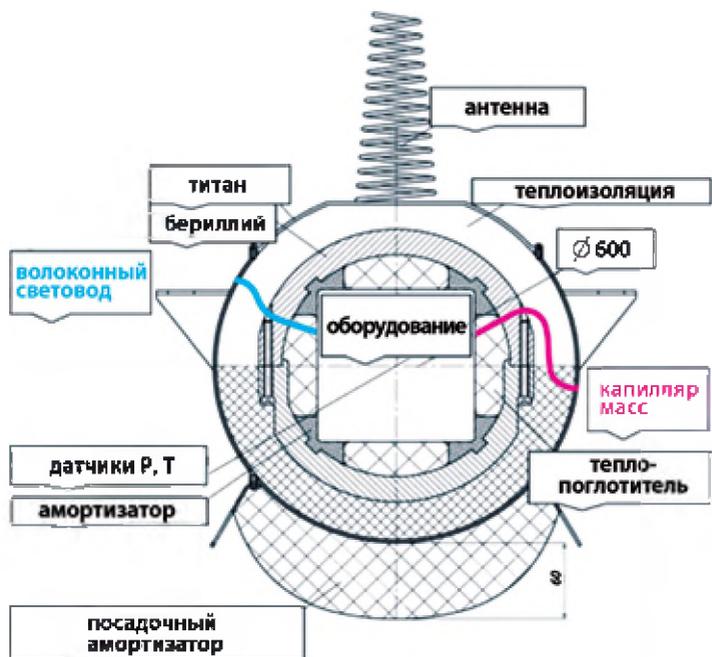


Рис. 5. Предлагаемая конструкция ДС

Технические характеристики ДС

Масса общая	100 кг
Внешний диаметр	60 см
Масса теплопоглотителя $\text{Na}(\text{CH}_3\text{COO}) \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (фазовый переход-плавление, $T = 50^\circ\text{C}$)	20 кг
Максимальное тепловыделение КНА	3 Вт
Заполняющий газ	Ксенон
Масса научной аппаратуры	10 кг
Скорость передачи данных, (при мощности 1 Вт):	
на ОА или баллон, кбит/с	10
на Землю, бит/с	10
Время работы на поверхности	24 ч

Температура на долгоживущей станции сохраняется 50°C в течение 24 ч. Может быть рассмотрен следующий комплекс научной аппаратуры (А. Липатов, А. Экономов) (см. таблицу).

Наименование прибора	Масса [кг]	Потребление [Вт]	TRL	Информативность [Кбайт] (24 ч)
Датчики температуры	0,4	0,005	7	100
Датчик давления	0,6	0,005	7	50
Панорамная камера	1,0	1,5	5	1000
Акселерометр	0,5	1,0	7	250
Масс-спектрометр	2,5	2,0	4	2
Фотометр	0,8	4	4	5
Сейсмический комплекс	2,5	2	7	10 000
Волновой комплекс	1,2	3,0	4	100

Объём информация со всех приборов за 24 ч составляет 12 МБ, она может быть передана на ОА менее чем за 1 ч (если даже исходить из скорости передачи данных с посадочного аппарата ВЕГА на пролётный). Одновременные наблюдения не только с двух орбитеров, но и с двух посадочных аппаратов на поверхности будет производиться впервые.

Орбитальный аппарат и субспутник будут находиться на околополярной суточной орбите ($h_p = 250$ км, $h_a = 66\ 000$ км), с возможностью изменения параметров орбиты. Он должен обеспечить:

- массу научной нагрузки не менее 50 кг
- информативность: около 1 ГБ за одну орбиту.

При диаметре антенны 1...1,5 м может быть обеспечена скорость передачи с расстояния 100 млн км на 70-метровую антенну в Уссурийске до 256...512 Кбит/с в X-диапазоне.

Для проведения экспериментов на ОА предусмотрен следующий предварительный комплекс научной аппаратуры:

- инфракрасный фурье-спектрометр FS-VD ($\lambda = 5 \dots 40$ мкм, $\Delta\nu = 1$ см⁻¹);
- миллиметровый зондирующий радиометр ($\lambda = 3 \dots 10$ мм);
- инфракрасный картирующий спектрометр ($\lambda = 0,3 \dots 5,2$ мкм, $\Delta\lambda = 2,4$ нм);
- ультрафиолетовый картирующий спектрометр ($\lambda = 0,2 \dots 0,5$ мкм, $\Delta\lambda = 0,0004$ мкм);
- прибор для измерений затмений Солнца и звёзд: в UV-области (0,1...0,3 мкм) и ИК-области (2...4 мкм) спектра;
- мультиспектральная мониторинговая камера;
- гетеродинный спектрометр высокого разрешения ($\lambda/\Delta\lambda = 10^7$);
- приборы для радиоэксперимента (L, S и X-диапазоны);
- пакет приборов для плазменных экспериментов;
- двухчастотный эксперимент для радиозондирования «Орбитер-Земля» и «Орбитер-субспутник».

Эксперимент по двухчастотному радиопросвечиванию, предложенный и разрабатываемый ФИРЭ РАН, подразумевает использование орбиталь-

ного аппарата и субспутника. Прорабатывается также идея в качестве излучателя использовать 70-метровую радиоантенну на Земле, а принимать сигнал на борту (обычно поступают наоборот). Это позволит на порядок увеличить мощность сигнала и возможности эксперимента.

Эксперимент по радиозондированию на «Венере-Д» в результате анализа амплитуд и фаз когерентных сигналов при радиозатмениях позволит осуществлять:

- мониторинг электронной плотности плазмы солнечного ветра;
- мониторинг изменения электронной плотности венерианской ионосферы;
- измерение высотных профилей температуры и плотности в венерианской атмосфере;
- исследование поверхности Венеры методом бистатической радиолокации.

Плазменный комплекс проекта ВЕНЕРА-Д установлен на орбитере и субспутнике.

Венера — планета, не имеющая собственного магнитного поля. Основные научные задачи исследований плазмы, магнитных и электрических полей следующие (рис. 6):

- эрозия атмосферы Венеры за счёт нетепловых механизмов вследствие взаимодействия планеты с набегающим потоком солнечного ветра; процессы захвата ионов кислородной/водородной/гелиевой короны (экзосфер) планеты потоком солнечного ветра;
- исследование ионного состава потоков ионов в магнитном шлейфе Венеры;
- исследование магнитосферы Венеры, её характерных областей и границ: ударная волна, магнитослой планеты (особенности течения плазмы в нём в условиях нагружения солнечного ветра планетарными ионами), магнитный барьер и ионопауза; плазменный слой и мантия в магнитном хвосте планеты;
- исследование верхних слоёв ионосферы Венеры, различного рода возмущений, вызванных взаимодействием с межпланетной средой;
- ночная ионосфера планеты: общая структура, источники ионизации, мелкомасштабные структуры («дыры», «лучи», провалы»);
- магнитные «жгуты»: процессы проникновения межпланетного поля в ионосферу и его перенос на ночную сторону;
- мониторинг электромагнитных излучений в магнитосфере Венеры, исследование электромагнитных излучений планетного происхождения.

Состав плазменного комплекса:

- магнитометр (феррозондовый магнитный датчик);
- волновой прибор;
- электронный спектрометр;
- ионный энерго-масс-спектрометр;
- монитор солнечного ветра;

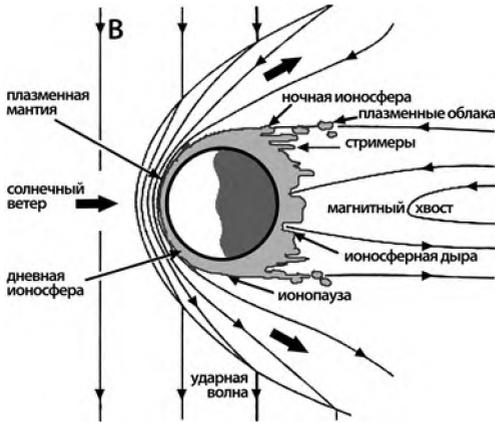


Рис. 6а. Характерные границы и структура взаимодействия Венеры с солнечным ветром

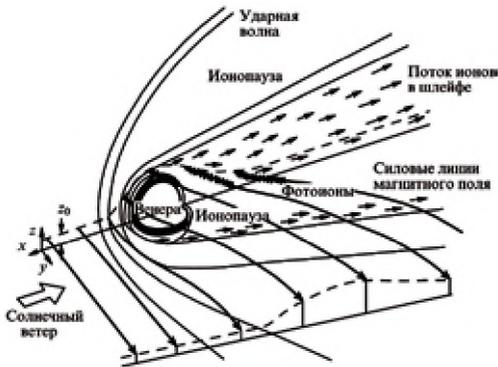


Рис. 6б. Основные процессы взаимодействия солнечного ветра с ионосферой планеты

Проект ВЕНЕРА-Д — чисто российский проект, в достаточной степени проработанный для открытия ОКР. Окончательная концепция будет утверждена на стадии ОКР, а пока, в стадии НИР, проект продолжает развиваться. Миссия ВЕНЕРА-Д должна быть запущена не позже 2023–2024 года. В этом случае есть шанс сохранить за Венерой титул «русская планета». И чем это не потерянная «национальная идея», которую тщетно пытаются найти?! Конечно, нам очень не хватает безвременно ушедшего Василия Ивановича, великого планетолога и замечательного человека, его поддержки.

В. И. МОРОЗ: ПОСЛЕДНЕЕ ДЕТИЩЕ

А. В. Григорьев, ИКИ РАН

В человеческом языке нет слов, которые могли бы выразить степень моей благодарности моему учителю — профессору Василию Ивановичу Морозу. В 1974 году, будучи студентом 3-го курса ГАИШ (астрономическое отделение физфака МГУ), я пришёл к нему и попросил быть научным руководителем моей курсовой работы. С тех пор в течение тридцати лет моя деятельность (сначала учёба, потом работа) была связана с этим замечательным человеком.

Ещё когда мы вместе наблюдали на Южной станции ГАИШ звезду R Северной Короны (фотометрия до 14 мкм), я был поражён диапазоном его компетентности — от конструирования звёздного ИК-фотометра до глубокого научного анализа результатов измерений.

Работа в ИКИ, создание лётных приборов по своей специфике сильно отличается от астрономических наблюдений. Часто борьба за ресурсы, не говоря уже обо всех этих срывах сроков поставки, неисправностях штатного прибора и т.п., приводили к возникновению конфликтных ситуаций. Но всегда, во всех случаях, он сохранял удивительную человечность и находил решения, которые признавали правильными все, потому что за суетой текучки он видел главную цель — получить новые, надёжные научные данные.

Он был для меня образцом. Его необыкновенная человеческая порядочность и мудрость, глубокая научная эрудиция и тонкое понимание эксперимента всегда были для меня путеводной звездой. И сейчас, если возникают сложные ситуации и не сразу ясно, как поступить, я стараюсь представить себе — а как бы тут поступил В.И.?

Из многих космических проектов, в которых я участвовал под его руководством, расскажу здесь о создании прибора ПФС (планетный фурье-спектрометр) для отечественного проекта MAPS-96.

После успешной работы в середине 1980-х созданного в ГДР фурье-спектрометра дистанционного зондирования ФС-1/4 в составе АМС «Венера-15» и «Венера-16» В.И. поставил нам — сотрудникам лаборатории планетной спектроскопии — задачу создать «суперприбор», позднее названный ПФС. Это должен был быть прибор с более широким, чем у ФС-1/4, спектральным диапазоном, с большей апертурой, с более высоким спектральным разрешением и двухкоординатной системой наведения. В таблице приведены параметры, которые предстояло улучшить.

Полный спектральный диапазон ($\lambda\lambda 1 \dots 45$ мкм) пришлось разбить на два поддиапазона, КВК и ДВК, поскольку длины волн 25...45 мкм требуют применения светоделиителя из йодида цезия, а этот материал невозможно отполировать так, чтобы получилось качество поверхности, требуемое для КВК. Такое разделение и естественно, поскольку в ДВК доминирует

собственное излучение Марса, а в КВК — рассеянное им солнечное излучение. К тому же применение детекторов различных типов в КВК и ДВК приводит к улучшению отношения сигнал/шум.

Сравнение параметров фурье-спектрометров ФС-1/4 и ПФС

Прибор	ФС-1/4	ПФС (план)
Спектральный диапазон [мкм]	λλ6...40 («Венера-15») λλ6...25 («Венера-16»)	λλ1...45
Спектральное разрешение с аподизацией [см ⁻¹]	5	1
Число оптических каналов	1	2 (КВК*: λλ1...5 мкм, ДВК*: λλ5...45 мкм)
Апертура [см ²]	8	15...20 (в каждом канале)
Число степеней свободы системы наведения	1	2
Масса [кг]	30 (без соединительных кабелей)	Около 40 (с кабелями)

* КВК и ДВК — коротковолновый и длинноволновый каналы соответственно.

Предполагалось, что первым применением ПФС будет исследование Марса. Миссия к этой планете изначально планировалась на 1992 год (проект КОЛУМБ), но события крушения советской империи перенесли запуск сначала на 1994, потом на 1996 год (МАРС-96). «Недоперестройка» набирала обороты и повсеместный развал высокотехнологических производств «социалистического лагеря», включая отечественные, сделал нереальным создание такого прибора ни на базе ФС-1/4, ни, тем более, национальными силами. Наивные попытки «коммерциализировать» (как это тогда называли) дело ни к чему не привели — коммерческим фирмам нужна прибыль для их акционеров, а не наши неудобопонятные для них научные задачи.

Необходим был иностранный **некоммерческий** партнёр, способный раздобыть средства, соответствующие примерно 10 млн дол. США. Искали, кто как мог; автору этих строк удалось найти такого партнёра.

Это был Витторио Формизано из итальянского академического Института физики межпланетной среды — ИФСИ (Istituto di Fisica dello Spazio Interplanetario — IFSI), расположенного в городе Фраскати, пригороде Рима. В. Формизано был теоретик, плазменщик, ни в малейшей степени не имеющий представления о проблемах, связанных с космическим приборостроением. Но он хорошо понимал, что для мировой известности ему необходимо не обрабатывать данные чужих приборов, а создавать свой, хоть бы и не плазменный.

Поэтому он приехал в ИКИ весной 1987 года с проектом прибора AMANDO — довольно заурядным матричным спектрометром на ближнюю ИК-область (до 1,1 мкм). Он хотел показать этот проект В.И. и попросил С. Савина (которого знал по плазменным делам) устроить такую

встречу, а Савин попросил об этом меня. О фурье-спектрометрии В. Формизано тогда и не помышлял и не имел о ней представления.

Прежде чем идти к В.И., мы посоветовались узким кругом: В. Формизано, приехавший вместе с ним Эрмано Амата (из того же института) и я. Именно в этот момент мне пришло в голову, что честолубие, энергию и деньги Формизано лучше перенаправить с его AMANDO на наш фурье-спектрометр (тогда он ещё не назывался ПФС). Я предложил это В. Формизано, тот быстро понял перспективность этого для него лично (особенно при поддержке такого заслуженно всемирно известного учёного, как В.И.) и согласился взять на себя самый трудный блок — оптический, хоть и не понимал, сколь трудна эта задача. Именно с этого момента началось участие В. Формизано в эксперименте ПФС, хоть он и не любит вспоминать об этом. Опытный в космическом приборостроении Э. Амата удерживал В. Формизано, предупреждал, что фурье-спектрометр несравнимо сложнее AMANDO, но В. Формизано только отмахивался.

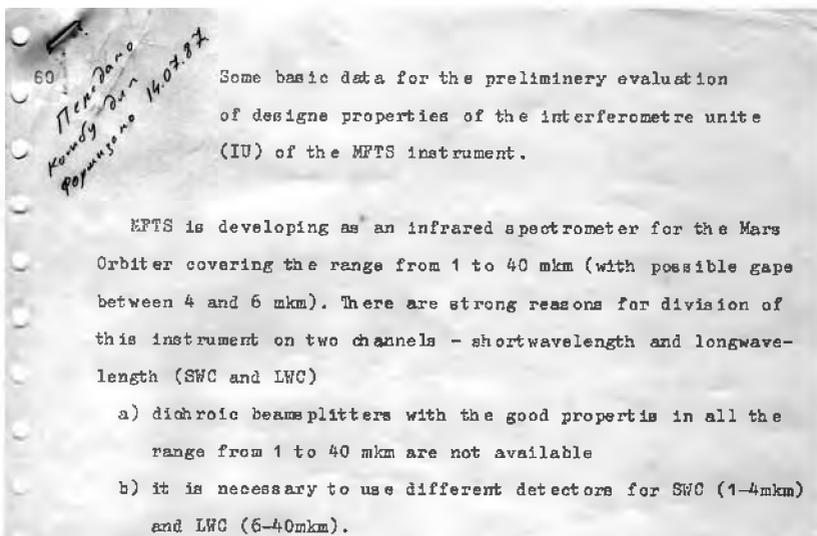


Рис. 1. Начало составленной автором этих строк технической записки, которая была передана В. Формизано через Мишеля Комба 14 июля 1987 года

Последовала встреча нас троих с В.И. Он также прохладно отозвался об AMANDO, но благословил стремление В. Формизано к созданию фурье-спектрометра, указав, однако, на огромные связанные с этим трудности (рис. 1). Тогда этот прибор ещё назывался MFTS, а изначально предлагавшееся название "Astrolyabiya" («Астролябия») не прижилось, хотя «было чего мерить».

Надо отдать В. Формизано должное: у него хватило настойчивости добиться от кошмарных итальянских бюрократов финансирования итальянской части совместного теперь эксперимента. Он стал научным со-

руководителем (Co-PI) эксперимента «Планетный фурье-спектрометр» (ПФС). Когда он в процессе работы осознал, в какие технические проблемы ввязался, то сказал: «I was mad!» («Я сошёл с ума!»), но не сдался, а последовательно преодолевал их.

Поначалу В. Формизано учился у нас, широко используя наш опыт создания космических приборов. Практически все сотрудники нашей лаборатории приезжали к нему в длительные командировки, помогая по всем направлениям. К слову, итальянская сторона хорошо оплачивала эти поездки, и пик этой помощи пришёлся на самые страшные для отечественной науки годы (начало – середина 1990-х), став одним из главных факторов, позволивших В.И., проводившему, как всегда, мудрую политику, сохранить нашу лабораторию от развала.

Сердце прибора ПФС — интерферометр — был сделан по схеме “double-pendulum” («двойной маятник»). В. Формизано громко заявлял «I will never fly a double-pendulum!» («Я никогда не буду использовать схему двойного маятника!»), но В.И., к счастью, настоял на этой схеме во время общей рабочей встречи в городе Падуя весной 1991 года.

Постепенно кооперация расширялась, и в итоге ПФС стал российско-итальянско-польско-французско-германо-испанским прибором. Автор этих строк был техническим руководителем эксперимента ПФС проекта МАРС-94, постепенно превратившегося в МАРС-96.

К сожалению, скоро возникшая у В. Формизано иллюзия «сам с усам» привела к тому, что он перестал слушать наши советы и стал самостоятельно, не консультируясь с нами, принимать важные технические решения, «придерживать» важную информацию и т.п. Но как бы то ни было, прибор был создан, испытан и откалиброван (см. приложение). На рис. 2 показан процесс метрологической калибровки ПФС с помощью итальянской вакуумной камеры в ИФСИ. На рис. 3 показан лётный образец прибора ПФС/МАРС-96 на имитаторе КА в КИСе ИКИ. На рис. 4 справа показано, как выглядел прибор ПФС перед запуском. Белый радиатор частично загорожен шарообразным баком двигательной установки, но после выхода на орбиту вокруг Марса она должна была быть отделена от КА.

Запуск КА «Марс-96» был произведён с космодрома Байконур ракетой «Протон» с разгонным блоком ДМ 16 ноября 1996 года в 23^h48^m52^s.795 по московскому времени. Ракета без замечаний вывела связку КА+ДМ на низкую круговую орбиту. Далее ДМ должен был перевести КА на высокоэллиптическую орбиту, но «чуда не произошло», как высказался В.И. в Центре управления, и КА упал в Тихий океан планеты Земля.

К счастью, благодаря усилиям многих людей (и далеко не в последнюю очередь — В.И.) произошла «реинкарнация» проекта МАРС-96 в виде европейского проекта МАРС-ЭКСПРЕСС (МЕХ). Правда, роль российской стороны в приборе ПФС/МЕХ сильно уменьшилась: В. Формизано теперь был единственным научным руководителем и упомянутые выше перекосы усилились.

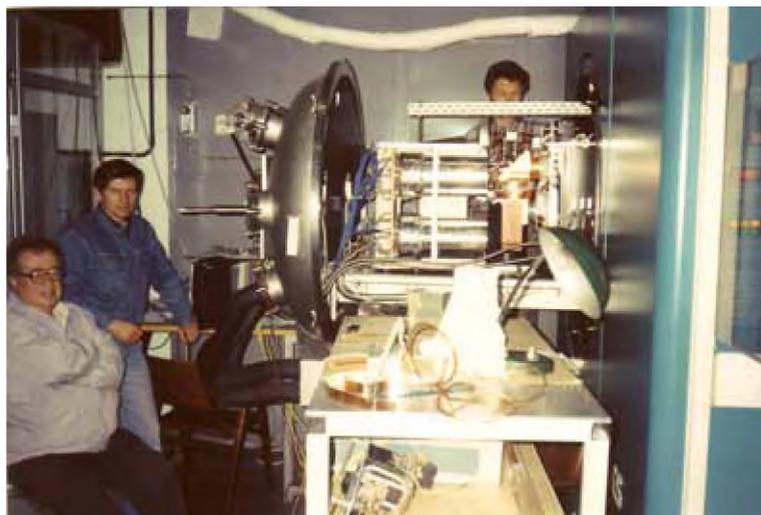
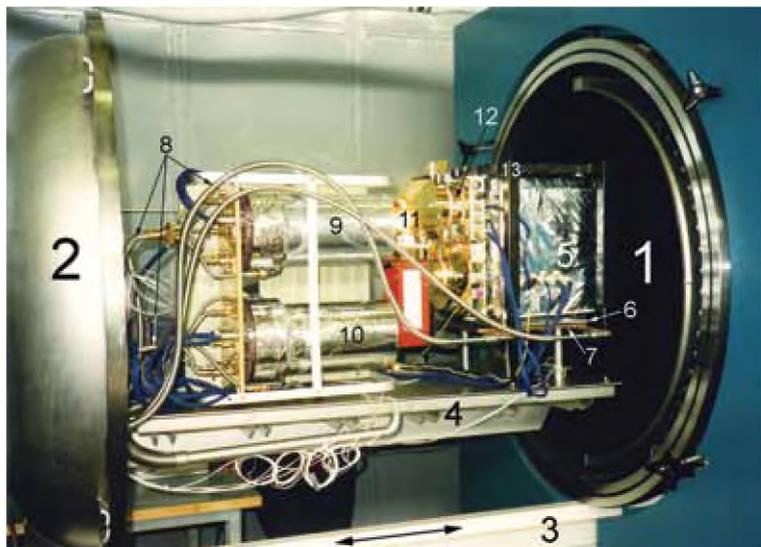


Рис. 2. Вверху: открытая вакуумная камера ИФСИ, приготовленная для калибровки ДВК ПФС: 1 — зев вакуумного объёма; 2 — крышка вакуумного объёма; 3 — рельс, с помощью которого перемещалась крышка 2; 4 — платформа камеры (могла охлаждаться до -30°), консольно укрепленная на крышке 2; 5 — блок ПФС-О; 6 — радиатор ПФС-О; 7 — охлаждаемая жидким азотом плита, параллельная радиатору 6, но не касающаяся его; 8 — магистрали жидкого азота (проходят через фланец в крышке 2); 9 — абсолютно чёрное тело (АЧТ) «планета»; 10 — АЧТ «космос»; 11 — сканер (ПФС-С); 12 — лётное АЧТ (ПФС-А); 13 — имитатор кронштейна КА. Внизу: слева — В. И. и автор этих строк у вакуумной камеры во время калибровок



Рис. 3. Лётный образец прибора ПФС/МАРС-96 на имитаторе КА в контрольно-испытательной станции (КИС) ИКИ: справа — инициатор и научный руководитель эксперимента проф. В. И. Мороз; слева — технический руководитель (автор этих строк); 1 — оптический блок (ПФС-О), он «подвешен» к белому кронштейну КА через виброизоляторы; 2 — система наведения (ПФС-С, «сканер»); 3 — блок электроники сканера (ПФС-К); 4 — главный блок электроники (ПФС-Е); 5 — блок питания (ПФС-Р); 6 — ламбертовский экран (ПФС-Л, его выход сейчас открыт; вход же солнечного излучения, здесь это «сверху», закрыт защитной крышкой); 7 — наземное защитное ограждение; 8 — АЧТ для калибровки в полёте (ПФС-А, в составе сканера); 9 — фотометр видимого диапазона (ПФС-Т, «торометр», в составе сканера); 10 — наземный противовес вращения сканера вокруг оптической оси блока ПФС-О (она здесь горизонтальна, показана стрелкой О); 11 — радиатор блока ПФС-О (здесь закрыт защитной крышкой); 12 — арретир вращения сканера; 13 — арретир аварийного отстрела плоского зеркала 14



Рис. 4. Слева: автор этих строк производит в монтажно-испытательном корпусе (МИК) площадки № 31 космодрома Байконур заключительные операции с прибором ПФС; справа: перед накаткой головного обтекателя ракеты. Все защитные крышки сняты (за снятие каждой проставлена роспись в бортжурнале). Блок ПФС-О и окружающие конструкции были обшиты ЭВТИ золотистого цвета, снаружи оставались только сканер с ламбертовским экраном и радиатор (большой белый прямоугольник)

КА «Марс-Экспресс» был запущен российской ракетой «Союз» с разгонным блоком «Фрегат». Космический аппарат вышел на орбиту вокруг Марса 25 декабря 2003 года. Прибор ПФС был включён 10 января 2004 года и, к счастью, В.И. успел поработать с данными измерений. Вот часть его письма, датированного 15 января 2004 года:

<...>

There is heavy snow today in Moscow.

I seat home working with PFS data.

I am very happy.

<...>

(«Сегодня в Москве сильный снегопад.

Я сижу дома и работаю с данными ПФС.

Я очень счастлив.»)

Информация с задуманного профессором В.И. Морозом прибора поступает до сих пор (2014)!

ПРИЛОЖЕНИЕ

Научные задачи дистанционного эксперимента ПФС/МАРС-96 включали в себя исследования как атмосферы Марса, так и его поверхности. В табл. П1 приведены основные параметры прибора ПФС/МАРС-96, в табл. П2 — его блоков.

Таблица П1. Основные параметры прибора ПФС/МАРС-96

Параметр	КВК	Примечание	ДВК	Примечание
Спектральный диапазон	$\lambda\lambda 1,2 \dots 5 \text{ мкм}$ $8300 \dots 2000 \text{ см}^{-1}$	№ 1	$\lambda\lambda 5,5 \text{--} 45 \text{ мкм}$ $1800 \dots 220 \text{ см}^{-1}$	№ 2
Спектральное разрешение с аподизацией	2 см^{-1}	Величина, обратная максимальной оптической разности хода (ОРХ) волн	2 см^{-1}	Величина, обратная максимальной ОРХ
Поле зрения	$1,6 \times 1,6^\circ$		$\varnothing 2,8$	
	$7 \times 7 \text{ км}$	С расстояния 250 км	$\varnothing 12$	С расстояния 250 км
Спектральная яркость, эквивалентная шуму	$5 \cdot 10^{-9} \text{ Вт} \cdot \text{см}^{-2} \cdot \text{ср} \cdot \text{см}^{-1}$	На длине волны $\lambda 2,5 \text{ мкм}$	4×10^{-8}	На длине волны $\lambda 15 \text{ мкм}$
Длительность интерферограммы	4,1 с	Двусторонняя	4,1 с	Двусторонняя

Параметр	КВК	Примечание	ДВК	Примечание
Система наведения	Двухкоординатная	№ 3	Двухкоординатная	№ 3
Шаг системы наведения	1°	По каждой оси	1°	По каждой оси
Точность измерения фактических углов наведения	0,25°	По каждой оси	0,25°	По каждой оси
Тип интерферометра	Двойной маятник	№ 4	Двойной маятник	№ 4
Разделение между ДВК и КВК	Отражение от дихроического фильтра	№ 5	Пропускание дихроического фильтра	№ 5
Максимальная ОРХ	0,5 см		0,5 см	
Диаметр апертуры ретро-рефлекторов	2,5"	№ 6	2,5"	№ 6
Тип детектора	Фотосопротивление	№ 7	Пирозлектрический	№ 8
Чувствительный элемент (ЧЭ) детектора	0,7×0,7 мм		Ø1,4 мм	
λ опорного канала	1216 нм	Лазерный диод КВК	1216 нм	Лазерный диод ДВК
Опрос интерферограммы	Каждый ноль	№ 9	Каждый четвёртый ноль	№ 10

Примечания:

1. Дихроический фильтр на входе интерферометра прибора отражал в КВК только излучение с $\lambda < 5$ мкм, кроме того, чувствительность детектора КВК резко падала на $\lambda > 4,5$ мкм, а материал светоделителя КВК (CaF_2) поглощает излучение с $\lambda > 5$ мкм; входной же фильтр КВК (просветлённый кремний) не пропускал излучение с $\lambda < 1,2$ мкм. Этот фильтр был наклонён на $1,5^\circ$ от перпендикуляра к оптической оси во избежание переотражений.
2. Дихроический фильтр на входе прибора пропускал в ДВК излучение с $\lambda > 5$ мкм; материал же светоделителя ДВК (CsI) поглощает излучение с $\lambda > 45$ мкм.
3. Перед оптическим входом интерферометра («фор-оптика»): два плоских зеркала, вращающиеся вокруг взаимно перпендикулярных осей, каждое на $0 \dots 356^\circ$.
4. «Двухэтажная» конструкция: два одинаковых двойных маятника один над другим с общей осью вращения.
5. KRS-5 с многослойным (около сотни слоёв) напылённым в вакууме покрытием.
6. Часть апертуры не работает, так как затеняется оптическими деталями референтного канала, а также корпусами детекторов и фиксирующими их конструкциями («спайдерами»).

7. Осаждённый из жидкой фазы селенид свинца (PbSe), оптимальные параметры достигаются при -80°C , улучшаясь на порядок по сравнению с комнатной температурой.
8. Основу составляет подвешенная пластинка танталата лития (LiTaO_3) толщиной 25 мкм. На неё нанесена золотая чернь, это и есть ЧЭ, поглощающий ИК-кванты и нагревающий пирокристалл. Работает при комнатной температуре.
9. Это эквивалентно шагу опроса интерферограммы КВК (по оси ОРХ) 0,61 мкм.
10. То же для ДВК: 2,4 мкм.

Потребление прибора на перелёте к Марсу — 5 Вт (подогрев), при работе на орбите вокруг Марса — до 55 Вт (пик потребления).

Конструктивно прибор ПФС/МАРС-96 состоял из пяти блоков, перечисленных в табл. П2; в той же таблице дана информация о КИА прибора и калибровочном стенде. Указаны реальные значения масс, несколько отличавшиеся от согласованных. Приведённое разделение ответственности между странами-участницами сложилось постепенно, в ходе работ.

