

# Первый советско-американский эксперимент в области космической метеорологии и океанографии «Беринг»

В. В. Мелентьев

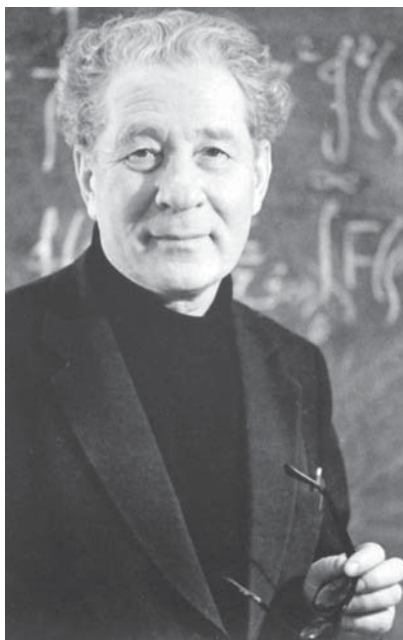
Памяти ученых и членов экипажей  
самолетов – лабораторий ГГО и NASA<sup>1</sup>,  
погибших при проведении  
аэрокосмических исследований

Петербург – это не только прекрасные архитектурные ансамбли, но и история созидательной деятельности людей, населявших его в разные времена, и тех новых научных идей, которые они здесь успешно «генерировали».

Период послевоенного восстановления народного хозяйства был для России очень трудным. И все же, начало 1960-х годов мы вспоминаем как время «оттепели», когда страна, освободившаяся от сталинизма, находилась на подъеме и в интеллектуальном плане. Запуск первого в мире искусственного спутника Земли, полет Ю. Гагарина, покорение Арктики, создание новых могучих центров фундаментальной академической науки в Сибири – лишь небольшая часть длинного списка.

Одной из самых древних наук, имеющей широкое практическое применение и объединяющей интересы всего человечества, является гидрометеорология. Она всегда использовала новейшие методы и средства измерений. Однако если на спутнике разместить даже самые совершенные гидрометеорологические приборы, дело не пойдет. Мы обитаем на дне воздушного океана, а спутники летают на высотах, которые практически не участвуют в формировании погоды и климата.

Поэтому с началом спутниковой эры стали формироваться новые научные направления – космические землеведение, метеорология



Профессор К.С. Шифрин – создатель радиотеплолокации

и океанография. Они потребовали создания и новых измерительных средств «дистанционного зондирования» Земли. Теоретические и экспериментальные исследования по их разработке были начаты тогда во многих странах мира. Но именно в Ленинграде возникла новая наука радиотеплолокация – инструмент всепогодной дистанционной диагностики Земли из космоса. «Придумал» эту науку профессор Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова Куснель Соломонович Шифрин – созда-

тель метода многоспектрального пассивного СВЧ дистанционного зондирования системы «Земля – атмосфера», «отец» российской и мировой радиотеплолокации.

Главная геофизическая Обсерватория (ГГО), получила свое имя в честь великого русского климатолога Александра Ивановича Воейкова. Эта уникальная по своей мировой славе и известности научная организация была основана в 1849 году императором Николаем I по рекомендации выдающегося немецкого ученого Александра фон Гумбольдта<sup>2</sup>. Вначале ГГО функционировала как центр магнитометрических наблюдений, а со второй половины XIX века стала одним из ведущих в мире институтов в области климатологических исследований. В стенах ГГО начиналась Гидрометслужба России, здесь возникла и идея создания Всемирной Метеорологической Организации (ВМО).

Без преувеличения можно сказать, что и в 1960-е годы Обсерватория находилась на вершине своей научной активности советского периода. Возглавлял ГГО академик Михаил Иванович Будыко – ученый с мировым именем, первым указавший на возможность глобального потепления и климатических эффектов CO<sub>2</sub>. Работали в ГГО тогда и такие выдающиеся специалисты в области прогностической динамической метеорологии, как профессора М. И. Юдин и Л. С. Гандин, в отделе радиационных

исследований работал коллектив под руководством К. Я. Кондратьева<sup>3</sup>. Полярные исследования возглавлял профессор Н. П. Русин, отделом загрязнения атмосферы руководил М. Е. Берлянд. В отделе климатологи трудились всемирно известные ученые О. А. Дроздов, Т. В. Покровская, Е. С. Рубинштейн, В. М. Михель, Н. А. Кобышева, Е. Н. Романова, В. Н. Адаменко. А, как известно, для возникновения новых идей в науке необходимы, прежде всего, традиции и «школа».