Таблица П2. Блоки прибора ПФС/МАРС-96, его КИА и калибровочный стенд

Блок; масса	Составные части	Главные узлы; назначение	Страна-создатель (страна-участник)
ПФС-О; 20,6 кг	Оптический узел (герметичный)	Два интерферометра (ДВК и КВК)	Италия, Россия (Германия — часть оптики)
	Электроника («железо») и программное обеспечение (ПО) («софт»)	Стабилизация скорости движения интерферометров, сбор данных, термостабилизация	Италия
	Радиатор	Охлаждение детектора КВК	
ПФС-С («сканер»); 8,5 кг	Двухкоординатная система наведения	Наведение полей зрения прибора на исследуемые объекты и на калибровочные источники	Россия
	ПФС-А	АЧТ; калибровка ДВК в полёте	Россия, Германия
	ПФС-Л	Ламбертовский экран; калибровка КВК в полёте	Россия
	ПФС-Т («торометр»)	Широкополосный фотометр видимого диапазона; поиск пылевого тора Фобоса	
ПФС-К; 2,5 кг	Электроника и ПО	Вычисление углов и управление моторами	Россия
ПФС-Е; 4,5 кг	Электроника	Главный электронный блок; управление прибором, приём команд, передача данных	Италия (Испания, Франция)
	ПО		Россия
ПФС-Р; 2,4 кг		Питание всех блоков прибора	Польша
Кабели; 2 кг	К57–К65	Межблочные кабели	Россия
40,5 кг	Полная масса прибора		

Блок; масса	Составные части	Главные узлы; назначение	Страна-создатель (страна-участник)
КИА	Компьютер, электрический имитатор КА, ПО	Наземные испытания и калибровка прибора	Польша
Калибровочный стенд	Вакуумная камера	Испытания и калибровка в вакууме	Италия (Россия — входное CaF_2 -окно)
	Калиброванные источники излучения	Два охлаждаемых жидким азотом вакуумных АЧТ; калибровка ДВК	Россия
		Высокотемпературное АЧТ, ленточные лампы и ламбертовские экраны; калибровка КВК	Россия (Германия)

Оптическая схема блока ПФС-О приведена на рис. П1. Выходное зеркало сканера 1 направляло излучение на оптический вход ПФС-О. Это зеркало могло быть отвёрнуто («отстрелено») с помощью пироконанды в случае отказа сканера. Дихроический фильтр 2 пропускал длинноволновое излучение с $\lambda > 5$ мкм в ДВК и отражал вверх, в КВК, коротковолновое излучение с $\lambda < 5$ мкм. Материал подложки этого фильтра — KRS-5. Эллиптическая полированная подложка громадного для этого материала размера (заготовка была диаметром более 100 мм) изготовлена в России, а сложнейшее (около ста слоёв) дихроическое покрытие было нанесено в Германии.

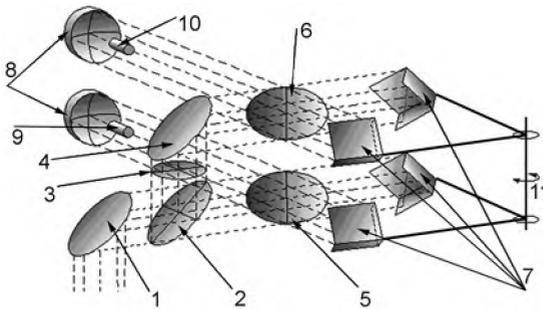


Рис. П1. Оптическая схема блока ПФС-О: 1 — выходное зеркало системы наведения (сканера); 2 — дихроический фильтр; 3 — отрезающий фильтр; 4 — плоское зеркало; 5 — светоделитель ДВК; 6 — светоделитель КВК; 7 — ретрорефлекторы; 8 — параболические зеркала; 9, 10 — детекторы ДВК и КВК соответственно, ЧЭ детекторов находятся в фокальных плоскостях соответствующих параболических зеркал; 11 — ось вращения двухэтажного двойного маятника

Прошедшее через дихроический фильтр излучение попадало на светоделитель ДВК 5, изготовленный в Германии, материал подложки — йодид цезия (CsI , прозрачен до $\lambda 45$ мкм). После отражения от ретрорефлекторов 7 проинтерферированное излучение собиралось параболическим зеркалом 8 на детектор ДВК 9. Последний был поставлен российской стороной и представлял собой пиродетектор с рекордными параметрами. Диаметр ЧЭ, т.е. зачернённой части пирокристалла (танталат лития, LiTaO_3), — 1,4 мм.

Специальный двухкаскадный предусилитель входил в состав этого приёмника излучения. Первый каскад был расположен прямо в корпусе головки детектора, второй — на маленькой печатной плате.

Отразившееся от дихроического фильтра излучение проходило через «отрезающий» фильтр, который не пропускал излучение с $\lambda < 1,2$ мкм. Это позволяло избежать наложения вычисленных спектров в КВК, так как в опорном канале ПФС использовался лазерный диод с длиной волны 1,2 мкм и опрос лазерной интерферограммы производился по каждому пересечению нуля опорным сигналом. Этот фильтр имел кремниевую подложку и широкополосное просветляющее покрытие. Он был полностью изготовлен в России.

Светоделитель КВК был изготовлен из инфракрасного флюорита (CaF_2), который прозрачен от видимой области до $\lambda 5$ мкм.

После отражения от ретрорефлекторов 7 проинтерферировавшее излучение собиралось параболическим зеркалом 8 на детектор КВК 10. Последний был поставлен российской стороной и представлял собой фотоспротивление на основе селенида свинца (PbSe) с рекордными, и до сих пор непревзойдёнными нигде в мире, параметрами. Размер ЧЭ составлял $0,7 \times 0,7$ мм, предусилитель был встроены в головку приёмника.

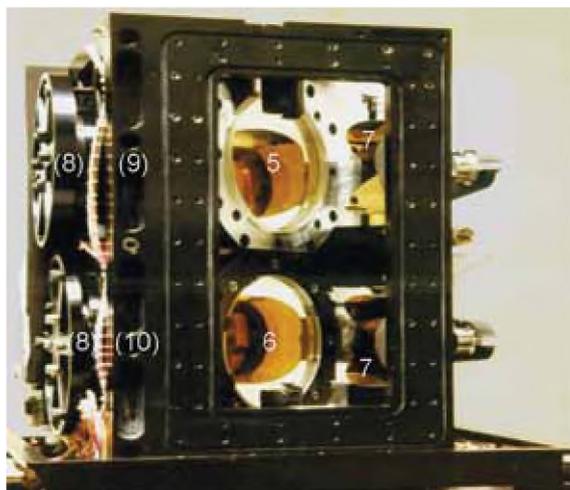


Рис. П2. Вскрытый оптический узел блока ПФС-О. Детекторы и параболические зеркала не видны и их примерные положения показаны условно (в скобках)

На рис. П2 показан вскрытый оптический узел блока ПФС-О: в частности, на переднем плане отсутствует крышка-держатель дихроического фильтра, отрезающего фильтра и плоского зеркала. Оптический узел блока ПФС-О герметичен, при наземной отработке в нормальных условиях он был заполнен сухим азотом (для сохранности гигроскопичных светоделителя ДВК и пирокристалла детектора ДВК). При понижении давления (при откачке вакуумной камеры и в процессе взлёта ракеты) специальный клапан узла автоматически открывался и азот выходил. После окончания работ в вакуумной камере она наполнялась сухим азотом до давления, несколько большего атмосферного, и этот клапан автоматически закрывался.

Коромысло интерферометра имело многоазовый арретир. Рабочий палец последнего имел два фиксированных положения, а двигался благодаря расширению нагреваемого вещества (специальный парафин) в сильфоне за поршнем. При первом нагревании (около 10 мин) палец перещёлкивался в одно из положений, оставаясь в нём и после остывания. При следующем нагреве он подобным же образом перещёлкивался во второе положение.

Двухкоординатная система наведения прибора ПФС/МАРС-96 была разработана, изготовлена и испытана в России; в создании лётного калибровочного АЧТ (ПФС-А, входило в состав ПФС-С) участвовала Германия. Сам «сканер» показан на рис. ПЗ. Он имел два больших плоских зеркала (входное 3 и выходное 4), которые поворачивались вокруг взаимно перпендикулярных осей. Центр выходного зеркала сканера лежал на оптической оси блока ПФС-О, оно было наклонено к ней на 45° и вращалось вокруг неё. В АЧТ 7 (степень черноты излучающей поверхности — 0,995) для полётной калибровки ДВК использовалась многоазовая крышка 8. Последняя имела две полукруглые створки, которые, расходясь в стороны, открывали рабочую поверхность АЧТ (концентрически ребрёный графит). Приводом их движения была бленда 5: когда сканер подходил к АЧТ, бленда толкала упор створок 9 и они раздвигались, а после отвода сканера от АЧТ пружина возвращала их обратно. Створки были покрыты матиками экранно-вакуумной теплоизоляции (ЭВТИ), предохранявшими АЧТ от переохлаждения между циклами калибровки. При наведении на АЧТ бленда предохраняла рабочую поверхность последнего от охлаждения высвечиванием в зазор. В теле графитовой шайбы были два маленьких отверстия с миниатюрными лампочками накаливания, их включали для проверки работы КВК.

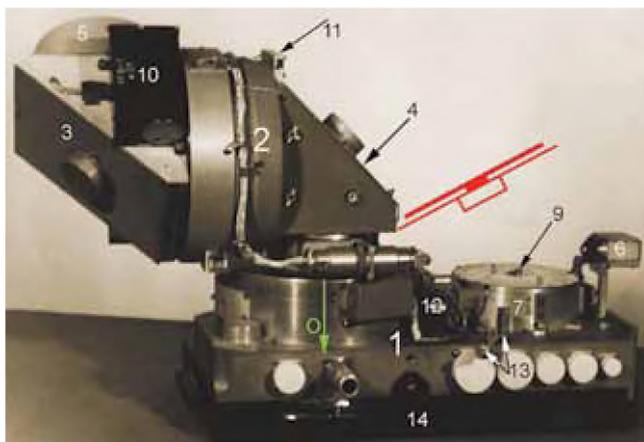


Рис. ПЗ. Сканер (ПФС-С): 1 — неподвижный корпус; 2 — узел вращения зеркал; 3 — входное зеркало; 4 — выходное зеркало; 5 — бленда; 6 — узел арретира вращения сканера; 7 — АЧТ; 8 — многоазовая крышка АЧТ (две её полукруглые створки); 9 — упор разводки створок АЧТ; 10 — торометр; 11 — узел арретира аварийного увода выходного зеркала, условно показано положение последнего после такого «отстрела»; 12 — фиксатор позиционного угла узла выходного зеркала; 13 — одноразовая система съёма и увода крышки торометра; 14 — технологический поддон

Перед началом вращения узла выходного зеркала 2 вокруг оси О фиксатор 12 выдёргивал стопорный зубец из соответствующего зубчатого колеса, а после поворота на нужный угол отпускал зубец, и пружина возвращала последний на место.

Такая же система была и в узле входного зеркала. Таким образом, во время регистрации интерферограммы зеркала сканера были надёжно зафиксированы.

Свет, идущий из сканера в ПФС-О, мог быть полностью перекрыт специальной многоразовой шторкой, расположенной внутри неподвижного корпуса сканера и имеющей свой датчик освещённости (в видимой области спектра). В нормальном положении шторка была выведена из пучка; но если возникла угроза попадания прямого солнечного света на вход ПФС-О, она автоматически перекрывала пучок. При уменьшении освещённости до неопасного уровня шторка автоматически же выводилась из пучка пружиной.

На случай отказа системы наведения был предусмотрен аварийный отворот входного зеркала сканера, осуществлявшийся с помощью взведённой на Земле пружины после срабатывания аварийного арретира 11 (см. рис. ПЗ). Активация последнего осуществлялась переплавлением полиэфирной нити с помощью проволоки, раскаляемой током пирокоманды КА. Таким образом, этот арретир был одноразовым. Пирокоманда была применена здесь как более надёжная и сильноточная по сравнению с функциональной командой КА (собственно пиропатрон не применялся). Положение этого зеркала после такого «отстрела» показано на рис. ПЗ условно, так оно полностью выведено из поля зрения ПФС-О. При этом прибор терял возможность полноценной калибровки, но полезные научные данные всё же можно было получить, наводя ПФС-О на Марс поворотом КА. (Шторка защиты от прямого солнечного света работала и в этом случае.)

Подобным же образом был устроен одноразовый арретир вращения сканера 6 (см. рис. ПЗ), но здесь переплавление нити осуществлялось током функциональной команды. Торометр 10 представлял собой широкополосный фотометр видимого диапазона, включавший в себя небольшой телескоп, фокусирующий свет на кремниевый фотодиод. Последний работал в режиме постоянного тока. Поскольку торометр был укреплен на узле входного зеркала, оптическую ось первого можно было навести в любую точку сферы. Во время оптимального освещения Солнцем предполагаемого пылевого тора Фобоса можно было зарегистрировать рассеянный тором свет. Во время старта ракеты оптический вход торометра был закрыт защитной крышкой; первым движением сканера в полёте эта крышка сдвигалась и уводилась в сторону одноразовой пружинной системой 13.

Управление подсистемами сканера осуществлял блок ПФС-К. Он получал команды и другую информацию от блока ПФС-Е, вычислял углы, на которые надо было повернуть входное и выходное зеркала; управлял вращением зеркал; передавал в ПФС-Е величины фактических углов их положения, а также сигнал торометра, температуру АЧТ и др.

Планетный фурье-спектрометр был интегрирован как целое в Италии, там же были проведены испытания собранного прибора, приёма-сдаточные и конструкторско-доводочные. Метрологическая калибровка также производилась в Италии.

В приборе ПФС температура детектора ДВК была близка к комнатной, т.е. при работе в космосе минимальный цикл измерений должен был состоять из трёх интерферограмм: при наведении на «планету», на «космос» и на «встроенное в прибор АЧТ».

При калибровках «космос» и «планета» имитируются двумя внешними по отношению к прибору АЧТ, охлаждаемыми жидким азотом (77 К). АЧТ «космос» только охлаждается (чем холоднее, тем лучше), а АЧТ «планета» может подогреваться, имея температуры, встречающиеся на Марсе (от 140 до 290 К).

По ряду причин и прибор, и калибровочные АЧТ при калибровках должны были находиться в вакууме. Во-первых, в ДВК использовался тепловой детектор (пиродетектор), сигнал в котором возникал от изменения температуры пирокристалла. Головка пиродетектора была негерметична и при работе в космосе пирослой находился бы в вакууме, не охлаждаясь конвекцией. При работе же в атмосфере (в земной ли, в сухом ли азоте) пирослой дополнительно охлаждается передачей тепла через газ, и часть драгоценного тепла от поглощённых ИК-квантов тратится на подогрев окружающей среды; в результате существенно уменьшается чувствительность. Во-вторых, в обычной атмосфере холодные АЧТ «космос» и «планета» (кроме того что охладить их в условиях конвекции труднее) покрывались бы водяным инеем, а в сухом азоте — см. «во-первых». В-третьих, для охлаждения детектора КВК (нужно было достичь температуры примерно $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$) использовался радиатор с идущим к детектору холодным пальцем, эта система могла нормально работать только в вакууме, в отсутствие конвекции.

Для калибровки ПФС использовалась итальянская вакуумная камера (см. рис. 2). Она была большая, удобная и хорошо автоматизированная, но её платформа 4 и стенки могли охлаждаться только фреоном, до $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (а не почти до $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$, как при охлаждении жидким азотом), поэтому имитация полётных условий была неполная. Нами была предложена доработка этой вакуумной камеры, которая заключалась в следующем. Через фланец, установленный в штатное отверстие крышки камеры 2, были проведены вакуумно-плотные магистрали жидкого азота 8, охлаждавшие внешние АЧТ 9 и 10, а также плиту 7, которая обеспечивала радиационное охлаждение радиатора ПФС-О и, таким образом, детектора КВК. Сканер 11 наводил поле зрения ПФС-О на внешние АЧТ 9 и 10, поставленные российской стороной, а также на внутреннее АЧТ 12 (ПФС-А). Степень черноты всех этих АЧТ была известна (и весьма высока), температуры их измерялись, далее по функции Планка вычислялась спектральная яркость калибровочного источника.

Для калибровки КВК использовались два источника излучения: внутри камеры и снаружи неё. Внутренний источник («Б») представлял собой специально изготовленную российской стороной лампу — «высокотемпературное АЧТ», — разработанную для работы в вакууме. Температура его излучателя контролировалась и могла достигать $2050\text{ }^{\circ}\text{C}$. Эта лампа освещала ламбертовский экран («Инфразолд»). При известной геометрии легко вычислялась спектральная яркость экрана, на который сканер наводил поле зрения прибора. Внешний источник («А») был аналогичен, для освещения ламбертовского экрана использовалась мощная стандартная ленточная лампа, питававшаяся от аккумуляторов. При обеспечении паспортного тока спектральная яркость ленты лампы во всём спектральном диапазоне КВК была известна (и проверена дополнительными испытаниями во ВНИИОФИ¹). Для ввода калиброванного излучения внутрь камеры необходимо было большое вакуумно-плотное окно, прозрачное до $\lambda 5\text{ мкм}$, а в комплект камеры такое окно не входило. Российская сторона поставила такое окно, изготовив его из инфракрасного флюорита (CaF_2). С помощью приспособленного фланца это окно было установлено в отверстие крышки камеры 2. При использовании внешнего экрана в спектре излучения, доходившего до ПФС, присутствовали полосы поглощения земной атмосферы.

¹ ВНИИОФИ — Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений.

«ПРОФЕССОР С ПАЯЛЬНИКОМ» ГЛАЗАМИ ФИЗТЕХА

А. В. Родин, ИКИ РАН

Моего поколения нет на научной карте России. Когда в июне 1991 года я получал диплом Физтеха советского образца и ромбовидный нагрудный значок с разводным ключом, знаменовавший мою причастность к касте научно-технической интеллигенции, проигрывались лишь первые, романтические акты зловещей мистерии, на которую пришлось добрая половина жизни моих сверстников и которая продолжается до сих пор. Совсем скоро цунами истории сметёт ту наивную картинку, которую мы рисовали в своём воображении, и многие из нас обнаружат себя в весьма неожиданных местах. Со мной ничего подобного не происходило, и главную причину этого я вижу в том, что все эти годы вокруг меня было непреодолимое силовое поле, которое создавали как личность самого Василия Ивановича, так и весь его коллектив.

Как и полагалось студенту кафедры космической физики, я пришёл в отдел физики планет ИКИ АН СССР зелёным почти во всех смыслах студентом-третьекурсником. Почти — потому, что лекции по физике плазмы вместо слишком занятого академика Р.З. Сагдеева у нас читал заведующий отделом физики космической плазмы Лев Зелёный — излучавший здоровье и оптимизм молодой вальяжный профессор, в котором ничто ещё не выдавало будущего директора ИКИ. Я выглядел полной противоположностью: был бледен, тощ, лопоух, всюду таскал с собой толстенный портфель с несколькими томами Ландафшица, носил потёртый пиджак и кирзовые сапоги. Я мечтал изучать физику, понятную «на пальцах», создавать лучшую в мире космическую технику и утирать нос потенциальному противнику.

С таким набором юношеских грёз мне была прямая дорога в один из многочисленных «почтовых ящиков», о скорой кончине которых тогда мало кто догадывался, а потом — в какой-нибудь «Менатеп». И я согрешил бы против Пятой заповеди, если бы не отметил роли моего отца — тогда заведующего комплексным отделом ИКИ — в определении моей судьбы. Дитя войны, Вячеслав Георгиевич всегда прекрасно разбирался в людях, и именно по человеческим качествам он привык судить своих товарищей по работе, зачастую чересчур резко или, наоборот, восторженно. Своим природным чутьём он не мог не заметить здоровой атмосферы планетного отдела и посоветовал мне присоединиться к лаборатории В.М. Линкина. За этой группой, известной прежде всего нетривиальными инженерными решениями, числилось немало ярких побед — от аэростата в облаках Венеры до автономного зонда для обследования аварийного чернобыльского реактора, собранного «на коленке» буквально за одну ночь. Эта героическая история, ведущую роль в которой сыграл А.Н. Липатов, привела меня в полный восторг. Мне определили «микрошефа», недавнего студента Костю Юношева, и под его чутким руководством я с головой включился в работу, не очень, правда, понимая, в чём она состоит. Когда полетел тот первый, ещё советский, «Фобос», я был самым счастливым человеком на свете. Вокруг кипела

настоящая жизнь, меня окружали замечательные люди, и ничто, даже женитьба и рождение первого сына, не могло отвлечь меня от упоительного счастья самоотверженной командной работы. Так, во всяком случае, казалось мне самому.

Однокашникам мой выбор казался более чем странным — для физтехов той поры выражение «физика планет» звучало если не дико, то по крайней мере натянуто претенциозно. Ну какая, в самом деле, может быть физика у случайного мусора Мироздания? То ли дело чёрные дыры, сверхновые, реликтовое излучение на худой конец... Идея посвятить свою жизнь изучению облаков на Марсе и ветра на Венере настолько противоречила стандартной физтеховской шкале ценностей, в которой не последнюю роль занимало обычное пижонство, что мне приходилось придумывать оправдания, чтобы обосновать тот выбор, который сделала за меня судьба. И лишь прикосновение к личности Василия Ивановича окончательно убедило меня в бессмысленности подобных оправданий. Он настолько глубоко вникал в физику явлений, которые исследовал, что ему не требовались ни заумные термины, ни длинные формулы, точно так же, как для настоящей любви не требуется высокопарных слов. Интуитивный, «крестьянский» стиль в физике всегда был мне очень близок, и в какой-то момент я понял, что готов отдать всё, чтобы оказаться в числе коллег и единомышленников Василия Ивановича. Я начал потихонечку общаться с молодыми сотрудниками отдела, занятыми спектроскопическими задачами, в том числе с Олегом Кораблёвым, тогда аспирантом, и после защиты дипломного проекта перешёл в лабораторию В. А. Краснопольского — признанного корифея в физике и химии верхних атмосфер планет. Судьба, однако, в очередной раз сделала выбор за меня, и в силу обстоятельств, как говорят юристы, непреодолимой силы, я оказался на орбите Василия Ивановича.

Ещё в студенческие годы я слышал, что в ГАИШ МГУ Василия Ивановича прозвали «профессором с паяльником». Это легендарное прозвище как нельзя лучше отражает его понимание миссии учёного. Во-первых, любя физика, в том числе физика планет, — наука в первую очередь экспериментальная. Не взяв в руки паяльник и не создав новый прибор, нельзя сделать настоящую науку. Во-вторых, задача учёного — не только удовлетворять своё любопытство за государственный счёт, но и нести эти знания другим. Профессия в переводе с латыни — призвание, от слова призывать; профессор — проповедник. Василий Иванович был проповедником потрясающей силы, из тех, чья проповедь состояла не в громких речах, а в личном подвиге. Я уверен, что его пример вдохновлял очень многих не только в космической науке, но и в промышленности, и в истории успеха советской космонавтики есть немалая его личная заслуга. Наконец, наиболее очевидный посыл этого прозвища в том, что полное пренебрежение к внешним проявлениям статуса было для Василия Ивановича органичной и неотъемлемой частью личности. Это и привлекало, и отпугивало одновременно, и до последних дней, обращаясь к нему по какому-либо делу, я чувствовал какую-то неловкость.

Я могу с полным правом называть себя учеником В. И. Мороза, но во многом считаю себя самоучкой. Это связано с необычным стилем руковод-

ства, который был характерен для Василия Ивановича. Обладая потрясающей научной и человеческой интуицией и достаточно жёстко руководя своими подчинёнными, он, тем не менее, предпочитал не предостерегать молодых коллег от ошибок, давая им возможность самостоятельно научиться глупостей и чему-то научиться. Благодаря О.И. Кораблёву, такой «спартанский» стиль воспитания молодёжи сохранился в нашем отделе и по сей день. Приведу один пример. Как-то в начале 1990-х по данным спектроскопического зондирования атмосферы Марса советским КА «Фобос» группа, в которую я входил, сделала сенсационное «открытие» (как оказалось впоследствии, ошибочное) формальдегида в атмосфере Марса. Естественно, возникло желание проверить, так ли это. Наши европейские коллеги предложили провести наземные наблюдения Марса на крупнейшем в стране 6-метровом телескопе БТА на Северном Кавказе при помощи французского фурье-спектрометра. Идея получила поддержку со стороны недавно назначенного «народного директора» Специальной астрофизической обсерватории Ю.Ю. Балеги, сейчас члена-корреспондента РАН, а тогда энергичного и любимого коллективом молодого астронома, которому было едва за тридцать. Василий Иванович, внимательно меня выслушав, вынес краткий вердикт: ничего у вас не получится, но если хотите — делайте. После двухлетней эпопеи, чрезвычайно обогатившей мой жизненный опыт и позволившей почувствовать, что такое настоящая наблюдательная астрономия, но принёсшей нулевой научный результат, я имел возможность убедиться в справедливости этих слов.

Похожая, но с несколько иным результатом, история произошла с моим первым опытом преподавания. Ещё во время учёбы на Физтехе меня беспокоило отсутствие на кафедре космической физики каких-либо курсов по планетологии, а также по областям физики, наиболее востребованным в планетных исследованиях, — молекулярной спектроскопии и теории переноса излучения. Чтобы как-то компенсировать этот пробел, я посещал лекции Василия Ивановича на кафедре астрономии МГУ. И в конце 1990-х мы с молодым, но тогда уже состоявшимся сотрудником отдела Димой Титовым решили попробовать поставить подобный курс на Физтехе. Разумеется, первым делом мы обратились к Василию Ивановичу, попросив его прочитать те лекции, которые он сочтёт нужным. Он снова внимательно выслушал, и снова его вердикт был предельно краток: делайте всё сами. Если бы я знал тогда, как эти слова повлияют на всю мою последующую жизнь...

Когда на нашем факультете разразился кризис, о причинах и сути которого рассказывать здесь было бы неуместно, требовалось закрыть амбразуру сотрудником ИКИ, который перешёл бы в МФТИ на постоянную работу и значительное время уделял административным делам. Я ничуть не удивился, когда принести себя в жертву родной *alma mater* было предложено именно мне, воспринимая это как срочную службу, которая когда-нибудь закончится, тяготы и лишения которой я обязан стойко переносить, и которая в любом случае обогатит мой жизненный багаж полезным опытом. Я принял это решение со всей ответственностью и не счёл нужным советоваться с учителем. К тому времени Василию Ивановичу оставалось быть с нами считанные месяцы, и только когда болезнь

стала окончательно подрывать его силы, он позволил себе предельно сдержанную фразу, из которой я понял, сколько переживаний я принёс ему своим переходом на Физтех. «Саша, Вы же действующий учёный» — были его слова, и этих слов я никогда не забуду. Это самая лестная характеристика в моей профессии, которую я могу себе представить, и одновременно самый жёсткий упрёк, который я слышал в своей жизни. С тех пор все мои усилия были направлены на то, чтобы остаться действующим учёным несмотря ни на что. «Срочная служба» давно закончилась, времена изменились, и общими усилиями с отделом физики планет ИКИ нам удалось создать на Физтехе новую планетологическую лабораторию, которую возглавил приглашённый из США В. А. Краснопольский. Но в самом важном, как мне кажется, ничего не изменилось. К нам по-прежнему приходят студенты с горящими глазами, которые мечтают изучать физику, понятную на пальцах, создавать лучшую в мире аппаратуру и утирать нос зарубежным конкурентам. И мы снова рассказываем им легенду о великом Профессоре с Пяльником, благодаря которому весь мир называет Венеру Русской Планетой.

МОЯ РАБОТА В ОТДЕЛЕ В. И. МОРОЗА

Н. А. Парфентьев, доктор технических наук, ВНИИОФИ¹

Вспоминая слова Гамлета: «если каждого судить по заслугам, то кто бы избежал порки», следует признать, что съевшаяся и обнищавшая советская наука в изрядной мере порку заслужила. Сколько в ней было шкурных и кумовских интересов, угодливых расстираний ковров перед партийным начальством, сколько чиновной снесьи и просто отсутствия культуры.

И, когда я вспоминаю Василия Ивановича, меня всегда удивляет, как он мог оставаться столь чистым, занимая «видный пост в видном институте». Ну не было в нём ни крупичицы худшего из российских пороков — лабазничества, мелкого самодержавия и чванства!

Чего стоят хотя бы знаменитые отношения с бухгалтерией ИКИ?! Василий Иванович, презируя мелкую канцелярскую суету, почти обязал большинство сотрудников копировать его подпись на бесконечных, дурацких документах. И что же, в итоге, когда в редких случаях ему приходилось расписываться самому, — бухгалтерия, как правило, возвращала эти документы с комментарием — нечего нас обманывать — мы прекрасно знаем, как расписывается Василий Иванович.

В Евпатории в момент расшифровки информации со станции «Венера-8» я был свидетелем пика этой его античужности. В момент планирования запусков КА «Венера-8 и -9» (тогда уже ассигнования на космос достаточно оскудели) было предложено не создавать специальных орбитальных аппаратов для Венеры, а переоборудовать «**скороварку**», сконструированные для Марса. И Василия Ивановича пригласили в качестве главного эксперта, для создания списка аппаратуры, нацеленной на исследования Венеры с орбиты. Таким образом, эти прославленные аппараты в полной мере были детищами Василия Ивановича.

И в ЦУП Евпатории² настал момент, когда победоносный успех этой миссии уже ни у кого не вызывал сомнения, началась жуткая возня — «кто будет докладывать начальству». Всё-таки, уже это удивительно, первым делом прибежали к В. И. И что же? В. И., страшно довольный, чертил на миллиметровке расшифровку со своего маленького приборчика, который он придумал для измерений водяного пара. Я не помню дословно, как он «послал» делегацию, мечтавшую подхватить его под белые руки и доставить к начальству, но отказ был столь категоричным, что прений не последовало. Эта сценка у меня ассоциируется с историей Архимеда, который решал какую-то свою задачу и попросил у подошедшего воина не загоразживать ему солнце. «Вот потому-то он и не стал академиком», — сказал мне кто-то из администраторов науки, которому я рассказывал эту

¹ ВНИИОФИ — Всероссийский научно-исследовательский институт оптико-физических измерений.

² ЦУП Евпатории — Центр управления полётами (запасной).

историю. «И это потому, что он настоящий учёный», — хотелось мне ему ответить, к сожалению, тогда я не нашёл нужных слов.



В. И. Мороз в 1975 году

В обычной жизни меня восхищали бурный оптимизм В.И., его желание и умение радоваться жизни. Он любил праздновать свой день рождения и всегда привозил из малодоступной тогда заграницы что-нибудь эксклюзивное. Помню, с каким удовольствием он зачитывал всем подаренную мной к его юбилею маленькую шутливую эпиграмму:

Нелегко с задачей справиться —
Спеть достойно хвалу Морозову.
В юбиляре мне очень нравится
То, что он по природе розовый.

И хоть ныне всё забываемо,
Был же шухер в СССРе,
Когда он аппаратом спускаемым,
Да по самой крупной Венере!

С предложением я — пусть не въеду,
Мысль благую прошляпить не долго,
В честь его, праздник ввесть Марсоеда,
Иль хотя бы день Венеролога.

В. И. МОРОЗ, ВОСПОМИНАНИЯ

С. В. Васюков, ИКИ РАН

Первый раз я увидел Василия Ивановича Мороза в 1969 или 1970 году, точно не помню, в здании Института физики атмосферы АН СССР на защите кандидатской диссертации сотрудником Якутского филиала Института космофизических исследований и аэронавтики Сибирского отделения АН СССР Ярина Владимира Ильича¹. Василий Иванович на этой защите был главным оппонентом. В.И. Мороз опаздывал. Сначала объявили задержку защиты на 15 минут, потом ещё на 15. И вот по залу пронёсся шёпот: «Мороз пришёл!» На сцену поднялся мужчина лет 35–40, раскрасневшийся от быстрой ходьбы. Извинился за опоздание, и заседание диссертационной комиссии началось.

Я смотрел на Мороза. Меня поразил цвет его волос, они имели не рыжий, а какой-то солнечно-красноватый оттенок. Защита Ярина В.И. прошла успешно.

Тогда я даже подумать не мог, что через некоторое время перейду из Института прикладной геофизики АН СССР (ИПГ) на работу в ИКИ АН СССР, в отдел, возглавляемый В.И. Морозом, и проработаю с ним более 30 лет.

Василий Иванович — высоко эрудированный человек, руководитель, уважаемый сотрудниками не только отдела, но и всего Института.

Он быстро разбирался в сложившейся ситуации, принимал окончательное решение или давал советы, как это сделать.

Кроме научной деятельности сотрудникам отдела приходилось заниматься и общественной работой: выполнять трудовые нагрузки, спускаемые «сверху» райкомом или райисполкомом. Это бесконечные выходы на плодоовощные базы, поездки в совхоз, дежурства в добровольной народной дружине (ДНД) и субботники по выходным дням по уборке территории района. Василий Иванович принимал активное участие в этих мероприятиях, если находился в Москве и позволяло его самочувствие: фотографии подтверждают это.

¹ Ярин В.И. был прикомандирован в ИПГ в лабораторию масс-спектрометрии Истомина В.Г. (Истомин Вадим Глебович — лауреат Ленинской премии, доктор физико-математических наук). Ярин В.И. был аспирантом и занимался подготовкой аппаратуры для вертикального космического зонда (ВКЗ), установки масс-спектрометров радиочастотных (УМР-1) из двух приборов: МХ 6407 М и МХ 6407 М2. Пуск ВКЗ состоялся 12.10.1967 года.

На защите я оказался по приглашению Ярина В.И., так как участвовал в подготовке приборов для проведения эксперимента, а также в первичной обработке полученных результатов (дешифровке телеметрической записи на фотоплёнках).



Мороз В. И. (Овощная база, 1978 год). «Планетчики» отдела В. И. Мороза готовы «ударить физическим трудом по умственной усталости и лени»



Без материально-ответственного не обойтись.
Слева — В. И. Мороз, справа — Н. С. Петрукович

Василий Иванович принимал участие и в работе добровольной народной дружины (ДНД). Однажды на дежурстве мы стояли около опорного пункта, о чём-то разговаривали. Около нас остановилась новая машина, «Волга М-24». Говорю: «Василий Иванович, хорошую машину сделали». — Он отвечает: «А знаешь, Серёж, как её называют за рубежом?» — Говорю: «Нет». — Он говорит: «Хочу быть „Мерседесом“».



«Правильной дорогой идёте, товарищи!» Под «бревном» (горбыль), слева направо: Мороз Василий Иванович — Лауреат Государственной премии, доктор физико-математических наук; Линкин Вячеслав Михайлович — Лауреат Ленинской премии, доктор физико-математических наук; Кержанович Виктор Валентинович — Лауреат Государственной премии, доктор физико-математических наук

Василий Иванович никогда не оставался в стороне, если кто-нибудь из сотрудников оказывался в тяжёлом бытовом или финансовом положении. Такое случилось с сотрудником отдела Красицким Олегом. Он задремал в электричке, и его как пьяного забрал милицейский патруль в отделение милиции. Было заведено уголовное дело. В. И. Мороз и Гречнев Костя ездили в железнодорожное отделение милиции, прокуратуру. Василий Иванович несколько раз встречался с прокурором. Был дан совет прислать на заседание суда защитника от трудового коллектива. Было решено провести собрание для направления на заседание суда народного защитника. На собрании Красицкий Олег рассказал, что он поздно вечером возвращался с дачи, где работал целый день. В электричке заснул. Когда его разбудили милиционеры, он с ними повздорил и его забрали в милицию, сказав, что он пьяный. На вопрос, почему он не остался ночевать на даче, ответил, что с утра он должен быть на работе. У него была назначена встреча. По предложению Василия Ивановича народным защитником на заседание суда единогласно был избран заведующий лабораторией Мухин Лев Михайлович. Суд состоялся, Красицкий Олег был оправдан.

Самым сложным вопросом в Москве, да и в СССР в целом, был и остаётся до сих пор жилищный, такие проблемы возникли у старшего научного сотрудника Мошкина Бориса. И он обратился за помощью к В.И. Морозу. Василий Иванович рассказывал: перед посещением председателя райисполкома он надел орден «Трудового Красного Знамени», полученный за работы по проекту ВЕНЕРА-75 на аппаратах «Венера-9» и «Венера-10». Входит в кабинет председателя и видит: у него два таких ордена. «ДВА-ОДИН» не в нашу пользу! Растерялся, но собрался, разговор состоялся откровенный и не последний. Хлопоты были не пустыми. Борис Мошкин улучшил свои жилищные условия.



Косте Гречневу 60 лет. Справа — Мороз В.И.,
в середине — юбиляр, слева — Васюков С.В.

Что касается меня, когда Мороз В.И. стал заведующим отделом по исследованиям планет и малых тел Солнечной системы, я работал в лаборатории масс-спектрометрии у Истомина В.Г. С февраля 1976 года распоряжением по отделу В.И. Мороз возложил на меня обязанности заместителя заведующего отделом по общим вопросам на общественных началах, в ноябре 1977 года приказом по Институту я был назначен заместителем заведующего отделом по организационно-техническим вопросам с продолжением работ по тематике лаборатории Истомина В.Г.

Очень трудно писать о Человеке с большой буквы, особенно о таком, как В.И. Мороз, с которым проработал 30 лет! В.И. Мороз всегда мог «разрулить» любую ситуацию и даже с большим юмором. Как-то во время заседания в кабинет входит возбуждённый Л.В. Ксанфомалити, с обидой на М.Н. Изакова, что-то они там не поделили. Василий Иванович выслушал и посоветовал «бросить перчатку и решить вопрос на шпагах». Или ещё

один пример, из института увольнялся Мацыгорин И.А. Он переписал часть приборов, числившихся за ним, на других сотрудников лаборатории, оставшиеся сдал материально-ответственной Петрукович Нине Сергеевне. Среди оставшихся приборов оказался сканер. Я забрал у Петрукович Н.С. сканер, переписав его на себя, в другую лабораторию. Об этом узнал Экономов А.П., пошёл к В.И. Морозу и пожаловался ему, что из их лаборатории забрали сканер в другую лабораторию. Василий Иванович позвал меня и просил, во избежание недоразумения, при передаче приборов из одной лаборатории в другую ставить его в известность. Сканер был возвращён Экономову А.П., вопрос был закрыт.

Вообще Василий Иванович был очень принципиальным, порядочным и справедливым человеком и, когда возмущался или был недоволен каким-либо поступком сотрудника, отчитывая его, прямо багровел, но быстро отходил от гнева и зла долго не держал.



Банкет в честь 30-летия отдела физики планет (2004). В. И. Мороз произносит тост

В трудное перестроечное и постперестроечное время, когда все боролись за «выживание», Василий Иванович приложил огромные усилия, чтобы спасти коллективы лабораторий и отдела в целом, избежать ухода научных сотрудников и инженеров. По заявленным темам ему удавалось получать иностранные гранты, организовывать зарубежные командировки для выполнения работ по этим темам, за счёт принимающей стороны. Там же удавалось приобретать комплектующие элементы, изготавливать необходимые узлы для бортовых приборов.

В мае 2004 года приказом директора Института Л.М. Зелёного Василию Ивановичу была объявлена благодарность за безупречное руководство в течение 30 лет отделом «Физики планет и малых тел Солнечной системы» и большие научные достижения. Но этого приказа Василий Иванович уже не увидел...

Его не стало. Но этого замечательного Человека нам всем очень не хватает.

НЕ ПРЕКРАЩАЙТЕ СТАРАНИЙ, МАЭСТРО...

В. А. Ершова, ИКИ РАН

В. И. Морозу поздравление с 70-летием

У Марса и Венеры
прескверные манеры.
Венера разодела в густые облака.
На Марс и на Венеру
Явились «Пионеры»,
А Марс их встретил бурей из пыли и песка.
Не всякие ракеты
Выдерживают это.
Какие же приборы живут в такой среде?
Но есть на самом деле,
В планетном есть отделе,
Они у нас в отделе и больше нет нигде!

Живут такие люди,
Лет эдак тридцать будет,
Когда на полигонах и в зное, и в пыли
Работали ночами, среди степей дичали,
Стремилась и искали, искали и нашли.

Не всякие аскеты
Выдерживают это.
Какие ж это люди живут в такой среде?
Но есть на самом деле,
В планетном есть отделе,
Они у нас в отделе и больше нет нигде!

А кто же, скрыв волненье,
У пульта управленья
Стоит вперёдсмотрящим уж скоро 30 лет?
Он есть на самом деле,
В планетном он отделе,
МОРОЗ у нас в отделе, в других отделах нет!

Пусть злится жизни вьюга,
Мы все нашли друг друга:
Отдел нашёл МОРОЗА, МОРОЗ — работу всем.
А ведь на самом деле
Работа есть в отделе,
А где-то в институтах работы нет совсем!

Пусть к Вам, вперёдсмотрящий,
Спешит удача чаще,
Вопрос неразрешимый не повергает в шок,

И пусть, на самом деле,
У Вас в родном отделе,
Как в доброй старой сказке, всё будет хорошо!

* * *

Много в науке вы сделать сумели,
Я бы хотела отметить одно:
Мастером быть — очень трудное дело,
Но научить... — единицам дано.

С Вами идут молодые в науку,
Хочется верить поэтому мне,
Что моему малолетнему внуку
Жить приведётся в нормальной стране.

В нашем отделе, как в мощном оркестре.
Все зазвучат инструменты тогда.
Не прекращайте старанья, Маэстро,
И оставайтесь у пульта всегда.

Как говорил Окуджава, «Известно,
Наша судьба то гульба, то пальба...
Не расставайтесь с надеждой, Маэстро,
Не убирайте ладони со лба!»

Дорогой Василий Иванович!

От всего сердца поздравляем Вас с 70-летием.

С Вашим именем связана целая эпоха — эпоха становления, развития и расцвета исследований Солнечной системы в нашей стране и в мире. За прошедшие годы наши знания в этой области фантастически обогатились и лично Вы внесли в это огромный вклад. На этом пути были яркие успехи, были и неудачи, но для каждого из нас Вы всегда оставались надёжным товарищем, тонким учителем, прекрасным человеком и просто коллегой по науке, с которым всегда интересно поспорить. Вы подаёте удивительный пример человеческой мягкости руководителя и исключительной взыскательности интеллигента всем, кому посчастливилось работать и общаться с Вами.

Позвольте пожелать Вам крепкого здоровья, творческих сил, новых идей и человеческого тепла — всего того, чем так богат спектр Вашего излучения.

Ученики и коллеги

ВАСИЛИЙ ИВАНОВИЧ МОРОЗ

Г. А. Аванесов, доктор технических наук, ИКИ РАН

Мне довелось познакомиться с Василием Ивановичем в далёком 1969 году, когда я сам только что приступил к работе в ИКИ АН СССР. Предметом первой нашей беседы были условия наблюдения лунной поверхности телевизионными камерами «Лунохода», посадки которого мы все тогда с нетерпением ожидали. Не вдаваясь в содержательную часть этого разговора, замечу лишь, что был очарован глубиной познаний собеседника о Луне, других планетах и о многом другом. Всё это преподносилось с известной долей юмора, делающей беседу непринуждённой. Для меня, человека с сугубо техническим образованием, этот разговор был фактически первым погружением в мир астрономических проблем, который был родным для Василия Ивановича.

С тех пор наши беседы на самые различные темы стали относительно регулярными, растянулись на четыре десятилетия, а когда они вдруг прервались, то у меня создалось ощущение определённого вакуума, которое уже никогда не исчезнет.

Наиболее плодотворным наше сотрудничество было в период проекта ВЕГА. В нём предстояло решить сложную плохо детерминированную задачу: с помощью телевизионной камеры обнаружить ядро кометы Галлея, навести на него платформу с научными приборами и обеспечить автосопровождение цели во время пролёта без вмешательства наземных средств. Для этого надо было, как минимум, представлять себе, как выглядит ядро кометы, чем оно отличается от общего фона в наблюдаемой с разных расстояний сцене, а уже потом научить телевизионную камеру делать это.

Не менее года ушло у нас на обсуждение этой проблемы. После многочисленных консультаций нам удалось вычленив некоторую совокупность численных оценок параметров ядра кометы Галлея и построить его физическую модель. По ней в дальнейшем велась отработка телевизионной камеры и всего контура наведения платформы. Специалисты по кометам, с которыми я в то время достаточно плотно общался, не смогли перейти от общих рассуждений к конкретике. А Василий Иванович смог. Полученные потом с помощью телевизионных камер изображения ядра кометы практически не отличались от модели.

В то время на экраны московских кинотеатров вышел американский фильм «Козерог-1», по сути, детектив с фантастическим уклоном, в котором очень подробно и вполне достоверно показана имитация пилотируемого полёта на Марс. Не менее достоверно выглядела и наша модель ядра кометы, почти не отличимая от настоящего.

Вместе с Василием Ивановичем мы не раз ездили в командировки, в том числе зарубежные. Однажды, в конце 80-х годов, мы оказались на острове Тенерифе в компании с Н. С. Кардашовым и Р. А. Сюняевым. Конечно, нас

понесло купаться, и пошли мы, естественно, своим путём. Не в бассейн, и не на пляж в закрытой бухте, где мирно плещутся туристы, а напрямик к открытой воде, чтобы поплавать в настоящем Атлантическом океане.

Рискуя поломать ноги, мы в гордом одиночестве километра полтора прыгали по скалам, и, наконец, добрались до берега океана. Вода там действительно была замечательной, чистой, спокойной и тёплой. Я первым выбрался на берег. Следующим был Василий Иванович. К нему я и обратился: «Как вы думаете, есть здесь акулы?» — Вместо ответа Василий Иванович закричал: «Акулы!» Академики, как ошпаренные, выскочили из воды. Интересное было время. Все мы тогда были молоды.

ПАМЯТИ ВАСИЛИЯ ИВАНОВИЧА МОРОЗА

Т. К. Бреус, доктор физико-математических наук, ИКИ РАН

Не помню точно, когда впервые увидела Василия Ивановича, несмотря на то, что близких его коллег из группы сподвижников и учеников И. С. Шкловского хорошо помню по университету, и всегда старалась на разных конференциях и Ломоносовских чтениях сесть поближе к Тане Мулярчик и Юре Гальперину, которые очень мне нравились. С В. И. я по-настоящему познакомилась в ИКИ РАН.

Новый директор ИКИ РАН, академик Р. З. Сагдеев, в 1973 году решил сделать ставку на планетные проекты. Это направление считалось приоритетным в стране ещё с середины 1960-х годов. Именно тогда главные конструкторы космической техники, С. П. Королёв и Г. Н. Бабакин, начали разрабатывать планетные космические станции: «Лунники», «Венеры» и «Марсы». Научные приборы ставились уже на первых планетных аппаратах и помогали будущим сотрудникам ИКИ делать интересные и важные открытия, получившие мировое признание.

В. И. Мороз, работая в ГАИШ в отделе И. С. Шкловского, ещё до 1974 года получил свои первые выдающиеся научные результаты: обнаружил ледяной покров на поверхности спутников Юпитера и связанную воду в марсианских породах, определил давление в атмосфере Марса и содержание CO_2 в атмосфере Венеры. Он показал, что высота облаков на Венере меняется с широтой. Василий Иванович гордился оценкой, данной его работам Дж. Койпером, считавшимся титанической фигурой в планетной астрономии.

В 1974 году В. И. Мороз перешёл работать в ИКИ РАН и был назначен научным руководителем исследований атмосферы и поверхности на аппаратах «Венера-9 и -10», содержащих посадочные модули, с помощью которых в 1976 году были получены первые панорамные изображения поверхности Венеры. До создания планетного отдела в ИКИ исследования велись отдельными группами учёных, рассредоточенными в различных подразделениях института. Свой планетный отдел был только у тех, кто занимался лунной тематикой. Однако в его задачи входило, в основном, сравнительное изучение эндогенных и экзогенных факторов формирования поверхности. Симпатии и интересы Сагдеева оказались полностью на стороне нового отдела широкого профиля, а планетчиков ГЕОХИ'шного направления и приверженцев лунной тематики Р. З. планомерно «выдавил» из института. Василий Иванович возглавил новый планетный отдел.

В. И. Мороз и его отдел очень быстро завоёвывают колоссальный авторитет в области планетных исследований в международном масштабе. Но я не буду здесь перечислять достижения В. И. и целой плеяды его учеников (его школы), потому что в других воспоминаниях наверняка они будут упомянуты и перечислены. Мне хочется рассказать о собственном опыте взаимоотношений с В. И. Морозом как на работе, так и в текущей

жизни. Мы часто сталкивались в Звенигородском пансионате, где отдыхали в зимнее время и катались на лыжах по волшебному заснеженному лесу. Надо сказать, что мне никогда не удавалось угнаться за ним, несмотря на его, казалось бы, неповоротливость и солидный вес.



На Учёном совете: Т. К. Бреус, В. И. Мороз и Г. М. Готлиб

Будучи в отделе физики плазмы, в лаборатории выдающегося учёного в области космической физики — Константина Иосифовича Грингауза, я оказалась в трудном положении. Мы с радиофизиками из ИРЭ РАН и Ростовским университетом разработали длинноволновый радар для ионосферного и подповерхностного зондирования Марса в проекте ФОБОС. К. И. не очень любил, когда его сотрудники начинали проявлять самостоятельность, да ещё в руководстве плазменными экспериментами. Несмотря на то, что я проработала с ним и в его лаборатории с 1965 года и считала себя его ученицей, он предложил мне уйти из лаборатории вместе с моим экспериментом. Дело в том, что наш прибор оказался на втором месте по приоритетности в комплексе аппаратуры на Фобосе, после телевизионной системы управления. Во время международных конференций и рабочих совещаний по проекту шли жаркие схватки с некоторыми участниками из нашего Института и международного сообщества, боявшихся, что радар испортит результаты их приборов, наведёт большой

потенциал на КА и т.д. Я нуждалась в защите у себя в ИКИ, хотя мои коллеги и соруководитель из ИРЭ в эксперименте по исследованию грунта Фобоса — Н.А. Арманд — делали, что могли, чтобы доказать целесообразность и безопасность радара на «Фобосе». Предложение К.И. уйти из лаборатории я встретила с огромным огорчением и сгоряча громко объявила его предательством учителя. Константин Иосифович обиделся на меня и сказал, что я, после того как спасла ему жизнь (а он болел и был такой эпизод в наших с ним взаимоотношениях), не могу плохо о нём думать, а лучше всего для меня же будет, если я попрошусь в отдел В.И. Мороза, если В.И. согласится меня принять. К.И. оказался прав, хотя В.И., соглашаясь взять меня в отдел, очень ворчал по поводу того, что ему придётся разбираться во всех моих «дрязгах» с коллегами из-за радара. В планетном отделе я нашла не только прекрасное понимание правоты своих притязаний, но и тёплый приём, совершенно бескорыстную заботу — то, что характеризует настоящие хорошие творческие коллективы.

И во время очень бурных споров с зарубежными коллегами, особенно с немецким учёным Нойкумом, руководителем телевизионного эксперимента, В.И. отстаивал меня сам. Нойкум утверждал, что двадцатиметровые антенны нашего радара будут отвечивать и портить его телевизионные картинки. Я вскакивала без приглашения и бросалась навстречу спорщику, но Мороз в свойственной ему манере кричал на меня (хорошо, что по-русски) «Сядьте на место, Вы — Нойкум в юбке!», и продолжал, как руководитель рабочего совещания, объяснять спокойно сам. Мороз, кстати, бывал порой резок и во время наших с ним научных споров, особенно когда был сильно возбуждён или разгневан. Но обычно впоследствии извинялся и признавал свои ошибки, что довольно редко случается с другими руководителями. Я вспомнила, кстати, мнение о Василии Ивановиче Я.Б. Зельдовича, не слишком щедрого на комплименты в адрес учеников и членов команды И.С. Шкловского. Во время банкета по поводу присуждения Государственной премии, которая досталась и Морозу, Яков Борисович произнёс в его честь тост. Сущность тоста сводилась к тому, что Мороз, как человек мудрый, не попадает в такие ситуации, из которых пришлось бы выбираться, унижая собственное достоинство.

Мне хочется вспомнить ещё одну важную для меня историю в отношениях с В.И.

Гибель аппаратов «Фобос» (частичная — собственно, погубившая главным образом мой эксперимент) и «Марс-94/96» была тяжелейшим испытанием и громадным разочарованием для всех нас и для В.И. Мороза особенно. Погибло столько прекрасных экспериментов и надежд... После этого я долгое время продолжала заниматься обработкой данных американского проекта MARS GLOBAL SURVEYOR (MGS) по приглашению Норманна Несса — соруководителя Марио Акуни по магнитному эксперименту. Я много времени проводила в Америке, и у нас получались неплохие результаты. Но наш к тому времени новый директор Лев Матвеевич Зеленый обратил внимание на другую мою деятельность, которую я долгое время вела ещё по поручению Сагдеева с медиками, биофизиками и физиологами, а именно — воздействие солнечной активности на биологические объекты. К тому времени у меня уже появилось множе-

ство публикаций на эту тему и образовалось обширное международное научное сообщество, возглавлявшееся американцами, но куда входили японцы, чехи, немцы и т.д. В политике в тот период был сделан акцент на практические последствия фундаментальных исследований, и мы могли кое-что предложить в этом плане. Мне пора было защищать докторскую диссертацию, и я уже начала работать над ней по свойствам ионосферы Марса с учётом открытых на нём магнитных аномалий. Но Лев Матвеевич распорядился иначе. Он читал мои биофизические работы и предложил возглавить группу в ИКИ по этой тематике, позаботясь о её финансировании. Кроме того, я получила грант Президиума РАН по теме «Фундаментальные науки — медицине». Пришлось подчиниться, и диссертация оказалась на тему «Влияние солнечной активности на биологические объекты». Для моих коллег — сотрудников нашего и других институтов — это было большой неожиданностью, так как они, как и члены Совета, собирались голосовать за мои марсианские и венерианские результаты. Вновь возникла крупная склока, неожиданная для Льва Матвеевича, и он, сославшись на занятость, перепоручил вести защиту моему заместителю по Совету — К.С. Ерохину. Я побежала к В.И. Морозу и рассказала об этом решении. Он совершенно рассвирепел, и тут же позвонил Льву Матвеевичу и предупредил его, что если тот не возглавит сам заседание Совета, то он, Мороз, пригласит меня защищать мою диссертацию на своём учёном совете, в котором я, вероятнее всего, с трудом бы нашла подходящую специальность. Мороза это не смутило, он собирался защитить меня. Дело кончилось тем, что Лев Матвеевич самым великолепным образом и даже со свойственным ему изяществом провёл труднейшее заседание, на протяжении шести часов отстаивая мои достижения.

Я благодарна судьбе за то, что она привела меня в отдел к В.И., и я продолжаю оставаться в нём в память об этом прекрасном человеке, учёном и организаторе, хотя вся моя группа с биофизическими делами числится в отделе «Космической погоды», а мне всё меньше приходится заниматься любимой планетной тематикой.

СПИСОК ПЕЧАТНЫХ РАБОТ В. И. МОРОЗА

- Бакулин П. И., Кононович Э. В., **Мороз В. И.** Курс общей астрономии. М.: Наука, 1966 (6-е изд. — 1987). Переводы на фр., ит., исп. (изд-во «Мир»).
- Балебанов В. М., **Мороз В. И.**, Мухин Л. М. Первый этап космической экспедиции ВЕГА: исследование Венеры // Природа. 1985. № 8. С. 3. (1)¹
- Гнедых В. И., Жегулёв В. С., Засова Л. В., **Мороз В. И.**, Парфентьев Н. А., Томашева Г. В. Предварительные результаты исследований инфракрасного спектра Венеры на орбитальных аппаратах «Венера-9» и «Венера-10» // Космические исследования. 1976. Т. 14. Вып. 5. С. 758–767.
- Гнедых В. И., Жегулёв В. С., Засова Л. В., **Мороз В. И.**, Парфентьев Н. А., Томашева Г. В. Предварительные результаты исследований инфракрасного спектра Венеры на орбитальных аппаратах «Венера-9» и «Венера-10»: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1976. Пр-273. 20 с.
- Гнедых В. И., Засова Л. В., **Мороз В. И.**, Мошкин Б. Е., Экономов А. П. Вертикальная структура облаков в местах посадки аппаратов «Вега-1» и «Вега-2» // Космические исследования. 1987. Т. 25. № 5. С. 707–714. (7)
- Гнедых В. И., **Мороз В. И.**, Парфентьев Н. А., Санько Н. Ф., Устинов Е. А. «Венера-9 и -10»: инфракрасная спектрометрия облачного слоя на спускаемых и орбитальных аппаратах: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1976. Д-235. 9 с.
- Головин Ю. М., **Мороз В. И.**, Мошкин Б. Е. Атмосфера Венеры по данным оптических измерений на СА «Венера-11 и -12» // Космические исследования. 1982. Т. 20. № 4. С. 572. (3)
- Головин Ю. М., **Мороз В. И.**, Мошкин Б. Е., Парфентьев Н. А., Санько Н. Ф., Экономов А. П. Первые результаты научных экспериментов на «Венере-11» и «Венере-12». Спектрофотометрическое исследование рассеяния и поглощения солнечного излучения в атмосфере Венеры // Письма в Астрономический журн. 1979. Т. 5. № 1, 5.
- Головин Ю. М., **Мороз В. И.**, Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Санько Н. Ф. Атмосфера Венеры по данным оптических измерений на СА «Венера-11 и -12» // Космические исследования. 1982. Т. 20. № 4. С. 572–594. (1)
- Грингауз К. И., Курт В. Г., **Мороз В. И.**, Шкловский И. С. Ионизованный газ и быстрые электроны в окрестности Земли и в межпланетном пространстве // Доклады АН СССР. 1960. Т. 132. С. 1062. (1)
- Грингауз К. И., Курт В. Г., **Мороз В. И.**, Шкловский И. С. Ионизованный газ и энергичные электроны в окрестности Земли и в межпланетном пространстве // Искусственные спутники Земли. 1961. № 5. С. 24. (1)
- Грингауз К. И., Курт В. Г., **Мороз В. И.**, Шкловский И. С. Ионизованный газ и быстрые электроны в окрестности Земли и в межпланетном пространстве // Искусственные спутники Земли. 1961. № 6. С. 108. (1)
- Длугач Ж. М., Кораблёв О. И., Мороженко А. В., **Мороз В. И.**, Петрова Е. В., Родин А. В. Физические характеристики пыли в атмосфере Марса: анализ противоречий и возможные пути их разрешения // Астрономический вестник. 2003. Т. 37. № 1. С. 3–22. (3)
- Жарков В. Н., **Мороз В. И.** Почему Марс? // Природа. 2000. № 6. С. 58. (1)

¹ В скобках в конце каждой позиции приведено количество цитирований.

- Засова Л. В., Мороз В. И., Линкин В. М., Хатунцев И. В., Майоров Б.* Строение атмосферы Венеры от поверхности до 100 км // *Космические исследования*. 2006. Т. 44. № 4. С. 381–400. (11)
- Засова Л. В., Мороз В. И., Формизано В., Игнатъев Н. И., Хатунцев И. В.* Исследование Венеры с помощью ИК-фурье-спектрометра на «Венере-15» и планетного фурье-спектрометра на борту «Венеры-Экспресс» // *Космические исследования*. 2006. Т. 44. № 4. С. 365–380.
- Засова Л. В., Формизано В., Мороз В. И., Бибринг Ж. П., Грасси Д., Игнатъев Н. И., Джуаранна М., Беллучи Ж., Альтери Ф., Бленска М., Гнедых В. Н., Григорьев А. В., Леллюш Э., Маттана А., Матурилли А., Мошкин Б. Е., Никольский Ю. В., Пацаев Д. В., Пиччиони Ж., Ратай М.* и др. Результаты измерений планетного фурье-спектрометра на «Марс-Экспресс»: облака и пыль в конце южного лета. Сравнение с изображениями ОМЕГА // *Космические исследования*. 2006. Т. 44. № 4. С. 319–331. (3)
- Засова Л. В., Шренкух Д., Мороз В. И.* и др. Инфракрасный эксперимент на АМС «Венера-15» и «Венера-16». Некоторые выводы о строении облаков, основанные на анализе спектров // *Космические исследования*. 1985. Т. 23. С. 221–235. (6)
- Игнатъев Н. И., Мороз В. И., Засова Л. В., Хатунцев И. В.* Водяной пар в средней атмосфере Венеры по данным ИК-фурье-спектрометра на АМС «Венера-15» // *Астрономический вестник*. 1999. Т. 33. № 1. С. 18. (1)
- Игнатъев Н. И., Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Гнедых В. И., Григорьев А. В., Хатунцев А. В.* Водяной пар в нижней атмосфере Венеры: новый анализ оптических спектров, измеренных на спускаемых аппаратах // *Космические исследования*. 1997. Т. 35. С. 3–17. (4)
- Истомин В. Г., Ксанфомалити Л. В., Мороз В. И., Мухин Л. М., Нариманов Г. С., Перминов В. Г.* «Венера-11», «Венера-12»: новые научные эксперименты: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1979. Д-289. 33 с.
- Кержанович В. В., Маров М. Я., Мороз В. И.* Предложения для МАВ (Международная справочная модель атмосферы Венеры): структура: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1983. Пр-831.
- Кононович Э. В., Мороз В. И.* Общий курс астрономии: Учебное пособие / Под ред. В. В. Иванова. 2-е изд., испр. М.: Едиториал УРСС, 2004. 544 с. (Классический университетский учебник)
- Кораблёв О. И., Берто Ж. Л., Калинин Ю. К., Федорова А. А., Мороз В. И., Киселев А. В., Степанов А. В., Григорьев А. В., Жегулёв В. С., Родин А. В., Димареллис Э., Дюбуа Ж. П., Реберак А., Ван Рансбек Э., Гонде Б.* Исследования Марса в эксперименте СПИКАМ-ИК на борту КА «Марс-Экспресс». 1. Акустооптический спектрометр СПИКАМ-ИК // *Космические исследования*. 2006. Т. 44. № 4. С. 292–307. (2)
- Ксанфомалити Л. В., Мороз В. И.* Инфракрасная радиометрия с борта «Марса-5»: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Д-176. 7 с.
- Ксанфомалити Л. В., Мороз В. И.* Поляриметрический эксперимент на борту «Марса-5»: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-198. 23 с.
- Ксанфомалити Л. В., Мороз В. И.* «Марс-3»: фотоэлектрическая фотометрия с узкополосными фильтрами в диапазоне 3700...7000 Å: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-200.
- Ксанфомалити Л. В., Мороз В. И.* Инфракрасная радиометрия с борта «Марса-5» // *Космические исследования*. 1975. Т. 13. Вып. 1. С. 77–79.