**Пассивная СВЧ-радиолокация и неоднозначность физического «толкования» ее эффектов: тело нагревается, а его излучение падает!** Итак, в Ленинграде впервые в мире был сформулирован и практически реализован принцип дистанционной диагностики природных сред в СВЧ-диапазоне. При этом сам термин «дистанционное зондирование» как аналог англоязычного «remote sensing», был введен в научный «обиход» К. Я. Кондратьевым.

Идея радиотеплолокации в те времена, как говорится, витала в воздухе. Известно, что любое нагретое «физическое тело» – вода, воздух, земная поверхность излучают энергию, в том числе и в радиодиапазоне. Правда, «доля» СВЧ-излучения очень мала –  $10^{-21}$  Вт. Однако приборы для фиксации таких предельно слабых потоков уже были созданы и в СССР, и на западе в основном для военных целей и в радиоастрономии – для изучения звезд и других «заатмосферных» космических объектов. А для исследования состояния самой Земли они, вроде бы, и не годились – поскольку имелось множество помех, которые маскиро-



Академик К. Я. Кондратьев – научный руководитель советской части эксперимента «Беринг»

вали полезный для метеорологов и океанологов сигнал.

Однако профессор К. С. Шифрин догадался, как можно достаточно легко выделить этот полезный «метеосигнал». Все гениальное, как известно, просто. А то, что он придумал, было настолько просто, что это был верный «Нобель», если бы только вовремя подать соответствующие документы в Шведскую Академию Наук. Но Шифрин этого не сделал, поскольку голова его была полна другими, не менее важными идеями.

А когда К. С. Шифрин опубликовал свою теорию в соавторстве с

коллегами и учениками, все вдруг поняли, как это просто, и стали говорить: «Да, мы тоже об этом думали и даже “почти что” догадались. И нам “просто” немного не хватило “научного везения” и времени для оформления этой “его” идеи!». Помните историю с великим Ломоносовым и Лавуазье, и другие подобные им случаи, когда ученые почти в одно и то же время приходят к одним и тем же выводам.

В итоге все забыли о российском гении. Забавно, что и сам ученый, тоже не вспоминал о своем изобретении. Я был потрясен, недавно обнаружив, что профессор



Самолет – лаборатория ГГО Ил-18





Подписание официальных документов о проведении эксперимента «Беринг» («BESEX»). Слева направо: к.ф.-м.н. Н. Н. Лазаренко (ЛО ГОИН), академик К. Я. Кондратьев, к.ф.-м.н. Ю. И. Рабинович, проф. В. В. Мелентьев, переводчица С. И. Чибисова, В. А. Власов (Госкомгидромет СССР), д-р У. Смит (W. J. Webster), м-р П. Тибидо (P. Tibido) – глава американской делегации

К. С. Шифрин, подавая «официальные бумаги» для оформления членства в Академии наук СССР, забыл упомянуть об этом достижении, открывшем новую эпоху в аэрокосмических исследованиях. Теперь же при каждом новом запуске на спутниках размещают до 20 созданных им приборов!

В США об авторстве К. С. Шифрина и прочих выдающихся его успехах прекрасно помнят и чтут его заслуги перед мировой наукой. Поэтому во время «перестройки» он был приглашен работать в Университет штата Орегон в Колледж Морских исследований Корваллиса. Добавлю, что перевод трудов сотрудников ГГО был поставлен в те годы «на поток», и не только в США, но и в Израиле и даже в Индии.

Но если К. С. Шифрин был «чистым теоретиком», то К. Я. Кондратьев и его ученики взялись за внедрение нового научного направления в практику. Став к тому времени ректором Ленинградского университета и заведующим отделом радиационных исследований ГГО, К. Я. Кондратьев превратил их в ведущие центры мировой спутниковой науки. Он стал идеологом и организатором научно-исследовательских программ на борту советских ИСЗ и орбитальных станций, являлся научным руководителем многих национальных и международных проектов в области космического земледевия.



Район совместных исследований в Беринговом море

В те годы исследования по созданию методов и аппаратуры СВЧ-зондирования Земли проводились в нашем городе не только в ГГО и ЛГУ, но и в НИИ Арктики и Антарктики, в Военно-воздушной академии им. А. Ф. Можайского и в Политехническом институте. В Москве в этом направлении работали в Центральной аэрологической обсерватории, в Институте радиоэлектроники АН СССР, в Институте физики атмосферы, в НПО «Вега» (МНИИП), в ОКБ МЭИ и в ряде других научных центров.

**Эксперимент «Беринг»: советско-американская аэрокосмическая встреча на далеком 180-м меридиане.** Мало кто знает, что первой в истории программой совместных космических исследований СССР и США стал не «Аполлон-Союз», а «Беринг». «BESEX» –

«Bering Sea Experiment» – как значится он в мировой научной литературе.

Изучение Земли как планеты, исследование глобальной изменчивости состояния морей, синоптических процессов в атмосфере, невозможно без объединения усилий ученых разных стран. Термин «синоптический» идет от «древних греков» и означает «обозревающий все вместе».

Современный аэрокосмический мониторинг системы «Земля–атмосфера» имеет целью осуществление всестороннего контроля состояния природной среды и предполагает проведение натуральных измерений и наблюдений *in situ*, то есть внутри самой среды, а также дистанционных исследований параметров воды и воздуха с использованием ИСЗ и различных летательных аппаратов (самолетов-лабораторий, вертолетов, аэростатов, шаров-пилотов). В 1960-е годы все это только начиналось. Работы в этом направлении велись тогда в ряде европейских и азиатских стран, но наиболее значительные успехи были достигнуты в СССР и США. Американцы позже нас оценили преимущества СВЧ-зондирования, но сумели быстро продвинуться в разработке теории и приборного обеспечения. Сейчас этому можно только удивляться, но программа «Беринг» не имела государственной поддержки. Возникла она практически на «голом месте».

К концу 1960-х годов высокие заслуги академика Кондратьева перед мировой и отечественной наукой были оценены общественностью. Он стал лауреатом Государственной премии СССР, одним

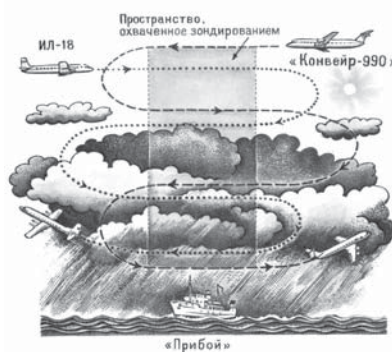


Схема зондировки системы атмосферы с борта Ил-18 и Conveyr-990 NASA «Galileo»

из немногих российских ученых был награжден золотой медалью Всемирной Метеорологической Организации. Был избран почетным членом целого ряда престижных научных обществ, академий и университетов. Тогда же он был избран и в Американскую Академию наук.

Находясь по этому поводу в США, он и предложил NASA провести совместные спутниковые исследования. Ну, а поскольку наши общие границы сходились тогда в Тихом океане, то, как говорится, сам бог велел, в качестве полигона выбрать Берингово море. Русские проводят свои исследования взволнованной морской поверхности, льда и атмосферных процессов с Чукотки, американцы – с Аляски. Работы следует вести в самых критических погодных условиях в разгар арктической зимы! Для калибровки измерений ИСЗ необходимы наблюдения *in situ*. Это, конечно, трудно – придется привлечь не только исследовательское судно, но и ледокол. Но, в принципе, возможно – так что давайте попробуем!

И что замечательно, вопреки жесточайшей конфронтации двух сверхдержав, на призыв академика К. Я. Кондратьева откликнулись многие видные американские ученые. Поддержали идею совместного полномасштабного аэрокосмического эксперимента в Беринговом море многие выдающиеся исследователи Арктики и специалисты в области космической метеорологии. Прежде всего, назову руководителей работ от США профессора Вальтера



Научно-исследовательское судно погоды НИСП «Прибой»

Нордберга (W. Nordberg) и д-ра Уэнделла Смита (W. Smith).

К. Я. Кондратьев возвратился на родину, и идея проведения экспедиции на далекой Чукотке превратилась в неотвратимую реальность! Вскоре в ГГО приехала целая делегация из NASA. В короткие сроки мы провели согласование всех деталей научной программы экспедиции, которая, по предложению К. Я. Кондратьева получила емкое, ко многому обязывающее название по имени командора Витуса Беринга, первооткрывателя акватории, избранной нами в качестве опытного полигона.