- Ксанфомалити Л. В., Мороз В. И., Дольфюс А.* «Марс-5»: фотометрия в диапазоне 3200...9000 Å: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Д-180. 9 с.
- Ксанфомалити Л. В., Мороз В. И., Дольфюс А.* Поляриметрический эксперимент на борту «Марса-5» // *Космические исследования*. 1975. Т. 13. Вып. 1. С. 92–98.
- Ксанфомалити Л., Мороз В., Кунашев Б. С., Жезулёв В. С.* «Марс-3»: давления и высоты по результатам CO₂-альтиметрии: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-1983. 21 с.
- Ксанфомалити Л., Мороз В., Мёрчи С.* Физические свойства реголита Фобоса // *Космические исследования*. 1991. Т. 29. № 4. С. 621. (8)
- Ксанфомалити Л. В., Кунашев Б. С., Мороз В. И.* «Марс-5»: давления и высоты по интенсивности полос CO₂ (предварительные результаты): Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Д-182. 6 с.
- Ксанфомалити Л. В., Кунашев Б. С., Мороз В. И.* Давление и высоты по интенсивности полос CO₂ по измерениям с борта АМС «Марс-5» (предварительные результаты) // *Космические исследования*. 1975. Т. 13. Вып. 1. С. 84–86.
- Курт В. Г., Мороз В. И.* Потенциал металлического шара в космическом пространстве // *Искусственные спутники Земли*. 1961. № 7. С. 78. (1)
- Курт В. Г., Мороз В. И.* Наблюдения звёзд и планет II // *Астрономический журнал*. 1968. Т. 6. № 4. С. 576–585.
- Майоров Б. С., Игнатьев Н. И., Мороз В. И.* и др. Новый анализ спектров, полученных на спускаемом аппарате «Венера-11» в подоблачной атмосфере (область длин волн 0,44...0,66 мкм) // *Астрономический вестник*. 2005. № 39. С. 304–320. (1)
- Маров М. Я., Мороз В. И.* Предварительные результаты исследований, проведённых на автоматических станциях «Венера-9» и «Венера-10» // *Космические исследования*. 1976. Т. 14. Вып. 5. С. 651–654.
- Мороз В. И.** Инфракрасный спектр ночного неба до 3,4 мкм // *Астрономический журнал*. 1960. Т. 37. № 1. С. 123–130.
- Мороз В. И.** Инфракрасные измерения Крабовидной туманности // *Астрономический журн*. 1963. Т. 40. С. 462–493.
- Мороз В. И.** Инфракрасный спектр Марса (1,1...4,1 мкм) // *Астрономический журн*. 1964. Т. 41. С. 350–360. (5)
- Мороз В. И.** Инфракрасная спектрофотометрия Луны и галилеевых спутников Юпитера // *Астрономический журн*. 1965. Т. 42. С. 1287–1297.
- Мороз В. И.** Физика планет. М.: Наука, 1967. 409 с. (Пер. на англ. **Moroz V. I.** Physics of planets. NASA TT F-515, document N68-21802. 1968)
- Мороз В. И.** Полосы CO₂ и некоторые оптические свойства атмосферы Венеры // *Астрономический журн*. 1967. Т. 44. № 4. С. 816.
- Мороз В. И.** Орбитальные аппараты «Марс-2» и «Марс-3» — результаты исследований поверхности и атмосферы Марса: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Д-154. 22 с. (совместное совецание со специалистами США).
- Мороз В. И.** «Марс-5»: исследования поверхности и атмосферы планеты астрофизическими методами (Введение): Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Д-183. 6 с.
- Мороз В. И.** Предварительные результаты исследований, проведённых на советских автоматических станциях «Марс-4», «Марс-5», «Марс-6» и «Марс-7» (Введение): Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-190. 8 с.

- Мороз В.И.** Предварительные результаты исследований, проведённых на советских автоматических станциях «Марс-4», «Марс-5», «Марс-6» и «Марс-7» // *Космические исследования*. 1975. Т. 13. Вып. 1. С. 3–8.
- Мороз В.И.** О структуре марсианского грунта по оптическим и инфракрасным наблюдениям: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1975. Пр-234. 21 с.
- Мороз В.И.** Облака на Марсе: некоторые выводы из наблюдений АМС «Марс-3»: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1975. Пр-235.
- Мороз В.И.** Рабочая модель атмосферы и поверхности Марса. Ч. 1: Атмосфера: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1975. Пр-240. 72 с.
- Мороз В.И.** Рабочая модель атмосферы и поверхности Марса. Ч. 2: Поверхность: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1975. Пр-241. 26 с.
- Мороз В.И.** Панорама поверхности Венеры, некоторые заключения о структуре пограничного слоя атмосферы // *Космические исследования*. 1976. Т. 14. Вып. 5. С. 691–692.
- Мороз В.И.** Рабочая модель атмосферы и околопланетного пространства Юпитера: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1976. Пр-282. 27 с.
- Мороз В.И.** Физика планеты Марс. М.: Наука, 1978. 351 с.
- Мороз В.И.** Фотометрическая модель кометы Галлея: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1981. Пр-645. 20 с.
- Мороз В.И.** Модель кометы Галлея как оптической цели: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1982. Пр-736.
- Мороз В.И.** Что известно о марсианском аэрозоле? // *Астрономический вестник*. 1992. Т. 26. № 6. С. 39. (1)
- Мороз В.И.** Новелла о Докторе // *Шкловский И.С. Разум, жизнь, Вселенная* / Ред.-сост. Бреус Т.К. М.: Янус, 1996. С. 179–188.
- Мороз В.И., Боярчук А.А., Есипов В.Ф.** О непрерывном спектре АГ Пегаса // *Астрономический журн.* 1966. Т. 43. С. 421–429.
- Мороз В.И., Геткин Ю.М., Нараева М.К.** и др. Вертикальное распределение аэрозоля в атмосфере Марса по измерениям его теплового излучения на лимбе // *Космические исследования*. 1993. Т. 31. С. 102–122.
- Мороз В.И., Головин Ю.М., Мошкин Б.Е., Экономов А.П.** Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-11» и «Венера-12». Результаты фотометрических измерений // *Космические исследования*. 1981. Т. 19. С. 599–612. (6)
- Мороз В.И., Головин Ю.М., Мошкин Б.Е., Экономов А.П., Парфентьев Н.А., Санько Н.Ф.** Spectrophotometric Experiment on-Board the Venera-11, 12 Descenders: Some Results of the Analysis of the Venus Day-sky Spectrum: Препринт. М.: ИКИ АН СССР. 1979. Д-270.
- Мороз В.И., Давыдов В.Д., Жезулёв В.С.** Фотометрические и спектральные наблюдения за планетами в диапазоне 8...14 мкм // *Астрономический журнал*. 1969. Т. 46. № 1. С. 136–146.
- Мороз В.И., Делер Б., Устинов Е.А., Шефер К., Засова Л.В., Шпенкух Д.** и др. Инфракрасный спектрометр на борту КА «Венера-15» и «Венера 16». Предварительные результаты анализа спектра в области полос поглощения H_2O и CO_2 // *Космические исследования*. 1985. Т. 23. С. 236–247.
- Мороз В.И., Жезулёв В.С.** Предварительные результаты исследований, проведённых на автоматических станциях «Венера-13» и «Венера-14» // *Космические исследования*. 1983. Т. 21. Вып. 2. С. 147–150.
- Мороз В.И., Изаков М.Н., Линкин В.М.** Инженерная модель атмосферы Марса (вариант МА-197): Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1988. Пр-1449 (на рус. и англ. яз.).

- Мороз В. И., Истомин В. Г., Мухин Л. М.** Предложения для МАВ (Международная справочная модель атмосферы Венеры): химический состав ниже гомопаузы: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1983. Пр-830.
- Мороз В. И., Кержанович В. В., Краснопольский В. А.** Инженерная модель атмосферы Марса для проекта МАРС-94 (МА-90) // Космические исследования. 1991. Т. 29. № 1. С. 3. (23)
- Мороз В. И., Кораблёв О. И., Родин А. В.** Новые исследования Марса и сравнительная планетология // Природа. 2005. № 9. С. 25–33.
- Мороз В. И., Крупенио Н. Н.** Предварительные научные результаты, полученные при полёте АМС «Венера-9» и «Венера-10»: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1976. Пр-278. 60 с.
- Мороз В. И., Ксанфомалити Л. В., Красовский Г. Н.** и др. «Марс-3»: инфракрасные температуры и тепловые свойства поверхности планеты: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-172. 33 с.
- Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Григорьев А. В., Гнедых В. И., Головин Ю. М.** Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-13» и «Венера-14». 2. Предварительные результаты анализа спектров в области полос поглощения H_2O // Космические исследования. 1983. Т. 21. Вып. 2. С. 246–253.
- Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Головин Ю. М., Гнедых В. И., Григорьев А. В.** Спектрофотометрический эксперимент на «Венере-13» и «Венере-14»: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1982. Пр-746.
- Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П.** Предложения для МАВ (Международная справочная модель атмосферы Венеры): Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1983. Пр-829.
- Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Парфентьев Н. А., Санько Н. Ф., Головин Ю. М.** Спектры дневного неба Венеры (образцы телеметрических записей, полученные на СА «Венера-11» и «Венера-12»: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1979. Д-273.
- Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Санько Н. Ф., Парфентьев Н. А., Головин Ю. М.** Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-11» и «Венера-12». Некоторые результаты анализа спектра дневного неба Венеры: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1979. Д-270.
- Мороз В. И., Мошкин Б. Е., Экономов А. П., Санько Н. Ф., Парфентьев Н. А., Головин Ю. М.** Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-11» и «Венера-12». Некоторые результаты анализа спектра дневного неба Венеры // Письма в Астрономический журн. 1979. Т. 5. № 5. С. 222. (3)
- Мороз В. И., Мухин Л. М.** О ранних этапах эволюции атмосферы и климата на планетах земной группы: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1977. Пр-337. 41 с.
- Мороз В. М., Мухин Л. В.** О ранних этапах эволюции атмосферы и климата планет земной группы // Космич. исслед. 1978. Т. 15. С. 901.
- Мороз В. И., Наджип А. Э.** «Марс-5»: предварительные результаты измерений содержания водяного пара в атмосфере планеты: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Д-181. 7 с.
- Мороз В. И., Наджип А. Э.** «Марс-3»: водяной пар в атмосфере планеты: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-174. 19 с.
- Мороз В. И., Наджип А. Э.** АМС «Марс-3»: водяной пар в атмосфере планеты // Космические исследования. 1975. Т. 13. С. 738–752.

- Мороз В.И.,** Наджип А.Э. Предварительные результаты измерений содержания водяного пара в атмосфере планеты по измерениям с борта АМС «Марс-5» // *Космические исследования*. 1975. Т. 13. Вып. 1. С. 33–36.
- Мороз В.И.,** Наджип А.Э. «Марс-5»: водяной пар в атмосфере Марса: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1975. Д-212. 12 с.
- Мороз В.И.,** Наджип А.Э., Жигулёв В.С. «Марс-3»: фотометрические профили планеты в ближней инфракрасной области спектра: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1974. Пр-173. 19 с.
- Мороз В.И.,** Парфентьев Н.А. Спектрофотометрия планеты в диапазоне 2...5 мкм с борта АМС «Марс-5» // *Космические исследования*. 1975. Т. 13. Вып. 1. С. 80–83.
- Мороз В.И.,** Парфентьев Н.А., Санько Н.Ф., Жегулёв В.С., Засова Л.В., Устинов Е.А. Предварительные результаты узкополосного фотометрического зондирования облачного слоя Венеры в области спектра 0,80...0,87 мкм на спускаемых аппаратах «Венера-9» и «Венера-10» // *Космические исследования*. 1976. Т. 14. С. 743–755. (5)
- Мороз В.И.,** Парфентьев Н.А., Санько Н.Ф., Жегулёв В.С., Засова Л.В., Устинов Е.А. Предварительные результаты узкополосного фотометрического зондирования облачного слоя Венеры в области спектра 0,80...0,87 мкм на спускаемых аппаратах «Венера-9» и «Венера-10»: Препринт. М.: ИКИ АН СССР, 1976. Пр-272. 28 с.
- Мороз В.И.,** Парфентьев Н.А., Санько Н.Ф. Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-11» и «Венера-12». 2. Анализ спектральных данных «Венеры-12» методом сложения слоёв // *Космические исследования*. 1979. Т. 17. № 5. С. 727–742. (9)
- Мороз В.И.,** Петрова Е.В., Ксанфомалити Л.В. Спектрофотометрия Марса в эксперименте КРФМ миссии ФОБОС: некоторые свойства атмосферного аэрозоля и поверхности // *Космические исследования*. 1993. Т. 31. С. 105–129.
- Мороз В.И.,** Петрова Е.В., Ксанфомалити Л.В., Эспозито Л., Бибринг Я-П., Комб М., Суффло А., Ганпанцера О.Ф., Горошкова Н.В., Жарков А.В., Никитин Г.Е. Аэрозоль в атмосфере Марса по данным эксперимента КРФМ // *Письма в Астрономический журнал*. 1991. Т. 17. С. 548–669.
- Мороз В.И.,** Петрова Е.В., Ксанфомалити Л.В., Эспозито Л., Бибринг Я-П., Комб М., Суффло А., Ганпанцера О.Ф., Горошкова Н.В., Жарков А.В., Никитин Г.Е., Суворов А.П. Характеристики аэрозоля в атмосфере Марса по данным эксперимента КРФМ // *Космические исследования*. 1990. Т. 28. С. 936–942.
- Мороз В.И.,** Родин А.В. Сколько конвективных зон в атмосфере Венеры? // *Астрономический вестник*. 2002. Т. 36. № 6. С. 535. (4)
- Мороз В.И.,** Хантресс В.Т., Шевалев И.Л. Планетные экспедиции XX века // *Космические исследования*. 2002. Т. 40. № 5. С. 451. (11)
- Мороз В.И.,** Харитонов А.В. Фотоэлектрическая фотометрия деталей поверхности Марса // *Астрономический журн*. 1957. Т. 34. Вып. 6. С. 903–920. (2)
- Мошкин Б.Е., Экономов А.П., **Мороз В.И.**, Головин Ю.М., Гнедых В.И., Григорьев А.В., Дьячков А.В. Спектрофотометрический эксперимент на спускаемых аппаратах «Венера-13» и «Венера-14». 1. Методика, результаты и предварительный анализ измерений // *Космические исследования*. 1983. Т. 21. Вып. 2. С. 236–245. (8)

- Мухин Л. В., **Мороз В. И.** О ранних этапах эволюции атмосферы и климата планет земной группы // Письма в Астрон. журн. 1977. Т. 3. С. 78.
- Петрова Е. В., **Мороз В. И.**, Ксанфомалити Л. В., Эспозито Л., Бибринг Я.-П., Комб М., Суффло А. Свойства аэрозоля в марсианской атмосфере по данным эксперимента КРФМ: Тезисы // 14-я Советско-американская рабочая встреча по планетологии. Москва, 1991. С. 67.
- Сагдеев Р. З., Аванесов Г. А., Галеев А. А., **Мороз В. И.**, Новиков Б. С., Скуридин Г. А. Кометный зонд миссии «Венера-Галлей»: Доклад. М.: ИКИ АН СССР, 1982. Д-308 (доклад на КОСПАР).
- Сагдеев Р. З., Эльясберг П. Е., **Мороз В. И.** Оценка массы и плотности ядра кометы Галлея // Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика. 1987. Т. 13. № 7. С. 621. (3)
- Солнечная система / К. Саган, А. Д. У. Камерон, Е. Н. Паркер и др.; Ред. **В. И. Мороз**; Пер. с англ. И. Н. Глушневой, Т. А. Лозинской. М.: Мир, 1978. 200 с.
- Шкловский И. С., Есипов В. Ф., Курт В. Г., **Мороз В. И.**, Щеглов П. В. Искусственная комета // Астрономический журнал. 1959. Т. 36. № 6. С. 1073.
- Экономов А. П., Мошкин Б. Е., **Мороз В. И.**, Головин Ю. М., Гнедых В. И., Григорьев А. В. Эксперимент по УФ-фотометрии на спускаемых аппаратах «Венера-13» и «Венера-14» // Космические исследования. 1983. Т. 21. Вып. 2. С. 254–268.
- Эртель Д., **Мороз В. И.**, Линкин В. М. и др. «Венера-15», «Венера-16»: первые результаты эксперимента по инфракрасной спектрометрии // Письма в астрономический журнал. 1984. Т. 10. № 2. Р. 101.
- Эртель Д., **Мороз В. И.**, Нопираковский И. и др. Инфракрасный эксперимент на АМС «Венера-15» и «Венера-16». 1. Методика и первые результаты // Космические исследования. 1985. Т. 23. № 2. С. 191–205. (15)
- Arnold G., Hirsch H., Formisano V., **Moroz V. I.** Studies of the Martian Atmosphere and Surface by the Planetary Fourier Spectrometer on Board the Mars-94 Mission // Proceedings of SPIE — The International Society for Optical Engineering. 1994. V. 2089. P. 284. (4)
- Bertaux J.-L., Fonteyn D., Korablev O., Chassefière E., Dimarellis E., Dubois J. P., Hauchecorne A., Cabane M., Rannou P., Lvasseur-Regourd A. C., Cernogora G., Quemerais E., Hermans C., Kockarts G., Lippens C., Maziere M. de, Moreau D., Muller C., Neefs B., Simon P. C., Forget F., Hourdin F., Talagrand O., **Moroz V. I.**, Rodin A., Sandele B., Sternf A. The study of the Martian atmosphere from top to bottom with SPICAM light on Mars Express // Planetary and Space Science. October 2000. V. 48. Iss. 12–14. P. 1303–1320.
- Bertaux J.-L., Guibert S., Chassefière E., Lefèvre F., Dimarellis E., Dubois J. P., Hauchecorne A., Cabane M., Rannou P., Lvasseur-Regourd A. C., Cernogora G., Quemerais E., Korablev O., **Moroz V. I.**, Rodin A., Fonteyn D., Hermans C., Kockarts G., Lippens C., De Maziere M. et al. Global Structure and Composition of the Martian Atmosphere with Spicam on Mars Express // Advances in Space Research (includes Cospar Information Bulletin). 2005. V. 35. N. 1. С. 31–36. (8)
- Bertaux J.-L., Widemann Th., Hauchecorne A., **Moroz V. I.**, Ekonomov A. P. Vega 1 and Vega 2 Entry Probes: an Investigation of Local UV Absorption (220...400 nm) in the Atmosphere of Venus (SO₂, Aerosols, Cloud Structure) // Journal of Geophysical Research. 1996. V. 101. N. E5. P. 12 709–12 745. (4)

- Bibring J.P., Combes M., Langevin Y., Soufflot A., Cara C., Drossart P., Encrenaz Th., Erard S., Forni O., Gondet B., Ksanfomality L., Lellouch E., Masson Ph., **Moroz V.**, Rocard F., Rosenqvist J., Sotin C.* Results from the ISM Experiment // *Nature*. 1989. V. 341. P. 591–593. (39)
- Bibring J.-P., Erard S., Gondet B., Langevin Y., Soufflot A., Combes M., Cara C., Drossart P., Encrenaz T., Lellouch E., Rosenqvist J., **Moroz V.I.**, Dyachkov A.V., Grigoriev A.V., Havinson N.G., Khatuntsev I.V., Kiselev A.V., Ksanfomality L.V., Nikolsky Yu. V., Masson P. et al.* Topography of the Martian tropical regions with ISM // *Planetary and Space Science*. January–February 1991. V. 39. Iss. 1–2. P. 225–236. (6)
- Bibring J.-P., Ksanfomality L.V., Langevin Y., **Moroz V.I.**, Combes M., Grigoriev A.V., Khatuntsev I.V., Nikolsky Y.V., Zharkov A.V.* Composite KRFM-ISM spectrum of Phobos (0.315...3.1 μm) // *Advances in Space Research*. 1992. V. 12. P. (9)13–(9)16.
- Bibring J.-P., Langevin Y., Gendrin A., Gondet B., Poulet F., Berthé M., Soufflot A., Erard S., Fomi O., Arvidson R., Mangold N., Mustard J., Drossart P., Combes M., Encrenaz T., Fouchet T., Merchiorri R., Belluci G., Altieri F., Formisano V., Bonello G., Capaccioni F., Cerroni P., Coradini A., Fonti S., Kottsov V., Ignatiev N., **Moroz V.**, Titov D., Zasova L., Pinet P., Douté S., Schmitt B., Sotin C., Hauber E., Hoffmann H., Jaumann R., Keller U., Duxbury T., Forget F.* Mars Surface Diversity as Revealed by the Omega/Mars Express Observations // *Sciences*. 2005. V. 307. N. 5715. P. 1576–1581. (339)
- Bibring J.-P., Langevin Y., Gendrin A., Gondet B., Poulet F., Soufflot A., Drossart P., Encrenaz T., Fouchet T., Altieri F., Beilud G., **Moroz V.**, Titov D., Zasova L., Mangold N., Mustard J., Arvidson R., Douté S., Schmitt B., Sotin C. et al.* Omega: Observatoire Pour la Mineralogie, Leau, les Glaces et Lactivite // *Mars Express: The Scientific Investigations / European Space Agency (Special Publication) ESA SP*. 2009. P. 75–95. (2)
- Bibring J.P., Langevin Y., **Moroz V.I.**, Ksanfomality L.V., Grigoriev A.V., Khatuntsev A.V., Nikolsky Yu.V., Zharkov A.V.* Composite KRFM-ISM Spectrum of Phobos (0.315...3.1 μm) // *Proceedings of the 22nd Lunar and Planetary Science Conference*. March 18–22, 1991, Houston, Texas. 1991. V. 22. P. 99–100. (2)
- Bibring J.P., Langevin Y., Poulet F., Gendrin A., Gondet B., Berthé M., Soufflot A., Drossart P., Combes M., Bellucci G., **Moroz V.**, Mangold N.* Perennial water ice identified in the south polar cap of Mars // *Nature*. 2004. V. 428. P. 627–630.
- Bibring J.-P., Langevin Y., Poulet F., Gendrin A., Gondet B., Mustard J.F., Arvidson R., Mangold N., Pinet P., Forget F., Berthe M., Gomez C., Jouglet D., Soufflot A., Vincendon M., Combes M., Drossart P., Encrenaz T., Fouchet T., Merchiorri R., Belluci G., Altieri F., Formisano V., Capaccioni F., Cerroni P., Coradini A., Fonti S., Korablev O., Kottsov V., Ignatiev N., **Moroz V.**, Titov D., Zasova L., Loiseau D., Douté S., Schmitt B., Sotin C., Hauber E., Hoffmann H., Jaumann R., Keller U., Duxbury T., Neukum G.* Global Mineralogical and Aqueous Mars History Derived from Omega/Mars Express Data // *Sciences*. 2006. V. 312. N. 5772. P. 400–404. (354)
- Bibring J.-P., Soufflot A., Berthé M., Langevin Y., Drossart P., Bouyé M., Combes M., Puget P., Semery A., Bellucci G., Formisano V., **Moroz V.**, Kottsov V.* OMEGA: Observatoire pour la Minéralogie, l'Eau, les Glaces et l'Activité // *ESA SP* 1240. 2004. P. 37–49. (66)

- Blamont J.E., Chassefiere E., Goutail J.P., Mege B., Nunes-Pinharanda M., Souchon G., Krasnopolsky V.A., Krysko A.A., **Moroz V.I.** Vertical profiles of dust and ozone in the Martian atmosphere deduced from solar occultation measurements // *Planetary and Space Science*. January–February 1991. V. 39. Iss. 1–2. P. 175–187. (7)
- Blamont J.E., Chassefière E., Goutail J.P., Mège B., Nunes-Pinharanda M., Souchon G., Krasnopolsky V.A., Krysko A.A., **Moroz V.I.** Vertical profile of dust and ozone in the Martian atmosphere deduced from solar occultation measurements // *Nature*. 1989. V. 341. P. 600–603. (7)
- Boyarchuk A., Esipov V., **Moroz V.** Continuous spectrum of AG Pegasi // *Soviet astronomy*. 1966. V. 10. No. 2. P. 331.
- Colangeli L., Formisano V., Cafaro N., Palomba E., Piccioni G., **Moroz V.** Spectral Characterization of PFS, An Interferometer for Planetary Exploration // *Annales Geophysicae*. 1996. V. 14. N. 3. P. 825. (1)
- Combes M., Cara C., Drossart P., Encrenaz T., Lellouch E., Rosenqvist J., Bibring J.-P., Erard S., Gondet B., Langevin Y., Soufflot A., **Moroz V.I.**, Grigoriev A.V., Ksanfomality L.V., Nikolsky Yu.V., Sanko N.F., Titov D.V., Forni O., Masson P., Sotin C. et al. Martian atmosphere studies from the ISM experiment // *Planetary and Space Science*. January–February 1991. V. 39. Iss. 1–2. P. 189–197. (9)
- Combes M., **Moroz V.I.**, Crife J.F., Lamane J.M., Chana J., Sanko N.F., Souffler A., Bibring J.P., Cazes S., Coron N., Crovisier J., Emerich C., Encrenaz T., Gispert R., Grigoryev A.V., Guyot G., Krasnopolsky V.A., Nikolsky Yu.V., Rocard F. Infrared Sounding of Comet Halley from Vega 1 // *Nature*. 1986. V. 321. P. 266. (11)
- Combes M., **Moroz V.I.**, Crovisier J., Encrenaz T., Bibring J.P., Grigoriev A.V., Sanko N.F., Coron N., Gispert R., Bockelée-Morvan D., Nikolsky Yu.V., Lamarre J.M., Rocard F. The 2.5...12 μm Spectrum of comet Halley from the IKS-Vega experiment // *Icarus*. 1988. V. 76. P. 404–436. (16)
- De Bergh C., Bézard B., Taylor F.W., Crisp D., Zasova L.V., **Moroz V.I.** The Composition of the Atmosphere of Venus Below 100 km Altitude: an Overview // *Planetary and Space Science*. 2006. V. 54. N. 13–14. P. 1389–1397. (31)
- De Vaucouleurs G., Davies M., Dollfus A., Koval I.K., Masursky H., Miyamoto S., **Moroz V.I.**, Sagan C., Blunck J., Kuiper G.P. The New Martian Nomenclature of the International Astronomical Union // *Icarus*. 1975. V. 26. P. 85. (1)
- Dlugach Zh.M., Morozhenko A.V., Korablev O.I., **Moroz V.I.**, Petrova E.V., Rodin A.V. Physical Properties of Dust in the Martian Atmosphere: Analysis of Contradictions and Possible Ways of their Resolution // *Solar System Research*. 2003. V. 37. N. 1. P. 1–19. (5)
- Ekonomov A.P., Golovin Yu.M., **Moroz V.I.**, Moshkin B.E., Parfent'ev N.A., San'ko N.F. Spectrophotometry of scattered solar radiation in the Venus atmosphere // *Space Research XXIII*, Budapest, Hungary. 1980.
- Ekonomov A.P., **Moroz V.I.**, Moshkin B.E., Gnedykh V.I., Golovin Yu.M., Grigoriev A.V. Scattered UV solar radiation within the clouds of Venus // *Nature*. 1984. V. 302. P. 345–347. (3)
- Ekonomov A.P., Moshkin B.E., **Moroz V.I.**, Golovin Y.M., Gnedykh V.I., Grigoriev A.V. UV Photometry at the Venera 13 and 14 Landing Probes // *Cosmic Research*. 1983. V. 21. P. 194. (3)
- Emerich C., Lamarre J.M., **Moroz V.I.**, Combes M., San'ko N.F., Nikolsky Yu.V., Gisper R., Coron N., Bibring J.-P., Encrenaz T., Crovisier J. Temperature and Size of the Nucleus of Comet P/Halley Deduced from IKS Vega 1 Measurements // *Astronomy and Astrophysics*. 1991. V. 187. P. 839–842. (10)

- Esposito L.W., Bertaux J.-L., Krasnopolsky V., Moroz V.I., Zasova L.V.* Chemistry of lower atmosphere and clouds // Venus II / Ed. S.W. Bougher, D.M. Hunt-
 en, R.J. Phillips. Tucson: Univ. of Arizona Press, 1997. P. 415–458.
- Formisano V., Amata E., Bellucci G., Piccioni G., Chionchio G., Moroz V.I., Grig-
 oriev A., Moshkin B., Gnedykh V., Matsygorin I.A., Patsaev D., Nikolsky Yu.V.,
 Titov D.V., Zasova L.V., Khatuntsev I., Kiselev A., Hirsch H., Arnold G., Dries-
 her H., Orleanski P.* et al. Infrared Spectrometer PFS for the Mars 94 Orbiter
 // Advances in Space Research (includes Cospas Information Bulletin).
 1996. V. 17. N. 12. P. 61–64. (15)
- Formisano V., Angrilli F., Arnold G., Atreya S., Bianchini G., Biondi D., Blanco A.,
 Blecka M.I., Coradini A., Colangeli L., Ekonomov A., Esposito F., Fonti S.,
 Giuranna M., Grassi D., Gnedykh V., Grigoriev A., Hansen G., Hirsh H., Kha-
 tuntsev I., Kiselev A., Ignatiev N., Jurewicz A., Lellouch E., Lopez Moreno J.,
 Marten A., Mattana A., Maturilli A., Mencarelli E., Michalska M., Moroz V.,
 Moshkin B., Nespola F., Nikolsky Y., Orfei R., Orleanski P., Orofino V., Palomba E.,
 Patsaev D., Piccioni G., Rataj M., Rodrigo R., Rodriguez J., Rossi M., Saggin B.,
 Titov D., Zasova L.* The Planetary Fourier Spectrometer (PFS) onboard the
 European Mars Express mission // Planetary and Space Science. August
 2005. V. 53. Iss. 10. P. 963–974. (59)
- Formisano V., Cafaro N., Chionchio G., Di Lellis A., Orfei R., Piccioni G., Moroz V.I.,
 Ekonomov A., Grigoriev A., Gnedykh V., Khatuntsev I., Kiselev A., Matsygorin I.,
 Moshkin B., Nikolsky Y., Patsaev D., Titov D., Zasova L., Angrilli F., Bianchini G.*
 et al. PFS: A Fourier Spectrometer for the Study of Martian Atmosphere
 // Advances in Space Research (includes Cospas Information Bulletin).
 1997. V. 19. N. 8. P. 1277–1280. (20)
- Formisano V., Encrenaz T., Fonti S., Giuranna M., Grassi D., Hirsh H., Khatunt-
 sev I., Ignatiev N., Lellouch E., Maturilli A., Moroz V., Orleanski P., Piccioni G.,
 Rataj M., Saggin B., Zasova L.* A Martian PFS average spectrum: Comparison
 with ISO SWS // Planetary and Space Science. August 2005. V. 53. Iss. 10.
 P. 1043–1052. (7)
- Galeev A., Moroz V., Linkin V., Kremnev R., Rogovsky G., Pichkhadze K., Mar-
 tynov B., Papkov O., Eremenko A., Galimov E., Surkov Y., Elachi C., Bourke R.,
 McNamee J.* Mars Glob: Creation of an International Network of Mars Sur-
 face Landers // Advances in Space Research (includes Cospas Information
 Bulletin). 1996. V. 17. P. 15. (1)
- Galeev A.A., Moroz V.I., Linkin V.M., Zakharov A.V., Basilevsky A.T., Surkov Yu. A.,
 Akim E.L., Duxbury T., Kremnev R.S., Martynov B.N., Papkov O.V.* Phobos
 Sample Return Mission // Advances in Space Research (includes Cospas In-
 formation Bulletin). 1996. V. 17. N. 12. P. 31–47. (8)
- Harris D.L.* Photometry and Colorimetry of Planets and Satellites. Chapter 8
 // Planets and Satellites / Eds. Kuiper G.P., Middlehurst B.M. Chicago: The
 University of Chicago Press, 1961. P. 272–342. (имеется перевод на рус-
 ский: Планеты и спутники: Пер. с англ. / Под ред. **В.И. Мороза**. М.:
 Изд-во иностр. лит., 1963).
- Hirsch H., Adriani A., Angrilli F., Capaccioni F., Fonti S., Formisano V., Matteuzzi A.,
 Michel G., Moroz V.* PFS, Planetary Fourier Spectrometer for the Mars 94
 Mission // Proceedings of SPIE — The International Society for Optical En-
 gineering. 1992. V. 1780. N. 2. P. 677. (4)
- Hirsch H., Arnold G., Formisano V., Moroz V.I., Piccioni G.* Optical Definition of
 the Planetary Fourier Spectrometer (PFS) — an FTIR Spectrometer for the