До начала эксперимента оставалось совсем немного времени! Но энергией и энтузиазмом сотрудников отдела работа «закрутилась», стала развиваться по всем

направлениям! Ведь надо было не только безупречно провести сами измерения, но и осуществить огромный перечень так называемых «организационных мероприятий». Договориться с ПВО, с военными, получить всевозможные разрешительные документы на полеты в пограничном районе, найти подходящее исследовательское судно.

За несколько месяцев нам предстояло дооборудовать наш самолет, оснастить его модифицированным комплексом аппаратуры, обеспечить возможность калибровки измерений. Надо сказать, что недостатком первых СВЧ-радиометров была невысокая стабильность, что снижало возможность прикладного практического использования данных СВЧ-зондирования.

Но все у нас в итоге получилось, и 15 февраля 1973 года в 10 часов 15 минут по Гринвичу в нейтральных водах Берингова моря в районе перемычки дат вблизи ледовой кромки расположился НИСП<sup>5</sup> «Прибой». Здесь, где пересекаются 180-й меридиан и 60-я параллель, мы снова встретились с американцами и начали совместную работу.

100 летных часов потребовалось, чтобы выполнить программу измерений с ИСЗ, в которой автор был руководителем исследований на борту Ил-18. 100 часов напряженной и опаснейшей работы, когда взлетать нам приходилось в метель при ветре скоростью до 25 м/с (и только бы он не был боковым!), а температура воздуха в аэропорту базирования на мысе Шмидта падала до  $-40^{\circ}\text{C}$ . В это время «Прибой» –



Командир корабля пилот 1-го класса Л. В. Загорский и борт-инженер Л. Н. Нямин





На подлете к району работ

судно неледового класса оказывалось в обледенении, в тумане. И оба самолета должны были пройти над ним, почти касаясь его антенн. А после этого на высоте 50 метров проделать «горизонтальную площадку» длиной в 100 км надо льдами и кипящим от брызг и пены морем. И этот предельный рискованный маневр мы выполняли специально, чтобы исключить влияние «засветки» атмосферы на точность измерений ИСЗ!

Но, несмотря на шторм и ветер, который, собственно и требовалось «измерить», и сложность организации полетов в Арктике – полярную ночь, ограниченность числа аэродромов, частую и быструю смену погоды, программа эксперимента «Беринг» была выполнена полностью и на должной научной высоте.

В совместных экспедиционных исследованиях участвовали два судна («Прибой» и ледокол US Coast Guard «Staten Island»), три самолета (Ил-18 ГГО, Ан-24 ААНИИ, Conveyer-990 NASA «Galileo-1»), спутники «Метеор» и «Nimbus», а также исследовательские вертолеты, проводившие программу очень опасных и дорогостоящих измерений состояния дрейфующего льда.

Работы проводились до 12 марта 1973 года, но уже в начале ноября в Годдардовском центре космических полетов NASA в Мериленде состоялось совещание по представлению первых предварительных итогов. Заключительный симпозиум, посвященный обсуждению всего объема материалов, полученных американской

и советской сторонами, проводился в ГГО в мае 1974 года. Результаты были опубликованы в виде монографии «Эксперимент “Беринг”», изданной впоследствии и в ряде европейских и азиатских стран.

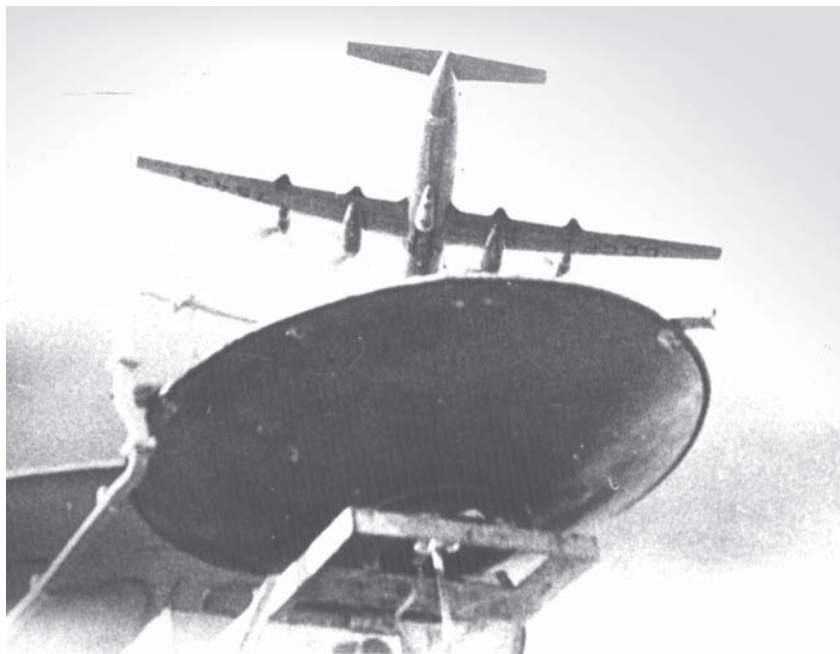
**Эксперимент «Беринг»: союз науки и искусства.** Начало 1970-х было временем наших первых непосредственных «контактов» с западными учеными и специалистами. И, безусловно, мы волновались, принимая в Ленинграде своих коллег из НАСА. Прежде всего, конечно, старались лучше, выигрышнее продемонстрировать результаты