- Mars'94 Mission // Proceedings of SPIE — the International Society for Optical Engineering. 1994. V. 2268. P. 331. (5)
- Hirsch H., Arnold G., Formisano V., Piccioni G., Cafaro N., **Moroz V.I.**, Jurewicz A., Michel G., Lopez-Moreno J.J. The Planetary Fourier Spectrometer (PFS) for the Orbiter of the Spacecraft Mars 96 // Planetary and Space Science. 1996. N. 44. N. 8. P. 889–897. (12)
- Huntress W.T., **Moroz V.I.**, Shevaley I.L. Lunar and robotic exploration missions in the 20th century // Space Science Review. 2003. V. 107. N. 3–4. P. 541–649. (4)
- Ignat'ev N.I., **Moroz V.I.**, Zasova L.V., Khatuntsev I.V. Water Vapor in the Middle Atmosphere of Venus from the Data of the Venera-15 IR Fourier Spectrometer // Solar System Research. 1999. V. 33. N. 1. P. 1–14.
- Ignatiev N.I., **Moroz V.I.**, Moshkin B.E., Ekonomov A.P., Gnedykh V.I., Grigoriev A.V., Khatuntsev I.V. Water vapor in the lower atmosphere of Venus: a new analysis of optical spectra measured by entry probes // Planetary and Space Science. April 1997. V. 45. Iss. 4. P. 427–438. (23)
- Ignatiev N.I., **Moroz V.I.**, Zasova L.V., Khatuntsev I.V. Water vapour in the middle atmosphere of Venus: An improved treatment of the Venera 15 IR spectra // Planetary and Space Science. August–September 1999. V. 47. Iss. 8–9. P. 1061–1075. (21)
- Istomin V.G., Ksanfornality L.V., **Moroz V.L.**, Mukhiu L.M., Narimanov G.S., Perminov V.G. Venera-11 and -12 New Scientific Results // COSPAR Meeting. Bangalore, India. 1979.
- Keating G.M., Bertaux J.-L., Bougher S.W., Cravens T.E., Dickinson R.E., Hedin A.E., Krasnopolsky V.A., Nagy A.F., Nicholson J.Y., Paxton L.J., Von Zahn U. VIRA (Venus International Reference Atmosphere) Models of Venus neutral upper atmosphere: Structure and composition / Eds. Kliore A.J., **Moroz V.I.**, Keating G.M. // Advances in Space Research (includes Cospar Information Bulletin). 1985. V. 5. P. 117–171. (1)
- Kliore A., **Moroz V.I.**, Keating G. The Venus International Reference Atmosphere // Advances in Space Research. 1985. V. 11. P. 305.
- Kliore A.J., Keating G.M., **Moroz V.I.** Venus international reference atmosphere (1985) // Planetary and Space Science. 1994. V. 40. Iss. 4. P. 573. (3)
- Korablev O., **Moroz V.I.**, Petrova E.V., Rodin A.V. Optical properties of dust and the opacity of the Martian atmosphere // Advances in Space Research. 2005. V. 35. P. 21–30. (19)
- Korablev O.I., Ackerman M., Krasnopolsky V.A., **Moroz V.I.**, Muller C., Rodin A.V., Atreya S.K. Tentative identification of formaldehyde in the Martian atmosphere // Planetary and Space Science. June 1993. V. 41. Iss. 6. P. 441–451. (21)
- Korablev O.I., Fedorova A.A., **Moroz V.I.**, Kiselev A.V., Stepanov A.V., Grigoriev A.V., Zhegulev V.S., Rodin A.V., Bertaux J.L., Dimarellis E., Dubois J.P., Reberac A., Kalinnikov Yu.K., Van Ransbeeck E., Gondet B. Exploration of Mars in SPICAM-IR Experiment Onboard the Mars-Express Spacecraft: 1. Acousto-Optic Spectrometer Spicam-IR // Cosmic Research. 2006. V. 44. N. 4. C. 278–293. (3)
- Krasnopolsky V.A., Korablev O.I., **Moroz V.I.**, Krysko A.A., Blamont J.E., Chassefiere E. Infrared Solar Occultation Sounding of the Martian Atmosphere by the Phobos Spacecraft // Icarus. 1991. V. 94. N. 1. P. 32–44. (11)
- Krasnopolsky V.A., **Moroz V.I.**, Krysko A.A., Korablev O.I., Zhegulev V.S., Grigoriev A.V., Tkachuk A.Y., Parshev V.A., Blamont J.E., Goutail J.P. Solar Occul-

- tation Spectroscopic Measurements of the Martian Atmosphere at 1.9 and 3.7 μm // *Nature*. 1989. V. 341. P. 603. (6)
- Ksanfomaliti L. V., Moroz V. I., Bibring J.-P.* Inhomogeneities of Thermal and Reflective Properties of Phobos Surface // *Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика*. 1990. Т. 16. № 4. С. 389. (1)
- Ksanfomaliti L., Murchie S., Britt D., Duxbury T., Fisher P., Goroshkova N., Head J., Kuhrt E., Moroz V., Murray B., Nikitin G., Petrova E., Pieters C., Soufflot A., Zharkov A., Zhukov B.* Phobos: Spectrophotometry between 0.3 and 0.6 μm and IR-radiometry // *Planetary and Space Science*. January–February 1991. V. 39. Iss. 1–2. P. 311–326. (5)
- Ksanfomaliti L. V., Moroz V. I.* Spectral reflectivity of the Phobos regolith within the range 315...600 nm // *Icarus*. 1995. V. 18. P. 383–401. (19)
- Ksanfomaliti L. V., Moroz V. I., Bibring J. P., Combes M., Soufflot A., Ganpantzerova O. F., Goroshkova N. V., Zharkov A. V., Nikitin G. E., Petrova E. V.* Spatial variations in thermal and albedo properties of the surface of Phobos // *Nature*. 1989. V. 341. P. 588–600. (2)
- Maierov B. S., Ignat'ev N. I., Moroz V. I., Zasova L. V., Moshkin B. E., Khatuntsev I. V., Ekonomov A. P.* A New Analysis of the Spectra Obtained by the Venera Missions in the Venusian Atmosphere. I. The Analysis of the Data Received from the Venera-11 Probe at Altitudes Below 37 km in the 0.44–0.66 μm Wavelength Range // *Solar System Research*. 2005. V. 39. N. 4. P. 267–282. (4)
- Moroz V. I.** Height of the Venus clouds layer varies from equator to pole // *Nature*. 1971. V. 230. C. 36–37. (1)
- Moroz V. I.** Clouds on Mars: Some Results from Observations on Mars 3 // *Cosmic Research*. 1976. V. 14. P. 364. (1)
- Moroz V. I.** The Albedo of Venus in the Range 0.24–0.4 μm // *Cosmic Research*. 1981. V. 19. P. 591. (2)
- Moroz V. I.** The Atmosphere of Venus // *Space Science Reviews*. 1981. V. 29. N. 1. P. 3–127. (19)
- Moroz V. I.** Experimental data on aerosols on Mars: Viking, Phobos and future missions // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1995. V. 16. N. 6. P. 35–44. (4)
- Moroz V. I.** A Short Story about the Doctor // *Astrophysics and Space Science*. 1997. V. 252. N. 1–2. P. 5–14. (1)
- Moroz V. I.** Chemical Composition of the Atmosphere of Mars // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1998. V. 22. N. 3. P. 449–457. (9)
- Moroz V. I.** Spectra and spacecraft // *Planetary and Space Science*. February 2001. V. 49. Iss. 2. P. 173–190. (5)
- Moroz V. I.** Estimates of visibility of the surface of Venus from descent probes and balloons // *Planetary and Space Science*. March 2002. V. 50. Iss. 3. P. 287–297. (19)
- Moroz V. I.** Studies of the Atmosphere of Venus by Means of Spacecraft: Solved and Unsolved Problems // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 2002. V. 29. N. 2. P. 215–225. (19)
- Moroz V. I., Davydov V. D., Zhegulev V. S.** Photometric and Spectral Observations of Planets in the Range 8...14 μm // *Astron. zhurn.* 1969. V. 46. N. 1. P. 136–146. (1)
- Moroz V. I., Doehler W., Ustinov E. A., Schaefer K., Zasova L. V., Spaenkuch D., Dyachkov A. V., Dubois R., Linkin V. M., Oertel D.** The Venera 15 and Venera 16

- Infrared Experiment. IV-Preliminary Results of Spectral Analysis in the Region of H₂O and SO₂ Absorption Bands // *Cosmic Research*. 1985. V. 23. P. 236. (7)
- Moroz V.I., Ekonomov A.P., Golovin Yu.M., Moshkin B.E., San'ko N.F.** Solar Radiation Scattered in the Venus Atmosphere: The Venera-11, -12 data // *Icarus*. March 1983. V. 53. N. 3. P. 509–538. (8)
- Moroz V.I., Ekonomov A.P., Moshkin B.E., Revercomb H.E., Sromovsky L.A., Schofield J.T., Spänkuch D., Taylor F.W., Tomasko M.G.** Solar and thermal radiation in the Venus atmosphere // *Advances in Space Research*. 1985. V. 5. Iss. 11. P. 197–232. (22)
- Moroz V.I., Gektin Yu.M., Naraeva M.K., Selivanov A.S., Titov D.V.** Aerosol vertical profile on Mars from the measurements of thermal radiation on the limb // *Planetary and Space Science*. October 1994. V. 42. Iss. 10. P. 831–845. (12)
- Moroz V.I., Gektin Yu.M., Naraeva M.K., Selivanov A.S., Titov D.V.** Vertical Distribution of Aerosol in the Atmosphere of Mars from the Measurements of Thermal Radiation at Limb // *Cosmic Research*. 1993. V. 31. P. 102. (5)
- Moroz V.I., Golovin Yu.M., Ekonomov A.E., Moshkin B.E., Parfentyev N.A., Sanko N.F.** Spectrum of the Venus day sky // *Nature*. 1980. V. 284. P. 243–244. (10)
- Moroz V.I., Huntress W.T., Shevaley I.L.** Planetary Missions of the 20th Century // *Cosmic Research*. 2002. V. 40. N. 5. P. 419–445. (2)
- Moroz V.I., Kerzhanovich V., Krasnopolsky V.V.** An Engineering Model of the Atmosphere of Mars for the Mars-94 Project (MA-90) // *Cosmic Research*. 1991. V. 29. P. 79. (1)
- Moroz V.I., Korablev O.I., Rodin A.V., Titov D.V.** MIRA: Review of Inputs from Updated Results of the Phobos Mission // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1999. V. 23. N. 9. P. 1591–1602. (1)
- Moroz V.I., Ksanfomaliti L.V.** Preliminary Results of Astrophysical Observations of Mars from Mars 3 // *Icarus*. 1972. V. 17. P. 408–422. (2)
- Moroz V.I., Moshkin B.E., Ekonomov A.P., Golovin Y.M., Gnedykh V.I., Grigoriev A.V.** The Venera 13 and Venera 14 Spectrophotometry Experiments // *Astronomy Letters*. 1982. V. 8. N. 4. P. 219. (3)
- Moroz V.I., Moshkin B.E., Ekonomov A.P., Parfent'ev N.A., San'ko N.F., Golovin Yu.M.** Venera 11 and Venera 12 lander results on the Venus day-sky spectrum // *COSPAR Space Research XX* / Ed. M.J. Rycroft. Oxford, New York: Pergamon Press, 1980. P. 209.
- Moroz V.I., Mukhin L.M.** On Early Stages of Evolution of Atmospheres and Climate of the Terrestrial Planets // *Cosmic Research*. 1977. V. 15. P. 901. (2)
- Moroz V.I., Nadzhip A.E.** Preliminary Measurement Results of the Water Vapor Content in the Planetary Atmosphere from Measurements Onboard the Mars 5 Spacecraft // *Cosmic Research*. 1975. V. 13. P. 28. (7)
- Moroz V.I., Nadzhip A.E.** Water Vapor in the Atmosphere of Mars Based on Measurements on Board Mars 3 // *Cosmic Research*. 1976. V. 13. P. 658. (1)
- Moroz V.I., Parfent'ev N.A., San'ko N.F.** Spectrophotometric Experiment on the Venera 11 and 12 Descent Modules. II. Analysis of Venera 11 Spectra Data by Layer-Addition Method // *Cosmic Research*. 1980. T. 17. C. 601. (1)
- Moroz V.I., Petrova E.V., Ksanfomaliti L.V.** Spectrophotometry of Mars in the KRFM Experiment of Phobos Mission: Some Properties of Atmospheric Aerosol and Surface // *Cosmic Research*. 1993. V. 31. No 5. P. 105. (4)

- Moroz V.I., Petrova E.V., Ksanfomality L.V.** Spectrophotometry of Mars in the KRFM Experiment of the Phobos Mission: Some Properties of the Particles of Atmospheric Aerosols and the Surface // *Planetary and Space Science*. August 1993. V. 41. Iss. 8. P. 569–585. (2)
- Moroz V.I., Petrova E.V., Ksanfomality L.V., Esposito L., Bibring J.P., Combes M., Soufflot A., Ganpantzerova O.F., Goroshkova N.V., Zharkov A.V., Nikitin G.E.** Characteristics of Aerosols Phenomena in Martian Atmosphere from KRFM Experiment Data // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1992. V. 12. N. 9. P. 3–12.
- Moroz V.I., Petrova E.V., Ksanfomauty L.V., Ganpantzerova O.F., Goroshkova N.V., Zharkov A.V., Nikitin G.E., Esposito L., Bibring J.-P., Combes M., Soufflot A.** Characteristics of Aerosol Phenomena in Martian Atmosphere from KRFM Experiment Data Original // *Planetary and Space Science*. January–February 1991. V. 39. Iss. 1–2. P. 199–207. (6)
- Moroz V.I., Rodin A.V.** How Many Convective Zones are there in the Atmosphere of Venus? // *Solar System Research*. 2002. V. 36. N. 6. P. 492–494. (3)
- Moroz V.I., Spaenkuch D., Titov D.V., Schaefer K., Dyachkov A.V., Dohler W., Zasova L.V., Oertel D., Linkin V.M., Nopirakowski J.** Water Vapor and Sulfur Dioxide Abundances at the Venus Cloud Tops from the Venera-15 Infrared Spectrometry Data // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1990. V. 10. N. 5. P. 77. (17)
- Moroz V.I., Spankuch D., Linkin V.M., Dohier W., Matsygorin I.A., Schafer K., Zasova L.V., Oertel D., Dyachkov A.V., Schuster R., Kerzhanovich V.V., Becker-Ross H., Ustinov E.A., Stadthaus W.** Venus Spacecraft Infrared Radiance Spectra and Some Aspects of their Interpretation // *Applied Optics*. 1986. V. 25. P. 1710–1719. (20)
- Moroz V.I., Zasova L.V.** Infrared Emission from Venus: Approximate Method to Calculate the Spectra in the Absorption Bands of Atmospheric Gases // *Cosmic Research*. 1985. V. 23. N. 2. P. 259. (1)
- Moroz V.I., Zasova L.V.** VIRA-2: A Review of Inputs for Updating the Venus International Reference Atmosphere // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1997. V. 19. N. 8. P. 1191–1201. (17)
- Moshkin B.E., Moroz V.I., Gnedykh V.I.** Vega 1, 2 Optical Spectrometry of Venus Atmospheric Aerosols at the 30...60 km Levels — Preliminary Results // *Письма в Астрономический журнал: Астрономия и космическая астрофизика*. 1986. Т. 12. № 1. С. 85. (1)
- Oertel D., Moroz V.I., Spankuch D., Linkin V.M., Jahn H., Kerzhanovich V.V., Becker-Ross H., Matsygorin I.A., Stadthaus K., Lipatov A.N., Nopirakovski J., Shurupov A.A., Doheler W., Zasova L.V., Shafer K., Ustinov E.A., Guldner J., Dubois R.** Infrared Spectrometry from Venera-15 and Venera-16 // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1987. V. 5. P. 25. (15)
- Palomba E., Colangeli L., Formisano V., Cafaro N., Moroz V., Piccioni G.** The Spectroscopic Performances of the Planetary Fourier Spectrometer for the Mars 96 Mission // *Planetary and Space Science*. 1997. V. 45. N. 4. P. 409–418. (4)
- Palomba E., Colangeli L., Formisano V., Piccioni G., Cafaro N., Moroz V.** The spectroscopic performances of the Planetary Fourier Spectrometer for the Mars'96 mission // *Planetary and Space Science*. April 1997. V. 45. Iss. 4. P. 409–418.
- Palomba E., Colangeli L., Formisano V., Piccioni G., Cafaro N., Moroz V.** The radiometric performances of the Planetary Fourier Spectrometer for Mars

- exploration // *Planetary and Space Science*. 9 April 1999. V. 47. Iss. 3–4. P. 441–450. (3)
- Petrova E.V., Moroz V.I.* Observatories exploring reddish planet // *Space World*. 1972. V. 1–5, P. 60.
- Piccioni G., Formisano V., Moroz V.I.* Extrasampling and Thermal Behavior of Diode Lasers Used as a Reference Source in a Fourier Transform IR Spectrometer // *Applied Optics*. 1997. V. 36. N. 27. P. 6774–6779. (4)
- Rodin A.V., Korablev O.I., Moroz V.I.* Vertical distribution of water in the near-equatorial troposphere of Mars: Water vapor and clouds // *Icarus*. 1997. V. 125. P. 212–229. (43)
- Sagdeev R.Z., Avanesov G.A., Barinov I.V., Debabov A.I., Kvasikov V.A., Moroz V.I.* Comet Halley: Nucleus And Jets (Results of The Vega Mission) // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1985. V. 5. N. 12. P. 95. (3)
- Sagdeev R.Z., Blamont J., Galeev A.A., Moroz V.I., Shapiro V.D., Shevchenko V.I., Szego K.* Vega Spacecraft Encounters with Comet Halley // *Nature*. 1986. V. 321. P. 259–262. (25)
- Sagdeev R.Z., Elyasberg P.E., Moroz V.I.* Is the Nucleus of Comet Halley a Low Density Body? // *Nature*. 1988. V. 331. P. 240. (22)
- Schafer K., Dubois R., Haus R., Dethloff K., Goering H., Oertel D., Becker-Ross H., Stadthaus W., Spankuch D., Moroz V.I., Zasova L.V., Matsygorin I.A.* Infrared Fourier Spectrometer Experiment from Venera-15 // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1990. V. 10. N. 5. P. 57. (8)
- Seiff A., Schofield J.T., Kliore A., Taylor F.W., Limaye S.S., Revercomb H.E., Sromovsky L.A., Kerzhanovich V.V., Moroz V.I., Marov M.Ya.* Models of the structure of the atmosphere of Venus from the surface to 100 kilometers altitude // *Advance in Space Research*. 1985. V. 5(11). P. 3–58.
- Snyder C.W., Moroz V.I.* Spacecraft exploration of Mars // *Mars* / Eds. Kieffer H.H., Jakosky B.M., Snyder C.W., Matthews M.S. Tucson, London: The University of Arizona Press, 1992. P. 71–119.
- Titov D.V., Baines K.H., Crisp D., Basilevsky A.T., Chassefiere E., Chin G., Esposito L.W., Lebreton J.P., Lellouch E., Moroz V.I., Nagy A.F., Owen T.C., Oyama K.I., Russell C.T., Taylor F.W., Young R.E.* Missions to Venus // *European Space Agency (Special Publication): ESA SPProceedings of the 36th ESLAB Symposium; Earth-Like Planets and Moons* / Eds. B. Foing, B. Battrick. Noordwijk, 2002. P. 13–20. (4)
- Titov D.V., Moroz V.I., Gektin Yu.M.* Aerosol component of the Martian atmosphere and its variability from the results of infrared radiometry in the Termoscan/Phobos-2 experiment // *Planetary and Space Science*. June 1997. V. 45. Iss. 6. P. 637–651. (9)
- Titov D.V., Moroz V.I., Grigoriev A.V., Rosenqvist J., Combes M., Bibring J.P., Arnold G.* Observations of water vapour anomaly above Tharsis volcanoes on Mars in the ISM (Phobos-2) experiment // *Planetary and Space Science*. November 1994. V. 42. Iss. 11. P. 1001–1010. (19)
- Titov D.V., Rosenqvist J., Moroz V.I., Grigoriev A.V., Arnold G.* Evidences of the Regolith-Atmosphere Water Exchange on Mars from the ISM (Phobos-2) Infrared Spectrometer Observations // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1995. V. 16. N. 6. P. 23. (14)
- Ustinov E.A., Moroz V.I.* An Attempt to Improve the H₂O Content in the Atmosphere of Venus from the Narrow Band Photometry Aboard the Venera 9 and Venera 10 Probes // *Cosmic Research*. 1978. T. 16. C. 127. (2)

- Venus / Eds. Hunten D.M., Colin L., Donahue T.M., **Moroz V.I.** The University of Arizona Press, Tucson. 1983. 1143 p.
- Venus international reference atmosphere / Eds. Kliore A.J., **Moroz V.I.**, Keating G.M. // *Advances in Space Research (ASR)*. 1985. V. 5. N. 11. 305 p.
- Von Zahn U., **Moroz V.I.** Composition of the Venus atmosphere below 100 km altitude // *Venus International Reference Atmosphere* / Ed. Kliore A.J., **Moroz V.I.**, Keating G.M. *Advance Space Research*. 1985. V. 5. P. 173–196.
- Zasova L., Khatountsev I.V., Ignatiev N.I., **Moroz V.I.** Local Time Variations of the Middle Atmosphere of Venus: Solar-Related Structures // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 2002. V. 29. N. 2. P. 243–248. (11)
- Zasova L., **Moroz V.**, Ignatiev N., Ekonomov A., Grigoriev A., Khatuntsev I., Moshkin B., Patsaev D., Formisano V., Grassi D., Giuranna M., Mattana A., Maturilli A., Hansen G., Blecka M., Rataj M., Lellouch E., Fonti S., Hirsch H., Piccioni G. et al. Water clouds and dust aerosols observations with PFS MEX at Mars // *Planetary and Space Science*. August 2005. V. 53. Iss. 10. P. 1065–1077. (23)
- Zasova L.V., Esposito L.W., **Moroz V.I.**, Na C.Y. SO₂ in the Middle Atmosphere of Venus: IR Measurements on Venera 15 and Comparison to UV data // *Icarus*. 1993. V. 105. P. 92–109.
- Zasova L.V., Formisano V., **Moroz V.I.** et al. Water clouds and dust aerosols observations with PFS MEX at Mars // *Planet and Space Sciences*. 2005. V. 53. No. 10. P. 1065–1077.
- Zasova L.V., Formisano V., **Moroz V.I.**, Bibring J-P., Grassi D., Ignatiev N.I., Giuranna M., Bellucci G., Altieri F., Blecka M., Gnedykh V.N., Grigoriev A.V., Lellouch E., Mattan A., Maturilli A., Moshkin B.E., Nikolsky Y.V., Patsaev D.V., Piccioni G., Rataj M., Saggin B., Fonti S., Khatuntsev I.V., Hirsh H., Ekonomov A.P. Results of measurements with the Planetary Fourier spectrometer onboard Mars Express. Clouds and dust at the end of southern summer. A comparison with OMEGA images // *Cosmic Research*. 2006. V. 44. P. 305–316.
- Zasova L.V., Ignatiev N.I., **Moroz V.I.**, Formisano V., Grassi D. Thermal Structure of the Martian Atmosphere Retrieved from the IR Spectrometry in the 15 μm CO₂ Band: Input to Mira // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 2005. V. 35. N. 1. C. 8–13. (5)
- Zasova L.V., Ignatiev N.I., **Moroz V.I.**, Khatuntsev I.V. Venera-15: Water Vapor at Altitudes of 55...65 km // *Cosmic Research*. 1999. V. 37. N. 1. P. 27–30. (1)
- Zasova L.V., Khatountsev I.V., **Moroz V.I.**, Ignatiev N.I. Structure of the Venus Middle Atmosphere: Venera 15 IR Fourier Spectrometry Data Revisited // *Advances in Space Research*. 1999. V. 23. N. 9. P. 1559–1568. (20)
- Zasova L.V., Krasnopolsky V.A., **Moroz V.I.** Vertical Distribution of SO₂ in the Upper Cloud Layer of Venus and Origin of UV Absorption // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1981. V. 1. P. 13. (2)
- Zasova L.V., **Moroz V.I.** Latitude Structure of Upper Clouds of Venus // *Advances in Space Research* (includes *Cospar Information Bulletin*). 1992. V. 12. N. 9. P. 79–90. (6)
- Zasova L.V., **Moroz V.I.**, Esposito L.W., Na C.Y. SO₂ in the Middle Atmosphere of Venus: IR Measurements from Venera-15 and Comparison to UV Data // *Icarus*. 1993. V. 105. P. 92. (26)
- Zasova L.V., **Moroz V.I.**, Formisano V. et al. Infrared spectrometry of Venus: IR Fourier Spectrometer on Venera 15 as a precursor of PFS for Venus Express // *Advances in Space Research*. 2004. V. 34. P. 1655–1667. (10)

- Zasova L.V., **Moroz V.I.**, Ignatiev N.I., Gnedykh V.N., Grigoriev A.V., Moshkin B.E., Nikolsky Yu.V., Patsaev D.V., Khatuntsev I.V., Ekonomov A.P., Formisano V., Grassi D., Giuranna M., Bellucci G., Altieri F., Mattana A., Maturilli A., Bibring J.-P., Blecka M., Ratai M. et al. Results of Measurements with the Planetary Fourier Spectrometer Onboard Mars Express: Clouds and Dust at the End of Southern Summer. A Comparison with Omega Images // Cosmic Research. 2006. V. 44. N. 4. C. 305–316. (3)
- Zasova L.V., **Moroz V.I.**, Ignatiev N.I., Khatuntsev I.V., Formisano V. Exploration of Venus with the Venera-15 IR Fourier Spectrometer and the Venus Express Planetary Fourier Spectrometer // Cosmic Research. 2006. V. 44. N. 4. C. 349–363.
- Zasova L.V., **Moroz V.I.**, Linkin V.M. Venera 15, 16 and Vega Mission Results as Sources for Improvements of the Venus Reference Atmosphere // Advances in Space Research (includes Cospar Information Bulletin). 1996. V. 17. N. 11. P. 171–180. (10)
- Zasova L.V., **Moroz V.I.**, Linkin V.M., Khatuntsev I.V., Maiorov B.S. Structure of the Venusan Atmosphere from Surface up to 100 km // Cosmic Research. 2006. V. 44. N. 4. C. 364–383. (17).

Студенческая жизнь В.И. Мороза описана в его собственной статье «Новелла о Докторе» в книге воспоминаний о Шкловском «Разум, жизнь, Вселенная» (Мороз В.И. Новелла о Докторе // Шкловский И.С. Разум, жизнь, Вселенная / Ред.-сост. Бреус Т.К. М.: Янус, 1996. С. 179–188) и в заметках «На пыльных тропинках далёких планет», которые публикуются в настоящей книге (с. 20), а о его детстве и школьных годах можно узнать по его письмам дочке (с. 143).

О студенческой жизни В.И. Мороза вспоминают его друзья: Н.Н. Степанян (Стефанович), Е.А. Гребенников, А.И. Еремеева, Т.М. Мулярчик, Г.И. Медведева (Рыжкова).

ЭТО БЫЛО ХОРОШЕЕ ВРЕМЯ

Н. Н. Степанян (Стефанович), доктор физико-математических наук, КрАО

Первое воспоминание о Васе Морозе — появился новичок, веснушчатый тихий мальчик с копной рыжих кудрей. Потом оказалось, что его перевели к нам в астрономическую группу МГУ с Физтеха (физико-технического факультета МГУ). Для нас это было безусловным признаком гениальности новичка. Тогда проходила кампания «очистки» Физтеха от студентов с «сомнительной» родословной. Васе ещё повезло: сына репрессированного перевели в МГУ.



Вася Мороз, новый студент группы А-21

При более близком знакомстве Вася оказался весёлым и добрым человеком. Он быстро сошёлся с ребятами из группы.

Его добротой часто пользовались, особенно девочки. На следующем фото под названием «Мы танцуем» запечатлён момент первомайской демонстрации, когда девочки танцуют, а Вася держит большую грудку их пальто.



Танцы на первомайской демонстрации

Остановлюсь на нескольких эпизодах из нашей студенческой жизни.

После распределения по кафедрам Вася попал на кафедру астрофизики. Там нас было шесть человек: Карпинский, Кварацхели, Мороз, Мулярчик, Щеглов и Стефанович (это я — в будущем Степанян). Особенно сдружились последние четверо из этого списка. Мы много времени проводили вместе, и это было хорошее время. Помню, как Вася помогал мне паять детекторный радиоприёмник, и только потом я поняла, насколько он был снисходителен к моему глубокому невежеству в радиотехнике.

Одно время Вася подрабатывал расчётами на арифмометре эфемерид малых планет. Работа была скучная и требовала повышенного внимания. Он не укладывался в заданные сроки из-за возникавших ошибок в последнем знаке. Тогда мы с Таней Мулярчик брались ему помогать, чтобы он не лишился этого заработка.

В его жизни наступил радостный момент — возвращение из ссылки отца. Мы сказали Васе, что надо привести в порядок его комнату в коммунальной квартире и купить цветы к приезду отца. Не надеясь, что он справится, Таня и я пошли ему помочь с уборкой. Помню, как меня удивило, что

зеркало на дверце платяного шкафа всё покрыто белыми потёками. Оказалось, что это следы его бритья перед зеркалом. Других мест для бритья в квартире не было. Уже после приезда Васиного отца мы спросили, покупал ли он цветы. Он смущённо сказал, что купил, но они оказались искусственными.



Вася ждёт возвращения отца из ссылки

В феврале 1952 года троих студентов — Щеглова, Мороза и меня — взяли в экспедицию по наблюдению солнечного затмения в Туркмении.

За несколько дней до затмения, впервые за несколько лет, в Туркмении выпал снег, и местные рабочие не вышли на работу. Они удивлялись нашему невежеству: «Ведь снег выпал! Какая работа?» Поэтому Васе и Пете Щеглову пришлось самим копать яму для фундамента телескопа.

Вася должен был наблюдать корону с фотометром, в создании которого он участвовал. Программа наблюдений была сложной. Надо было во

время затмения менять фильтры, сделать несколько экспозиций разной длительности. В общем, взглянуть на корону невооружённым глазом было некогда. Всё это он выполнил. Но каково же было его огорчение, когда оказалось, что он не снял крышку с объектива. Мы все ему очень сочувствовали и рассказывали, какого необъяснимого жемчужного цвета корона.