своих работ. Могу сказать, что, вопреки тогдашнему настрою в мире, в наших научных дискуссиях наблюдался дух взаимопонимания, поддержки и доверия.

Но хотелось нам и город показать американцам, организовать хорошие экскурсии, продемонстрировать лучшие стороны культурной жизни Ленинграда. Помню, как внимательно мы изучали программы концертов, выставок, как тщательно перебирали лучшие балетные премьеры и оперные спектакли. Однако К. Я. Кондратьев твердо заявил: «Не нужен нам балет! Отведем их в цирк! Ну, а потом, есть у меня в запасе и сюрприз. Уверен, что останетесь довольны!».

И в этой ситуации мудрый и многоопытный Кирилл Яковлевич оказался прав. Это было захватывающее зрелище: тигры, львы и леопарды, даже дрессированные кабаны! Помню восторг и искреннее восхищение американцев от мастерства артистов – крепких мускулистых мужчин, надежно удерживавших в зубах очаровательных красавиц, крутящихся под куполом!

А после заключительного заседания все участники эксперимента были приглашены в Дом ученых им. М. Горького. Роскошные интерьеры Дворца великого князя Владимира Александровича, большой портретный зал, вид из окон произвели на всех неизгладимое впечатление.



Пролет над НИСП «Прибой» для калибровки СВЧ аппаратуры

Необыкновенным оказался и сюрприз. Открывая неформальную часть встречи, К. Я. Кондратьев сказал: «Американская Академия, членом которой я имею честь состоять, является не только Академией наук, но и академией искусств. Поэтому как знак единения науки и искусства мы пригласили на нашу встречу артистов театра!». Лучшие оперные силы были собраны тогда в великокняжеских покоях. Помню молодого К. Плужникова, прекрасные голоса и вдохновенные лица других солистов Кировского театра. Прекрасный концерт запомнился нашим коллегам, с которыми мы не просто познакомились, но подружились.

Прочувствованными были слова и речи руководства Госкомгидромета, ведущих ученых, советских летчиков, участников работ на ледоколе и на НИСП «Прибой» – труд этих людей способствовал успеху научных миссий.

Закрывая церемонию, академик К. Я. Кондратьев еще раз подвел итоги и рассказал о достигнутой договоренности относительно продолжения наших совместных исследований в Арктике в рамках нового эксперимента, которому присваивалось имя САМЭКС (советско-американский микроволновый эксперимент), а также и о работе, которую мы будем проводить совместно, но уже в Африке, в рамках Атлантического тропического эксперимента (GATE-АТЭП), в котором планируется участие и самолета Ил-18 ГГО. Увы, самолет Conveyer-990 NASA «Galileo-1» потерпел крушение. Поэтому глава советской делегации предложил почтить всех тех, кого мы потеряли при подготовке и проведении исследований, кто много сделал для успеха эксперимента «Беринга», но не мог уже физически присутствовать на этих торжествах.

**Аэрокосмическая наука и ее невосполнимые потери.** Да, наш «беринговский» «Галилей-1» погиб. Исследовательская космонавтика, в особенности такие увлекательные, но и опаснейшие составляющие ее части, как спутниковая метеорология и океанография, к сожалению, не обходятся без жертв. Летать-то, ведь, приходилось не в ясную и хорошую погоду, а совсем наоборот. В какие только переделки за 36 лет

летнего моего стажа не приходилось нам попадать. Но, слава богу, благодаря везенью и чуду, а главное – искусству летчиков, штурманов и бортинженеров мы целы.