Петя Щеглов (слева) и Вася Мороз отдыхают после «строительных» работ

Окончив университет, я уехала в Крым и несколько лет не видела Васю. Но, когда в 1963 году у меня была готова кандидатская диссертация, а на руках было двое детей, Вася предложил мне свою помощь по оформлению всех дел по защите в ГАИШ. Он опубликовал мой автореферат, разослал его по списку из ста адресов, оформил все нужные бумаги и даже договорился о банкете в буфете ГАИШ. Я была очень благодарна ему за это.

Потом мы опять много лет не виделись. Только много позже, через несколько лет, он приезжал в Крым на Южную базу ГАИШ, расположенную на территории Крымской обсерватории, где я работаю. Он мало изменился за все годы, что я его не видела, и остался таким же добрым, мягким и лёгким в общении человеком. Таким он и живёт в моей памяти. Я благодарна судьбе за встречу и дружбу с ним.

ФИЗТЕХОВЕЦ НА МЕХМАТЕ

***Е. А. Гребенников, доктор физико-математических наук,
профессор Института математики РАН***

Вася Мороз появился в нашей астрономической группе А-21 в 1950 году, когда его и ещё нескольких студентов с «сомнительными» анкетами перевели на мехмат МГУ с физико-технического факультета МГУ. В это время он ничего не знал об астрономии, но, начав ею интересоваться, втянулся и вскоре стал гораздо компетентнее многих своих однокурсников, которых астрономии специально обучали. Васе вообще были свойственны методичность и добросовестность, он был очень глубоким человеком не только в науке, но и в мире человеческих отношений. Благодаря своему таланту, эрудиции и трудолюбию он стал крупным и ярким учёным.

ПРИ ТАКОЙ «МОРОЗНОЙ» ФАМИЛИИ ВАСЯ БЫЛ ОЧЕНЬ ТЁПЛЫМ ЧЕЛОВЕКОМ

А. Еремеева, ГАИШ

В 1952 году судьба забросила меня на мехмат МГУ, в астрономическую группу А-31, но уже как человека совсем не физико-математического склада... Меня больше увлекала романтическая сторона науки о Космосе, и я даже пописывала стихи на эту тему... Поэтому и мои впечатления от группы и воспоминания относятся не к самой астрономии, а скорее к человеческим качествам моих новых однокашников. Моим окружением и большими друзьями (я с детства предпочитала дружбу с мальчишками!) стали Витя Гусев, Игорь Генкин и Феликс Цицын, потом ещё и Петя Щеглов. Но вся группа запомнилась мне большой спаянностью, нашими замечательными и весёлыми вечерами на Пресне с пирогами и прочими угощениями, с молдавскими песнями Жени Гребенникова под его гитару.

Но запомнилась и одна серьёзная и неожиданная встреча-беседа с Васей Морозом. Незадолго перед окончанием университета он почему-то обратил внимание на меня, видимо, как на несколько инородный элемент в группе А-31, среди серьёзных и увлечённых физматчиков, и захотел «направить меня на путь истинный». Он сказал мне, что очень важно сосредоточиться на каком-то объекте, теме и по-настоящему заняться этим. Здесь он, по сути, выразил свой собственный уже избранный им жизненный путь: ИК-астрономию, но, как члену команды «мальчишек Шкловского», ему очень близка была и радиоастрономия. Помнится, уже после окончания, когда судьба, опять же случайно, поначалу забросила меня по распределению в Институт истории естествознания и техники, т.е. в историю астрономии, именно Вася говорил мне о важности собирать сведения о древнекитайских наблюдениях Сверхновых... важных для радиоастрономии. Это соединение серьёзности собственных его научных интересов и какая-то человеческая отзывчивость, теплота, проявившаяся в стремлении «направить на путь истинной науки» ещё одного человека, раз уж он попал в Группу астрономов МГУ, — всё это оставило во мне неизгладимый след и самые тёплые воспоминания о Васе, человеке с такой морозной фамилией и с такой нелёгкой «родословной»... А ещё мне всегда доставляло удовольствие видеть это сочетание ярко-рыжих кудрей и удивительно белой тонкой нежной кожи лица... В этом облике очень гармонично отражалась и его внутренняя суть: мягкость, доброта. И это особенно стало видно мне теперь по его замечательным письмам дочке (см. с. 143).

ВАСЯ МОРОЗ НА ЭКЗАМЕНАХ И ПОСЛЕ НИХ

Т. М. Мулярчик, кандидат физико-математических наук, ИКИ РАН

В один прекрасный день я заметила, что в нашей группе А-21 появился новый студент с копной рыжих кудрявых волос и в очках, и он ещё чаще меня опаздывал на лекции. Раньше рекордсменом по опозданиям была я, оправдываясь тем, что живу ближе всех к университету и не успеваю быстрой бегом наверстать опоздание. Но этот рыжий студент, который опаздывал чаще меня, жил ещё ближе к университету, так что его и мои опоздания были одной природы. В нашей астрономической группе появился ещё один студент, Юра Кварацхели, который, как и Вася, был переведён на мехмат с физико-технического факультета МГУ, вместе с двумя десятками физтеховцев с «неблагополучными» анкетами. Студенты факультета не очень задумывались над причиной перевода. Они были, по словам Солженицына, «дневные и с песнями» и не очень задумывались о тёмной стороне жизни «по ту сторону забора».

Большинство переведённых выбрало механику, а Вася и Юра — астрономии. Многие студенты астрономического отделения интересовались астрономией со школьных лет: ходили на лекции в планетарий, занимались там в кружках, строили самодельные телескопы, проводили астрономические наблюдения, а Вася собирался изучать ядерную физику и астрономией вовсе не интересовался, но они с Юрой Кварацхели стремились быть поближе к физике и попросили заведующего кафедрой Григория Фёдоровича Ситника дать им возможность заниматься физическим экспериментом. Тот загорелся и предложил совершенно новую для того времени тему: инфракрасные наблюдения астрономических объектов.

Вася и Юра с энтузиазмом вступили в эту неведомую им область и через год достигли первого успеха — зарегистрировали спектр Солнца в ИК-области. Юра после этого не вернулся к астрономии и в конце концов пробыл в Курчатовский институт, а для Васи ИК-спектрометрия стала делом жизни.

На третьем курсе астрономам лекции по теоретической физике стал читать Иосиф Самуилович Шкловский (*Доктор*, как любовно его называли окружающие), и Вася «пропал». Он влюбился и в астрономию, и в *Доктора*. В *Доктора* нельзя было не влюбиться. Талант и темперамент кипели в нём и выплёскивались на слушателей. А ведь это были чисто учебные лекции с чёткими формулировками и точными определениями! В конце занятий состоялся экзамен. Нас переполняло чувство восторга перед нашим профессором, и мы после экзамена преподнесли ему букет из сирени и тюльпанов. Букет был так велик, что ни в одну вазу влезть не мог, и мы поставили его в большое эмалированное ведро. Доктор был доволен, поблагодарил нас, а потом тихо и незаметно оставил букет и ведро в библиотеке. Нам надо было догадаться, что он не может взять цветы домой — в это время он жил с женой и двумя маленькими детьми в крошечной комнатухе в общежитии на Стромынке!

С осени 1952 года И. С. Шкловский стал вести спецкурс по радиоастрономии для студентов-астрофизиков четвёртого и пятого курсов. Это было редкое счастье — наблюдать за рождением новой науки и слушать о ней от одного из её творцов. В устах *Доктора* это был авантюрный роман, полный тайн и загадок, которые он нам раскрывал в процессе чтения. Лекции слушали не только студенты, но и сотрудники ГАИШ и других институтов, т.е. вся астрономическая Москва. И. С. рассказывал о свойствах активных галактик с их характерными выбросами, о вспышках сверхновых, за историей появления которых он следил по китайским хроникам, о природе свечения Крабовидной туманности, о знаменитой теперь линии излучения межзвёздного водорода λ 21 см, интенсивность которой он рассчитал, о возможности наблюдения других радиолиний в спектрах космических источников. Весь этот поток новых знаний захлёстывал и увлекал нас.



Иосиф Самуилович Шкловский читает лекцию астрофизикам второго курса группы А-21

Вася вскоре стал своим в группе, группа же была очень дружная, экзамены сдавали все вместе и всегда ждали последнего сдающего. Если экзамены были весной, после сдачи ехали на реку, в Фили или Серебряный Бор, и катались на лодке. Вася тогда торжественно топил свои конспекты, составленные во время подготовки. Он не писал шпаргалок на узких бумажных ленточках и не прятал их в ботинок, а честно писал конспект на бумаге формата А4 и, когда кончал его, оказывалось, что он уже всё понял и запомнил.

Мы много гуляли по московским улицам и по окрестностям Москвы. А в апреле Петя Щеглов увлѣк всех в Кучино, фотографировать метеорный поток Лириды. (Операция «Даѣшь Лириды!») Штук десять фотоаппаратов укрепили на деревянной раме и направили ночью в небо с открытыми затворами. Предполагалось, что за несколько часов будут сфотографированы кольцевые следы звѣзд, перечѣркнутые следами метеоров. Петя предупреждал, что ночь будет холодная, мы утеплились, как могли, и улеглись на крыше павильона. Но ночь была долгая, мы сильно замѣрзли, поднялись и стали прыгать по крыше. Когда в конце мы проявили плѣнки, раздался общий хохот: правильные дуги звѣздных треков попорчены, и вместо колец видны кривые червячки. Но зато мы видели множество метеоров и каждый успевал загадать желание!



Маяя Теряева, Вася Мороз и Эдик Андреев (слева направо) катаются на лодке после экзамена

В свои студенческие годы Вася жил один, без родителей, на Кузнецком Мосту в маленькой комнатке, выгороженной из бывшей большой буржуазной квартиры с высокими потолками, лепниной на них и паркетными полами. К этому времени квартира превратилась в настоящую «Воронью слободку» из множества тесных комнатушек, населѣнных ветхими старушками «из бывших». Уже в наши дни один предприимчивый делец стал последовательно расширять свою жилплощадь, присоединяя к ней комнаты одиноких старушек после их смерти.

Васина комната выглядела довольно запущенной. У него не было ни времени, ни умения, чтобы следить за ней, так что там было не очень уютно, правда, огромный шкаф, набитый книгами, служил ей укрaшением.

Одежда Васи совсем не производила впечатления бедности и неухоженности. Мы и студентами не замечали в ней особых недостатков (в то послевоенное время все были одинаково бедны), но и потом, рассматривая старые фотографии, тоже их не увидели.

Жил он на свою стипендию (правда, повышенную) и, как многие ребята из общежития, не имевшие денежной поддержки родителей, как-то умудрялся сводить концы с концами. Наш однокурсник, ныне профессор, Евгений Александрович Гребенников (а тогда просто Женя), утверждает, что, получая повышенную стипендию и обедая в университетской столовой («суп на первое, что-то мясное на второе и компот на третье» — с чувством вспоминает он), худо-бедно можно было прокормиться, но денег было впритык, и время от времени приходилось подрабатывать. В частности, он с друзьями из общежития часто разгружал вагоны, а Вася рассчитывал на арифмометре эфемериды малых планет и время от времени продавал книги из собрания отца.



Вася Мороз на Пулковском меридиане

На пятом курсе студенты-астрономы проходили преддипломную практику. Звёздники были направлены на Абастуманскую обсерваторию, небесные механики проходили практику на своей кафедре в Москве, часть астрофизиков была направлена в КрАО, а остальные студенты —

в Пулково. Погодные условия не позволяли проводить регулярные оптические наблюдения в Пулковской обсерватории, так что хозяева ограничивались обзорными лекциями, экскурсиями по павильонам, семинарскими занятиями. Вася по наводке Г.Ф. Ситника стремился в отдел В. А. Крата на солнечную установку, но попасть к нему не смог. Ему не отказывали, но и не допускали до наблюдений по-настоящему (повидимому, Крат предпочёл ему тогда Вадима Карпинского). В результате остальные оказались предоставленными самим себе, у нас образовалось свободное время и появилась возможность погулять по Ленинграду, его паркам и музеям. Наша «пулковская» группа помнит, какое счастье мы испытали, когда перелезли через забор в закрытый для посетителей осенний Царскосельский парк, совершенно безлюдный и очень красивый. Были мы и в Петергофе. Одним словом, мы прониклись не столько пулковским, сколько петербургским духом.

Мы с Васей, к тому же, старательно изучали книгу Альфвена «Космическая электродинамика», русский перевод которой был издан в 1952 году. Самое сильное моё впечатление — от того, как Вася изучает новый незнакомый материал. Глядя на Васю, я видела, как человек спокойно и методично разбирается в предмете, глубоко вникая в частности и, вместе с тем, понимая его целиком. Вася за руку провёл меня через этот лабиринт, трудный текст становился ясным и прозрачным для меня. Увы, новых знаний мне хватило ненадолго, а Вася усвоил книгу полностью и навсегда.

НАША ГРУППА БЫЛА ОЧЕНЬ ДРУЖНОЙ, СПЛОЧЁННОЙ

Г. Медведева (Рыжкова), ГАИШ

Наша астрономическая группа сразу несколько отделилась от основного курса, так как некоторые лекции по математике нам читались отдельно. Кроме того, с первого же года начались астрономические дисциплины, которые мы слушали в ГАИШ, на Красной Пресне. За деревянным забором с калиткой скрывался довольно большой участок с двумя капитальными зданиями, где размещались отделы, лаборатории и аудитории института, а во дворе — башни телескопов, столбы для наблюдений с переносными инструментами и несколько старых деревянных домиков, в которых доживали свой век уже не работавшие учёные (С.Н. Блажко и С.В. Орлов) с семьями. Зелёный двор с клумбой, сиренью и скамеечками, деревья, волейбольная площадка, всё такое приветливое, спокойное, домашнее.

Вокруг кипела весёлая студенческая жизнь. Часто бывали вечеринки — обычно на квартирах москвичей или в общежитии на Стромынке. Веселились, ставили шарады, но больше всего разговаривали и спорили на самые разные темы. Заядлыми спорщиками были Женя Гребенников, Дима Карпинский, Петя Щеглов, Вася Мороз, ну и остальные заводились.



Т. Мулярчик, Н. Стефанович, В. Мороз и Н. Шаховской в зоопарке

Вася Мороз, так же, как Гена Росляков и Юра Кварацхели, пришёл к нам с физтеха. Он был серьёзным, с головой погружённым в науку студентом, ездил на затмения, занимался в семинаре И.С. Шкловского, а потом И.С. взял его в свой отдел радиоастрономии. Но в свободное от науки время Вася и Петя шалили как дети. На 8 марта, например, подарили девочкам

коробку из-под обуви, которая при открывании взорвалась и за находившимися в ней орехами пришлось ползать под столами.

Иногда мы — Таня, Наташа, я и Петя с Васей — вместе готовились к экзаменам. Петя с удовольствием и самыми простыми словами объяснял непонятное, а Вася вообще не мог представить, как можно что-то не понимать. Гений!

Наша группа была очень дружная, сплочённая, мы много бывали вместе и на занятиях, и в свободное время, и прогуливали тоже вместе, за что нас всех вместе и песочили. Занятия проходили то в главном здании на Моховой, то в ГАИШ, на Пресне. А по дороге — кинотеатры: «Баррикады» и «Повторного фильма», зоопарк с горячими бубликами и ещё много соблазнов. Конечно, это не всегда приходилось на учебное время, но что было, то было. Как-то курсе на втором по дороге из ГАИШ мы свернули в «Повторный», а на лекцию по политэкономии, которая как раз в это время начиналась, пришла с проверкой посещаемости наша свирепая Краснобаева, замдекана. Одиннадцать прогульщиков из астрономической группы с тех пор поминались на всех собраниях.

РАБОТА В АЛМА-АТЕ

***Т. М. Мулярчик, кандидат физико-математических наук,
ИКИ РАН***

В 1954 году студенты астрономического отделения мехмата окончили университет и получили распределения в самые разные места. Двое — В. Мороз и я — были распределены в Астрофизический институт АН Казахской ССР (мы туда попросились сами после нашей свадьбы), где директором был академик Василий Григорьевич Фесенков, имя которого институт стал носить впоследствии. Институт расположен на Каменском плато — пологой площадке на склоне одного из хребтов Заилийского Алатау, принадлежащих системе гор Тянь-Шаня. Каменское плато лежит на высоте 1450 км на дороге, идущей от Алма-Аты в горы. Постройки обсерватории шли вдоль дороги, по обеим её сторонам. Дорога прерывалась зданием Астрофизического института, ниже шли жилые дома, выше — павильоны телескопов. Справа располагался максутовский телескоп (с ним работала я) с диаметром объектива 50 см и фокусным расстоянием 120 см. Этот новый, «с иголочки», телескоп был изготовлен в ГОИ и предназначен для изучения тонкой структуры газопылевых туманностей. Туманности фотографировали через стеклянные светофильтры и поляроиды. Для каждой выбирались близкие звёзды, гидируя по которым можно было получить снимок туманности в центре поля зрения телескопа. При гидировании надо было, действуя ключами, удерживать звезду на кресте нитей. Хотя часовой механизм телескопа был хорошо отлажен, тонкие наблюдения требовали тщательного гидирования, так что наблюдатель никак не мог оторваться от окуляра. Над ним при этом сияло усыпанное звёздами небо, а он не спускал глаз с креста нитей.

Главным на телескопе был Дмитрий Александрович Рожковский, а я — дежурным наблюдателем. Моя работа была простая и бесхитростная, но требовала большой тщательности и аккуратности из-за серьёзной требовательности Дмитрия Александровича.

Слева от дороги стоял павильон 50-см рефлектора Герца, полученного по репарациям из Германии после войны. Его отдали в полное владение В. Морозу. Телескоп был изготовлен в Германии, но за время войны и перевозки потерял добротность и устойчивость, так что Вася «хлебнул с ним горя», выполняя просьбу В.Г. Фесенкова о фотоэлектрических наблюдениях астрономических объектов.

В касегреновском фокусе телескопа Вася установил фотоэлектрический фотометр на видимую область спектра, который он сам сконструировал и изготовил в механической мастерской Астрофизического института с помощью тамошних мастеров. На входе фотометра Вася установил диафрагму — зеркальную пластину с малым отверстием, процарапаным в отражающем слое, так что угловые размеры вырезаемого этой диафрагмой поля зрения были гораздо меньше угловых размеров диска планеты. Измерительная техника была очень примитивна. Система телескоп – фотометр требовала тщательного гидирования с помощью тонких

ключей. Обычно в наблюдениях должны были участвовать два человека: один гидировал, а другой записывал отсчёт гальванометра. Вася постепенно совершенствовал этот фотометр¹.

Однако прежде всего Василий Григорьевич Фесенков поручил Васе разработать фотоэлектрический фотометр для наблюдения ночного неба и зодиакального света. Вася соорудил трубу с объективом диаметром 5 см, диафрагмой, вырезавшей в его фокальной плоскости угол около 2°, линзой Фабри, светофильтром и ФЭУ с плоским катодом, установил свой фотометр на вертикально-азимутальный штатив и начал наблюдения. Вася говорил потом, что работать с таким фотометром было неудобно: координаты приходилось считать по кругам, а сигнал — по показанию гальванометра, и он очень удивился, какой большой сигнал получился от совершенно тёмного неба².

Директор Института Василий Григорьевич Фесенков сумел организовать чёткий рабочий распорядок для группы сотрудников обсерватории, поддерживать там дисциплину и возбудить научный энтузиазм. На обсерватории регулярно проводились семинары с обзорными докладами и сообщениями о новых результатах.

¹ Он увлёкся процессом изготовления приборов, написал несколько статей на эту тему и опубликовал их в научных журналах. На этом телескопе В. Мороз и А. Харитонов провели в октябре 1956 года наблюдения Марса во время его Великого противостояния и определили яркость и показатели цвета отдельных участков его поверхности. Эта работа была потом опубликована в «Астрономическом журнале» (*Мороз В. И., Харитонов А. В.* Фотоэлектрическая фотометрия деталей поверхности Марса // *Астрономический журн.* 1957. Т. 34. № 6. С. 903–920).

Следующий раз Вася наблюдал Марс во время противостояния 1963 года на 125-см телескопе Южной станции ГАИШ. Тогда в его распоряжении было два спектрометра: призменный и дифракционный, перекрывающие интервал от 1,2 до 4,2 мкм, и он получил важные результаты: обнаружил связанную воду в марсианских минералах и уточнил величину давления в атмосфере планеты. Свои результаты Вася опубликовал в «Астрономическом журнале» (*Мороз В. И.* Инфракрасный спектр Марса (λ 1,1...4,1 мкм) // *Астрономический журн.* 1964. Т. 41. С. 350–360).

² Ещё раз он наблюдал ночное свечение атмосферы в 1958 году в Лопарской. Вася, Наташа Гальперина и Тамара Гладышева навестили там меня, Юру Гальперина и Володю Гладышева и мы вместе встречали Новый год под фейерверк полярных сияний. Вася установил инфракрасный спектрометр в нашей наблюдательной будке и получил прекрасный спектр ночного неба в интервале 1,2...3,4 мкм. Мы удивлялись этому результату и объясняли его исключительно низкой температурой вокруг нас, считая, что раз у нас так холодно, возможно, вымерзли и более высокие слои атмосферы, что, по-видимому, увеличило её прозрачность для ИК-излучения. Вася опубликовал свой результат (*Мороз В. И.* Инфракрасный спектр ночного неба до 3,4 мкм // *Астрономический журнал.* 1960. Т. 37. № 1. С. 123–130).

На обсерваторию часто приезжали специалисты, занимающиеся сходной тематикой, — Н.Б. Дивари³, Г.М. Никольский⁴, Н.Н. Парийский⁵ и другие.

Н.Б. Дивари охотно работал с Васиным фотометром ночного неба. Он был человеком сильным, полным жизни и энергии, очень добрым и отзывчивым. Он хорошо играл в настольный теннис, и все сотрудники обсерватории сбегались смотреть на его игру с разными смельчаками, хотя сами не рисковали вступить в бой.

Ещё одна группа собиралась вокруг самодельной рулетки с экваториальными координатами звёзд. В.Г. Фесенков развивал теорию звёздных цепочек и велел мне крутить рулетку, чтобы доказать, что случайный набор таких координат не может привести к образованию цепочек. Вася помог мне сделать эту рулетку, я крутила её в холле обсерватории, а стоявший вокруг народ делал ставки. Это было очень весело, а Василию Григорьевичу даже и не могла прийти в голову мысль о возможности азартных игр в его владениях.

Другим гостем обсерватории был Г.М. Никольский. В круг его интересов входила физика Солнца, и он приезжал в институт на солнечную установку к Мидхату Ганиевичу Каримову, заместителю В.Г. Фесенкова. Мы с Васей и Гена Никольский с женой Комой дружили семьями. После нашего отъезда они работали на обсерватории и жили в нашей комнате.

Василий Григорьевич «правил» своими сотрудниками твёрдой и дружелюбной рукой. Он часто смягчал тупую и бессмысленную дисциплину, типичную для СССР. У всех советских служащих рабочий день был с 9 до 18 часов каждый рабочий день, включая субботу. Василий Григорьевич для сотрудников обсерватории изменил распорядок дня для субботы и сделал перерыв на отдых с 15 до 18 часов. В 15 часов работа на обсерватории кончалась, к институту подавалась грузовая машина и сотрудники ехали в Алма-Ату за провизией. Таким образом, Фесенков установил для субботы укороченный рабочий день задолго до того, как смягчились советские порядки.

Природа обсерватории поражала живущих в ней сотрудников.

Во-первых, её окружали прекрасные горы с вершинами, покрытыми снегом, и крутыми склонами. Рабочие столы сотрудников помещались в комнатах Астрофизического института и ничем особенным не отличались от обычных фанерных канцелярских столов с жестяными инвентарными номерами. Но стоило поднять голову от тетрадки с наблюдениями, как взгляд сразу встречал эти прекрасные горы. Иногда, прямо как у Джека

³ Дивари Николай Борисович (1921–1993) — профессор, доктор физико-математических наук, астроном, математик, альпинист.

⁴ Никольский Геннадий Михайлович (1929–1982) — советский астроном, профессор. Основные труды в области физики Солнца и астрономического приборостроения, занимался также изучением планет, межзвёздной среды, зодиакального света, свечения ночного неба.

⁵ Парийский Николай Николаевич (1900–1996) — советский астроном и геофизик.

Лондона, вокруг вершин появлялись снежные знамёна, по которым можно было понять, что там бушует ураган. Ниже в горах скалы кончались и на их склонах появлялись стройные могучие ели.



Из окна обсерватории видны горы

В окрестностях обсерватории очень чётко ощущалась смена времён года, почти незаметная в большом городе: с наступлением весны распускались листья на кустах и деревьях, прилетали и начинали петь птицы, на лугах расцветали цветы, главным образом, тюльпаны. Яркая полоса возникала в долине у подножия гор и постепенно поднималась вверх, достигала обсерватории, миновала её и потом поднималась всё выше в горы. Впоследствии, когда в Москве нам предлагали купить тюльпаны и называли какую-то цену, Вася возмущённо отказывался: «А в Алма-Ате тюльпаны растут даром!»

Как-то наша компания — Вася, я, Зоя Карягина и Аня Делоне (тоже астрономы, выпускники МГУ, работавшие на обсерватории) — отправились к Большому Алма-Атинскому озеру в заповедник, но туда был необходим пропуск. Мы обратились к директору заповедника, и он на письмо с подписью В.Г. Фесенкова наложил резолюцию: «Пропустить четырёх академиков!» Это был первый и, увы, последний раз, когда Вася получил такой титул.

Наш дом стоял на правой стороне дороги, и балкон выходил на пустыню и город. Пустыня обычно бывала подёрнута дымкой, но иногда вдруг становилась ясно видной, с чёткими очертаниями. Я считала, что это — предвестник надвигающегося ненастья.

Это была спокойная ночь. Иногда над городом бушевала гроза, которая ощущалась очень близкой, казалось, что молнии сверкают рядом с домом. Во время такой грозы тёмной ночью мы поставили фотоаппарат с открытым затвором на подоконник.



Ночная Алма-Ата с тонкой цепочкой огней



Одна из сфотографированных нами молний

В ясную погоду мы любовались яркими радугами, которые раскидывались по небосводу. Однажды мы пешком возвращались из города домой и увидели радугу, которая парила над нами, а её конец упирался точно в наш балкон.

С балкона открывался широкий вид, но иногда даль исчезала и прямо под домом начинала колыхаться какая-то плотная студенистая масса. Казалось, что преодолеть её невозможно, и машина наверняка завязнет в ней, но, когда мы туда попадали, вокруг оказывался только густой туман. Ощущение было гораздо более острым, чем то, которое испытывает пассажир самолёта, когда тот ныряет в облака.

На обсерваторию часто приходили группы отдыхающих из соседних пансионатов, и общественной нагрузкой её сотрудников было проводить для таких групп экскурсии. Сотрудники обсерватории относились к этим визитам по-разному. Очень немногие читали серьёзные лекции, подробно излагая все научные факты. К этим немногим относился Андрей Харитонов. Другие понимали, что гости на самом деле не интересуются астрономией, а просто хотят приятно провести время в красивом месте. Они рассказывали гостям разные весёлые астрономические байки, показывали в гид телескопа улицы города, световые вывески на зданиях и всячески развлекали их.

Экскурсии обычно завершались визитом в планетарий и показом звёздного неба, спроецированного на внутренний купол обсерватории. Световая стрелка помогала выделять созвездия и отдельные звёзды. Этот планетарий был бы очень полезен на школьных уроках астрономии не только для изучения созвездий. Например, с его помощью можно было бы наглядно продемонстрировать суточное движение звёздного неба на разных широтах в разные времена года.

Как-то ночью во время наблюдений ко мне в павильон пришёл Н. Н. Парийский и привёл какого-то (как мне тогда казалось) старичка-туриста в поношенной походной куртке и кедах. Я начала привычные объяснения, показывала звёздное небо, телескоп, рассказывала, как различаются снимки туманностей в синих и красных лучах. Гость оживился и, обращаясь к Николаю Николаевичу, заговорил о важности сравнения двух механизмов возбуждения в туманностях — соударениями и излучением. Утром я узнала, что этим гостем был Игорь Евгеньевич Тамм⁶.

Николай Николаевич Парийский был очень популярной личностью на обсерватории. Круг его научных интересов был очень широк — от физики Земли до физики атмосферы. С помощью маленького светосильного спектрографа он проводил измерения свечения ночного неба в разных местах Земли и на разных широтах. Астрономы обсерватории, которые были уверены, что нет ничего важнее и интереснее звёзд, увидели, что на свете ещё существуют собственное излучение ночного неба, зодиакальный свет, противосияние и другие явления. Позже, когда я уже работала в институте физики атмосферы, я окончательно сменила приоритеты и увлеклась полярными сияниями.

⁶ Тамм Игорь Евгеньевич (26 июня 1895 – 12 апреля 1971) — советский физик-теоретик, лауреат Нобелевской премии по физике (совместно с П. А. Черенковым и И. М. Франком, 1958), дважды лауреат Сталинской премии, Герой Социалистического Труда (1953).

Николай Николаевич очень много сделал и для нашего общего развития. Он научил нас любить живопись. Из своих зарубежных поездок он привозил прекрасные художественные альбомы и много рассказывал о художниках, особенно о своих любимых импрессионистах. Больше всех он любил Ван Гога. Обычно в альбоме Skira⁷ он показывал репродукцию картины Ван Гога «Едоки картофеля» и сравнивал руки, написанные Ван Гогом, с руками Хальса. Я до сих пор помню его интонацию, когда он делал это сравнение (в пользу Ван Гога, разумеется). Мы с Васей потом в Москве с увлечением покупали альбомы и отдельные репродукции, которые продавались в букинистической лавке у Метрополя, и даже варварски выдирали отдельные листы из альбомов (правда, не очень хороших), а потом складывали репродукции в отдельные папки по темам. Много позже, когда наша внучка училась в Полиграфическом институте, она с удовольствием пользовалась этими папками при подготовке к экзаменам. А ещё Николай Николаевич привил вкус к сухому вину всем молодым сотрудникам обсерватории.



Николай Николаевич Парииский

⁷ Издательство Skira основано в 1928 году Альбертом Скира (Albert Skira) в Лозанне, вскоре переехало в Женеву, где находилось более шестидесяти лет. Сейчас головной офис всемирно известного издательства располагается в Милане. Его ранние издания стали легендарными — «Метаморфозы Овидия» изданы с тридцатью оригинальными гравюрами Пабло Пикассо и Poésies из Стефана Малларме с двадцатью девятью гравюрами Анри Матисса. С 1934 года выпускались многотомные серии, в том числе серия «Вкус нашего времени». А. Скира создал специфический тип альбома-монографии, в котором непревзойдённые по качеству цветные иллюстрации, напечатанные типографским способом, наклеивались на страницы.



Т. Мулярчик, В. Мороз и Г. Манова (Пономарёва) (слева направо), выйдя из обсерватории, встретили ослика (а горы начинаются совсем рядом с домом)

На обсерватории жизнь «кипела», шло множество оживлённых споров, которые обычно начинали Вася Мороз и Гена Никольский. Много говорили о литературе. Кумиром для нас тогда был Хемингуэй⁸. Когда прошёл слух, что в книжный магазин Алма-Аты завезли новые книги Хемингуэя, Вася и Аня Делоне, встав рано утром, бегом пустились от обсерватории в город, чтобы успеть к открытию.

⁸ Хемингуэй Эрнест Миллер (*англ.* Ernest Miller Hemingway; 21 июля 1899 – 2 июля 1961) — американский писатель, журналист, лауреат Нобелевской премии по литературе 1954 года. Широкое признание получил благодаря своим романам и многочисленным рассказам — с одной стороны, и своей жизни, полной приключений и неожиданностей, — с другой. Его стиль, краткий и насыщенный, значительно повлиял на литературу XX века.

В общем, жизнь и работа в алма-атинской обсерватории доставляла огромное удовольствие и принесла много пользы молодым её сотрудникам. Что касается В.И. Мороза, работа там послужила началом его дальнейших исследований Марса и других планет с помощью гораздо более совершенных средств.

В. И. МОРОЗ НА ЗАРЕ КОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В. Ф. Есинов, ГАИШ

В.И. Мороз работал в отделе радиоастрономии ГАИШ с 1956 года. Он был среди нас, молодых сотрудников отдела, самым работоспособным. Он всё время что-то изобретал, делал, паял. Не видели мы его празднующимся. Он разрабатывал фотометры и спектрометры для наблюдений в ИК-области спектра, всё время где-то доставал инфракрасные приёмники излучения: у отечественных производителей и даже американские, которые ему привозили из США в кармане знакомые американские астрономы (что было строжайше запрещено в США). Он всё время испытывал эти приёмники и ставил их в свою аппаратуру, работавшую на нашем большом телескопе Южной станции ГАИШ. Спектрометрические наблюдения были прерваны в 1957 году, когда был запущен Первый советский спутник — искусственный спутник Земли ИСЗ-1. В ночь с 4 на 5 октября 1957 года все сотрудники ГАИШ высыпали на крышу института, стремясь посмотреть на Спутник. Часть из них была вооружена небольшими зрительными трубками. Они работали по программе визуального слежения, предложенной Астросоветом, и старались проследить путь Спутника по небосводу и попытаться определить его орбиту. Запуск показал, что ракета-носитель (РН) ИСЗ имеет достаточно большую яркость, и её можно зарегистрировать на фотоплёнке. П. В. Щеглов на бытовой фотографической камере «Экзакта» с объективом светосилой 1:1,5 получил первый снимок искусственного космического объекта — ракеты-носителя Первого ИСЗ. Этот снимок был опубликован на обложке журнала «Советский Союз». Сразу стали ясны большие преимущества инструментальных измерений перед визуальными. Наш шеф, Иосиф Самуилович Шкловский, поставил перед своими молодыми сотрудниками задачу — немедленно разработать аппаратуру для таких измерений. Мы горячо его поддержали. Буквально за несколько дней в ГАИШ были созданы три установки для наблюдения ИСЗ.

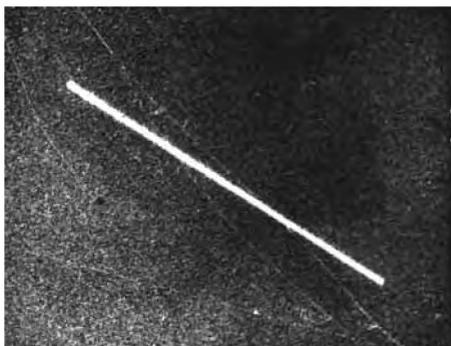
Первый прибор был сделан на основе аэрофотокамеры НАФА-25/ЗС. Кассета с фотоплёнкой была переделана на кассету с астрономической фотопластинкой, что увеличило точность определения координат ИСЗ. Возникла проблема с определением моментов наблюдений с высокой точностью, но её легко решил В.И. Мороз. Он предложил и осуществил метод регистрации открытия и закрытия затвора фотокамеры: перед объективом стояла инфракрасная лампа, а около пластинки — фотоэлемент, сигнал от которого регистрировался в момент открытия и закрытия затвора с помощью шлейфового осциллографа с точностью 0,01 с. Камера устанавливалась на большой киноштатив и могла быстро поворачиваться и наводиться на траекторию движения РН и ИСЗ.

Наблюдения были успешно проведены на крыше ГАИШ. Использование фотопластинки позволило измерить координаты объекта с точностью 5 угл. с, а время — с точностью 0,01 с. При наблюдениях присутствовали В.И. Красовский, заведующий отделом физики верхней атмосферы ИФА

АН СССР, и А.И. Берг, академик, вице-адмирал, заместитель министра обороны по технике. Они одобрили наше оборудование.



Молодые сотрудники И.С. Шкловского создают камеру для наблюдения ИСЗ. Вверху: П. В. Щеглов (слева) и В. Г. Курт (справа), внизу: В. И. Мороз (слева) и В. Ф. Есипов (справа)



Трек следа пролёта ракеты-носителя первого ИСЗ

Были изготовлены ещё два прибора. Для наблюдения слабых ИСЗ П.В. Щеглов сделал установку с двухкаскадным электронно-оптическим преобразователем (ЭОП). В. И. Мороз изготовил прибор с фотоэлектронным умножителем (ФЭУ) для регистрации времени: на фотопластинке делается прорезь в фотоэмульсии, через которую свет от движущегося спутника попадает на ФЭУ, и таким образом регистрируется момент положения ИСЗ среди звёзд, получившихся на фотопластинке.

А. И. Берг обещал представить эту аппаратуру в Комитет по космосу.

Все участники этой работы были приглашены в ОПМ АН СССР¹ для доклада на межведомственном научно-техническом совете (МНТС). И. С. Шкловский рассказал о разработке и результатах наблюдений ИСЗ с аппаратурой ГАИШ. Достигнутая точность определения координат ИСЗ (5 угл. с) и моментов времени наблюдения (0,01 с) на порядок превосходила результаты, получаемые станциями визуального наблюдения. Доклад был одобрен, и нам поручили вести дальнейшие наблюдения и представить в ОКБ-1 отчёт.

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ СССР
МОСКОВСКИЙ ОРДЕНА ЛЕНИНА И ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО
ЗНАМЕНИ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.
М.В. ЛОМОНОСОВА
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АСТРОНОМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
им. П.К. ШТЕРНБЕРГА

Утверждаю:
Директор ГАИШ
Д.Н. Мартинов
/проф. Д.Н. Мартинов/
" 3 " *сентября* 1958г.

Утверждаю:
Зам. председателя Комиссии
при Президиуме АН СССР
И.С. Шкловский
/И.С. Шкловский/
" 15 " *сентября* 1958г.

О Т Ч Е Т

по теме "Разработка объективной методики наблюдений искусственных спутников Земли".

Пункт в/"Установка для регистрации момента действия затвора для типовых камер".

Руководитель темы,
доктор физ.мат.наук-
И.С. Шкловский /И.С. Шкловский/

Отчет составили:
В.А. Курт /В.А. Курт/
А.К. Соснова /А.К. Соснова/
П.В. Щеглов /П.В. Щеглов/

Москва, 1958г.

Титульный лист отчёта ГАИШ о наблюдениях ИСЗ для комиссии М. В. Келдыша

¹ Отделение прикладной математики Математического института им. В.А. Стеклова Академии наук СССР.

Наблюдения были выполнены в январе 1958 года в Ташкентской обсерватории П. В. Щегловым. Отчёты были утверждены в апреле 1958 года заместителем С. П. Королёва М. К. Тихонравовым.

22 марта 1958 года в ГАИШ пришли А. И. Берг с С. П. Королёвым и Г. Ю. Максимовым² с предложением наблюдать полёт космической ракеты на Луну (наблюдать космический аппарат на расстоянии примерно половины расстояния до Луны, ~100000 км от Земли). Аппарат был небольшой, быстро движущийся, примерно в 20° от Луны, т. е. на ярком фоне ночного неба. После разговора с Д. Я. Мартыновым³, который объяснил, что обычными фотографическими методами это сделать невозможно, И. С. Шкловский пригласил высоких гостей в комнату № 18 (в то время она была тёмной), где находилась установка с двухкаскадным ЭОП, а в противоположной стороне комнаты — люминофор, двигавшийся со скоростью 2 об/мин по полю зрения ЭОП. Свет был выключен для адаптации зрения к темноте.

И. С. Шкловский изложил принцип действия искусственной кометы — выброс облака натрия из космического аппарата на соответствующем расстоянии от Земли. Натрий смешивался с термитом и поджигался в нужное время. Натрий испарялся и должен был переизлучать солнечный свет, увеличивая яркость космического аппарата до величины, которую легко можно было наблюдать с небольшими камерами. Чтобы убрать яркий фон неба, использовались оранжевые светофильтры. Эта установка — «Комета-А», снабжённая двумя фотографическими камерами, — была создана на Красногорском оптическом заводе по техническому заданию ГАИШ. Вторая установка — «Комета-Б» — с трёхкаскадным электронно-оптическим преобразователем, созданным в НИИ-801 М. М. Бутсловым, и интерференционным фильтром, изготовленным на кафедре оптики физического факультета МГУ, предназначалась для визуального наблюдения и фотографирования искусственной кометы.

Искусственная комета была испытана на ракете Р-5 при вертикальном пуске на полигоне Капустин Яр 19 сентября 1958 года. В. Г. Курт получил прекрасные снимки с аппаратом «Комета-А», которые позволили оценить плотность атмосферы, направление и скорость ветра на высоте 430 км.

Запуск КА «Луна-1» был назначен на конец декабря 1958 – начало января 1959 года. В это время практически нет ясной погоды в обсерваториях на всей территории СССР. Для обеспечения наблюдений было предложено провести наблюдения с борта стратегических бомбардировщиков Ту-4.

² Максимов Глеб Юрьевич (13 октября 1926 – 26 августа 2001) — Лауреат Ленинской премии, кандидат технических наук, инженер-конструктор НИИ-4 Министерства обороны СССР, специалист по проектированию космических летательных аппаратов Особого конструкторского бюро № 1 (Научно-производственного объединения «Энергия»).

³ Мартынов Дмитрий Яковлевич (7 апреля 1906, Темрюк – 22 октября 1989, Москва) — советский астроном. Именем Мартынова названа малая планета 2376 Martynov (2376 Мартынов), открытая Н. С. Черных в 1977 году. Международный астрономический союз присвоил его имя кратеру Martynov (Мартынов) на Марсе.

Аппаратура «Комета-Б» была установлена у правых блистеров четырёх самолётов, которые базировались на аэродроме в г. Мелитополь.

После установки аппаратуры на самолёты мы ожидали запуска в гостинице аэродрома. Пошли знакомиться с городом. Нам попало объявление о выступлении гипнотизёра в Доме культуры города. В. И. Мороз загорелся и решил выступить в роли испытуемого, чтобы самому всё увидеть. Во время сеанса гипнотизёр стал приглашать людей на сцену, но сказал, что не должно быть людей, занимающихся секретной работой. В. И. был сильно разочарован, так как мы были на сверхсекретной работе. После сеанса В. И. пробился к испытуемым и узнал, что они не помнят ничего, что с ними было.



Пробные снимки натриевого облака, сделанные В. Г. Куртом на полигоне Капустин Яр

Прошли испытательные полёты, а мы всё ждали запуска. Наступал новый, 1959 год. Мы купили «ёлку», конечно, это была сосна, и наконец получили сообщение о запуске, который планировался в ночь с 1 на 2 января

1959 года. Лучшим местом для наблюдения была Средняя Азия. Вылетели во второй половине дня 31 декабря на военный аэродром г. Баку. Собирались срочно и, естественно, забыли «ёлку», за что получили дружеский нагоняй от командиров самолётов. Новый год встретили в гостинице аэродрома, достав бутылку водки у сторожа магазина и тарелку варёной картошки у вахтёрши гостиницы.

В 8 часов утра 1 января вылетели в г. Красноводск, чтобы ночью начать наблюдения. К вечеру выяснилось, что ночь до утра будет ясная, и мы приняли решение проводить наблюдения с земли. Аппаратуру установили прямо возле самолётов и провели наблюдения в указанное время, но, к сожалению, мы не зарегистрировали появления искусственной кометы.

Возвращение в Москву было нерадостным. Прошло сообщение, что, якобы, обсерватория Абастумани получила снимок на «Комете-А», на котором было что-то видно. Космический аппарат «Луна-1» пролетел рядом с Луной, превратившись в первую искусственную планету Солнечной системы — «Мечта».

Следующий запуск КА «Луна-2» планировался в сентябре 1959 г. Погода в это время практически на всех обсерваториях ясная. Аппаратуру «Комета-Б» установили в южных обсерваториях: Алма-Ата, Ташкент, Сталинабад, Бюракан, Абастумани и работали с ней наши сотрудники. Было объявлено время образования искусственной кометы. Все начали наблюдать и фотографировать пустое место, и только через 10 мин вспыхнула ярчайшая звезда, которая стала расширяться и превратилась в кольцо. Несколько минут кольцо расширялось и яркость его падала до исчезновения.

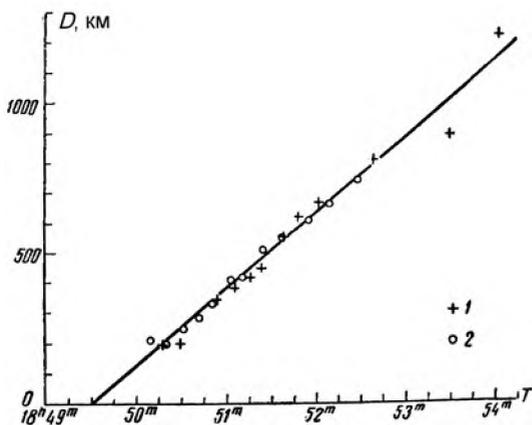


График расширения натриевого облака: 1 — наблюдения В. И. Мороза; 2 — наблюдения В. Ф. Есипова

Ошибка зажигания кометы составила 10 мин, так что получилось, что до начала образования искусственной кометы все наблюдения были пре-

крашены. Только мы с дотошным В.И. продолжали наблюдения и получили картину разлёта искусственной кометы.

После возвращения в Москву нас вместе с И.С. Шкловским пригласили выступить на Шаболовке в прямой телепередаче (а в записи их тогда не было) о полёте КА «Луна-2» и наблюдениях искусственной кометы. Во время передачи куратор КГБ очень сильно волновался, чтобы мы не сказали чего-нибудь секретного.

После успеха искусственной кометы все сотрудники отдела радиоастрономии ГАИШ, принимавшие участие в этой работе (И.С. Шкловский, В.Ф. Есипов, В.Г. Курт, В.И. Мороз, П.В. Щеглов), получили личные подарки от С.П. Королёва — вымпелы, точные копии улетевших на борту КА «Луна-1» и «Луна-2». И.С. Шкловский в 1960 году был удостоен звания лауреата Ленинской премии, но натриевой кометой никто из нас больше не занимался.

После этого В.И. Мороз вернулся к наземной инфракрасной спектроскопии. Вокруг него собралась группа ИК-астрономов. Были разработаны ИК-фотометры с различными приёмниками и ИК-спектрометры на ближнюю инфракрасную область. Для длинноволновой области был создан фотометр на основе болометра Лоу. Вся эта аппаратура разрабатывалась для наблюдений на нашем большом телескопе ЗТЭ Южной станции ГАИШ.

В.И. Мороз был самым крупным специалистом по ИК-спектроскопии. Несмотря на это, с ним произошёл курьёзный случай при защите кандидатской диссертации. При всех сверхположительных отзывах оппонентов Учёный Совет ГАИШ провалил диссертацию, голосование было отрицательным. Однако в то время окончательное решение принимал Учёный Совет физического факультета МГУ, на котором она была поддержана единогласно. Отрицательные голоса в ГАИШ были против его руководителя — И.С. Шкловского.

Одной из главных задач В.И. Мороз считал исследование спектров атмосфер планет. ИК-излучение нашей атмосферы мало, поэтому планеты можно было наблюдать днём, особенно это относилось к Меркурию и Венере, которые ночью были видны ограниченное время. Я в это время наблюдал ночью. Просыпаюсь к обеду, захожу за В.И., чтобы идти в столовую. Он просит меня принести ему два вторых, так как он не может прекратить наблюдения даже на час. И так было несколько дней — нельзя было упустить ясную погоду. А спал В.И. в то время по паре часов в сутки. Работоспособность его была потрясающей.

На Крымскую обсерваторию приехала киностудия научно-популярных фильмов и, естественно, они пришли на Южную станцию ГАИШ. Снимали телескопы и учёных. Когда пришли на 125-см рефлектор ЗТЭ, телескоп им понравился и они решили его снимать. В это время на телескопе «висел» В.И. Мороз (т.е. его аппаратура). Снимали, конечно, днём, В.И. делал вид, что производит наблюдения. Сотрудник станции поворачивал телескоп по указанию оператора съёмки. Всё благополучно закончилось, директор фильма пришла расплачиваться за съёмку. Сотрудник-оператор получил

3 рубля и расписался в ведомости. После этого она подошла к В.И., который что-то паял, и сказала, что ему причитаются деньги за съёмку. Оторвавшись от дела, В.И. с улыбкой ответил, что «румьинские офицеры денег с женщин не берут», цитируя известный анекдот о публичном доме, и при этом дико покраснел. Директриса сказала: «И не надо!» и ушла. Мы стали ругать В.И., ибо он лишился 10 рублей, на которые можно было бы купить коньяк (4 руб. 12 коп.) и хорошую закуску (лучшая колбаса стоила 4 руб. за 1 кг). Часто бывало, что В.И. спонтанно говорил, а потом жалел о сказанном.

Сотрудник КрАО А.А. Боярчук наблюдал симбиотические звёзды в видимой области спектра. Для звезды AG Пегаса при построении модели были необходимы ИК-спектры. В.И. Мороз выполнил наблюдения этой звезды, но получился разрыв между видимой и ИК-областью спектра. Этот разрыв можно было заполнить наблюдениями с ИК электронно-оптическим преобразователем. Но наблюдения следовало провести на спектрометре В.И., и он предложил создать установку с ЭОП+ФЭУ, чтобы сигнал записать фотоэлектрически. Буквально за два часа он изготовил питание для ФЭУ, а я собрал ЭОП с выходом света с экрана на катод ФЭУ. Наблюдения были выполнены в ту же ночь, и мы получили непрерывный спектр AG Пегаса от ультрафиолета до ближней ИК-области, на котором были отчётливо видны оба компонента симбиотической звезды — горячий и холодный⁴.

Василий Иванович приезжал на Южную станцию ежегодно по несколько раз за год, наблюдая со своими сотрудниками А.Э. Наджимом и О.Г. Тарановой многие астрономические объекты, но предпочтение отдавая в основном планетам. Однако начиная с 1967 года наступил второй этап его жизни, и на смену наземным наблюдениям пришли прямые космические эксперименты.

⁴ Мороз В.И., Боярчук А.А., Есипов В.Ф. О непрерывном спектре AG Пегаса // *Астрономический журн.* 1966. Т. 43. С. 421–429.

КАК Я ПОЗНАКОМИЛСЯ С ВАСИЛИЕМ ИВАНОВИЧЕМ МОРОЗОМ

В. А. Либерман, доктор технических наук, ВНИИОФИ

В 1967 году, после трёх лет службы в почтовом ящике по принудительному распределению, я, наконец, получил возможность самостоятельно устроить свою жизнь. И, хотя система почтового ящика меня чрезмерно не тяготила, тем не менее, проходная, работа от звонка до звонка, обязательное участие в общественных мероприятиях и другие нюансы не очень способствовали росту трудового энтузиазма.

И вот мой товарищ говорит мне, что я могу попытать счастья устроиться на работу в Московский университет, вернее, в Государственный астрономический институт имени П. К. Штернберга (ГАИШ). Я, конечно, моментально изъявил желание встретиться с работодателем, надеясь, что при встрече смогу распустить павлиний хвост и поразить его, чтобы занять это прекрасное место.

И вот в назначенный день и час я с трепетом вошёл в благословенные двери ГАИШ. Поднявшись на третий этаж, я вошёл в комнату № 69 и спросил у Николая Семёновича Кардашёва (тогда я его ещё не знал), где я могу найти Василия Ивановича Мороза. Он направил меня в комнату № 18. После недолгого плутания по коридорам, я оказался возле тяжёлой металлической вожделенной двери. Открыв её, я увидел совершенно потрясающую картину: на полу, обняв ногами дьюар с жидким азотом, сидел коренастый, очень рыжий человек, в ковбойке с короткими рукавами и что-то самозабвенно опускал внутрь сосуда. Над ним, склонившись как коршун, жаждущий крови, стоял с иголки одетый молодой человек приблизительно такого же возраста, как «рыжий», и давал какие-то советы, как надо проводить задуманный эксперимент. Последний, казалось бы, спокойно их выслушивал и продолжал свою работу, не обращая на меня никакого внимания. Естественно, подумывая, к кому обратиться, я выбрал молодого человека в белой рубашке, так как внешне, с точки зрения человека, ещё находящегося в стенах почтового ящика, этот диалог походил на разговор начальника (белая рубашка) с не очень радийным подчинённым («рыжий»).

«Василий Иванович!» — на всякий случай громко сказал я. — «Я к Вам пришёл по поводу работы!»

«Очень хорошо!» — ответил молодой человек. — «Пойдёмте в коридор, а то здесь проводится очень важный эксперимент. Не будем мешать!»

При этом «рыжий» никак не прореагировал, продолжая колдовать над дьюаром, сидя на полу.

Я и молодой человек отошли к окну в коридоре, где, как и положено, я рассказал, кто я, что я, зачем пришёл в ГАИШ. При этом «рыжий» про-

должал свою ворожбу, казалось бы, совершенно не прислушиваясь к разговору. Наконец-то, при каком-то очередном дурацком вопросе типа: «Кто были мои прадедушка и прабабушка?», «рыжий» захихикал ехидно и сказал: «Ну, хватит, Андрюша, издеваться над человеком». И сразу стало тепло и спокойно, как будто я здесь нахожусь давным-давно, после чего действительный Василий Иванович поднялся, подошёл ко мне, протянул руку и сказал: «Василий Иванович Мороз — это я. Я всё слышал. Вы меня устраиваете. Идите в отдел кадров и заполните там анкету».

Я понял тогда сразу, что попал к близким мне по духу людям, что у Василия Ивановича шутка и юмор в большом почёте. И это я смог оценить на протяжении всех последующих лет нашего знакомства.

КАК Я НАЧАЛ РАБОТАТЬ У ВАСИЛИЯ ИВАНОВИЧА МОРОЗА

Ура! Меня взяли на работу в ГАИШ! Дело за немногим: мне необходимо уволиться из почтового ящика, получив при этом положительную характеристику.

Как только я объявил, что хочу перейти на другую работу, то сразу стал самым ценным работником в лаборатории и даже в институте. Начальник лаборатории пригласил меня в свой кабинет и предложил должность старшего инженера с окладом 140 рублей. В 1967 году для человека, проработавшего всего три года, это были большие деньги, тем более что прибавка в заработной плате одновременно составила бы целых 40 рублей, для обычного инженера режимного предприятия это практически категорически было противопоказано, чтобы не создавать подобных прецедентов на будущее. Собрав остатки воли в дряблый кулак, я, кусая локти, отказался от столь лестного предложения. Следующим в цепочке уговоров был парторг отдела, который привёл очень сильный аргумент: «Оставайся! Мы тебя в аспирантуру примем!» Но я и здесь, проявив незаурядные мужество и отвагу, оказался твёрд, как скала. При этом мне удалось все переговоры провести столь дипломатично, что я вышел из почтового ящика с чистой незапятнанной совестью и характеристикой. Единственное, что я смог «вынести» через проходную, — это некий накопленный багаж знаний и комплекс неполноценности человека, проработавшего три года за колючей проволокой и семью замками на режимном предприятии.

Накануне первого рабочего дня в ГАИШ вечером я долго мучился, обдумывая, в каком виде я должен предстать перед незнакомыми мне людьми — большими учёными и преподавателями университета. С одной стороны, можно было одеться просто, без пафоса, как был одет Василий Иванович в день нашей первой встречи. С другой стороны, это был мой праздник, и я твёрдо решил, что должен надеть строгий костюм, белую рубашку и галстук, что соответствовало представлениям человека из почтового ящика. Только несколько позже я понял слова А.П. Чехова: «Не одежда красит человека, а человек одежду», — именно этот принцип и тогда, и по сей день царит в ГАИШ.

И вот наступил светлый день, когда я вступил в священный чертог ГАИШ в качестве сотрудника этого маленького, милого учреждения.

Ровно в 8 часов 30 минут («Со стороны деревни Чмаровки», — как написали бы И. Ильф и Е. Петров) я вступил в ГАИШ. Но каково же было моё разочарование — я пришёл одним из первых. Я побродил по институту, вызывая, очевидно, своим внешним видом улыбки у немногочисленных сотрудников, и, в конце концов, усевшись на диванчике рядом с вахтёром, стал терпеливо ждать, когда я смогу удивлять учёный мир своими свершениями. На следующий день вновь дал о себе знать комплекс человека с почтового ящика и ровно в 8 часов 30 минут я опять сидел около вахтёра. Так продолжалось 10 дней. На 11-й день, к моему крайнему удивлению, практически следом за мной в ГАИШ вошёл Василий Иванович (видно, до него дошёл слух о моих «подвигах»). «Уголки губ его опустились. Это предвещало грозу», — как написал бы О. Генри.

«Мне надо поговорить с Вами», — сказал он сурово. При этом он нахмурил брови, но его лицо всё равно оставалось добрым. «Видите ли», — продолжил он. — «Не говоря о том, что выставляете себя абсолютным бездельником, Ваше постоянное нахождение около вахтёра позорит и меня. У Вас есть работа, у Вас есть срок её выполнения, у Вас есть 24 часа в сутках. Меня не интересует, в какое время дня или ночи Вы её собираетесь делать. Но если у Вас так много свободного времени, Вы можете проводить его в библиотеке, а не протирать штаны около вахтёра. Поэтому или Вы подаёте заявление об увольнении и возвращаетесь в свой почтовый ящик или коренным образом меняете свой режим работы».

Именно в тот момент, благодаря Василию Ивановичу, до меня стало доходить, что означает ненормированный рабочий день и именно тогда я полюбил научно-технические библиотеки.

ПОРТРЕТ

Василий Иванович Мороз — это человек, который вошёл в мою жизнь сорок с лишним лет тому назад, да так и остался в ней навсегда.

Наверное, тот, кто задумал его появление на белый свет, был очень щедр по отношению к Морозу и отпустил полной мерой не только незаурядные ум и талант, но и незаурядную внешность.

Его проектировщик, наверное, отдал Василию Ивановичу всю яркую краску, которая была в его распоряжении в тот момент, и эта краска оказалась рыжего цвета. Рыжей была его достаточно курчавая шевелюра, рыжими были его брови и ресницы, отчего карие глаза казались тоже слегка рыжими. Рыжими волосами были покрыты его руки и короткие пальцы.

О пальцах надо сказать отдельно, потому что они были тоже умными и способными экспериментально осуществить то, что задумывала его

умная голова. Его невероятные проекты находили экспериментальное подтверждение их жизнеспособности сначала с помощью пластилина, превращаясь в его руках и умных, виртуозных, пальцах В.И., при достаточной доле воображения, в прообразы космических приборов. И в такие минуты эти пальцы были по-настоящему музыкальными, способными воспроизводить чарующие мелодии, поражающие своей красотой завожжённую публику.



В. И. Мороз и Г.М. Никольский играют в шахматы

Его лицо, руки были покрыты многочисленными веснушками, отчего он казался ещё более рыжим. Если бы в нашей стране существовал «Союз рыжих», Василий Иванович, несомненно, был бы его почётным членом или, может быть, председателем.

Говорят, что если человек талантлив, то он талантлив во всём. Василий Иванович силою обстоятельств стал физиком-астрономом. Но я уверен, что, независимо от того, выбрал бы он математику, или искусство, или какую-либо другую стезю, он остался бы столь же яркой и цельной натурой, каким я его знал.

ЧТО Я ПОМНЮ О ВАСИЛИИ ИВАНОВИЧЕ МОРОЗЕ

Е. А. Казанцева, ИХФ РАН¹

С Василием Ивановичем Морозом я познакомилась 40 лет назад в доме моих лучших друзей — Татьяны Лозинской и Бориса Вайнмана. Тогда мы все были молодыми и очень любили собираться друг у друга на днях рождения. И вот на дне рождения Тани Лозинской я — молодой химик-полимерщик — оказалась среди удивительных и замечательных людей — учёных-астрономов. И.С. Шкловский, А.М. Лозинский, и, конечно, рыжеволосый Василий Иванович Мороз произвели на меня неизгладимое впечатление. Искромётный юмор, необычайная доброжелательность, замечательные песни. А когда Василий Иванович спел Окуджавскую «Прощание с Польшей» («Мы связаны, Агнешка, давно одной судьбою...») и песню «Течёт речка, да по песочку», я поняла, что мне очень хотелось бы подружиться с ним. Мне повезло, мы подружались. С тех пор я каждый год с нетерпением ждала 20 мая, день рождения Василия Ивановича. В этот день у Василия Ивановича дома собирались его друзья, ученики, дети. Всегда было очень душевно, весело и вкусно. И я с удовольствием играла на пианино любимые песни Василия Ивановича. Не раз мы вместе ходили в походы на байдарках, зимой катались на лыжах. Тогда только у Василия Ивановича был автомобиль, и он с радостью забирал нас с Таней Лозинской и вёз кататься на лыжах.

Я очень хорошо помню время, когда В.И. Мороз и многие ученики И.С. Шкловского вместе с Учителем перешли из ГАИШ во вновь созданный ИКИ. Начиналась эра космических экспедиций. Нужно было начинать новое дело. И вдруг Василий Иванович решил, что у него ничего не получается, что он не может быть руководителем, был на грани депрессии. Позже, со свойственной ему доброй улыбочкой, рассказал, что, оказывается, зря он упал духом. Всё, что было им начато, дало свои плоды, «маховик раскрутился» и дело пошло. Мне всегда было интересно разговаривать с Василием Ивановичем, а ему было легко со мной делиться своими успехами и неудачами, ведь я его слушала как друг, а не как строгий коллега. Как-то он обратился ко мне как к химику, и, в итоге, стал Василий Иванович постоянным читателем научной библиотеки нашего Института химической физики АН СССР, у нас в то время было огромное количество журналов, где Василий Иванович мог найти новейшую информацию по своей любимой ИК-спектроскопии.

В моей семье особенно любили, когда Василий Иванович приходил к нам домой после зарубежных командировок. Как он был горд и счастлив, когда сумел купить в командировке первый компьютер. Как радовался, что пал железный занавес и можно спокойно общаться с мировым научным сообществом. Мы всей семьёй с интересом смотрели слайды, слушали его разнообразные, всегда искренние впечатления (даже о том, что инквизиция в средние века извела всех красивых женщин в Германии,

¹ ИХФ РАН — Институт химической физики им. Н.Н. Семёнова Российской академии наук

обвинив их в колдовстве). И ещё — Василий Иванович очень любил привозить друзьям в подарок замечательные книги, которые покупал в магазинах «Русская Книга».

В августе 1991 года, во время путча, он был в Лондоне. Когда вернулся, тут же позвонил мне и, узнав, что я была в те дни у Белого Дома, потребовал, чтобы я ему всё подробно рассказала. Мне же показал все газеты про наш путч, которые он покупал в Лондоне. Василий Иванович страшно переживал, что не был тогда с нами.



Два Василия — В. Мороз и В. Чурмантаев прощаются с Е. Казанцевой после её дня рождения

Что меня всегда восхищало в Василии Ивановиче, так это то, как он был влюблён в свою работу. Как увлечённо о ней рассказывал! Мы вместе с ним переживали за экспедицию на Венеру, с нетерпением ждали кометы Галлея. Как он был счастлив тогда! И мы все радовались его успехам. А потом была тяжелейшая подготовка к экспедициям на Марс и их трагическая неудача.