А в «Беринге», вернее, после его окончания не повезло. Работая на бреющем полете и при производстве зондировок от «потолка» до минимальных высот, доступных нашим самолетам, мы постоянно держали связь «борт–борт». Переговаривались с американцами, уточняя детали решаемой задачи. Заодно спрашивали друг друга о жизни и настроении.

Поэтому, когда уже в Ленинграде мы узнали о гибели «Конвейера-990», увидели в газетах страшные фотографии его крушения, мы были потрясены. Погибли люди, с которыми мы только что дружески общались, и самолет которых видели какие-то мгновения через блистер в облаках на встречных параллельных галсах, а иногда при зондировках

выше нас или под нами над «Прибоем». Боль была как от потери родных и близких людей.

В те годы не было ни Интернета и ни факса, но по правительственным каналам через Москву нам сообщили о деталях случившегося. «Галилей-1» разбился при возвращении на базу НАСА в Калифорнии, совсем чуть-чуть не дотянув до полосы, столкнувшись в воздухе с истребителем американских ВМФ. На счастье ученых они успели высадиться в центре обработки НАСА в Мерленде. Там же сняли и аппаратуру, и десятки коробок и ящиков с материалами измерений. Погиб весь экипаж – их было 11 человек. Помимо официальных телеграмм от Академии наук и Госкомгидромета, академик К. Я. Кондратьев направил в Эймс от себя и от участников работы с советской стороны 11 телеграмм с соболезнованиями.

Оба наших самолета располагали обширным комплексом аппара-



Участники Заключительного Симпозиума по итогам эксперимента «Беринг» в ГГО им А. И. Воейкова. Стоят: д-р Уолтер Вебстер (W. J. Webster), вед. инж. М. А. Прокофьев (ГГО), м-р П. Тибидо (P. Tibido), профессор Билл Кемпбел (W. J. Campbell), проф. В. В. Мелентьев (ГГО), д-р Данкан Росс (D. B. Ross), д-р Пер Глоерсен (P. Gloersen), к.ф.-м.н. Ю. И. Рабинович (ГГО), к.г.н. Ю. И. Лоцилов (ААНИИ); сидят: д-р Рене Рамзайер (R.O. Ramseier), к.ф.-м.н. Е. М. Шульгина (ГГО), Mrs Gloersen (супруга д-ра Глоерсена), к.г.н. Е. П. Домбковская (ГМЦ СССР), к.ф.-м.н. Г. П. Хохлов (ААНИИ), 1-й ряд: переводчица НАСА – Наташа Латтер (N. Latter), д-р Том Вилхайт (T. T. Wilheit), к.ф.-м.н. А. М. Марцинкевич (НПО «Планета»)



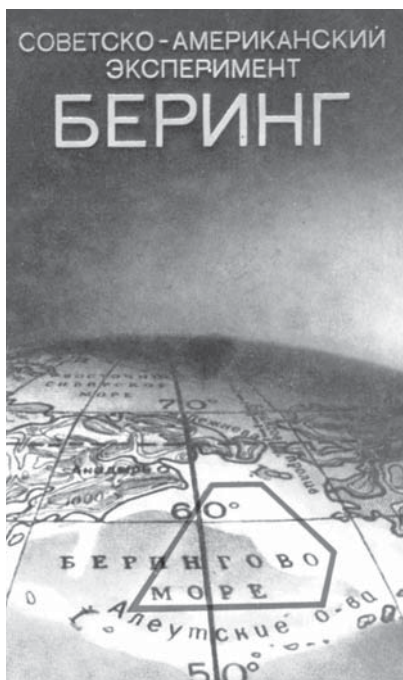
ратуры для изучения метеопараметров, аэрозоля и микрофизики облаков, имели лидарный комплекс, радиолокатор, спектрометры, ИК и СВЧ-радиометрию, тепловизор и многочисленные фотокамеры. Отдельные исследования при проведении и подготовке эксперимента «Беринг» и мы, и американцы производили при поддержке других летающих лабораторий.

Так, незадолго до отлета на Чукотку на борту другого самолета ГГО Ил-14 (бортовой номер 20-56) наши коллеги работали в Сибири с целью создания методов спутникового контроля лесных пожаров. Работы проводились комплексно в 2–3 самолета для получения независимой оценки обнаружения модельных очагов горения на открытой местности и под кронами деревьев. Проводили ИК и СВЧ съемку вновь зарождающихся и крупных пожаров, закрытых пеленою дыма в 2–4 километра.