Когда уходят хорошие, искренние друзья, твоя жизнь становится совсем другой. Я благодарна судьбе, что 30 лет в моей жизни был такой прекрасный Человек — мой старший добрый друг, Василий Иванович Мороз.

О ВАСИЛИИ ИВАНОВИЧЕ МОРОЗЕ

**О. Г. Таранова, доктор физико-математических наук,
ГАИШ**

С середины 50-х годов прошлого столетия В.И. Мороз начал создавать в СССР инфракрасную астрономию (в диапазоне 1...20 мкм). Первые несколько лет велись разработка и изготовление ИК-спектрофотометров, фотометров, приёмно-усилительной аппаратуры, методик наблюдений и их анализ. Вся эта грандиозная работа делалась руками В.И. и небольшой группы научных сотрудников, инженеров и механиков ГАИШ МГУ и Крымской станции ГАИШ. Фотоприёмники (несколько штук) отбирались в НИИПФ из тысяч экземпляров, где они изготавливались совсем для других целей.

Через несколько лет в СССР появилась инфракрасная астрономия — относительно новая область наблюдательной астрофизики, и её первые и последующие успехи связаны с Крымской станцией ГАИШ и 125-см телескопом (ЗТЭ).



В.И. Мороз в 1963 году

Первыми объектами для наблюдений в ИК-области стали планеты, поскольку для более слабых объектов чувствительности использовавшихся фотоприёмников, сернистосвинцовых фотосопротивлений (PbS),

охлаждаемых твёрдой углекислотой либо жидким азотом, было недостаточно. В тот период В.И. Мороз провёл ИК-спектроскопию Луны, Меркурия, Венеры, Марса, Сатурна, Юпитера и его галилеевых спутников. В те же годы были проведены пионерские наблюдения холодных звёзд, планетарных туманностей, Крабовидной туманности и ядра нашей Галактики. Василий Иванович получил ряд выдающихся научных результатов — обнаружил ледяной покров на поверхности спутников Юпитера и связанную воду в марсианских породах, определил давление в атмосфере Марса и содержание CO_2 в атмосфере Венеры, показал, что высота облаков на Венере меняется с широтой. Результаты наблюдений были опубликованы в многочисленных статьях, а также в монографии В.И. Мороза «Физика планет» (1967). Его докторская диссертация «Инфракрасные спектры планет, звёзд и туманностей» (1965) является первой докторской диссертацией по ИК-астрономии в СССР.

После перехода В.И. в ИКИ АН СССР в ГАИШ осталась крепкая группа наблюдателей, которая до сих пор продолжает развивать наземную ИК-астрономию уже в России. Комплекс ИК-аппаратуры за последующие годы был существенно усовершенствован и в настоящее время не уступает зарубежным аналогам и является единственным на просторах СНГ. В ГАИШ под явным и неявным руководством В.И. по темам ИК-астрономии защищены четыре кандидатские и две докторские диссертации и несколько десятков курсовых и дипломных работ. На новой Кисловодской обсерватории МГУ (ГАИШ) предусмотрена современная аппаратура для ИК-наблюдений, и есть молодые астрофизики, готовые и дальше двигать направление, заложенное много лет назад Василием Ивановичем.

ЛИЧНОЕ

Теперь, оглядываясь на несколько десятилетий назад, я могу вполне определённо сказать, что в начале моего самостоятельного пути по жизни (в науке, в том числе) мой путь определили всего несколько человек, в их числе и Василий Иванович Мороз. Это было невероятное везение, что в юности именно с таким замечательным человеком и настоящим учёным (тогда ещё совсем молодым) свела меня жизнь.

Дух демократии, который в то время царил в отделе радиоастрономии ГАИШ, выравнивал отношения студента и профессора, ученика и учителя и позволял им свободно общаться между собой. Разница в возрасте моём и моих опекунов-учителей не превышала 10 лет, однако они для меня всегда были Учителями и в университетские годы, и многие годы после.

Моё первое знакомство с Василием Ивановичем состоялось осенью 1956 года. Я училась на втором курсе астрономического отделения мехмата. Учёба первые два года происходила без всякой астрономии, только математика, физика, механика и т.д. Я узнала, что есть ГАИШ, где существуют астрономы, и, стесняясь всего и вся, пошла туда — посмотреть. Увидела на доске объявлений предложения по темам курсовых, среди

которых была примерно такая: ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЙ УСИЛИТЕЛЬ ПОСТОЯННОГО ТОКА — и написано, что обращаться нужно к Григорьевой Наталье Борисовне. В школе мне нравилась всякая техника и радиотехника, я пошла к Н.Б., сказала ей, что хочу такую вот курсовую. Училась я на втором курсе, и Наталья Борисовна отказала мне, объяснив, что курсовые начинаются с третьего курса. Заметив моё ужасное разочарование, сжалилась и повела меня в комнату 18 (цокольный этаж, где моё рабочее место до сих пор), в которой было несколько человек. Обращаясь к одному из них, Н.Б. сказала: «Вот, Василий Иванович, к вам студентка». — Василий Иванович, такой совсем рыжий и на вид очень добрый, покраснел и сказал: «Можно просто, Вася».

Остальные ребята в комнате были: Петя (Пётр Владимирович Щеглов) и Дима (Владимир Гдальевич Курт). Так как курсовую работу мне делать было ещё рано, В.И. принёс довольно большую железную коробку, снаружи было много ручек, а внутри проводов, электронных ламп, сопротивлений, ёмкостей и т.д. и сказал: «Это, кажется, усилитель. Нужно нарисовать его схему и чтобы он заработал». По-моему, это была часть какого-то немецкого прибора (возможно, трофейного). До конца второго курса я рисовала схему. Впоследствии этот агрегат использовался на астрономическом практикуме, в задачах, связанных с ИК-астрономией.

Затем были курсовая у Васи (3-й курс) и у Пети (4-й курс). Для написания дипломной работы меня направили в Институт физики атмосферы в руки ещё одного замечательного человека и учёного Юрия Ильича Гальперина (Юры), под чьим руководством я написала дипломную работу «Фотометрия полярных сияний». После окончания университета получила распределение в ИФА АН СССР под начало Валериана Ивановича Красовского (Звенигородская научная станция) и Надежды Ивановны Фёдоровой (Научная станция в Лопарской).

Курсовые, диплом, не все они были конкретно под руководством В.И., но всегда под его прищипом.

В 1966 году после работы в течение нескольких лет в ИФА мне очень захотелось домой, в ГАИШ. Я видела для этого один путь — аспирантуру и, конечно, у В.И. Мороза, который к тому времени уже стал доктором. По совету В.И. в ИФА я занималась свечением ночного неба и полярных сияний в ИК-диапазоне. В аспирантуре это стало темой моей кандидатской. После защиты Василий Иванович предложил мне заняться ИК-спектрами планет, однако через несколько лет, после запусков КА к Марсу, он сказал: «На этом наземная планетная астрономия закончилась».

Примерно с середины 1980-х годов группой из четырёх человек начались и продолжают до настоящего времени исследования галактических и внегалактических объектов в ИК-диапазоне. Всего в списке более трёхсот объектов, для которых получены уникальные многолетние ряды ИК-фотометрии. Результаты их анализа опубликованы в многочисленных статьях престижных российских и зарубежных журналов. В.И. всегда с большим интересом относился к этому направлению и, изредка наез-

жая на Крымскую станцию, любил ночью понаблюдать с нами. Последний такой визит произошёл в январе 1986 года, когда мы наблюдали комету Галлея. В это время на станции днём было плюс 20 градусов, что стало многолетним рекордом.

За годы работы вблизи В.И. в памяти сохранилось много ярких воспоминаний, а эти записи — просто канва, каждую строчку которой можно развернуть в отдельную главу, интересную лишь автору.

В. И. МОРОЗ НА ЮЖНОЙ СТАНЦИИ ГАИШ

Г. А. Пономарёва (Манова), ГАИШ

В 1958 году вступила в строй первая очередь Южной наблюдательной станции ГАИШ, расположенной в горном Крыму по соседству с Крымской астрофизической обсерваторией АН СССР. В зимний сезон 1958/1959 годов на станции работали два телескопа: 40-сантиметровый астрограф и 50-сантиметровый телескоп системы Максутова. Станция только-только обживалась. Помимо двух павильонов с телескопами был построен четырёхквартирный финский домик, где жили наблюдатели. В это же время началось строительство башни для большого 125-см рефлектора ЗТЭ (зеркального телескопа Энгельгардта), на котором впоследствии развернулись наблюдения в ИК-области спектра В.И. Мороза (тогда сотрудник ГАИШ). Телескоп был построен по техническому заданию Казанской обсерватории и затем передан в ГАИШ. На нём должен был работать Э. А. Дибай, аспирант директора ГАИШ Д. Я. Мартынова. Впоследствии он стал начальником Южной станции ГАИШ. Крымская обсерватория тогда только начала функционировать. Башни с телескопами уже работали, а жилые домики ещё не были готовы. Я работала на максутовском телескопе — фотографировала группу переменных звёзд с эмиссионными линиями. Думая об этом времени, я вспоминаю одинокие домики в поле, снег, ясное небо, длинные ночи, днём работа в темпе, подготовка к ночным наблюдениям, встречи с Васей, тоже занятым подготовкой к наблюдениям. Настроение хорошее, на ходу перебрасываемся шутками.



В. И. Мороз на платформе у телескопа

Зимой 1958/1959 годов Вася приехал наблюдать на 122-см рефлекторе Цейса Крымской обсерватории. Его руководитель И. С. Шкловский попросил Васю измерить ИК-поток от Крабовидной туманности, чтобы поставить промежуточную точку на её спектре и ещё раз подтвердить свою

гипотезу о синхротронном излучении как механизме, объясняющем его происхождение от видимой области до радиодиапазона. Вася приступил к наблюдениям, а для жилья воспользовался близкой к КрАО станцией ГАИШ. По воскресениям столовая в КрАО не работала, и мы с Юлей Дибай, женой Эрика Дибая, приглашали Васю пообедать с нами. Юля была отличным кулинаром. Под её руководством однажды мы налепили миску очень вкусных пельменей. И, к общему восторгу, съели всю миску. Юля сокрушалась: «мы лепили больше двух часов, а съели всё, можно сказать, моментально».

В 1963 году состоялось противостояние Марса, такое событие нельзя было пропустить, и все сотрудники — от астрофизиков до астрометристов — бросились наблюдать это явление. Собралась весёлая увлечённая группа, работавшая дружно и согласованно. Вася говорил, что это его вторая встреча с Марсом. Первая произошла в 1956 году. Они с Андреем Харитоновым наблюдали Марс во время Великого противостояния с 50-см рефлектором Герца и следили, как на Марсе развивается пылевая буря. Тогда это были фотоэлектрические наблюдения в видимой области спектра отдельных деталей на диске планеты.

В 1963 году Вася работал на 125-см телескопе ЗТЭ, был вооружён двумя спектрометрами — призмённым и дифракционным — и получил очень важные и интересные результаты.

Это было замечательное время. Всё для нас было впереди. В моей памяти Вася сохранился как очень жизнерадостный, увлечённый исследованиями, коммуникабельный человек.

С В. И. МОРОЗОМ МЫ ДРУЖИЛИ ВСЮ ЖИЗНЬ

Т. А. Лозинская, профессор, ГАИШ МГУ

С Василием Ивановичем Морозом мы дружили, сейчас кажется — всю жизнь, дружили и на работе, и дома. И навсегда в памяти всех моих близких он остался как очень яркий, весёлый, активный, бурный в своих реакциях, отзывчивый и надёжный человек.

Василий Иванович был руководителем моей первой курсовой работы, и как-то раз дал схему блока питания для ЭОП (электронно-оптического преобразователя) и поручил его спаять. Но когда мой соученик и будущий муж Боря, посмотрев на схему, сказал «не вздумай!» и дал более «продвинутую», Вася не возражал. Кстати, Вася преподавал мне один из полезнейших «производственных» уроков, которому я слеую до сих пор. В мастерской ГАИШ сделали установку для моей аппаратуры (интерферометр Фабри-Перо с ЭОП), с которой я потом долго наблюдала на 125-см и 50-см рефлекторах Крымской станции ГАИШ. После первого же наблюдательного сезона, убедившись, что всё работает отлично, я попросила переслать мне аппаратуру с машиной обратно в Москву. «Зачем это?», — спросил присутствовавший при разговоре Вася (наши рабочие столы в отделе радиоастрономии ГАИШ стояли рядом). На мой ответ: «Покрашу и приведу в более приличный вид», Вася воскликнул: «Ни в коем случае! Сразу что-нибудь случится, аппаратура перестанет работать».

О той же аппаратуре. Интерферометр должен работать при постоянной температуре, у меня была предусмотрена +20 °С, и специальная система подогрева это отслеживала. А тут вдруг в Крыму стало очень жарко, и я с вечера начала канючить, что выделенная мне наблюдательная ночь пропадает. «Не пропадёт», — сказал Вася, перетащил на башню телескопа предназначенный для своей установки тяжеленный баллон с жидким азотом и мгновенно организовал охлаждение. Вечером я начала юстировку аппаратуры и вдруг из носика баллона пошёл огонь! У меня была одна только мысль: телескоп загорится, и я (откуда только силы взялись?) по полу выволокла горящий баллон на ступеньки башни и спихнула его на землю. Из окна лаборатории это увидел молодой сотрудник Васи, Николай Парфентьев, выскочил через окно и потушил баллон. (Похвастаюсь: после этого он сказал: «А я пошёл бы с ней в разведку!») Про инцидент мы с Васей тогда решили начальнику станции и никому вообще не рассказывать.

Много лет мы вместе ездили отдыхать. После того как перестали ходить в длинные байдарочные походы, мы большой компанией в середине 1960-х годов стали ездить с теми же байдарками на Валдайские озёра, где и жили весь отпуск на берегу или на острове. Первый такой совместный с Васей выезд не получился по смешной причине. Мы стояли на озере Пирос, Вася с Ростиком Ирошниковым (мой однокурсник, потом наш сослуживец по ГАИШ) плыли по этому озеру на байдарке и должны были к нам заехать. Мы постарались подготовиться к их приезду: соорудили из

срубленных и очищенных от коры осин огромную мачту, сверху в качестве флага повесили чью-то косынку и ждали их, в полной уверенности, что уж такой знак они заметят наверняка. Они, разумеется, заметили издалека и палатки увидели, но проплыли мимо, решив, что это чей-то официальный лагерь: не могли же мы за неделю такое построить, да и зачем это нам!

Больше всего отпусков мы провели на озере Ужин, ездили туда все вместе, большой компанией, с детьми разного возраста, по крайней мере, лет пять-шесть в одно и то же место на маленький остров в центре озера. Добирались поездом до озера Валдай, собирали байдарки, плыли по Валдаю до озера Ужин и жили там, на острове, весь отпуск. Компания слегка варьировалась, Вася был с нами много раз, иногда со второй женой Ириной Глушневой и её сыном Валерой. Двое наших мужчин (сотрудники Васи Аурик Наджип и Андрюша Репин) ловили рыбу; мой муж Боря и три Васи (Вася Мороз, наш «друг дома» Вася Чурмантеев и наш сын Вася) занимались дровами, костром и непрерывно обустроивали лагерь. Женщины собирали грибы, ягоды, готовили еду, пасли мелких детей. За эти несколько лет мы построили сначала большой стол со скамейкой, на следующий год решили, что слишком много мелких детей за столом и пристроили вплотную к нему детский столик со скамеечкой, потом большой тент от дождя. Разумеется, вечерами, да и днём, часто сидели с гитарой все рядом на огромном бревне у костра и смотрели на озеро. Потом для полного кайфа пристроили спинку к этому бревну: большую гладкую белую доску.

Это место на Пиросе стало для нас «историческим». Однажды шёл дождь, все мы собрались под тентом, дети резвились рядом, кто-то сказал «Дети совсем бешеные стали». Семилетняя девочка затеяла игру с двумя мальчишками помладше. «Давайте играть в парад на Красной площади», — сказала она мальчишкам. — «Я буду стоять на мавзолее и что я ни скажу, вы громко кричите „ура“!!!» Она прокричала у нас над ухом все советские лозунги, начиная с «Да здравствует великий советский народ!», «Да здравствует советская армия!» — на всё следовало громкое «Ура!!!» Все известные ей лозунги кончились, она на несколько секунд задумалась, и закричала: «Да здравствуют советские Бешеные дети!» — последовало «Ура!!!» мальчишек и наш радостный смех. И в тот же вечер началось. Вася и другие мужчины по-очереди, раскалив докрасна на костре огромный гвоздь, медленно и терпеливо, несколько дней подряд выжигали буквы БЕШЕНЫЕ ДЕТИ на белой доске — спинке к бревну, которая смотрела на озеро. Размер букв был не менее 10 см, надпись с воды была видна издалека. Со временем мы ездить на Ужин перестали, но спустя несколько лет двое из нашей компании поехали туда без байдарки и на озере Пирос начали объяснять местному рыбаку, куда их нужно переправить на лодке. «Да понял я, понял», — сказал тот, — «вам на „БЕШЕНЫЕ ДЕТИ“ надо». Когда мы об этом узнали, реакция Васи была бурной: «Ребята, мы с вами вошли в историю!» Немного поспорили: вошли в историю или в географию — и точку, как всегда, поставил Вася: «вошли в историю с географией!»

Ещё один походный эпизод из жизни на том же озере, который мне запомнился.

Мы с Наташей, молодой женой Васи Чурмантеева, затеяли испечь на костре пирожки с черникой, благо её вокруг было много. Вечером был сделан специальный костёр для жарки на углях, мы вдвоём прямо у костра быстро лепили и жарили пирожки, стало совсем темно, мы почти закончили, но вдруг начинка кончилась. «Нет проблем», — сказала я Наташе, — «здесь рядом за деревьями маленький черничник, пойдём ещё подсоберём» и мы ушли, никому ничего не сказав. Были рядом и слышали, что происходит в лагере. Первым забеспокоился муж Наташи: «Наши бабы пропали!» «Может, просто в кустики пошли», — предположил кто-то. Тут послышался мрачный голос Васи Мороза: «Для „в кустики пошли“ слишком долгую жизнь, они уже давно ушли». Мой муж, с которым мы прожили вместе долгую жизнь, спокойно сказал: «Да у них наверняка черника кончилась, они и пошли за ягодами». Тут мы рассмеялись и нас услышали.

Когда Вася купил машину, он очень рад был кого-нибудь куда-нибудь подвезти. Первый выезд на его машине «на природу» мы запомнили. Небольшой компанией (без Васи) собрались на байдарке по Москве-реке. Вася предложил довести нас на машине до берега, все сели в машину, сверху погрузили байдарку, поехали, и, когда выехали на просёлочную дорогу в лесу, машина вдруг перестала двигаться, хотя мотор работал. Выйдя из машины, увидели душераздирающую картину: машина сидела дном на широком низком пенёчке, который стоял посреди дороги в траве. Все вместе мы с проблемой справились, но тот пенёк, сидящую на нём машину и обескураженного Васю я отчётливо помню и сегодня.



Мы за столом на стоянке «БЕШЕННЫЕ ДЕТИ», слева направо: Вася Мороз, мой сын Вася, вторая жена Мороза Ирина Глушнева, жена нашего друга и сотрудника отдела радиоастрономии Аурена Наджипа (судя по всему, он нас и сфотографировал), сын Глушневой Валерий, друг дома Борис Полковников, я, мой муж Борис Вайнман, друг дома Вася Чурмантеев, его жена Наташа, за детским столиком — их сын

На своей машине Вася очень часто вывозил меня, как правило, с кем-нибудь ещё, либо покататься на лыжах, либо за грибами в ближайший лес. Запомнился очень короткий, прямо из ГАИШ, с Васей и с Верой Архиповой, даже не с корзинками, а с полиэтиленовыми пакетами, выезд за грибами в Сосенки (тогда там ещё был лес!). Вася не был заядлым грибником, знал только «благородные»: белый, подосиновик, подберёзовик,

я знала все съедобные грибы в подмосковных лесах. Показала Вере, что вот эти грибы (не вспомню, какие именно) нужно брать, их можно жарить, после того как отваришь и сольёшь воду. А дальше мы с ней бойко собирали грибы и весело болтали на тему: жарить-то можно, но можно ли есть, не откинешь ли после этого «копыта». Вася, слышавший нашу болтовню, вдруг дико покраснел, просто вспыхнул, бросился к нам, выхватил оба пакета с грибами и мгновенно растоптал их. На наши вопли: «Ты что, с ума сошёл?», — он ответил: «Не хочу, чтобы две мои любимые девушки отравились».

МОИ ВСТРЕЧИ С В. И. МОРОЗОМ

В. Брегман

Воистину, пути Господни неисповедимы! Я поздним вечером сижу в пустом гостиничном ресторане в Берлине и по просьбе Тани Лозинской восстанавливаю в памяти «Образ Васи Мороза».

Случайное знакомство с Таней растянулось почти на пятьдесят лет! Таня впервые пригласила меня на свой день рождения где-то в 1965 году. Я уже был хорошо знаком с Таниной семьёй, с Борей и Васечкой, был в байдарочном походе с ней и с Димой Куртом, но ещё ни разу не видел всю Танину ГАИШ-компанию в сборе. Много слышал о Докторе и его многочисленных учениках и сотрудниках, но все они были для меня абстрактными героями многочисленных рассказов и баек. И вот я 15 ноября 1965 года вхожу в Танину квартиру и вижу застолье с участием двух-трёх десятков человек. Практически, все мне не знакомы. Первый, кто бросается в глаза и сразу запоминается, круглолицый, рыжий, кудрявый здоровяк, с лица которого не сходит открытая улыбка. Смеющиеся светлые глаза сквозь очки с лёгким прищуром. Он в центре внимания. Из общего разговора понимаю, что это Вася Мороз. Так мне с первого раза он и запомнился — смеющийся кудрявый рыжий здоровяк. Позже узнаю, что Вася, вернее, не очень Вася, а Василий Иванович, не просто весельчак и компанейский мужик, а крупный советский учёный-астрофизик, доктор наук, автор книг... и т.д. и т.п. Я не был связан профессионально с Василием Ивановичем Морозом, может быть, поэтому он так и остался для меня Васей. Регулярные, раз в году, встречи на днях рождения Тани не изменили моего восприятия. Наверное, это свойство значительных личностей — при любых обстоятельствах оставаться естественными и не меняться в зависимости от успеха и места «под Солнцем», которое они занимают!

Запомнился и такой эпизод из совместного байдарочного похода. Нас было пять или шесть лодок. Шли несколько дней по какой-то речке в Московской области. Поход был лёгкий и весёлый. Много шутили, смеялись, дурачились. Заканчивался поход недалеко от железнодорожной станции, до которой было километра два. Расписание поездов было известно заранее. Надо было быстро собрать вещи и байдарки и пешком «на рысях» двигать к станции. Мы с Васей начали разбирать его байдарку, «Луч» или «Салют», точно не помню. Как всегда, стрингеры заклинили и не соединялись, разборка затягивалась. Вдруг Вася кончил «упираться», махнул рукой и зачем-то полез в свой рюкзак, стоявший рядом. Он извлёк из рюкзака небольшую ножовку по металлу и, прежде чем я успел ахнуть, остервенело стал перепиливать заклинившие стрингеры! Когда через несколько мгновений я пришёл в себя и с удивлением воскликнул: «Василий, ты чего делаешь?», — получил в ответ: «Не видишь? Разбираю байдарку! Мы с тобой её ещё чёрт знает сколько будем разбирать и опоздаем на электричку! А стрингеры я отдам в мастерскую ГАИШ и мне их подправят!» Сейчас такое решение назвали бы креативным! А тогда я просто пришёл в восторг и понял, почему я — не «Василий Иванович Мороз»!

Когда узкое место наших сборов было буквально распилено, мы с Васей, как самые физически подготовленные, взвалили большую часть походных грузов на себя, и все быстрым ходом устремились к станции. Причём между мной и Васей груз распределился в отношении примерно 1:3. Он торопился и просто схватил, что мог, и потащил. А мог он много! Мне досталась меньшая часть.

С тех пор прошли годы, я узнал, что у Васи в жизни были и драматические, и даже трагические моменты, что не всегда он был завзятым оптимистом и весельчаком. Но мне не пришлось видеть его в сложные периоды его жизни, у меня в памяти остался весёлый, жизнерадостный и решительный рыжий здоровяк — Вася!

НАШИ ПОХОДЫ

В. А. Гладышев, ИФЗ РАН

Я работал в одном институте с В.И. Морозом, но в разных отделах и не пересекался с ним по науке. Однако у нас был общий друг — Юрий Ильич Гальперин. В.И. и Ю.И. были астрономы, ученики И.С. Шкловского. Нас объединяли и общие интересы — сотрудничество с французскими специалистами в области космических исследований. Для нас с Ю.И. лидером французских исследователей космоса был Франсис Камбу, для В.И. — Жак Бламон.

Я был с Юрой и Васей в двух байдарочных походах: в 1963 году по Волге и в 1964 году по Белой. Волжское плавание было скорее не поход, а развёрнутый пикник: пять байдарок, катер, рыбалка, долгие споры у костра. Вася увлечённо участвовал в спорах, а к рыбной ловле был довольно равнодушен. Поход оживляли дети — шестилетний Миша Гальперин и трёхлетний Витя Гладышев. Миша не привык к кочевой жизни, и в первые дни многое ему не нравилось и казалось очень неправильным: когда мама пыталась в лодке надеть на него пижаму, чтобы защитить его от солнечных ожогов, он никак не хотел показываться людям в ночной одежде. Однако через пару недель он уже радостно скатывался в плавках с песчаного откоса, совершенно не думая о том, как он одет. Витя же был старый морской волк и радовался привольной походной жизни. Они были очень дружны и всегда держались вместе.



На байдарке вдоль скалистых берегов реки Белой



Т. Мулярчик, Т. Гладышева, В. Мороз и В. Гладышев
на выходе из Каповой пещеры



В. Мороз и А. Гвоздев несут байдарку



А. Гвоздев, В. Мороз и Т. Мулярчик на привале у костра



«На нём треугольная шляпа...»



Мастер на все руки!

Приглашая друзей на Белую, я предупреждал их, что мы поплывём по мелкой речке с отмелями, корягами, разорванными байдарками, которые надо будет перетаскивать на берег, что нас ждёт кропотливый труд по заклейке и починке их, но Белая оказалась быстрой полноводной рекой, которая вышла из берегов и затопила всё вокруг, так что мы пронесли мимо затопленных грузовиков (из воды торчали только их кабины). Оказалось, что в районе выпали сильные дожди, так что водохранилища в верховьях переполнились, и все ждали, что плотины откроют и по реке прокатится огромная волна, так что байдарочников предупреждали не ставить стоянки у берега. Но ничего такого не случилось, и мы благополучно промчались по реке до её низовьев, остановившись, впрочем, у Каповой пещеры с её наскальными рисунками древнего человека. Таскать байдарки всё же пришлось, но не для ремонта, а просто меняя место стоянки. Потом в моей жизни было много байдарочных походов, но уже без Василия Ивановича.

СОДЕРЖАНИЕ

Василий Иванович (вместо предисловия) <i>Л. М. Зеленый</i>	5
Василий Иванович Мороз и Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга <i>А. М. Черепашук</i>	9
Василий Иванович Мороз. Биографическая справка	11
Вехи жизни и научной деятельности В. И. Мороза	15
На пыльных тропинках далёких планет: о былом и несбывшемся <i>В. И. Мороз (2003)</i>	20
Из писем к дочке	143
Последняя командировка В. И. Мороза	152
Письма соболезнования	154
Послесловие к статье В. И. Мороза	158
Вспоминая Василия <i>М. Комб</i>	163
In Remembrance of Vasili. <i>M. Combes</i>	165
Посвящение Василию <i>Т. Энкренац</i>	168
A Tribute to Vasily. <i>Th. Encrenaz</i>	171
ПФС: Первый десант в ОКБ ИКИ в городе Фрунзе <i>Л. В. Засова</i>	173
Планетный фурье-спектрометр ПФС и Василий Мороз <i>В. Формизано</i>	175
PFS and Vassily Moroz. <i>V. Formisano</i>	179
Из истории миссии ВЕНЕРА-ЭКСПРЕСС <i>Л. В. Засова</i>	186
Несколько воспоминаний о Василии Морозе <i>Ф. Тейлор</i>	188
Some Remembrances of Vasily Moroz. <i>F. W. Taylor</i>	189
Работы В. И. Мороза по изучению ледяного состава спутников внешних планет <i>Д. П. Круикшенк</i>	190
Icy Planetary Satellites and the Work of V. I. Moroz. <i>Dale P. Cruikshank</i>	194
Дружеские воспоминания о Василии Ивановиче Морозе <i>Ж. Бламон</i>	197
Friendly remembrances of Vassili Ivanovich Moroz. <i>J. Blamont</i>	201
О роли личности в истории <i>И. Г. Митрофанов</i>	204
О сбывшемся и несбывшемся: отдел планет 2004–2014 <i>О. И. Кораблёв</i>	217
Проект ВЕНЕРА-Д <i>Л. В. Засова</i>	255
В. И. Мороз: Последнее детище <i>А. В. Григорьев</i>	268

«Профессор с паяльником» глазами физтеха <i>А. В. Родин</i>	282
Моя работа в отделе В. И. Мороза <i>Н. А. Парфентьев</i>	286
В. И. Мороз, воспоминания <i>С. В. Васюков</i>	288
Не прекращайте стараний, маэстро... <i>В. А. Ершова</i>	295
Василий Иванович Мороз <i>Г. А. Аванесов</i>	297
Памяти Василия Ивановича Мороза <i>Т. К. Бреус</i>	299
Список печатных работ В. И. Мороза	303
Это было хорошее время <i>Н. Н. Степанян (Стефанович)</i>	320
Физтеховец на мехмате <i>Е. А. Гребенников</i>	324
При такой «морозной» фамилии Вася был очень тёплым человеком <i>А. Еремеева</i>	325
Вася Мороз на экзаменах и после них <i>Т. М. Мулярчик</i>	326
Наша группа была очень дружной, сплочённой <i>Г. Медведева (Рыжкова)</i>	331
Работа в Алма-Ате <i>Т. М. Мулярчик</i>	333
В. И. Мороз на заре космических исследований <i>В. Ф. Есипов</i>	342
Как я познакомился с Василием Ивановичем Морозом <i>В. А. Либерман</i>	350
Что я помню о Василии Ивановиче Морозе <i>Е. А. Казанцева</i>	354
О Василии Ивановиче Морозе <i>О. Г. Таранова</i>	356
В. И. Мороз на Южной станции ГАИШ <i>Г. А. Пономарёва (Манова)</i>	360
С В. И. Морозом мы дружили всю жизнь <i>Т. А. Лозинская</i>	362
Мои встречи с В. И. Морозом <i>В. Брегман</i>	366
Наши походы <i>В. А. Гладышев</i>	368

Составитель сборника благодарит всех его авторов за присланные ими статьи, материалы и фотографии, дополняющие собственный текст Василия Ивановича. Большое спасибо членам редакции В. С. Корниленко за литературное и научное редактирование, А. Н. Захарову за художественное решение книги, Н. Ю. Комаровой за организацию справочного аппарата издания, создание списка литературы, обработку всего материала и вёрстку книги, и Ю. И. Зайцеву за общее руководство изданием.

055(02)2

Ротапринт ИКИ РАН
117997, Москва, Профсоюзная, 84/32

Подписано к печати 10.11.2014 г.

Заказ _3340

Формат 70×108/32

Тираж 200

30,55 усл.-печ. л.