Новой идеей, которую они испытывали, были «активные воздействия» на облачность. Если «по-простому», они «стреляли» с помощью пиропатронов с йодистым серебром в кучевые облака, которые – так придумала природа – формируются вблизи больших пожаров, пытаясь вызвать на себя «осадки», которые могли потушить горящую тайгу. Одновременно проводились и измерения атмосферного электричества. Может быть, вспомните Д. Гранина и его «Иду на грозу» – это про те наши годы и ГГО им. Воейкова.

Работами руководили Юра Сумин и Гена Зернов. Я их знал и помню, как встречались в коридорах Обсерватории и на аэродроме в старом Пулково перед стартом или после посадки. Они на малой поршневой «лошадке» Ил-14, мы – на серебристом четырехмоторном турбовинтовом красавце Ил-18. Как пели мы тогда: «То взлет, то посадка, то снег, то дожди!» Кстати, одним из научных направлений «Беринга» было картирование осадков.

Так вот, и Юрий, и Геннадий, и 8 человек экипажа Ил-14 погибли в той работе. Врезались в сопку вблизи Иркутска. И им тоже надо было спускаться до минимальных высот, чтобы зафиксировать на фото пленку итог «активного воздействия» на лесной пожар. В



Труды Заключительного Симпозиума по итогам эксперимента «Беринг»

огне, в дыму крошечном пилоты, видимо, не рассчитали. Отличные были ребята – прекрасные экспериментаторы. Но им не повезло: «В небесах мы летали одних, мы теряли друзей дорогих!». Судьба! А двое из той команды Ил-14 – Валя Мельничук, он разрабатывал «головку» тепловизора, и Витя Биненко, который был одним из «идеологов» этих исследований, остались живы. В день вылета им срочно «пришлось» перебираться

на другую, тоже важную и интересную работу, и «пересечь» на Ил-18 ГГО. Такое у нас бывало часто. Оба сделали потом «карьеру»: В. Г. Мельничук продолжил разработки аэрокосмической аппаратуры, В. И. Биненко стал преподавателем, большим ученым, доктором наук, профессором. По результатам тех исследований подготовил монографию «Влияние облачности на радиацию и климат».

Но тех советских и американских ученых и членов экипажей, которые погибли в расцвете лет и творческих сил на борту самолета-лаборатории ГГО и «Галилей-1» мы не забыли. Мы их помним!

Увы, случилось так, что вскоре погиб и следующий Конвэйр-990, названный НАСА «Галилей-2», на котором мне посчастливилось летать с «беринговскими» друзьями-американцами уже в АТЭПе в Сенегале. Над штормовой Атлантикой мы изучали «зону внутритропической конвергенции», а в Мавритании решали одну из самых актуальных задач для Африки – занимались поисками «линзы» подповерхностной воды в Сахаре. И те полеты тоже происходили на пределе возможного, но мы тогда остались целы.

Честь и слава всем русским и американским ученым и летчикам, не вернувшимся из испытательных полетов, светлая память им и их делам, свершенным для прогресса аэрокосмической науки!

<sup>1</sup> НАСА (NASA – National Aeronautics and Space Administration), Национальное управление США по авиации и исследованию космического пространства – агентство, принадлежащее федеральному правительству США и ответственное за гражданскую космическую программу страны.

<sup>2</sup> Гумбольдт Александр фон (Friedrich Wilhelm Heinrich Alexander Freiherr von Humboldt) (1769–1859), немецкий ученый-энциклопедист, физик, метеоролог, географ, ботаник, зоолог и путешественник.

<sup>3</sup> Кондратьев Кирилл Яковлевич (1920–2006), крупный российский геофизик, академик АН СССР (1984) и РАН (1991), ректор ЛГУ (1964–1970), Заслуженный деятель науки и техники РФ, советник РАН, почетный доктор наук университетов Афин, Будапешта и Лилля. Основные труды по спутниковой метеорологии, атмосферной оптике, актинометрии, проблемам глобальной экологии и изменения климата.

<sup>4</sup> СВЧ – сверхвысокие частоты.

<sup>5</sup> НИСП – научно-исследовательское судно погоды.

